



República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad Minería - Geología
Departamento de Minería

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero de Minas

Título: Procedimiento para el diseño geométrico de cantera con la utilización del software Gemcom

Autor: Daimel Caballero Hechavarria

Tutores: M.Sc. Ana Caridad Che Viera

M.Sc. Idermis Téllez Rodríguez

Moa – 2013

Año 55 del Triunfo de la Revolución

Declaración de Autoridad:

Yo: Daimel Caballero Hechavarría

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

Daimel Caballero

Msc. Ana Caridad Che

Msc. Idermis Téllez



Agradecimientos:

A mis padres, que han puesto todo su amor y empeño para ayudarme a lograr este deseo tan inmenso.

A mi novia Yenia Batista que me ha dado todo su apoyo y amor durante mi vida de universitario.

A mis hermanas, a mis tíos(as) y demás familiares, que me han regalado sus votos de confianza en todos los momentos de mi vida.

A mis tutores, MSc. Ana Caridad Che Viera y MSc. Idermis Téllez que han sido el motor impulsor de mis logros como estudiante, brindándome la plena confianza para la realización de este trabajo.

A todos mis profesores del Departamento de Minería, que me ayudaron, me enseñaron y fomentaron cada uno de los conocimientos complementarios para mi formación como profesional.

A mis compañeros de aula, amigos del ayer y del hoy que con cada una de sus buenas acciones me han ayudado a salir adelante en esta carrera por el triunfo.

A la Revolución Cubana y a nuestro invicto Comandante Fidel Castro, que me ha dado la oportunidad de servir a mi patria como revolucionario desde esta trinchera de ideas y de formarme como profesional.

A todos

Muchas gracias.



Dedicatoria:

Dedico este trabajo a la obra de la Revolución Cubana que ha hecho posible que miles de jóvenes como yo hayan tenido la oportunidad de formarse como profesionales en el más esencial sentido del humanismo.

A mis padres María Rosa Hechavarría, Joaquín Caballero Rodríguez, Cecilio Hechavarría que han sido baluartes inspiradores en mi formación como hombre y profesional ante la sociedad y el mundo.

A mis hermanas Aimé Caballero y Daimara Caballero a mis tías, Marilú, Imilsi, Magali y a mi abuela Manuela, que me inspiraron con amor y dedicación para con cada una de mis aspiraciones como estudiante.

A mi novia Yenia Batista por ser una de las personas más importantes de mi vida.

A mis demás familiares y amistades que con su ayuda y sus maravillosas actitudes me alentaron a continuar mis estudios para compartir este sueño realizado con cada uno de ellos.

Agradecimientos especiales, a mis amigos, Yansel, Roby, Naila, Falcón, Lianeyis, que han luchado a mi lado todo este tiempo y me han ayudado para alcanzar el éxito.



Pensamientos:

..... Y siempre mediremos, por encima de todo un técnico y un científico no por su conocimiento, sino por el grado de humildad y modestia con que sea capaz de aportar sus conocimientos.

Fidel Castro Ruz.

Al hombre instruido le caracteriza el buscar en los problemas aquella precisión que por su naturaleza admiten, por tanto, tan necio es aceptar razonamientos imprecisos de un matemático como pedir demostraciones científicas a un retórico.

Aristóteles.



Resumen:

El presente trabajo titulado "Procedimiento para el diseño geométrico de cantera con la utilización del software Gemcom" está dividido en tres capítulos. En el primer capítulo se dedica al análisis de los principales referentes teóricos sobre el diseño de canteras 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 un correcto diseño de minas (cantera) mediante la utilización del software Gemcom. A partir de las herramientas que proporciona el mismo se elabora un procedimiento más asequible para el diseño de canteras, donde se tienen en cuenta las normas internacionales de diseño y a la Ley de Minas de nuestro país, regida por la Oficina Nacional de Recursos Minerales. La nueva herramienta de trabajo constituye el principal aporte del presente capítulo el cual facilitará la labor de los ingenieros de minas del Centro de Proyecto del Níquel (Ceproníquel). En el tercer capítulo se realiza un estudio de la cantera Guido Pérez donde se comprueba la validez y efectividad del procedimiento propuesto.



Abstract:

The present paper: "Procedure for the geometric design of quarry with the utilization of the software Gemcom " is divided in three chapters. The first chapter is focused on the analysis of the principal theoretical modals on the design of quarries and terminologies used in the software Gemcom. For this purpose there are related a set of researches that allows to determine the precedents of the topic, as well as its current importance. At the same time there are exposed the characteristics of the software Gemcom, which allows to understand casier its use and managing. In the chapter two are presented the necessary steps to achieve a correct design of this software quarry by means of the utilization of the software Gemcom. Based on the tools that this software provides a more attainable procedure was elaborated for the design of quarries, taking in consideration the international procedure of design and the Law of Mines of our country, ruled by the National Office of Mineral Resources. The new tool of work constitutes the principal contribution of the present chapter because it makes casier the labor of the mining engineers of the Project Center of the Nickel (Ceproníquel). In the third chapter it is carried out a study of the Guido Pérez quarry where there is verified the validity and efficiency of the proposed procedure.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2	13
Figura 1.3	14
Figura 2.1	22
Figura 2.2	23
Figura 2.3	25
Figura 2.4	25
Figura 2.5	26
Figura 2.6	26
Figura 2.7	26
Figura 2.8	27
Figura 2.9	28
Figura 2.10	29
Figura 2.11	29
Figura 2.12	30
Figura 2.13	30
Figura 2.14	31
Figura 2.15	31
Figura 2.16	31
Figura 2.17	32
Figura 2.18	32
Figura 2.19	32
Figura 2.20	33
Figura 2.21	33
Figura 2.22	34



Figura 2.23.	35
Figura 2.24.	35
Figura 2.25.	37
Figura 2.26.	37
Figura 2.27	38
Figura 2.28.	38
Figura 2.29.	39
Figura 2.30	40
Figura 2.31.	40
CONCLUSIONES GENERALES	65
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO INVESTIGATIVO.	5
1.1. Antecedentes y estado actual de la temática.	5
1.2 Conceptualización de los parámetros utilizados en el diseño de cantera.....	7
1.2.1 Factores que influyen en el diseño geométrico de canteras.....	14
1.3 Terminologías utilizadas en el software Gemcom	16
1.4 Características del software Gemcom	17
Conclusiones.....	19
CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CANTERA CON LA UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE GEMCOM.	20
2.1 Esquema o flujo de trabajo para el diseño de cantera con el software Gemcom	20
2.2 Representación gráfica de los pasos lógicos para el diseño geométrico de una cantera.	22
2.2.0 Abrir el programa Gemcom	22
2.2.1 Cargar el modelo geológico.....	22
2.2.2 Creación de los Workspace o espacio de trabajo	24
2.2.3 Creación de los Plan View.....	28
2.2.4 Creación de las líneas de pie, cresta, y slot.	35
2.2.5 Creación de la superficie de la cantera y unión de la misma a la topografía general.	36
2.2.6 Visualización en 2D y 3D de la cantera.....	41
Conclusiones.....	41
CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO (CANTERA GUIDO PERÉZ)	42
3.1 Características geográficas y económicas de la región.....	42



3.2 Geología del yacimiento.....	44
3.3 Características geotécnicas del macizo rocoso.....	47
3.3.1 Características cualitativas del material útil.....	48
3.3.2 Evaluación integral del yacimiento	48
3.3.3 Capacidad anual de producción y vida útil	49
3.4 Apertura.....	49
3.4.1 Labores de apertura.	50
3.4.2 Trinchera maestra o rampa de acceso. Parámetros de diseño	50
3.4.3 Tala y desbroce.....	51
3.4.4 Equipos y medios necesarios	51
3.4.5 Secuencia de ataque o frente de explotación.....	51
3.4.6 Transportación del mineral y del estéril.....	52
3.4.7 Diseño de la cantera.....	53
3.4.7.1 Diseño operativo de la cantera.....	53
3.4.8 Parámetros de diseño.	53
3.4.9 Bermas de seguridad	54
3.4.10 Altura y talud del banco para el diseño de la cantera.....	55
3.4.10.1 Determinación de la máxima altura estable con un ángulo de 80^0	55
3.4.10.2. Determinación del factor de seguridad de los taludes	56
3.4.10.3 Determinación de la tensión normal.	57
3.4.10.4 Determinación de los ángulos de talud minero de la cantera.....	57
3.4.11 Estrategia de profundización de la cantera.	57
3.5 Legislación minera.....	60
3.6 Evaluación de los impactos ambientales que generará la explotación del yacimiento	61
3.6.1 Modificación del perfil del suelo.....	61



3.6.2 Contaminación de la atmósfera por partículas de polvo producto al movimiento de tierra, gases y ruidos de los equipos.	61
3.6.3 Contaminación de las aguas subterráneas	62
3.6.4 Incremento de los procesos erosivos.	62
3.6.5 Vibraciones- estabilidades del terreno.....	62
3.6.6 Clima	62
3.6.7 Flora y fauna.	63
3.6.8 Consolidación de la actividad industrial en el municipio.	63
3.7. Evaluación de los impactos producidos por la investigación.	63
Conclusiones.....	64
CONCLUSIONES GENERALES	65
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	



INTRODUCCIÓN

La revolución informática acaecida a partir de los años 60 ha introducido drásticos cambios en muchos aspectos de la sociedad. 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.

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.

Dentro de la minería a cielo abierto están las operaciones relacionadas con el transporte de la masa minera, en la cual los caminos adquieren una gran importancia, debido a su función para resolver de forma efectiva el traslado de mineral de un punto a otro de la superficie terrestre, con la garantía de que el conductor realice su desplazamiento con la mayor seguridad posible, y al mismo tiempo una buena interacción con el medio donde está enclavado.



Por las razones anteriormente expuestas 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 diseñar canteras existen diferentes procedimientos, algunos muy antiguos, los cuales eran realizados manualmente. El desarrollo tecnológico del 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 capaces de diseñar canteras con mayor rapidez y precisión, entre ellos se destaca el Software Gemcom.

A partir del año 2000 la empresa de proyecto del níquel (Ceproníquel) adquirió dicho software, el mismo resulta menos costoso en el mercado y posibilita realizar los diseños de canteras, caminos y carreteras con una mejor representación gráfica, cuestión que permite diseñar en dos y tres dimensiones al unísono.

La adquisición de este software de última generación presenta las limitaciones siguientes:

- 1- No se cuenta con un procedimiento integral para el diseño de cantera.
- 2- La capacitación de los diseñadores de la empresa es baja, producto que no cuentan con un documento rector para el manejo del software.



Por tal motivo el presente trabajo de diploma pretende dar solución al siguiente **problema científico**: necesidad de diseñar un procedimiento que permita integrar los conocimientos ingeniero-geológicos y las características del software Gemcom para el diseño de cantera en el Centro de Ingeniería y Proyecto del Níquel.

El **Objetivo General** del proyecto radica en: elaborar un procedimiento para el diseño de cantera con el software Gemcom que permita ser usado como herramienta de trabajo a los ingenieros de minas.

La **Hipótesis** definida por la investigación sustenta la siguiente idea: si se estudian las condiciones ingeniero-geológicas del yacimiento y las características del software Gemcom, es posible elaborar un procedimiento para diseñar canteras y elevar la calidad de los diseños que se realizan en el Centro de Ingeniería y Proyecto del Níquel.

Del Objetivo General se derivan los siguientes **Objetivos Específicos**:

- Analizar los conceptos básicos de los parámetros que se utilizan para el diseño de cantera, así como las terminologías utilizadas en el software Gemcom.
- Caracterizar el software Gemcom.
- Aplicar mediante un caso de estudio el procedimiento propuesto para el diseño de cantera con el software Gemcom.

Como **objeto de estudio** tenemos el software Gemcom, siendo el **campo de acción** las características del software Gemcom con el diseño para cantera.



Métodos empleados en dar solución al problema científico de la investigación:

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

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

Métodos teóricos: se usan para la interpretación conceptual de los datos empíricos; se utiliza además el **análisis y la síntesis** en el estudio de las partes del objeto y para comprometer su comportamiento como un todo. También se utilizó **la inducción-deducción** como procedimiento para pasar de lo conocido a lo desconocido y de lo general a lo particular.

Método dialéctico: para conocer las relaciones entre los componentes del objeto.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO INVESTIGATIVO

En medio de las transformaciones que se realizan al modelo económico cubano, cada medida que se tome con el objetivo del ahorro, tiene un gran impacto económico y social. Es por eso, que todas las empresas de ingeniería y proyecto del país centran su atención en la disminución del tiempo de diseño en los proyectos, debido al alto valor económico que representa para el estado, continuar el diseño mediante métodos tradicionales.

El presente capítulo se dedica al análisis de los principales referentes teóricos sobre el diseño de canteras 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.

1.1. Antecedentes y estado actual de la temática

El diseño de minas (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, entre otras.

Antiguamente, los ingenieros diseñaban las minas (canteras) 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.

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.

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 el diseño, cuestión que se tendrá en cuenta para el presente trabajo.

El diseño de minas (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 especialista y proyectista 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 (cantera).

Para poder realizar un adecuado diseño de cantera se precisa definir teóricamente cada uno de los parámetros que se utilizan en el mismo. Por tal motivo el siguiente epígrafe se dedica al análisis de las principales definiciones de dichos parámetros.

1.2. Conceptualización de los parámetros utilizados en el diseño de canteras

Diseño: El diseño se define como el proceso previo de configuración mental, prefiguración, en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Utilizado habitualmente en el contexto de la industria, ingeniería, arquitectura, comunicación y otras disciplinas creativas. Diseñar requiere principalmente consideraciones funcionales, estéticas y simbólicas. El proceso necesita numerosas fases como: observación, investigación, análisis, testado, ajustes, modelados (físicos o virtuales mediante programas de diseño informáticos en dos o tres dimensiones).

Cantera: Una **cantera** es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos.

Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de ellas representa, probablemente, el mayor volumen de la minería mundial. Los productos obtenidos en las canteras, a diferencia del resto de las explotaciones mineras, no son sometidos a concentración. Las principales rocas obtenidas en las canteras son: mármoles, granitos, calizas y pizarras. Toda cantera tiene una vida útil, y una vez agotada, el abandono de la actividad puede originar problemas de carácter ambiental, principalmente relacionados con la destrucción del paisaje.



Los parámetros fundamentales para el diseño de cantera son:

Altura de la cantera: Es la distancia vertical comprendida entre la superficie de cobertura y el fondo de la misma.

Contorno superior: Es la línea que limita la cantera con la superficie terrestre.

Contorno inferior: Es la línea que limita la cantera por el fondo.

Ángulo de extinción de la cantera: Ángulo formado por la línea de borde de extinción respecto al plano horizontal. Toma en cuenta la profundidad de la cantera.

Zona de trabajo de la cantera: Es el conjunto de escalones que se explotan simultáneamente.

Bordes de la cantera: Son las superficies laterales escalonadas formadas por los paramentos y las plazoletas.

Borde activo o de trabajo: Es el bordo formado por los escalones de trabajo.

Borde final o inactivo: Se forma cuando los escalones alcanzan su posición final en el espacio.

El ángulo del bordo de trabajo depende de la altura del escalón y el ancho de las plazoletas oscila entre $(7 -- 17)^\circ$ a veces $(23 - 27)^\circ$, el ángulo del bordo inactivo oscila entre $(40 -- 55)^\circ$.

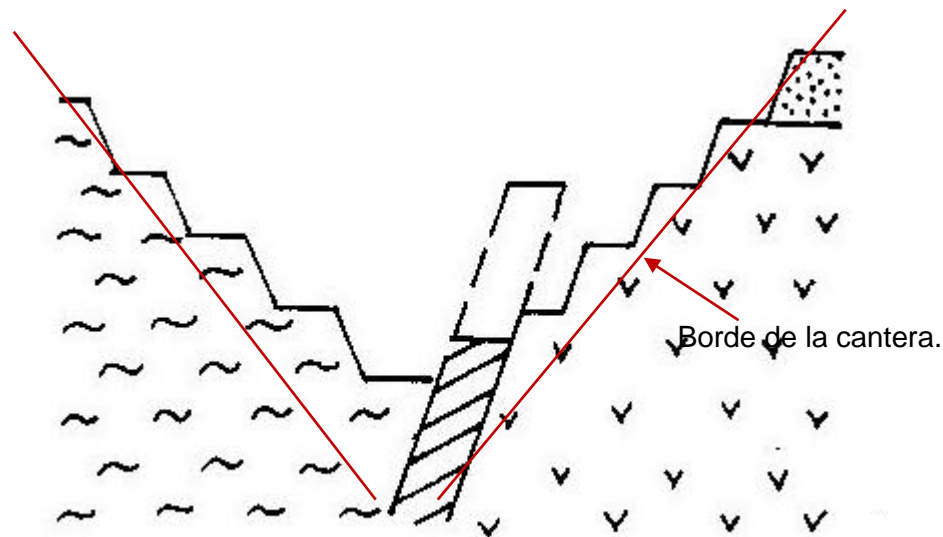


Figura 1.1. Bordes de la cantera.

Los paramentos de los escalones en los bordes inactivos, donde no se realizan labores, se dividen por **bermas** que pueden ser de trabajo o de seguridad.

Bermas: Son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la excavación sobre los taludes finales, que coadyuvan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caídas de piedra. El intervalo de las bermas y su anchura, así como el ángulo de talud, se establecen por condición antes operativas si se utilizan como pistas de transporte.

Bermas de Trabajo: También conocidas como plataformas de trabajo, se dimensionan según las características del equipamiento que operará, así como de la estrategia de extracción a utilizar, se ha estimado una plataforma con ancho mínimo de 25.0 m.

Berma de seguridad: La planta no muy amplia que se deja en el borde en receso de la cantera a fin de dar estabilidad y no permitir el desprendimiento de rocas. Para alturas de banco de 5.0 m, se estima una berma de seguridad mínima de 2.0 m y para el caso de alturas de 3.0 m se fija el ancho de dicha berma de 2.0 m.

Las bermas se utilizan como plataformas de acceso en el talud de una excavación y también como áreas de protección al detener los materiales que puedan



deprenderse de los frentes a los bancos superiores, hasta pistas o zonas de trabajo inferiores.

Banco: Es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota de estéril y/o mineral, y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida.

Cada banco o escalón se caracteriza por una cota de altura que corresponde al horizonte donde se ubican las vías de comunicación. Estas cotas pueden ser absolutas (respecto al nivel del mar) o relativas (respecto a un punto fijo de la superficie). Los escalones horizontales tienen cota constante, los inclinados poseen cota variable.

Altura del banco: Es la distancia vertical comprendida entre la plataforma superior e inferior o es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es lo mismo desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo.

La altura del banco se establece, generalmente, a partir de las dimensiones de los equipos de excavación y carga, las características de macizo rocoso y de las exigencias de selectividad. En líneas generales, el condicionante para establecer la altura de banco es el equipo de carga y la altura máxima que alcanza el cucharón.

Frente del banco: Superficie del banco donde se realizan los trabajos mineros y que se encuentran en movimientos.

Ángulo de talud del banco: Es el ángulo que forma el talud del banco con el plano horizontal.

Franja de explotación: Se denomina a la parte del banco cuyo ancho, se explota sin cambiar de posición el transporte.

Plataforma de trabajo: Se le denomina así a la superficie horizontal limitada por la altura del banco.



Talud: Se conocen con el nombre genérico de talud cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las masas de tierra o también como declive, la inclinación de un terreno o de un muro.

Cuando un Talud se produce de forma natural, sin intervención humana, se denomina de ladera natural o simplemente Ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según la génesis de su formación.

Talud del banco: Se le denomina así a la superficie inclinada del banco delimitado por un lado con el espacio explotado y por el otro por la planta superior e inferior o también es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de la máxima pendiente de la cara del banco.

Talud de trabajo: Es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra ángulo de los tajos o plataformas de trabajo. Es, consecuencia, una pendiente provisional de la excavación.

Ángulo de reposo del material: Es el talud máximo para el que es estable sin deslizar el material suelto que lo constituye y en condiciones de drenaje total, después de vertido.

Talud final de explotación: Es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza del superior.

Pistas: Constituyen uno de los elementos de infraestructura más complejos de definir, diseñar toda vez que deben asegurar la accesibilidad con total seguridad a todos los puntos de la cantera.

Son las estructuras varias dentro de una explotación a través de las cuales se extraen los materiales, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la misma. Se caracterizan por su anchura y su pendiente dentro de una disposición espacial determinada.



El diseño de las pistas debe ser tal que las unidades de transporte utilizadas se desplacen sin perder el ritmo de operación y en condiciones de máxima seguridad. Por ello, los criterios de diseño se crean fundamentalmente en:

- Firme
- Pendiente
- Anchura de pista
- Curvas: radios, peraltes y sobreebanco
- Visibilidad en curvas y cambios de rasante
- Convexidad o bombeo
- Conservación

Rampa de acceso: Caminos de uso esporádico que se utilizan para el acceso de los equipos, generalmente de arranque, a los tajos. Las anchuras son pequeñas y, a ser vías de un solo carril, las pendientes son superiores a las de las pistas.

A la hora de definir y proyectar la rampa, deberá justificarse la anchura cuneta y sobreebanco proyectados en el tipo de función de rampa y de las características específicas de la maquinaria, lo cual permitirá definir, en el plano y con suficiente detalle, el diseño de rampas con expresión de los ejes, arcenes, centros y radios de curvatura en curvas, intersección con el terreno, acuerdos en entronques y representación de perfiles longitudinales y transversales.

Paramento: Es la superficie inclinada que limita al escalón con el espacio laboreado del escalón.

Aristas superior e inferior: Línea de corte del talud con las planta inferior y superior respectivamente o las líneas que unen al paramento con las plazoletas de trabajo.

Talud del escalón: Es el ángulo formado por el paramento con la línea horizontal.

Existen escalones activos o de trabajo e inactivos; en los primeros se realiza la extracción del mineral o estéril. Si en las plazoletas se ubican los equipos de trabajo necesarios para la explotación entonces ellas se denominan **plazoletas de trabajo**. Los escalones se dividen en **subescalones**, los cuales pueden explotarse con diferentes equipos de excavación o el mismo equipo simultánea o intermitentemente, pero poseen vías de comunicación comunes para ambos.

Capa: Parte separada de explotación de una capa de rocas que se presenta en forma de escalón. En la mayoría de los casos la capa y el escalón poseen la misma altura y dimensiones en el plano, excepto las capas abruptas.

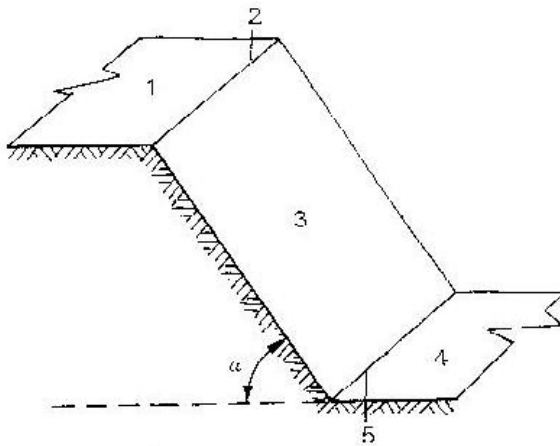


Figura 1.2. Elementos de una terraza o escalón: 1, plazoleta superior; 2, arista superior; 3, paramento; 4, plazoleta inferior; 5, arista inferior; α , talud del

Frente de trabajo del escalón: Es parte longitudinal del escalón preparada para la explotación, éste puede ser recto o curvilíneo y su longitud puede o no variar.

La preparación del frente consiste fundamentalmente en las vías de comunicación y la línea eléctrica para garantizar el trabajo de los equipos. Como resultado de la explotación de las rocas ocurre el desplazamiento de los escalones, en las canteras se explotan varios y se van creando nuevos en la parte más profunda.

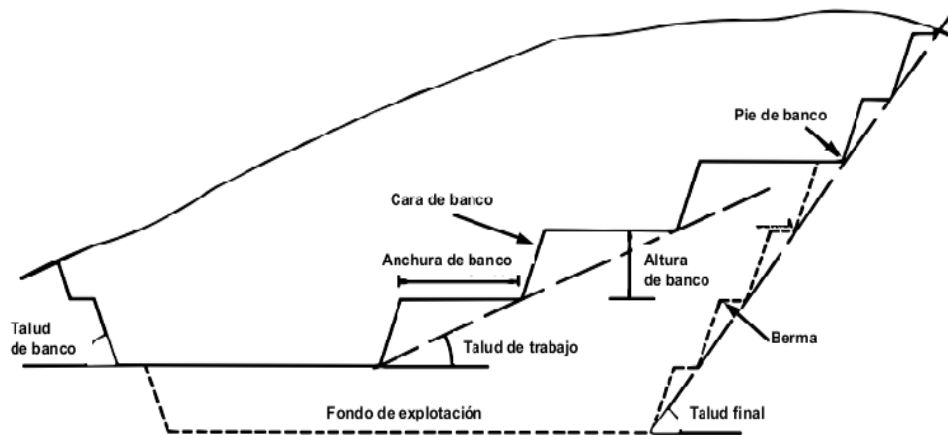


Figura 1.3. Parámetros de la cantera: pie de banco; cara de banco; anchura de banco; altura de banco; talud de banco; talud de trabajo; berma; talud final; fondo de explotación.

Límites finales de la mina: Son aquellas situaciones espaciales hasta las que llegan las excavaciones. El límite horizontal determina el fondo final de la explotación y los límites laterales, los taludes finales de la misma.

Los límites en profundidad de una mina a cielo abierto están condicionados, fundamentalmente, por la geología del yacimiento y por aspectos económicos derivados de los costes de extracción del estéril para un determinado valor del mineral explotado. La definición de tales límites se ve también influida por motivos de estabilidad de taludes, por las características geomecánicas del macizo rocoso y las tensiones producidas en las rocas al crear el hueco e, incluso, por las dimensiones mínimas del espacio de trabajo que es necesario para las máquinas.

Una vez conocidos los parámetros a tener en cuenta para el diseño de cantera, resulta necesario referir los diversos factores que inciden en el diseño geométrico de la cantera, lo cual constituye el objeto de atención del siguiente epígrafe.



1.2.1 Factores que influyen en el diseño geométrico de canteras

Geoméricamente, los canteras son cuerpos tridimensionales totalmente irregulares, lo que en un principio hace complicada su representación. Sin embargo, posee una serie de particularidades que simplifican y facilitan su estudio, siendo de vital importancia conocerla. Referente a lo anterior (Blazquez, [S.A]) declara los diversos factores que influyen a la hora de diseñar geoméricamente una cantera, entre ellos se pueden relacionar:

Tráfico: Conocer el tráfico que ha de soportar una cantera es un dato fundamental para proyectarlo. Es necesario conocer el número total de camiones mineros y otros vehículos que circularan por la misma, las características técnicas de los camiones, se deben tener en cuenta las regulaciones de circulación existentes, como limitaciones de velocidad o prohibiciones de adelantamiento, distribución en el tiempo y su factor de crecimiento anual, no solo para determinar la sección transversal más adecuada, sino también las pendientes longitudinales máximas admisibles, su longitud; entre otras cuestiones.

Topografía: En determinada actividad humana se precisa disponer de una representación del terreno con el mayor grado de detalle posible, y la topografía estudia los métodos necesarios para llegar a representar un terreno con todos accidentes naturales y antrópicos. Con el conocimiento de ésta es posible hacer de forma racional los movimientos de tierra.

Visibilidad: Todo los tramos de accesos deben ofrecerle al conductor una determinada visibilidad, que depende de la forma, dimensiones y disposición de los diferentes elementos de trazado que conforman la vía.

Velocidad de proyecto: Es aquella que permite definir las características geométricas mínimas de construcción de los elementos del trazado, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad.



Estética: Un trazado correcto no sólo debe ser cómodo y seguro, sino que además debe integrarse lo mejor posible en el medio físico circundante, debe existir una adecuada coordinación de trazado en planta y en alzado.

Suelos: Es un material natural que, a diferencia de la roca, presenta una marcada modificación de sus propiedades en presencia de agua.

Economía: Puede afirmarse con absoluta certeza que el camino más corto entre dos puntos es la línea recta; ahora bien, lo que no es cierto es que sea el más económico. Sin duda alguna, el movimiento de tierra es la fase de construcción que más puede desequilibrar el costo de una vía. Para minimizar esto, es aconsejable ajustar en la medida de lo posible la rasante del camino al perfil natural del terreno. Lógicamente, esto no es siempre posible, ya que existen otras condicionantes y restricciones que en ocasiones impiden que esto se cumpla. La composición geológica del terreno que sobre él va a asentarse el camino puede llegar a condicionar en gran medida la idoneidad técnica y económica de un trazado. Aunque en la construcción suele prevalecer el criterio económico por encima de todos los factores, como son la comodidad o seguridad, es bueno recalcar que la economía es el factor principal, pero debe analizarse de forma integrada con otros que en un momento dado puede definir la viabilidad de la construcción.

Diseñar una cantera con la utilización del software Gemcom contribuirá al ahorro de recursos económicos, pues el mismo brinda la posibilidad de realizar proyectos más preciso y con mayor rapidez. Los próximos párrafos patentizan la idea anterior mediante la caracterización de dicha herramienta informática.

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.

También protege y permite compartir los datos de exploración, emplea una variedad de métodos desde simples polígonos hasta modelos de sólido 3D altamente sofisticados, para crear modelos geológicos precisos, modela las leyes y elige desde modelos de bloques o grillas para encontrar la mejor solución a su tipo de depósito, provee un compuesto un completo set de estimación de leyes, fusiona datos de fuentes diversas gracias a su mayor compactibilidad de archivos y sus funciones para convertir modelos de bloques, tiene un control total del proceso de interpolación, contempla anisotropías, dominios geológicos y valores de leyes anómalos.

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
- Modelamiento geológico 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

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; a demás se le llama también al diseño minero detallado donde se incluye el diseño de las rampas, trincheras, entre otras.

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



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.

Optimización: Consiste en correr el algoritmo matemático Lerchs-Grossmann con varios escenarios económicos y determinar cual sería la superficie final para la mina donde se obtenga el mayor valor actual neto (VAN).

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

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

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.

Conclusiones parciales

Los conceptos abordados en el Capítulo I facilitan la comprensión de los aspectos a considerar para el diseño de cantera cuando es utilizado el software Gemcom.



CAPÍTULO II. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE CANTERA CON EL USO DEL SOFTWARE GEMCOM

El desarrollo continuo e inevitable del conocimiento científico ha provocado una gran revolución en las esferas de la ciencia y la técnica. Los procedimientos utilizados en la proyección de obras ingenieriles ha evolucionado considerablemente y se perfecciona de forma gradual con el empleo de métodos digitales.

Con este capítulo se ofrecen pasos necesarios para lograr un correcto diseño de minas (cantera) mediante la utilización del el software Gemcom. A partir de las herramientas que proporciona el mismo se elaborará un procedimiento más asequible para el diseño de canteras, donde se tienen en cuenta las normas internacionales de diseño y a la Ley de Minas de nuestro país, regida por la Oficina Nacional de Recursos Minerales. La nueva herramienta de trabajo constituye el principal aporte del presente capítulo el cual facilitara la labor de los ingenieros de minas del Centro de Proyecto del Níquel (Ceproníquel).

2.1. Esquema o flujo de trabajo para el diseño de canteras con el software Gemcom

Primer paso

Abrir o cargar el programa Gemcom



Segundo paso

Cargar el Modelo de bolque



En este paso es donde:

- Se carga el modelo de bloque.
- Se revisan las informaciones que nos brinda el geólogo.

Tercer paso

Creación de los espacios de trabajo. (Workspace)



En este paso es donde:

- Se crean las workspace para el diseño.
- Se crean las workspace para las polilínea.
- Se crean las workspace para las superficies.
- Se crean las workspace para los polígonos.



Cuarto paso

Creación de los Plan View. (Niveles de los bancos)

En este paso es donde:

- Se visualizan los plan view entregado por el geólogo.
- Se crea los plan view para la minería (niveles de banco).

Quinto paso

Creación de las líneas de pie y borde del banco, además de las rampas. Toe, Crest y slot

En este paso es donde:

- Se comienza el diseño de la cantera.
- Se definen los parámetros técnicos de la cantera.
- Se crean los accesos a los diferentes niveles de la cantera (rampas).

Sexto paso

Creación de la superficie de la cantera

En este paso es donde:

- Se convierten las líneas del diseño en una triangulación (superficie).

Séptimo paso

Unión de la topografía original con la superficie del diseño

En este paso es donde:

- Se van a unir las dos superficies.
- Se crea un contorno en la topografía original con el área de la superficie de diseño (Clipping).
- Se le extrae el área interior del contorno y se une esta zona con la superficie del diseño.

Octavo paso

Se visualiza la cantera en tres dimensiones

En este paso es donde:

- Se observa la cantera en 2D y 3D para verificar los detalles.



2.2. Representación gráfica de los pasos lógicos para el diseño geométrico de una cantera

2.2.0 Abrir el programa Gemcom

Para esto damos un clic en el menú **Inicio** ► **Todos los Programas** ► **Gems** ► **Gems 6.0**, como se muestra en la figura 2.1.

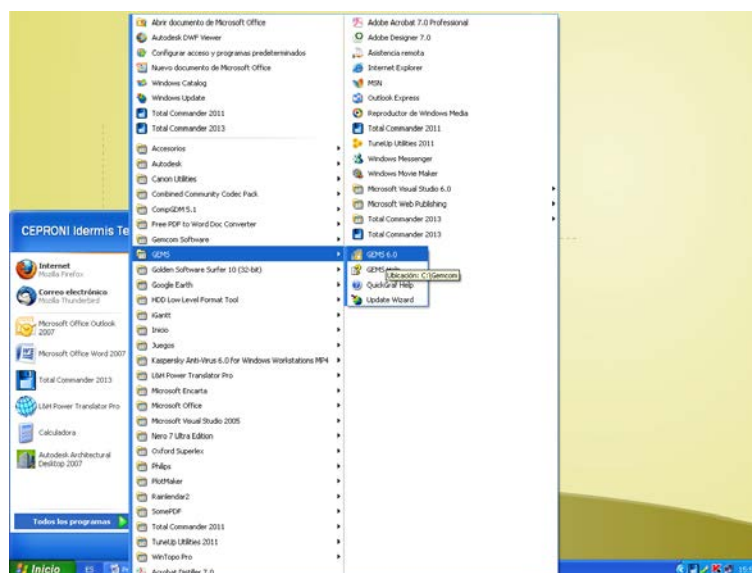


Figura 2.1. Abrir programa Gemcom

2.2.1 Cargar el modelo geológico

Antes de comenzar a diseñar el ingeniero debe contar con una serie de información de partida, sin las cuales no podrá trabajar. Entre las informaciones se encuentra el modelo geológico en tres dimensiones del yacimiento (en formato Gemcom o en uno transferible a este), modelo digital del terreno (MDT o lo que es lo mismo topografía actualizada), una copia del informe geológico del yacimiento, además del equipamiento minero que se utilizará en todas las actividades, entre otras.

Es necesario aclarar que el modelo geológico emitido por el especialista de esta rama puede o no coincidir con el deseado para la minería, en ese caso se debe crear uno nuevo con tamaños de bloques que se adapten a los requerimientos técnicos.



Una vez obtenida toda la información necesaria pasaríamos a abrir el modelo geológico. Para lograrlo hacemos **clic en el menú File ► Open ► Project**, posteriormente a parece una ventana que nos permitirá buscar el archivo que queremos abrir, como se muestra en la figura 2.2.

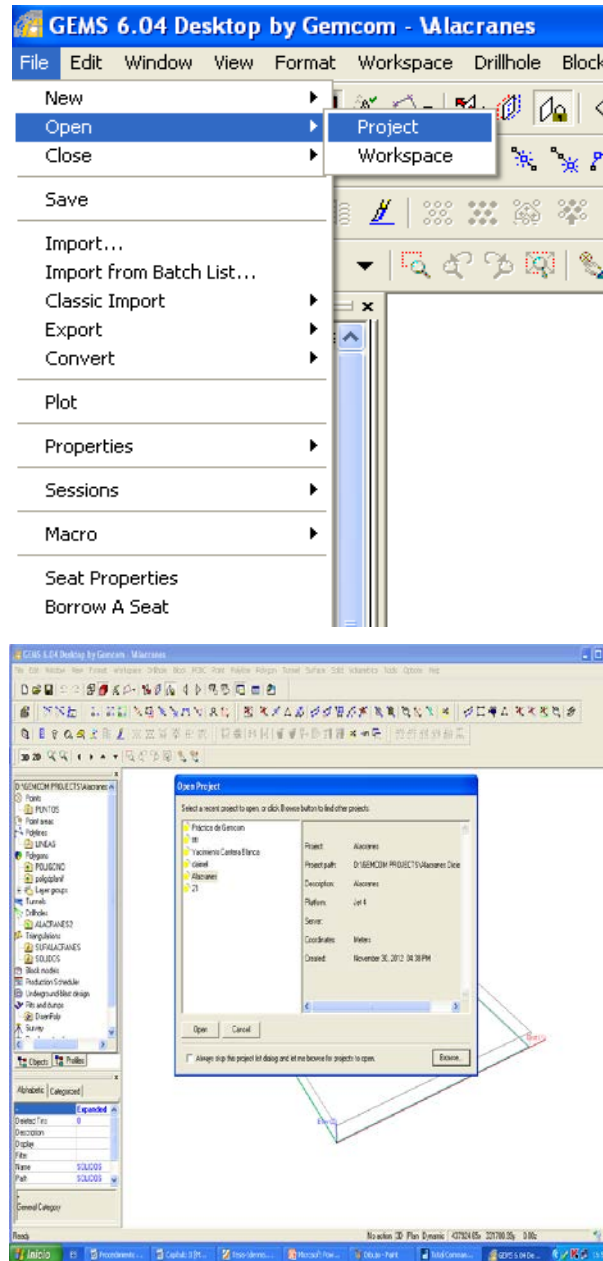



Figura 2.2. Abrir el modelo geológico Gemcom



2.2.2 Creación de los Workspace o espacio de trabajo

En este paso es donde el diseñador va a crear todos los espacios de trabajo que utilizará en el diseño y la planificación de la cantera. En estos espacios de trabajos se van a guardar todos los elementos que serán usados por el proyectista (polilínea, superficie, polígono, entre otros).

Hay que aclarar, que para el diseño se utiliza **Pit and dump**, que es donde se van a guardar todos los elementos relacionados con el diseño de la cantera; para el caso de la planificación se usa **Cut evaluation**, el cual acogerá todos los parámetros de la planificación.

Para lograr esto debemos ir a la barra de menú principal donde dice **Workspace** ► **Create or Modify Workspace** como se muestra en la figura 2.3. En la ventana que se visualiza, es donde vamos a configurar todo lo relacionado con los espacio de trabajo, para esto damos un **Clic** en **New** , acto seguido damos un **Clic** en **siguiente**, en la ventana que aparece a continuación. Después de esta operación se refleja otra ventana, en la cual se despliega donde dice **What kind of workspace is this?** y elegir **Polyline** como muestra la figura 2.4. En esta misma figura podemos observar el resto de la configuración que lleva la ventana; en la parte donde dice **Workspace subtype** se debe elegir **Pit and dump design**, en la parte donde dice **Nome the workspace** le ponemos un nombre al espacio de trabajo y en la casilla que le sigue una descripción, después damos un **Clic en Siguiente**. Posterior a esta operación aparecen dos ventanas, en las cuales daremos un **Clic en Siguiente** (como muestran las figuras 2.5 y 2.6), hasta que nos aparece la última ventana con el resumen de lo hecho anteriormente, en la cual daremos finalizar después de revisar la información que esta nos brinda, obsérvese la figura 2.7.

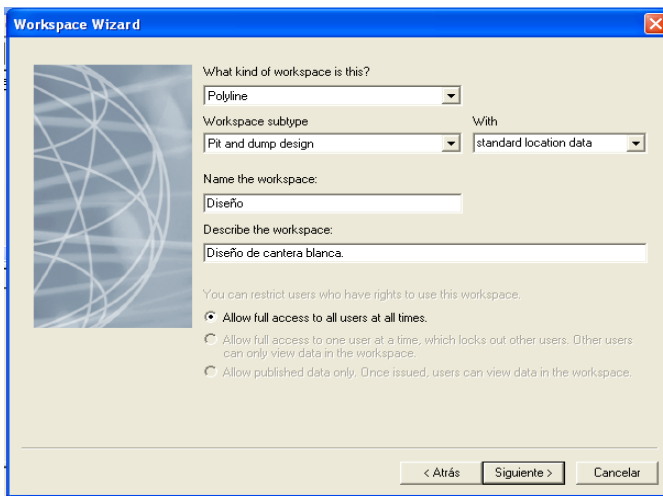
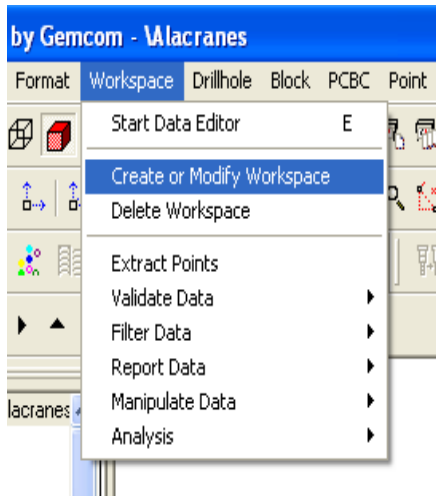


Figura 2.3. Creación del Workspace

Figura 2.4. Configuración del workspace

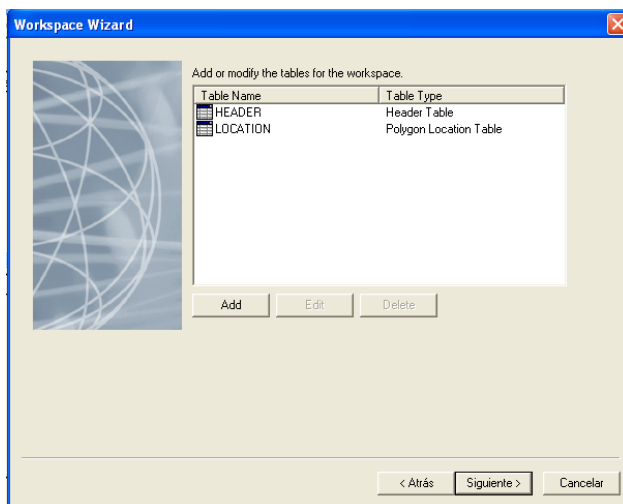
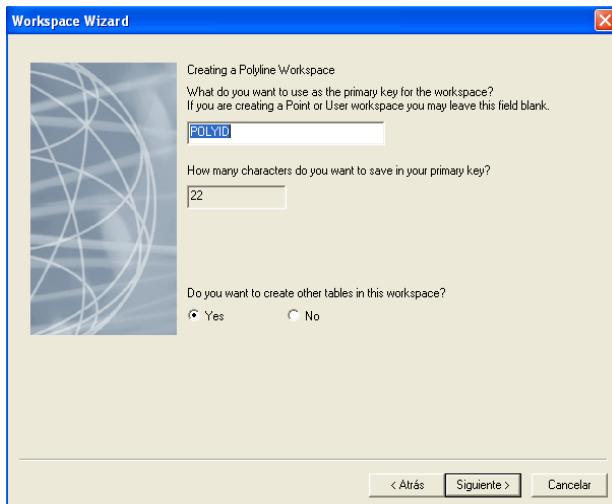


Figura 2.5. Configuración del workspace Figura 2.6. Configuración del workspace

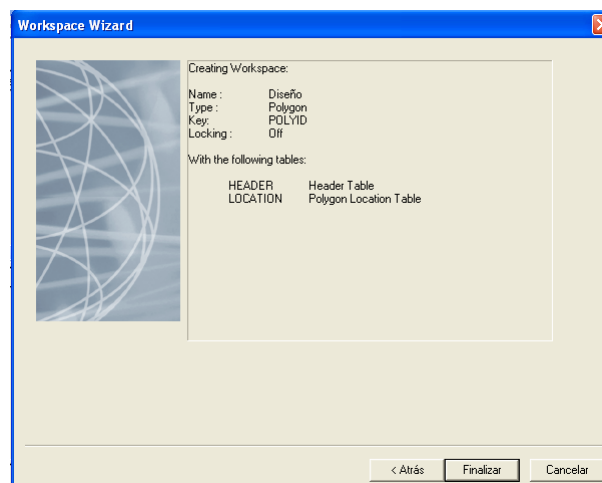


Figura 2.7. Finalización de la configuración del workspace



Estos pasos se repiten para el caso del espacio de trabajo que está relacionado con la planificación, solo cambia que en lugar de **Pit and dump design**, se utiliza **Cut evaluation**, y le pondríamos como nombre planificación.

Para crear el espacio de trabajo relacionado con los polígonos, la mayoría de los pasos se mantienen, aunque hay que cambiar **Polyline** por **Scenario** en la parte donde aparece **What kind of workspace is this?** y el resto de los procedimientos se mantienen como en la figura 2.8.

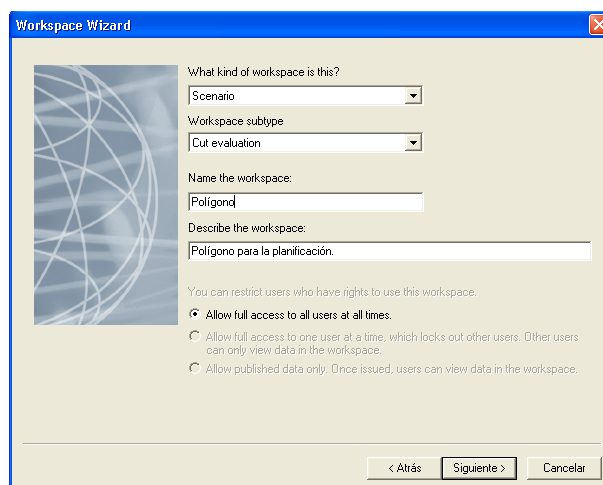


Figura 2.8. Configuración del workspace para los polígonos

A la topografía o modelo digital del terreno se le dedica un espacio de trabajo, los pasos para crear este workspace son similares a los anteriores; para el caso de la superficie del terreno se pone en **What kind of workspace is this? ► Triangulation** como está reflejado en la figura 2.9.

En este Workspace se guardará todas las bases de datos relacionados con sólidos geológicos y las superficies generadas, además del MDT final de la cantera.

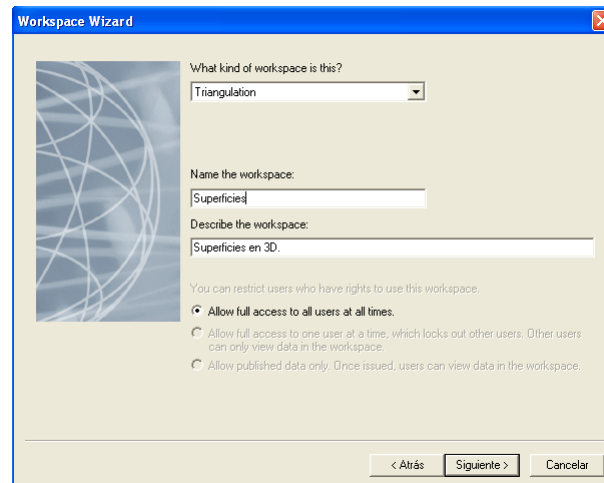


Figura 2.9. Configuración del workspace para las Superficies

2.2.3 Creación de los Plan View

Es en este paso donde el diseñador va a definir todos los parámetros técnicos de la cantera (ángulo del talud final de la cantera, ángulo de batería o paramento del banco, ancho de la berma de seguridad, ancho de la berma de transporte, ancho y pendiente de la rampa y la trinchera, altura del banco de explotación, altura máxima del talud en condiciones óptimas de seguridad, ancho mínimo de la cantera por el fondo, tamaño de la plataforma de trabajo, entre otros. Para lograrlo se debe revisar la vista del plano (**Plan view**), lo anterior tiene que ver cuando el geólogo realiza el diseño del modelo de bloques define su vista de plano (**Plan view**), altura del banco, los cuales pueden o no coincidir con el definido por el especialista de minas (los **Plan view** definido por el ingeniero de minas van a depender del equipamiento a utilizar), en caso de no coincidir por razones técnico-económicas se debe crear un nuevo **Plan view**.

Para revisar los **Plan view** hay que ir a **View ► Plan view ► Select from list** como muestra la figura 2.10. En la ventana que aparece a continuación podemos apreciar los diferentes bancos, en los cuales se observa que la altura de los bancos son de cinco metros, obsérvese la figura 2.11.

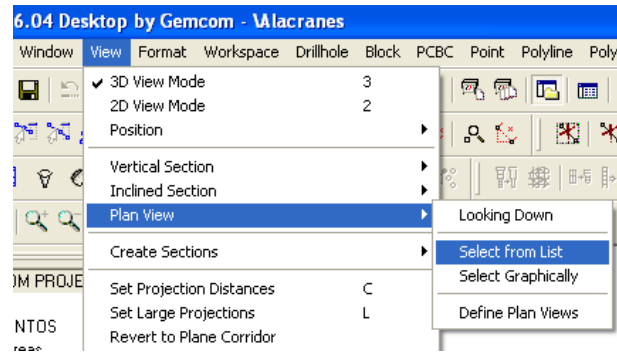


Figura 2.10. Visualización de la lista de los Plan view

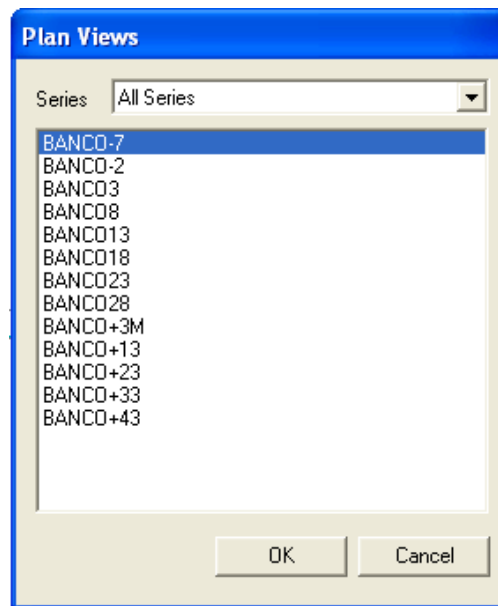


Figura 2.11. Plan view

Es válido esclarecer que los **Plan view** pueden observarse de esta forma o reflejarse en la pantalla de forma geométrica, para esto hay que cargar los sólido en la pantalla, para esto hay que ir a la barra de **Project view ► Triangulations ► Sólido ► Clic derecho ► Open**, como muestran las figuras 2.12, 2.13.

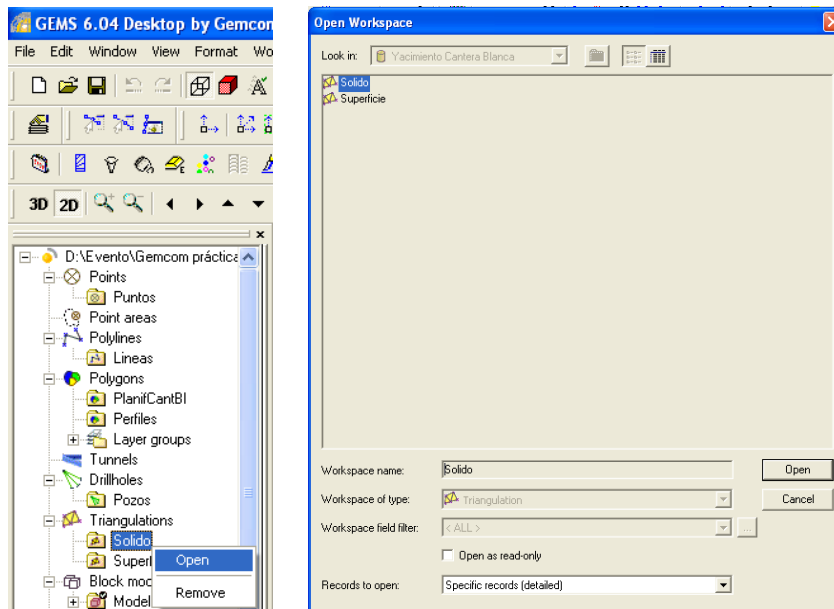


Figura 2.12. Cargar los sólidos

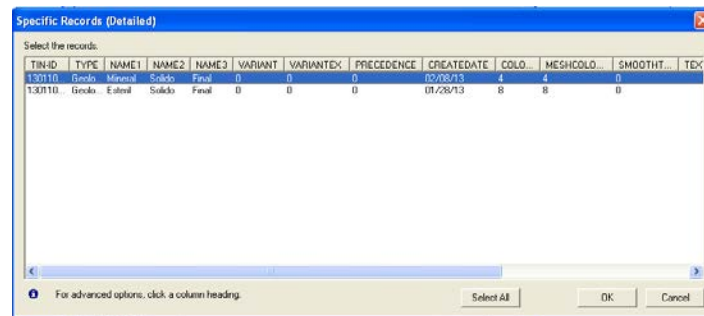


Figura 2.13. Selección del sólido del mineral

Seguidamente nos dirigimos a la barra **Project view ► Pits and dumps ► Add Workspace**; se visualizará una ventana donde escogeremos el Workspace que habíamos creado con anterioridad para el diseño, como está reflejado en la figura 2.14 y 2.15. Este mismo procedimiento se realiza para las líneas, quedaría del siguiente modo: **Project view ► Polylines ► Add Workspace**.

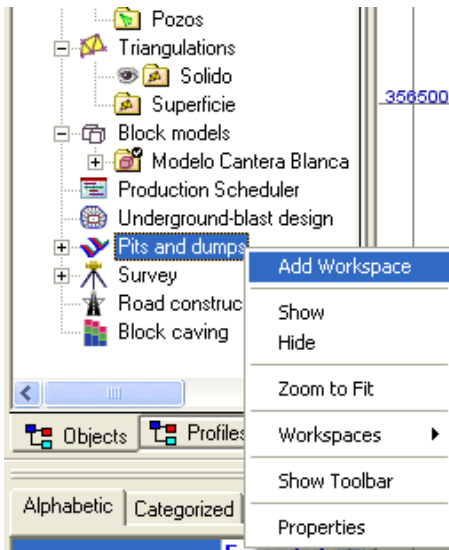


Figura 2.14. Adición de la Workspace

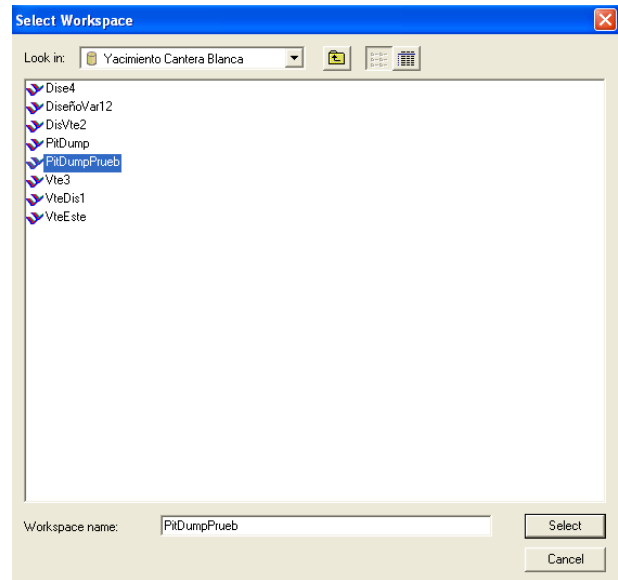


Figura 2.15. Selección de la Workspace

Después de observar los diferentes bancos y comprobar que no coinciden con la altura planificada por el minero, pasamos a crear los **Plan view** que van hacer usado en la minería. Para esto vamos a **View ► Plan view ► Define Plan views**, obsérvese la figura 2.16.

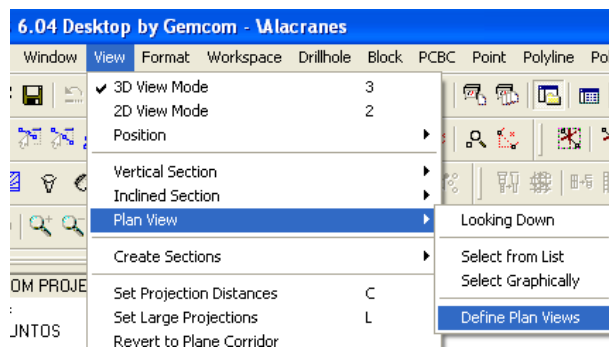



Figura 2.16. Definición los Plan view

En la ventana que se visualiza se le da un nombre al plan view (BANCO -10, BANCO +15, entre otros), además de configurar el banco por donde queremos comenzar. La cantidad de banco creado va a depender de la potencia del mineral. Para esto hay que dar un **clik** en este icono  y ponerle el nombre. En las casillas donde aparece **Reference Elevation**, **Lower Elevation limit** y **Upper Elevation limit** se coloca el



número del banco por donde se pretende comenzar, repetirlo en la próxima casilla y poner el número del banco que le sigue, obsérvese la figura 2.17 y 2.18.

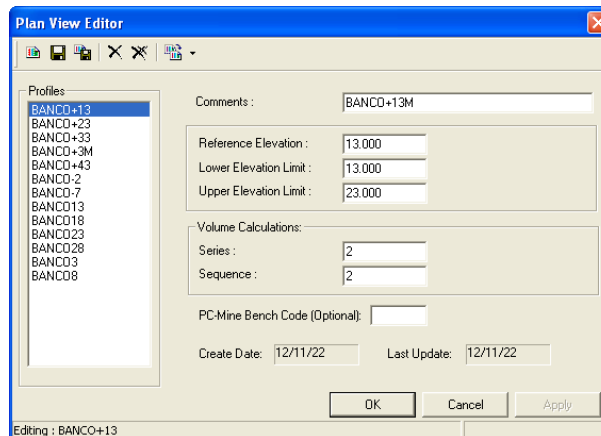
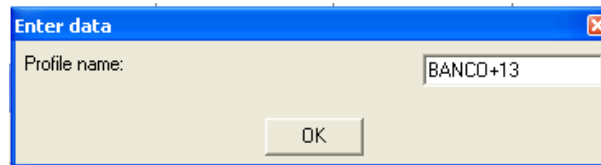


Figura 2.17. Nombre del banco (BANCO)

Figura 2.18. Plan view creado

Una vez vencidos los pasos anteriores se procede a la configuración de los elementos que conforman la cantera. Para lograrlo hay que ir a la barra **Project view** ► **Pits and dumps** y en el workspace creado dar un **Clic derecho** ► **New Pit/Dump** como muestra la figura 2.19.

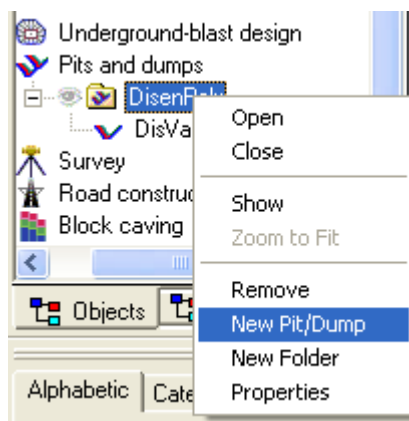


Figura 2.19. Visualización del New Pit/Dump



En la ventana que se visualiza a continuación es donde realizamos la configuración del ángulo del talud, la berma y el ángulo del paramento como se ilustra en la figura 2.20, luego damos un **Clic** en la casilla **Siguiente**, para observar la próxima ventana que contiene todos los datos de los bancos, antes adicionamos los **Plan view** con un **Clic** en **Add Benches** y seleccionamos los que vamos a utilizar, obsérvese la figura 2.21.

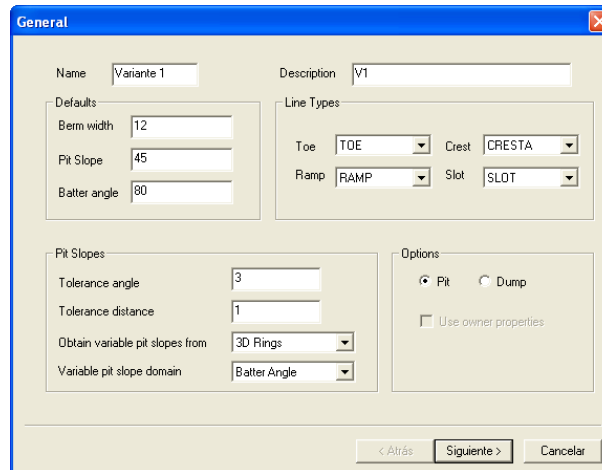


Figura 2.20. Configuración de los parámetros de la cantera

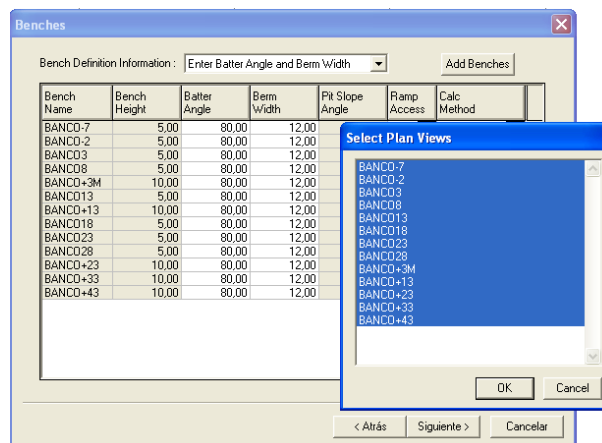


Figura 2.21. Visualización de los cálculos de los diferentes bancos.

Para pasar a la ventana posterior hacemos un **Clic** en **Siguiente** y aparece una nueva ventana que permite configurar todo lo relacionado con las rampas de acceso a los diferentes niveles de la cantera, así como para los **Slot** en caso de que vayamos a depender de esto, obsérvese la figura 2.22.

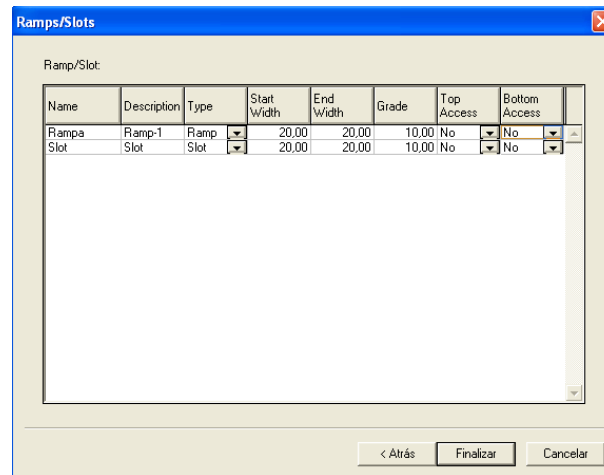


Figura 2.22. Configuración de la rampa y los Slot.

Si se comete un error o se necesita realizar algún cambio solo vamos a **Project view** ► **Pits and dumps** y se da **Clic** ► **derecho** ► **Properties** en el **Workspace** creado, donde se visualizará la ventana con la propiedades, obsérvese la figura 2.23.

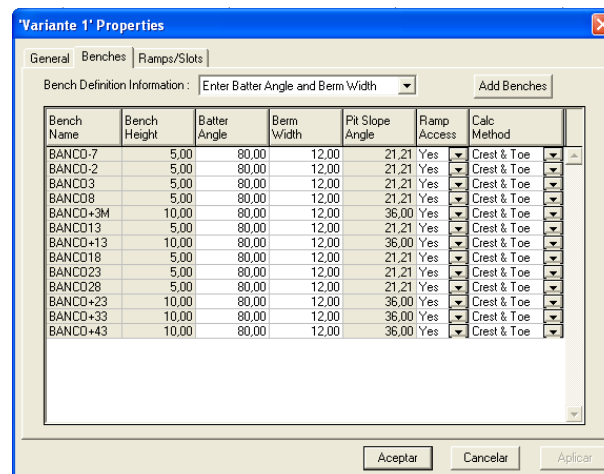


Figura 2.22. Propiedades de los bancos.



2.2.4 Creación de las líneas de pie, cresta, y slot

En este paso es donde quedará conformada en tres dimensiones la cantera, se representara el pie, el borde y las rampas que unirán las diferentes bermas con los caminos de accesos a la mina.

Para lograrlo es necesario tener representada en la pantalla el modelo de bloque, solo el fondo, es decir por donde empezaremos a diseñar; hay que cargar todos los **Plan view**, principalmente el menor. Acto seguido desplegaremos en la barra de menú principal donde dice **Tools ► Pits/Dumps Design ► Create New Toe/Crest/Slot line** como muestra la figura 2.23. A continuación tenemos que bordear toda el área del último nivel para poder conformar el pie, siempre con un margen de espacio correspondiente para todas las maniobras de los equipos.

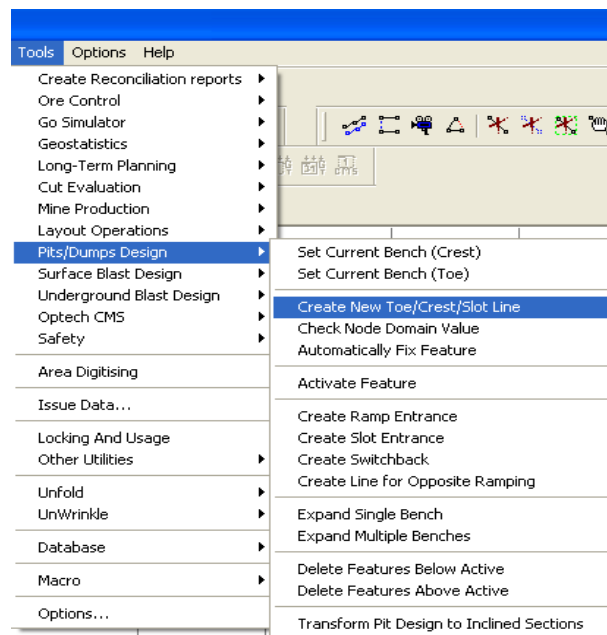


Figura 2.23. Creación de las líneas de pie, cresta y slot

En este paso es donde se planificaran los accesos a los bancos, para luego unirlo con los caminos principales. Una vez que se tenga todo bien definido, lo siguiente es expandir las líneas del pie y el borde del primer banco. Para ello se accede a la barra de menú principal, se busca la opción **Tools ► Pits/Dumps Design ► Expand**



Multiple Benches, como se observa en la figura 2.24. En este caso se puede expandir varios bancos a la vez o también puede hacerse de manera individual.

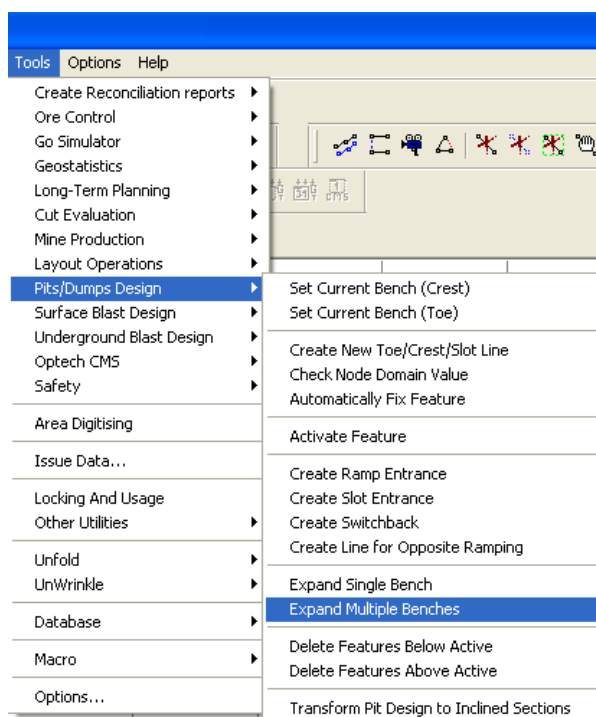


Figura 2.24. Expansión de múltiples bancos

2.2.5 Creación de la superficie de la cantera y unión de la misma a la topografía general.

En este epígrafe es donde vamos a convertir todas las líneas generadas en el diseño en una superficie, que no es más que la superficie de la cantera. Este modelo digital del terreno creado hay que unirlo a la topografía general del yacimiento para poder observar cómo queda conformada la cantera que se diseñó.

Lo primero es expandir los bancos hasta que sobre pasen la topografía original y después hacerle un contorno (**clipping Polygon**) al diseño de la cantera creada, que es por donde se cortarán las superficies; posteriormente se extrae la superficie original del contorno creado y luego se une esa área vacía con la superficie de diseño.



Para lograr lo expuesto anteriormente Lo primero que hay que hacer es expandir el diseño hasta que rebase el nivel de la superficie del terreno natural, para esto hay que ir a la barra de menú, donde dice **Tools ► Pits/Dumps Design ► Expand Multiple Benches**, como muestra la figura 2.25.

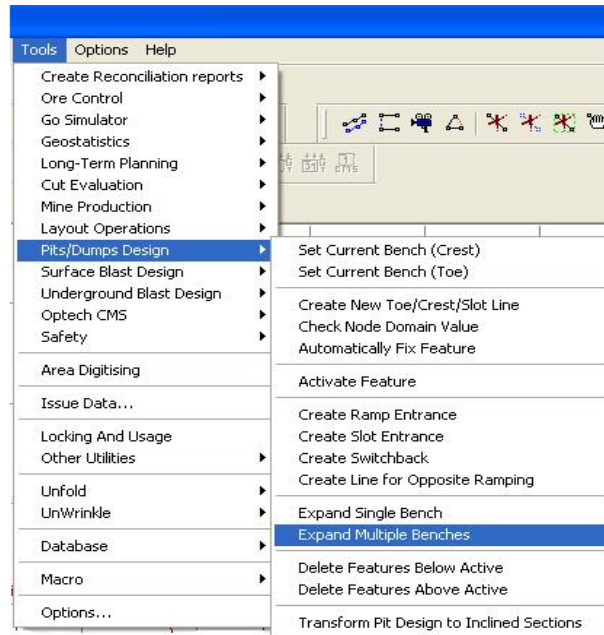


Figura 2.25. Expansión de multiples bancos

Después de expandir el diseño se crea la superficie del mismo, se oprime un clic en la barra de menú en la opción **Surface ► Create ► Create Superficie From Active Data**, como se muestra en la figura 2.26.

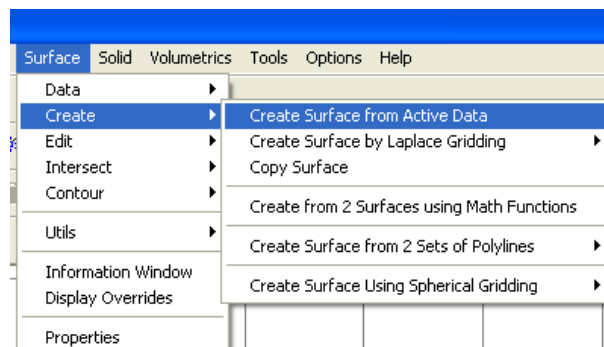


Figura 2.26. Creación de superficie



Posteriormente se visualiza una ventana en la cual es preciso presionar con un **Clic** en **OK** para formar la triangulación; a esta superficie se le añade un nombre y se configura, lo cual se hace en la próxima venta que aparece en la pantalla, como se ilustra en la figura 2.27.

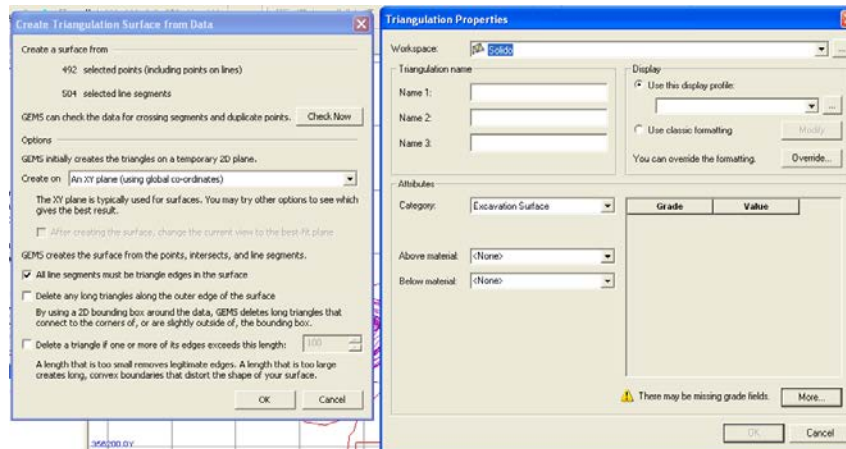


Figura 2.27. Configuración de la triangulación

Seguidamente se debe cargar la superficie del terreno natural (topografía) y la del diseño para interceptar las dos superficies. Esto se realiza dando un clic donde en **Surface ► Intersect ► Create Intersection Polyline between 2 Surfaces**, como se muestra en la figura 2.28.

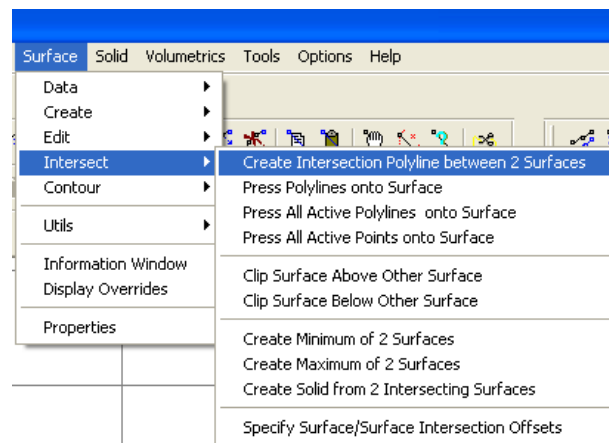


Figura 2.28. Creación de la intersección entre dos superficies



Después de realizada esta operación se debe visualizar el dibujo en 2D para observar la línea de intersección, a la cual se le realizará un polígono (**Clipping Polygon**). Para lograr esto es necesario ir a la barra de menú y oprimir donde dice **Polyline ► Create ► Clipping Polygon**, como se observa en la figura 2.29.

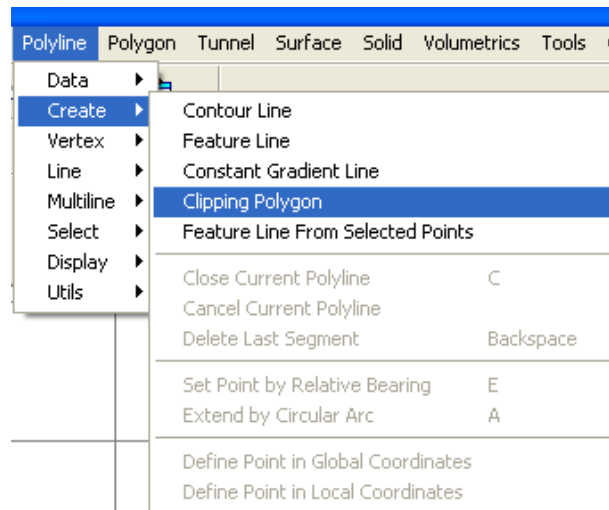


Figura 2.29. Realización del polígono

Una vez creado el contorno en la intersección de las dos áreas, tenemos que retirarle a la superficie del terreno natural la zona que está dentro del mismo y a la superficie del diseño todo lo que esta fuera del contorno. Esto se logra dando un clic en **Plyline ► Multiline ► Clip ► Clip Inside polygon**, como se observa en la figura 2.30. Para el caso de la superficie del diseño que queda de la siguiente forma: **Plyline ► Multiline ► Clip ► Clip Outside polygon**, coma se muestra en la figura 2.31.

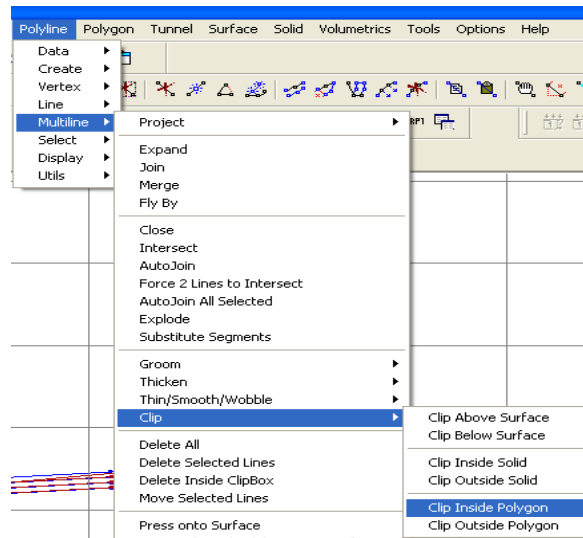


Figura 2.30. Creación de la forma de la cantera

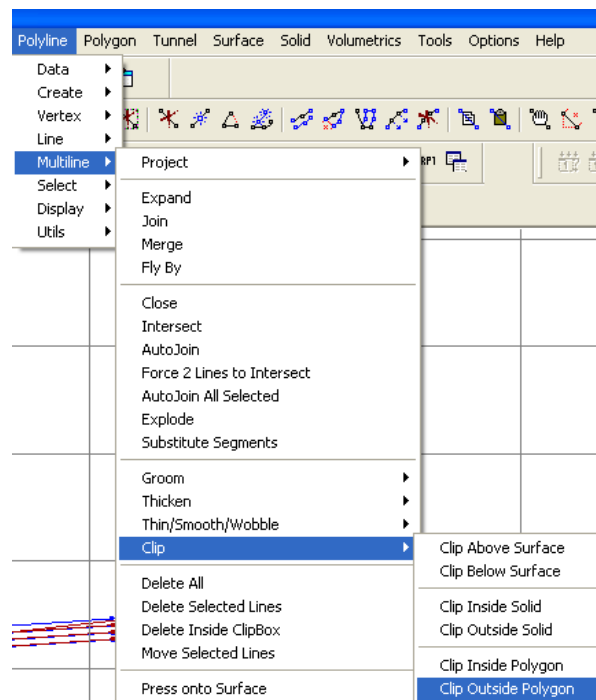
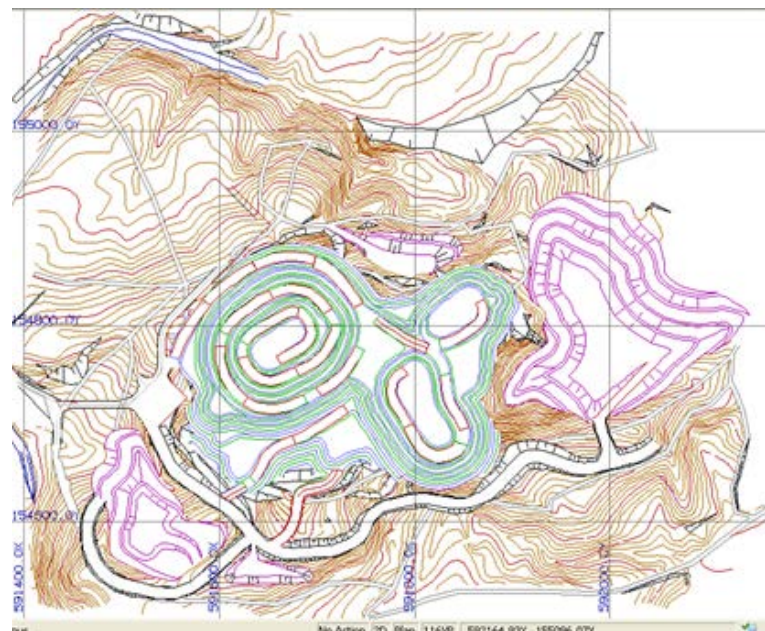
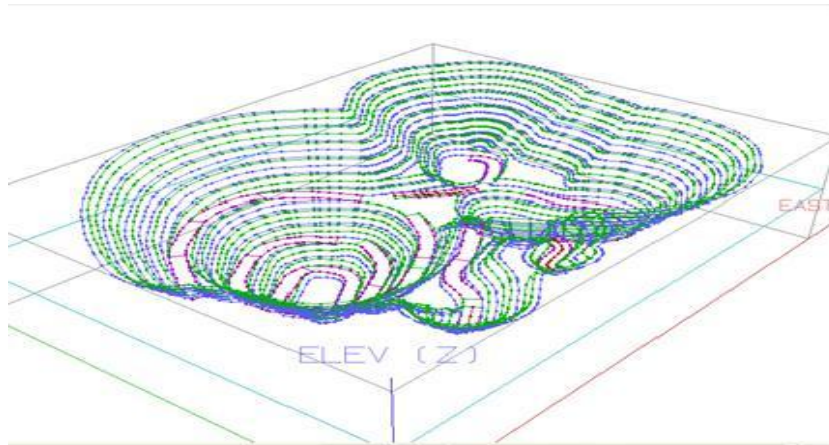


Figura 2.31. Creación de la forma de la cantera



2.2.6 Visualización en 2D y 3D de la cantera.

Es en este paso observaremos el diseño terminado, el software nos permite ver la cantera en dos y tres dimensiones, posibilitando detectar con mayor claridad cualquier error técnico que se haya cometido en el dibujo.



Conclusiones parciales

1- Se elaboró un procedimiento para diseñar cantera con el Software Gemcom, el cual permite un mejor diseño y un ahorro considerable de tiempo.

CAPÍTULO III. CASO DE ESTUDIO (CANTERA GUIDO PERÉZ)

La minería aplicada en trabajos a cielo abierto se encuentra estrechamente vinculada al diseño de cantera, en el cual es necesario aplicar todos los parámetros técnicos. En tal sentido, el uso de la tecnología Gemcom facilitaría un mejor y provechoso diseño, cuestión que constituye una de las tareas científicas planteadas en la presente investigación. En correspondencia con ello, se presenta como caso de estudio el yacimiento Guido Pérez, ubicado en el municipio Guanabacoa, concesión minera donde se empleará el procedimiento elaborado.

3.1 Características geográficas y económicas de la región

El yacimiento “Guido Pérez” se encuentra ubicado aproximadamente a unos 14 km al suroeste de La Habana, en el municipio de Guanabacoa, provincia Ciudad de la Habana. Las coordenadas geográficas del área son: 23°, 3',00" de latitud y 82° 14',00" de longitud.

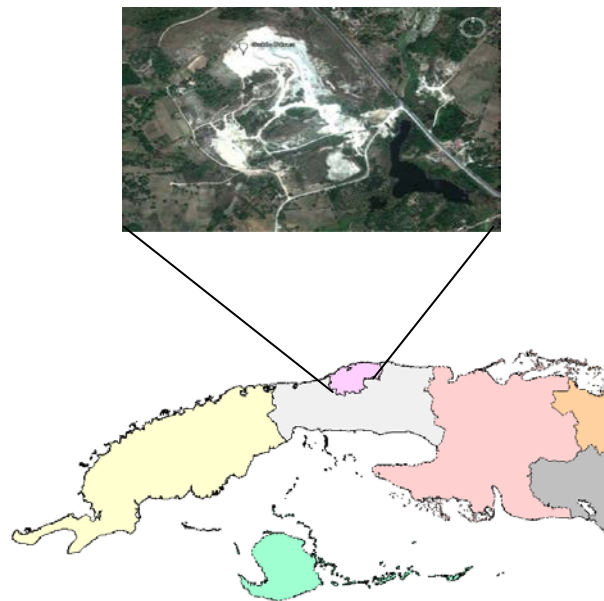


Figura 3.1. Ubicación geográfica del yacimiento Guido Pérez



Las coordenadas que limita el yacimiento son:

X= 371 700; 372 900

Y= 361 200, 362 400

Relieve

El área se enmarca en el sistema orográfico Habana- Matanzas, el cual no es muy abrupto, más bien predominan pendientes suaves. Las cotas máximas se ubican generalmente al norte, con valores que sobrepasan los 100 metros, la mayor elevación del yacimiento es la cota + 119.7. Las más bajas varían entre 40 y 50 m en la región, en este caso el área del yacimiento tiene una cota de + 74.0 m. Es importante señalar que la existencia de algunos frentes de explotación en la región (cantera) hace que en ocasiones la variación de las curvas de nivel sea brusca.

Condiciones climáticas

El clima de la región guarda similitud con el de todo el territorio nacional, o sea se caracteriza por ser tropical, con una temperatura promedio anual de 24,6 °C, los meses más lluviosos son de mayo a diciembre y entre los más secos se encuentran enero, febrero, marzo y abril, para estos últimos la media anual es de 1457,4 mm.

Actividad económica de la región

Los alrededores del yacimiento "Guido Pérez" se consideran zona urbana, por pertenecer al municipio Guanabacoa (Ciudad de la Habana), ubicándose cerca de los pueblos "Peñalver" y "Los Mangos". El uso de la tierra se limita actualmente a sembrados de árboles frutales, pastos artificiales y naturales. Las vías de comunicación son excelentes, pues al este del yacimiento se extiende la vía Monumental, importante arteria asfaltada que facilita el transporte y comunicación. Además existe una carretera que enlaza las canteras de "Guido Pérez y "Santa María". Ver anexo 1.



3.2 Geología del yacimiento

El yacimiento Guido Pérez, está constituido por rocas pertenecientes a la formación Peñalver, descritas como material clástico de estratificación tradicional con capas finas de potencia de 1 a 3 cm, según el Informe de Exploración dentro de los límites del coto minero en el yacimiento de Arenisca Guido Pérez que se realizó en el año 1992. Desde la base al techo se describe una transición de grueso a fino como calcarenita gruesa a calciruditas y calcarenitas a calcilutitas. El corte en general es masivo, observándose grandes paquetes homogéneos de areniscas. Durante los trabajos de investigación geológica en el yacimiento fueron tomadas muestras con el fin de realizarle ensayos petrográficos y paleontológicos con el objetivo de definir su edad geológica y estructura, entre otras características que podrían servirnos como fuente de información para determinar las características geológicas del yacimiento. En la fase arenosa de la secuencia se observa el desarrollo de formas típicas redondeadas de exfoliación por intemperismo.

Los depósitos de la parte superior del cretácico (Formación Peñalver) están presentados en el yacimiento por areniscas con sus diversas variedades granulométricas; gruesa, media y fina, las dos últimas son las más abundantes. También predominan las calcilutitas de color gris oscuro y deznables, las cuales presentan una granulometría mucho más fina que las areniscas y generalmente aparecen en el corte en su parte superior. La posición que siguen en el corte las distintas variedades litológicas responde a la ley de la estratificación gradacional. A continuación se realiza la descripción de cada variedad litológica detectada en la zona de trabajo, a través de la preparación o durante el levantamiento geológico y la documentación de canteras. Ver anexo 2.

Capa Vegetal: Aunque no es una variedad litológica, es necesario describirla. La misma abarca una gran extensión y está constituida por un material arcilloso (en ocasiones arenoso-margoso) de color pardo oscuro, con algunos fragmentos de areniscas y abundante material orgánico. Esta capa fue cortada por la perforación en un total de 14 pozos con una potencia entre 0.3 y 3.3 m para un promedio de 0.16 m.



Material Margo-arenoso-arcilloso: Generalmente es cortado en los primeros metros. Se caracteriza por estar presente, en ocasiones, los 3 componentes o pueden aparecer uno o dos de ellos. También es muy plástico a veces. El testigo nunca sale bien conservado, sino distribuido por la misma perforación, debido a lo quebradizo que es este material.

Areniscas: Estas son las más abundantes en todo el yacimiento. Fue cortada por casi todos los pozos. Se presenta con granulometría fina y media, la primera es la que más abunda. También aparece la de grano grueso, pero en menor escala y en intervalos muy pequeños. Los colores varían de gris claro a oscuro y en ocasiones de color crema. Se presenta poco fracturada con calcita y manchas de bitumen. Las mismas presentan ángulos entre 60° y 90°. Algunas veces se observan en la propia roca pequeñas inclusiones de color negro (al parecer pedazos de material arcilloso). Estas rocas son consideradas como material útil en su uso como piedra y/o arena artificial, por su absorción relativamente baja (3 %) y su marca superior a 400 en la mayoría de los casos.

La descripción petrográfica de estas rocas indica, en el caso de las areniscas o calcarenitas, que se caracterizan por contener agregados de bioclastos, representada por fauna bentónica del Cretácico. El material cementante no es abundante aunque se observa cemento calcítico. La granulometría varía desde fina a media.

Tectónica

El fenómeno disyuntivo más propagado es el agrietamiento. El mismo afecta a todos los tipos de variedad litológica, la acción más alarmante es en las calcilutitas. Para el caso de las areniscas el agrietamiento se comporta en forma casi vertical, con ángulos que fluctúan entre 60° y 90°. Las grietas en su mayoría aparecen rellenas por calcita y / o bitumen. Las vetillas de calcita tienen un espesor entre 0.5 y 2 cm. A veces se observa en los planos de fractura, manchas de ácidos de hierro y clavita. También son perceptible grietas horizontales o casi horizontales con ángulos entre 0° y 12°, pero que afecta generalmente a las calcilutitas.



Otros de los fenómenos contradictorios observables dentro del yacimiento es la falla de dirección Este- Oeste que se extiende al noroeste del área, donde se dividen dos cuerpos minerales de areniscas, esta falla fue trazada como supuesta debido a la imposibilidad de comprobar visualmente, la única información que se tiene hace suponer la existencia de ella en la dirección de las curvas de nivel, las cuales fragmentan los dos cuerpos minerales (uno al norte y otro al sur) para conformar una zona de cañada. Otro aspecto importante es que los pozos perforados en esta zona de la cañada dieron negativos.

Otras observaciones importantes, es que en algunos pozos se cortaron zonas de trituración tectónica, las cuales casi siempre coincidían con las calcilitas.

Las dislocaciones plicativas no son muy apreciables, en la zona de la cantera se observan sólo paquetes masivos de rocas, que dificultan la visión de formas estructurales definidas. Estos fenómenos disyuntivos que afectan a las rocas del yacimiento ejercen una gran influencia sobre la materia prima útil, pues proporcionan la lixiviación de material arcilloso.

Este agrietamiento no incluye de forma negativa en la extracción del mineral útil, incluso teniendo presente la variación litológica existente en el área, en tanto que estas zonas se encuentran bien caracterizadas y delimitadas por sus resultados físicos-mecánicos, en perfiles y planos, o sea, que en el momento de su explotación, se contaría con materiales que encaminarían dichos trabajos. La potencia útil en el yacimiento aumenta en las partes centrales del mismo (con la cota de alta del relieve), con una considerablemente disminución en las zonas más bajas (donde aumenta el por ciento de arcilla).



Hidrología del yacimiento

El yacimiento se ubica en la región hidrogeológica de las cuencas interiores, específicamente en la subregión Jaruco- Aguacate, está situada en la parte nororiental de las provincias Habana-Matanzas al norte, y de Bejucal- Madruga, al sur. Las cotas de las alturas de los límites de la región varían desde 80 - 90 m hasta 150- 170 m. En su parte central está compuesto por calizas del mioceno y en los flancos sucesivamente se extienden las rocas del Oligoceno y Eoceno. En la parte oeste de la región descrita hay un pliegue anticlinal, compuesto por sedimentaciones cretácicas preferentemente areniscas, conglomerados y arcillas que se caracterizan por la escasa acuosidad. Los recursos básicos de las aguas subterráneas están contenidos en las calizas del mioceno. Las aguas dulces son preferentemente de composición calcítica hidrocarbonatada.

Específicamente este yacimiento tiene un horizonte acuífero hasta la profundidad estudiada, que se encuentra asociado a las areniscas, aquí ocurre el movimiento de las aguas subterráneas a través de pozos y grietas de las rocas, es un horizonte libre, cuya posición en profundidad varía en dependencia de la disposición del relieve. En los sectores más altos del yacimiento, se observan cotas altas de las aguas subterráneas y hacia la zona de la cantera el agua está alrededor de la cota +77 m. Por esta característica se puede garantizar que no habrá complicaciones grandes en hidrogeología hasta la cota + 77 m y de surgir problemas por encima de este nivel por la característica geomorfológica se podía drenar por gravitación hasta dicha cota, siendo más complicado de la +77 m para abajo.

3.3 Características geotécnicas del macizo rocoso

El yacimiento Guido Pérez se caracteriza desde el punto de vista ingeniero geológico por pertenecer a la formación carbonatada – terrígena, donde sus rocas son masivas y compactas con muy poco desarrollo de la carsificación. De forma general las rocas son estables, aunque en superficie aparece un material intemperizado que puede darle a los taludes alguna inestabilidad, pero por su poca potencia no trae complicaciones graves en los frentes de explotación, de ocurrir deslizamientos no



tendrán gran envergadura. El lugar del yacimiento donde pueden aparecer problemas de estabilidad con este material es el que ocupa el pozo P-263, el cual se delimitó dentro del bloque de reservas como una zona estéril.

El agrietamiento por causas tectónicas se manifiesta generalmente en forma vertical a subvertical y en menor grado subhorizontal. Este fenómeno puede tener alguna importancia desde el punto de vista de la propia explotación, ya que puede disminuir el afecto de la voladura con el escape de la propia onda expansiva por estas grietas. El intemperismo afecta fundamentalmente a la parte superior de las capas y crea un potencial poco considerable de roca intemperizada, que en muchas ocasiones, produce un porcentaje de material arcilloso bastante alto. Las reservas generales del yacimiento se encuentran inundadas a partir de la cota +77.0 m. El nivel de agua detectado en la zona más elevada (cota + 86.0 m) no presenta dificultad alguna para poder ser drenado hacia las zonas más baja por el método gravitacional. Para la explotación de las reservas inundadas (a partir de la cota + 77.0) se recomienda un drenaje a partir de dispositivos ideados con estos fines.

3.3.1 Características cualitativas del material útil

Desde el punto de vista de la calidad del material útil podemos decir que es buena, para los usos que pide la tarea técnica (piedra triturada y arena artificial). Las rocas en general presentan una marca de triturabilidad más frecuente de 600, aunque aparece como cifra más baja 200, mientras que las más altas es 1200. A pesar de tener muestras con valores de 200, número que lo convierte en no útil. La absorción varía en el intervalo entre 1.74 % y 7.60 %, con un valor promedio de 3.06 %. El peso volumétrico varía entre 2.27 y 2.60 g/cm³ para un promedio de 2.52 g/cm³.

3.3.2 Evaluación integral del yacimiento

El yacimiento Guido Pérez será explotado por el método a cielo abierto, el arranque de la masa minera se realizará con perforación y explosivos, los bancos estarán definidos, 8 m y 6 m de altura, irán de la cota + 102.0 m a la + 94.0 m, de la + 94.0 m a la + 86.0 m y de la + 86.0 m a la + 80.0 m, la escombrera se ubicará al Sur - Oeste



del yacimiento y los accesos tanto a la escombrera como a la planta de proceso están conformados.

El nivel de explotación contará con un piso regular que favorece el drenaje. La materia prima extraída en dicho yacimiento se suministrará al centro de producción Quebra Hacha, el cual tiene un plan de producción anual de 130 000 t, el material se llevará hasta un depósito intermedio con el uso de un cargador frontal se suministrará a la planta de proceso.

3.3.3 Capacidad anual de producción y vida útil

Para la realización de este trabajo se utilizaron los datos del “Informe de Exploración dentro de los límites del coto minero en el yacimiento de Arenisca Guido Pérez”.1992. O.N.R.M. No. de Inventario 4121. La base de datos digital fue validada y entregada por el personal de la Empresa de Canteras, los volúmenes por categorías se presentan a continuación.

Medidos 8, 354,850.654

Total 8, 354,850.654

La capacidad estimada para la planta de procesamiento, entregada por el cliente, es de 130 000 t. Las pérdidas tecnológicas son de 25%, las de transportación 2% y las pérdidas por concepto de diseño se estiman en un 2%. Teniendo en cuenta estos resultados y la capacidad de la planta, la productividad estimada de la cantera asciende a 178 082 t/año.

3.4 Apertura

La apertura del yacimiento se realizará para asegurar el enlace del transporte entre los puntos de carga de la masa minera y los puntos desde su descarga en depósito, se debe garantizar el funcionamiento normal de los flujos de carga en la cantera.

Los factores fundamentales que influyen sobre los índices técnico-económicos de la apertura son el número, volumen de las excavaciones y los gastos para su laboreo y equipamiento, el tiempo de apertura de los diferentes horizontes, el plazo de



construcción de toda la mina, la distancia de transportación, los gastos para este proceso productivo, entre otros.

3.4.1 Labores de apertura

Los trabajos mineros para la apertura consisten en el laboreo de las excavaciones y el equipamiento para realizarlas. El tipo de excavación es el que caracteriza el método de apertura. La continuidad de la explotación minera en el yacimiento seleccionado es óptima, racional y segura, lo cual garantizará que se extraigan la mayor cantidad de reservas posible.

Los frentes aperturados se mantendrán en las mismas condiciones, el volumen de material a extraer comienza en la cota + 102.0 m para la explotación de los bancos inferiores se propone seguir el avance de los frentes de explotación en la misma dirección que el banco superior. En la medida que descendan al nivel + 94.0 m se construirá una rampa de acceso desde la cual se podrá cargar material tanto a la planta de proceso como a la escombrera, la construcción de la misma mantendrá los parámetros de diseño propuestos, al nivel + 86.0 m se accederá por los caminos existentes.

3.4.2 Trinchera maestra o rampa de acceso. Parámetros de diseño

Las labores de preparación para rampa de acceso comenzarán en el banco + 102.0 m desde el cual se iniciarán las labores de profundización hacia el banco + 94.0 m, + 86.0 m. El material útil extraído será enviado al depósito y el estéril hacia la escombrera que se localiza en la zona Oeste del yacimiento. No es necesario realizar trincheras de corte, solo se continuarán los frentes aperturados. Los parámetros de diseño para las rampas de acceso son los siguientes:

- Ancho ----- 10.0 m
- Pendiente longitudinal ----- 10%
- Longitud----- 48.0 m



Cuneta para el drenaje en forma de “V”, con un ancho y profundidad de 40.0 cm.

El equipamiento a usar para la rampa de acceso estará compuesto por: Bulldozers, cargador y camiones.

3.4.3 Tala y desbroce

La tala consiste en el corte y traslado de los árboles presentes en el área del laboreo. El desbroce se basa en la extracción y retiro de los arbustos, plantas, tocones, malezas, basura, entre otros. Ambas labores son preparatorias y tienen la finalidad de crear las condiciones óptimas para las demás labores preparatorias como lo es la apertura, entre otras. Estas labores sólo se limitarán al área donde se explotará el nivel +102.0 m.

La potencia promedio de desbroce es de 0.16 m, teniendo en consideración que el relieve de la superficie del yacimiento es prácticamente llano y la potencia de destape es pequeña, se recomienda realizar la extracción de la capa vegetal con bulldózer. El área de la zona de tala y desbroce será de 15 322 m² (1.5 Ha), el volumen estimado de capa vegetal es de 2 451,52 m³.

3.4.4 Equipos y medios necesarios

La potencia promedio de la capa a desbrozar es de 0.16 m y se recomienda realizar la extracción de la capa vegetal con el esquema bulldózer-cargador-camión. Los medios auxiliares pueden ser: sierras mecánicas, machetes, hachas.

3.4.5 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 el)



En este caso avanzará la minería longitudinal al rumbo, se seguirá la explotación actual bancos +102.0 m, + 94.0 m, + 86.0 m, en dirección norte y con desplazamiento en el frente, o sea, hacia el Oeste. En los bancos inferiores se avanzará de la misma manera, con progreso de techo a fondo en cada nivel hasta extraer los volúmenes planificados.

Arranque

En consideración con las características físico mecánicas de las rocas que presenta el yacimiento, se realizará el arranque con uso de explosivos para proceder a la extracción de material.

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, lo cual constituye el pasaporte de perforación y voladuras.

Carga

La actividad de carga tanto del mineral como del estéril, se ejecutará con el uso de Cargador Frontal sobre neumáticos.

3.4.6 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 mineral hacia el depósito o la planta para su procesamiento y el estéril para las escombreras.

La transportación del mineral y el estéril se realizará en camiones volteo de 15.m3 de capacidad, la cual constituye un esquema cíclico. El transporte automotor tiene como ventaja, respecto a otros sistemas, su maniobrabilidad, flexibilidad y en distintas condiciones climáticas, capacidad de vencer grandes pendientes. Las distancias promedio de transportación hacia la planta y a la escombrera serán en tres trimestres:



Período (km)	Distancia a la planta (km)	Distancia a la escombrera
I Trimestre	0.632	0.613
II Trimestre	0.753	0.657
III Trimestre	0.822	0.784

3.4.7 Diseño de la cantera

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

3.4.7.1 Diseño operativo de la cantera

Sobre la base del equipamiento, concesión minera, cuerpo mineral, se procedió a realizar el diseño operativo de la cantera, teniendo en cuenta los parámetros minero-técnicos para el desarrollo eficaz de la misma. La profundidad final del diseño que comprende este estudio es hasta la cota + 86.0 m, existe actualmente un fondo en cota + 80.0 m, pero los volúmenes planificados para un año de minería se alcanzan en la cota + 86.0 m.

3.4.8 Parámetros de diseño

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

Bancos o escalones

La explotación de la cantera para un año, comprende 2 bancos, en orden descendente, el primero va desde la cota + 102.0 m al + 94.0 m y el segundo de la + 94.0 m al + 86.0 m, Los bancos serán de 8 m, la perforación y voladura se realizará perforando la plazoleta de trabajo en correspondencia con el volumen necesario a



una profundidad en correspondencia con la altura de cada banco, y el equipo de carga será un cargador sobre neumáticos. Se construirá una rampa que comunica el banco + 94.0 m con el + 86.0 m, tiene las siguientes características. Ver Tabla 1.1

Tabla 1.1

Replanteo Cantera Guido Pérez				
Banco	Denominación	Norte	Este	Evaluación
+ 102	TOE	362006.14	372131.38	102
+ 102	CREST	362008.96	372133.46	102
+ 94	TOE	361832.89	372477.01	94
+ 94	CREST	361748.36	372696.49	94
+ 86	TOE	361847.63	372395.78	86
+ 86	CREST	361842.33	372431.93	86

- Ancho de 10 m
- Longitud de 48 m
- Pendiente longitudinal máxima de 10 %.

3.4.9 Bermas de seguridad

La berma de seguridad se estima como la tercera parte de la altura del banco. Para bancos de 8 m se estima una berma de 3.6 m, aproximaremos a 4 m, para usar un valor aceptable en la minería que facilite el acceso de los medios mecánicos para el mantenimiento de la misma.



3.4.10 Altura y talud del banco para el diseño de la cantera

Se tomó una altura de los bancos de 8 m con un ángulo de inclinación de 80° para esto se calculó la máxima altura estable.

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

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

Dónde:

C - Cohesión de la arenisca 10-30 MPa

A - Ángulo de inclinación del banco 80°

ρ - Angulo de fricción interna de la arenisca, oscila entre 25° - 35°.

γ - Peso volumétrico 2.5 t/m³

Se evaluó la máxima altura permisible para cada uno de los 2 casos posibles con los siguientes resultados:

Cohesión de la roca (Mpa)	Ángulo de inclinación del banco (grados)	Ángulo de fricción interna	Peso volumétrico (T/m ³)	Hmáx (m)
10	80	25	2.5	24.43
30		35	2.5	90.00

Como se observan las máximas alturas permisibles para cada uno de los casos posibles es mayor que la altura que se escogió para bancos de 8m



3.4.10.2 Determinación del factor de seguridad de los taludes

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

Dónde:

T –tensión tangencial donde $T = W \sin \alpha / (H/\sin \alpha)$

Ángulo de fricción interna $\phi = 35^\circ$

Peso volumétrico promedio $\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$

Altura del escalón $H = 6 \text{ y } 8 \text{ m}$

C = Cohesión – 30MPa, 3.06 tn/m^2

Parámetros	UM	Zona Blandas Cohesivas
Altura del talud, H	m	8
Cohesión efectiva del terreno, C	t/m^2	3.06
Ángulo de fricción interna efectivo, Φ	grados	30
Peso específico del terreno, γ	t/m^3	2.245
Factor de seguridad, FS	U	1.25
C: $\gamma \cdot H \cdot \tan \Phi$	U	0.346
Tan Φ :FS	U	0.445

Ángulo del talud (leído en ábaco) 58.0°

Talud ligeramente saturado (Ábaco N° 2 del Manual de Ingeniería de taludes)



3.4.10.3 Determinación de la tensión normal

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

Dónde: $W = \gamma H^2 / (2 \tan \theta)$

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

3.4.10.4 Determinación de los ángulos de talud minero de la cantera

Los taludes finales fueron medidos gráficamente mediante el uso de las herramientas que ofrece el software Gemcom, se midieron los ángulos de talud para el borde activo e inactivo de la cantera, determinándose lo siguiente:

- Ángulo del talud minero de la cantera en el borde activo: 80.0°
- Ángulo del talud minero de la cantera en el borde inactivo: 60°

Parámetros del sistema de explotación:

- Altura de los bancos 8.0 m.
- Ángulo de inclinación del talud: 80.0
- Ancho de las bermas de seguridad: 4.0 m
- Ancho (perpendicular al rumbo) 184.0 m

3.4.11 Estrategia minera de profundización de la cantera

La cantera se conformará entre las cotas +102.0 m y + 86.0 m, cifras que implican una profundidad de explotación máxima de unos 16.0 m. En la cota +102.0 m se profundizará para garantizar la explotación de los bancos inferiores. La masa minera para estos 5 años de explotación se ha estimado en 1 386,919.69 t, y el escombro 63 787.95 t, el coeficiente medio de destape en la explotación es de 0.046 t/t.

El 100% del arranque del mineral y estéril se realizará por el método de perforación y voladura. El mineral se transportará a la planta de trituración y el estéril se



transportará hacia la escombrera establecida. Ver anexo 3 donde se muestra el diseño del banco +86.0 m y final de la mina.

Para el correcto diseño se cubrieron etapas de investigación geológica, producto de las cuales se obtuvo el modelo del yacimiento con todas sus características litológicas y estructurales, que permitieron optimizar la geometría del diseño de la cantera y establecer la planificación de las labores, el control y previsión de la calidad del mineral y la factibilidad de la inversión. Se tuvieron en cuenta cuatro grupos de parámetros: geométricos, geomecánicos, operativos y medioambientales.

Geométricos: Función de la estructura y morfología del yacimiento, pendiente en terreno y en límites de propiedad, entre otros.

Geomecánicos: Los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se haya dividido el yacimiento.

Operativos: Dimensiones necesarias para que las maquinarias empleadas trabajen en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad: alturas de banco, ancho de bermas y anchos del fondo, entre otros.

Medioambientales: Aquellos que permiten la ocultación a la vista de los huecos o escombreras, faciliten la restauración de los terrenos o la reducción de ciertos impactos ambientales. La diferencia de cota entre cada uno de los niveles de extracción será de 8 m, hasta llegar a la cota + 86,0 m, límite proyectado de la cantera. La cota de los horizontes proyectados es + 102.0 m, + 94.0 m, + 86.0 m.

La diferencia de cota entre cada uno de los niveles de extracción será de 8 m, hasta llegar a la cota + 86,0 m, límite proyectado de la cantera. La cota de los horizontes proyectados es + 102.0 m, + 94.0 m, + 86.0 m. El sistema de explotación con extracción completa del banco posibilita condiciones más seguras al disponer de grandes plataformas de trabajo con un mínimo de taludes expuestos, solo los que conforman el diseño final. El arranque se hará con explosivos y el apile del material se realizará con buldózer al mismo nivel de la plataforma de trabajo para realizar la carga a los camiones con el cargador.



Parámetros mineros:

Parámetros	Cantera
Masa minera (t)	8,354,850.654
Reservas(t)	1,386,919.69
Estéril(t)	63,787.95
Coeficiente de destape(t/t)	0.046

En relación con el análisis realizado y el escenario base para la ejecución de este proyecto, se prevé operar con los siguientes volúmenes de producción durante un año de explotación, Ver tabla 1.2

Tabla 1.2

Banco	Reservas	Reservas	Masa Minera	Estéril	Coef. Destape	Marca
	T	m³	T	T	%	
Banco +102	162.862,91	65.145,16	166.231,87	3.368,96	0,02	897,6 9
Banco +94	488.207,91	195.283,16	490.329,49	2.121,58	0,00	435,2 7
Banco +86	162.655,45	65.062	162.655,45	0,00	0,00	740,3 2
TOTAL	813.726,26	325.490,51	819.216,81	5.490,54	0,01	588,7 9



3.5 Legislación Minera

La Constitución de la República de Cuba sobre la protección del medio ambiente comienza a partir de 1940 y 1976, la misma fue modificada en agosto de 1992 después de la Cumbre de Río con su artículo N^o. 27, el cual dispone que: “El estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país”. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

Con la implantación de La Ley 81 el estado dio un gran paso de avance en la Protección del Medio Ambiente y uso racional de los recursos naturales, ha sido en buena medida en todo lo relacionado al avance en materia ambiental, en el ámbito nacional e internacional. Con tal legislación quedan plasmados todos los derechos y deberes que tienen tanto las personas jurídicas como naturales en la protección del medio ambiente.

La Ley 76 de Minas de 1995 es la que regula todo lo concerniente a la explotación de cualquier recurso mineral en Cuba, desde las labores de desbroce, la explotación, hasta el cierre definitivo de la mina.

En el presente trabajo se utilizan, además de las leyes mencionadas anteriormente, una serie de normas vinculadas con la explotación de los recursos naturales y cuidado del medio ambiente, preferentemente aquellas regulaciones relacionadas con la calidad del aire, vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestre y alcantarillado, ruidos en zonas habitables, entre otras.



3.6 Evaluación de los impactos ambientales que generará la explotación del yacimiento

La explotación del yacimiento Guido Pérez generará diferentes impactos a los distintos componentes ambientales, tales como se describe a continuación:

3.6.1 Modificación del perfil del suelo

Impacto directo, que se manifiesta durante todo el desarrollo del proyecto. El movimiento de tierra que se ejecuta somete al terreno a un cambio topográfico, lo cual crea zonas deprimidas y elevaciones, cuyas laderas en muchos casos dada su tendencia, pueden resultar inestables. También provoca la disminución de la dinámica de los procesos de erosión, transporte y sedimentación por la conformación del nuevo relieve, eliminación del perfil de suelo y la afectación a la calidad estética del paisaje.

No es necesaria la ejecución de un sistema de canalización y colección del escurrimiento local, pues las aguas presentes en el yacimiento se escurrirán de forma natural, por tanto no existirán problemas de inundación durante las operaciones.

El suelo recibe además una afectación por la contaminación que ocurre a través de derrames de combustibles y otras sustancias químicas tales como grasas y lubricantes.

3.6.2 Contaminación de la atmósfera por partículas de polvo producto al movimiento de tierra, gases y ruido de los equipos

Es un impacto directo, está presente durante todo el desarrollo del proyecto en las acciones que generan partículas de polvo producto al movimiento de tierra, gases y ruido de los equipos, fundamentalmente. Con el incremento de la circulación de vehículos y equipos de movimiento de tierra, además de la manipulación, transporte y disposición del material, sumado a los movimientos de tierra, se incrementan los niveles de gases y polvo en la atmósfera que afectan a los trabajadores y otras formas de vida.



Si las hojas se recubren de polvo disminuye la capacidad de fotosíntesis de las plantas. Por otra parte, la obstrucción de las estomas (poros en las hojas) impedirá la absorción de CO₂. Otras emisiones relacionadas con la actividad minera incluyen las generadas por la combustión de los motores de los vehículos y maquinaria minera.

3.6.3 Contaminación de las aguas subterráneas

Durante los trabajos del proyecto se alteran las condiciones de alimentación, movimiento y descarga de las aguas subterráneas y cambios en su composición físico-química, debido específicamente a los trabajos de perforación y explotación de la cantera. Este impacto indirecto se produce por escurrimiento superficial luego de las lluvias u otra acción que pueda generar vertimiento de agua en el suelo.

3.6.4 Incremento de los procesos erosivos

Este impacto indirecto se produce por encontrarse el terreno con mayor fragmentación y exposición a los agentes del intemperismo producto de los trabajos de desbroce y explotación, lo que provoca un incremento de la dinámica de los procesos de erosión, transporte y sedimentación; cambios en el régimen del escurrimiento superficial y pérdida de la cobertura vegetal.

3.6.5 Vibraciones – estabilidades del terreno

La actividad minera que se realizará en este yacimiento lleva implícito la voladura de rocas, esta puede inducir vibraciones inaceptables en los alrededores, aunque cabe destacar que no existe ningún asentamiento en el área circundante al yacimiento. A este problema debemos agregar el de las ondas de choque generadas por las explosiones, por lo que constituye un impacto directo.

3.6.6 Clima

Efectos negativos sobre el clima de la región, causados por la deforestación y alteración de los patrones hidrológicos. La deforestación de extensas hectáreas no recuperadas trae como consecuencia las sequías, y contribuir al cambio climático o calentamiento global.



3.6.7 Flora y fauna

Por definición las actividades mineras impactan negativamente en la flora y fauna. Esta afecta a la fauna debido a la presencia humana, maquinaria, movimiento de tierra y de vehículos, además del ruido que se genera durante la fase de explotación. Este es un impacto directo debido a que ocurre destrucción o reducción de las especies vegetales, especialmente a los árboles y se traduce en un deterioro irreversible.

Aunque para los trabajos mineros concebidos para la explotación de esta cantera concibe el uso de medios de protección individuales y colectivos para los trabajadores, así como el adiestramiento en las normas de seguridad, este impacto está presente en todas las actividades a ejecutar; no se descarta la ocurrencia del mismo ya sea de carácter natural o tecnológico. Es un impacto indirecto.

3.6.8 Consolidación de la actividad industrial en el municipio

La ejecución de este proyecto constituirá otro hito en la consagración del municipio de Guanabacoa dentro de la actividad industrial en el país. Este proyecto constituye otro agente de desarrollo territorial. Es un impacto directo debido a que incrementa los ingresos a la economía nacional.

3.7 Evaluación de los impactos producidos por la investigación

Los resultados obtenidos para el caso estudiado, demuestra la factibilidad técnico-económicos de utilizar el procedimiento de “Diseño Geométrico de Canteras con el Software Gemcom”, con respecto al uso de los procedimientos tradicionales; dando valor agregado en el orden cualitativo y cuantitativo al diseño de canteras.

Los impactos más significativos se relacionan a continuación:

Científico: La creación de un procedimiento más racional, que permite el perfeccionamiento del diseño de cantera.



Tecnológico: Con la aplicación de la tecnología CAD se logra una mayor integración entre varias disciplinas durante el análisis integrado del diseño de cantera, para así dar las mejores soluciones a los proyectos.

Metodológico: Se propone un nuevo procedimiento para el diseño de cantera, a partir del uso de las nuevas tecnologías.

Social: Mayor seguridad en los conductores al disminuir las probabilidades de accidentes por defectos de los accesos de la cantera.

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

Medio ambiental: Durante la ejecución de la cantera se tomarán las medidas necesarias para la protección del medio, no permitiéndose arrojar o acumular materiales y/o equipos fuera de los lugares asignados por la administración del gobierno local y/o el cliente. Una vez terminada las obras se deben retirar los restos de materiales sobrantes, desperdicios, equipos, obras auxiliares entre otras, y se rehabilitará el área, de forma tal que mantenga la estética y armonía del paisaje.

Conclusiones parciales

A partir del análisis integrado del diseño de cantera en el área seleccionada se pudo comprobar:

1. La efectividad del procedimiento propuesto.



Conclusiones generales

1. Se elaboró un procedimiento integral que permite incorporar nuevos métodos para diseñar canteras en las empresas de proyectos, lo cual demuestra su factibilidad en trabajos realizados en una de las canteras pertenecientes a la provincia La Habana.
2. La aplicación del procedimiento propuesto permitió tomar decisiones concretas con respecto al diseño de cantera en el yacimiento Guido Pérez.
3. Se demostró con el procedimiento la elevada precisión en el diseño de cantera, además de disminuir considerablemente el costo por concepto de errores técnicos.



Recomendaciones.

1. Generalizar el procedimiento propuesto a otras empresas.
2. Crear un procedimiento para el diseño de escombreras y proyectos de rehabilitación minera con software Gemcom para ser usado en la empresa de Ingeniería y Proyecto del Níquel (Cuproníquel).
3. Incluir en los programas de estudios de pregrado y postgrado el diseño de cantera con software Gemcom.



Bibliografía

1. BAHAMONDES, N. A.; BAHAMONDES, J. A. C. 2001. *Mejoramiento de caminos de acceso minería escondida*. [en línea]. Trabajo de Diploma. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería Geográfica. [Consultado: 20130209]. Disponible en:
2. BARRAGAN G, J, *Explotación a cielo Abierto de Materiales de Construcción*, 17 de noviembre 2007.
3. BLAZQUEZ, L. B.; GARCIA, J. F. B. [s.a.]. *Manual de carreteras, Construcción y Mantenimiento 2*. [en línea]. [Consultado: 20130228]. Disponible en: <http://biblioteca.ismm.edu.cu/wwwisis/BVIRTUAL/Mineria/libros/manualdecarreteras.pdf>
4. BLAZQUEZ, L. B.; GARCIA, J. F. B. [s.a.]. *Manual de carreteras, elementos y proyecto 1*. [en línea]. [Consultado: 20130228]. Disponible en: <http://biblioteca.ismm.edu.cu/wwwisis/BVIRTUAL/Mineria/libros/manualdecarreteras.pdf>
5. CARTAYA PIRES, M: *Tecnología de explotación de los Yacimientos* febrero 2008.
6. CEPRONIQUEL *Instrucciones de Trabajo de Minería MIN-006 "Diseño y planificación de la minería usando GEMCOM"*. 2006.
7. COLECTIVO DE AUTORES. *Diseño de Cantera. (Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencia y Tecnología)*. 2000.
8. COLECTIVO DE AUTORES. *Trazado de Vías*. La Habana: ISPJAE , 1986
9. COLECTIVO DE AUTORES. *Manual de minería. Estudios mineros del Perú* S.A.C. 2010.
10. GUÍA DE KNIGHT PIÉSOLD para el *Diseño y Construcción de Caminos Mineros en Moa Nickel [S.A.]*



11. HERRERA HERBERT, J: *Diseño de Explotación de cantera* noviembre 2007.
12. HERRERA HERBERT, JUAN: *Métodos de Minería a Cielo Abierto* octubre 2006.

Disponible en: <http://www.ucm.es/BUCM/tesis/ghi/ucm-t25567.pdf>
13. *Manual de Ingeniería de Taludes* del Instituto Tecnológico Geo Minero de España y la empresa Estudios y Proyectos Técnicos Industriales.
14. NC 39:99 Calidad de aire. *Requisitos higiénicos sanitarios. Enmienda 1.*
15. NC 93-02-104:86 Atmósfera. *Reglas para la vigilancia de la calidad del aire.*
16. NC93-02-202:87. Atmósfera. *Requisitos higiénicos sanitarios. Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria.*
17. OPS - FUNDACIÓN W. K. KELLOGS. *Vigilancia Sanitaria. Manuales Operativos*
18. OTAÑO NOGUEL, J, A. CUESTA RECIO, *Trabajos Mineros a Cielo abierto*, Moa 2001.
19. OTAÑO NOGUEL, J, *Diseño de minas* [S.A].
20. PALTEX. *Washington, D.C., EUA: OPS, Serie HSP – UNI.* 1996.
21. Pla Ortiz, F, Herrera Herbert, J, *Curso de Laboreo* enero 2002.
22. POLANCO ALMANZA, R, *Diseño de Canteras Facultad de minería.* I.S.M.M. Moa. Holguín, CUBA.1994.
23. RECALDE, EDUARDO MORANTE, FERNANDO, *Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la cantera Pifo* [S.L]



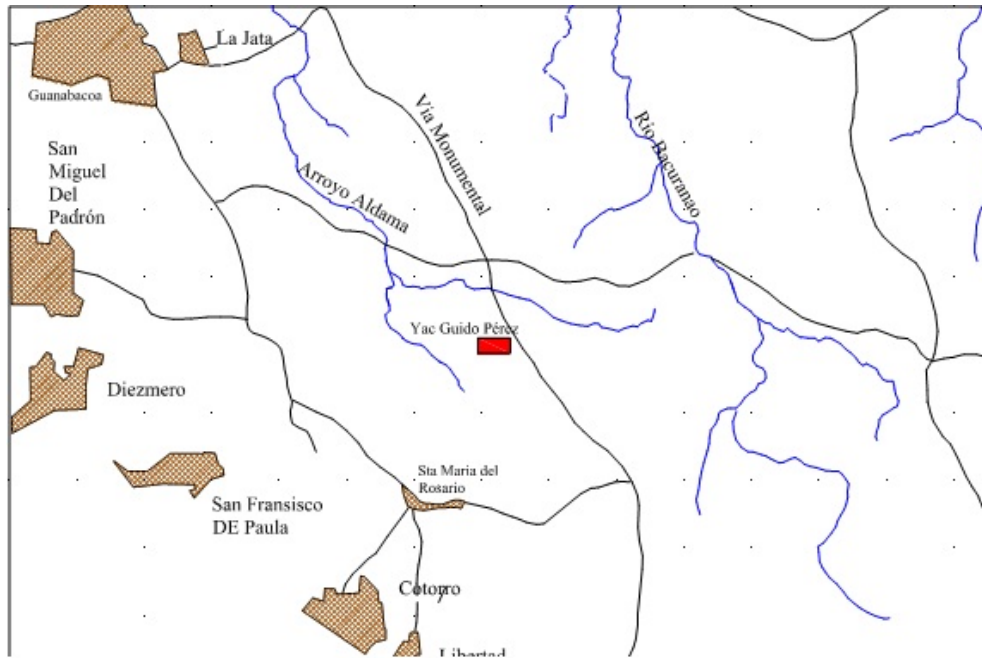
24. RUBIKA, JEAN. 1998. *Trazado de una carretera de montaña empleando un Modelo Digital del Terreno y las Computadoras*. Trabajo de Diploma, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana, 1998.
25. THOMPSON, ROGER 2009. *Consideraciones para el diseño*. [en línea]. [Consultado: 20130210]. Disponible en: <http://www.mining-media.com>.
26. Trazado de obras lineales. [en línea]. [Consultado: 20130228]. Disponible en: <http://www.trazado.com./publico>
27. Tutoriales Gemcom 2000-2007 US: Autodesk.
28. WATSON QUESADA, R, *Diseño de Taludes* [S.A]



Anexos:

Anexo 1

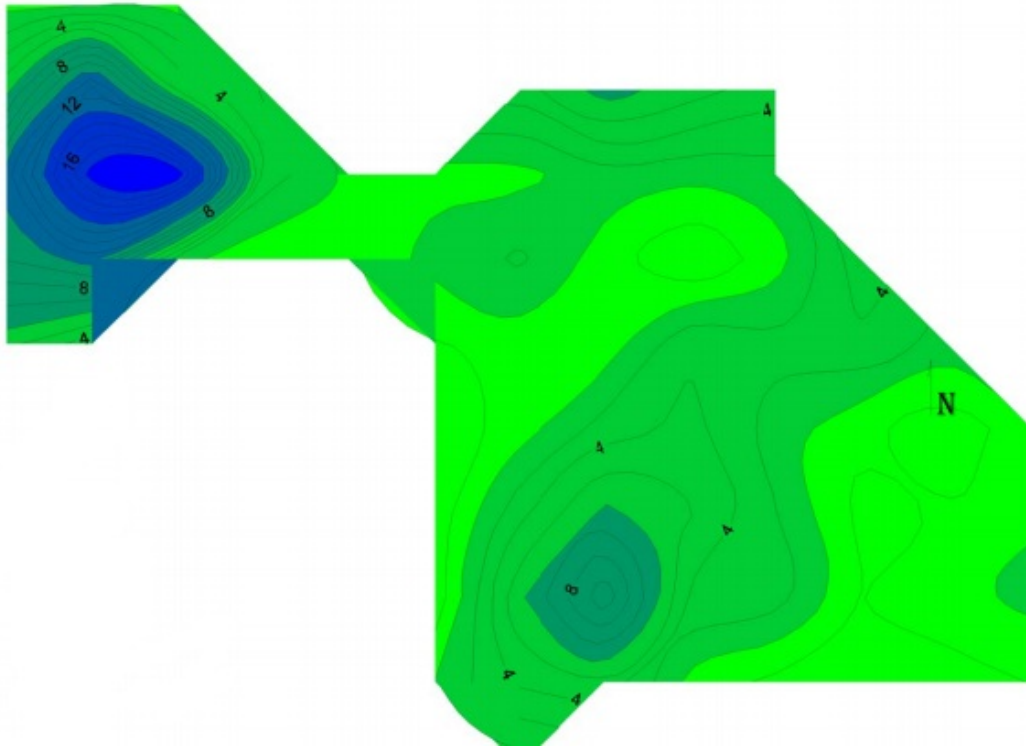
Ubicación geográfica





Anexo 2

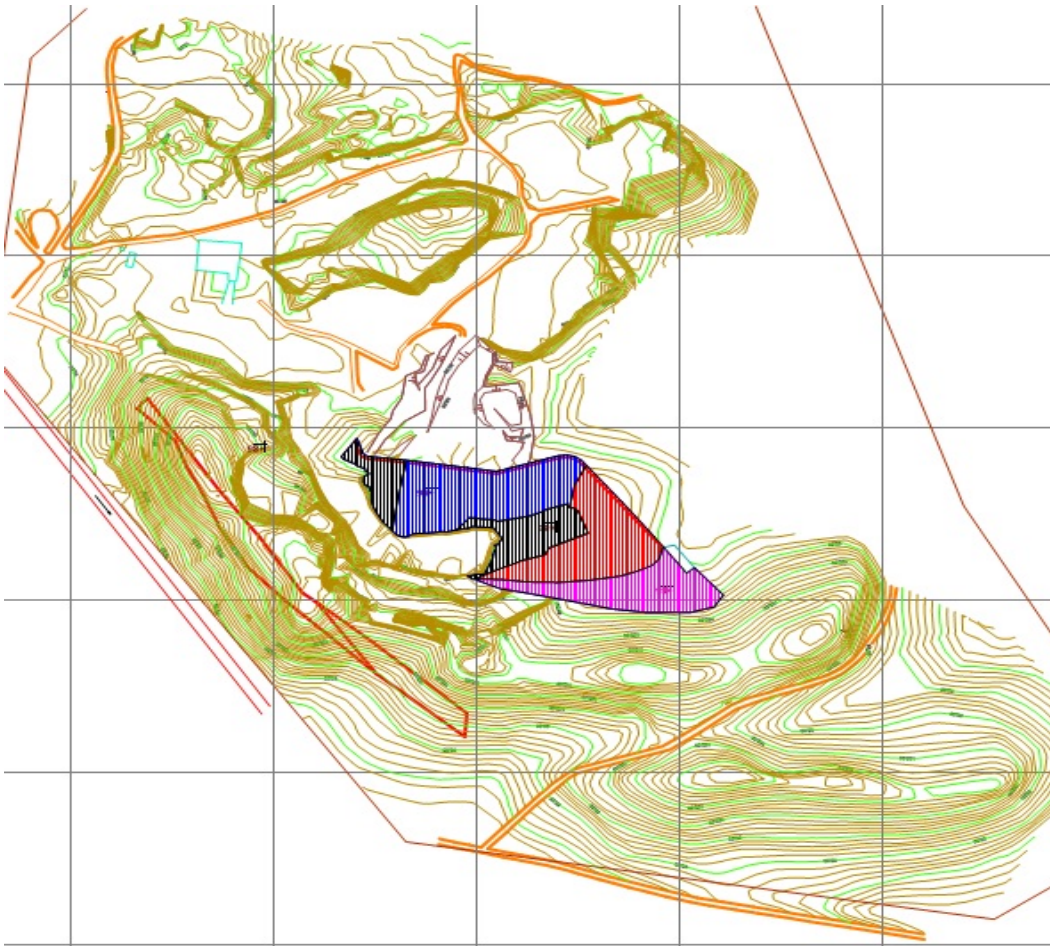
Isopotencia del escombro





Anexo 3

Diseño del banco +86.0 y final de la cantera





Anexo 4

Diseño del banco +92.0 y final de la cantera





Anexo 5

Diseño del banco +102.0 y final de la cantera

