

"AÑO DE LA INTEGRACIÓN NACIONAL Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"

# Universidad Nacional de Huancavelica

(Creada por Ley N° 25265)

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MINAS**



## TESIS

**"EXPLOTACIÓN DE UN CUERPO MINERALIZADO POR  
SUBNIVELES CON TALADROS LARGOS EN LA  
UNIDAD DE PRODUCCIÓN UCHUCCHACUA"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
**INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR:

**BACH. GONZALES VERGARA, Marcial Roger**

**BACH. VELASQUEZ TAÍPE, Jose Luis**

ASESOR:

**Ing. GUZMÁN IBÁÑES, Cesar Salvador**

HUANCAVELICA - PERÚ  
2012



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS DE LOS BOCHILLEROS  
GONZALES VERGARA, MORCIAL ROGER y VELASQUEZ TOPE, JOSE LUIS



EN LA CIUDAD DE URCAY, CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA FACULTAD  
DE INGENIERIA MINAS-CIVIL, Y EN EL PARAJUNCO DEL MISMO EL 15  
DE ENERO DEL 2012 A HORAS 12:15 P.M SE REUNIERON LOS MIEMBROS

BLANCA V.

LES



DEL JURADO INTEGRADO POR EL  
 LUIS (PRESIDENTE), MSc. ENRIQUEZ DOMÍNGUEZ, DÍAZ (SECRETARIO)  
 Y ING. JUAN PABLO CASTRO ILLESCA (VOCAL) PARA DAR INICIO A LA  
 SUSPENSIÓN DE TESIS DENOMINADO "EXPLOTACIÓN DE UN CUERPO  
 MINERALIZADO POR SUBMUEBLES CON TOLDOS LARGOS EN LA UNIDAD  
 DE PRODUCCIÓN "LICHUECHACUA", SUSPENDIDO POR LOS BACHILLERES  
 GONZALES VERGARA, MARCIAL ROGER Y VEGASQUEZ TAING JOSE LUIS  
 EL DÍA 13 DE ENERO DEL 2012 A HORAS 12:20 P.M.

LA DESIGNACIÓN DEL ASESOR, COASESOR Y LOS MIEMBROS DEL JURADO  
 ES APROBADO CON RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DE FACULTAD N° 015  
 -2012-FIME-LOG-UNH (10-01-2012), ASÍ MISMO LA FECHA  
 Y HORA DE SUSPENSIÓN DE TESIS ES APROBADO CON RESOLUCIÓN  
 DE CONSEJO DE FACULTAD N° 016-2012-FIME-LOG-UNH.  
 EL PRESIDENTE DE JURADOS AUTORIZA EL INICIO DE LA EXPOSICIÓN  
 DE LA TESIS A LOS BACHILLEROS EN MENCIÓN DÁNDOLE UN  
 TIEMPO DE 25 MINUTOS, SEGUIDAMENTE SE Pasa A LA RONDA  
 DE PREGUNTAS POR LOS MIEMBROS DEL JURADO, CULMINANDO  
 LAS RONDAS DE PREGUNTAS, SE LES INVITA A RECORDAR DEL  
 AMBIENTE DEL PARANINYO A TODOS LOS ASISTENTES A FIN DE QUE  
 LOS JURADOS DECIBEREN EL RESULTADO QUE ATRIBUYAN LOS  
 SUSPENDIDOS SIENDO APROBADO POR UNANIMIDAD, CULMINANDO  
 LA SUSPENSIÓN EL MISMO DÍA A HORAS 12:59 PM Y FIRMANDO  
 AL PIE EN SEÑAL DE CONFORMIDAD.

*[Signature]* D. Sc. CONSUELO AYLA ARMAS, LUIS      M. Sc. ENRIQUEZ DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ      ING. JUAN PABLO CASTRO ILLESCA  
 PRESIDENTE      SECRETARIO      VOCAL

**DECLARACIÓN:** Que la presente copia fotostática  
 es una reproducción exacta de su original con el  
 cual se confronta. La presente no prejuzga la  
 legalidad del original presentado por quien mani



Huancavelica Lircay 07 SET. 2012

Dra. BLANCA VICTORIA VEGA MORALES ABOGADA

*[Large signature]*

**DEDICADO A:**

*Marcial Gonzales mi recordado padre (+....Q.E.P.D.); por su esfuerzo y apoyo realizado en vida para el logro de mis metas.*

*Cesar Augusto Gonzales V. mi recordado hermano (+....Q.E.P.D.)*

**Marcial Roger**

*A mis padres por el esfuerzo hecho, a Dios, y a los que en una u otra forma aportaron con un granito de arena en el desarrollo de mi carrera universitaria.*

**Jose Luis**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecimientos sinceros a COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A. y a su Unidad de Producción Uchucchacua, a quienes agradecemos por la oportunidad brindada para realizar y ejecutar la presente Tesis.

Estamos convencidos que la experiencia obtenida con esta investigación marcó un hito para el desarrollo de nuestra vida profesional, en donde afrontaremos retos y oportunidades que servirán para alimentarnos de experiencias y desenvolvemos como buenos profesionales en el ámbito de la Minería.

A la Universidad Nacional de Huancavelica, por permitirnos la sustentación de nuestro trabajo de investigación.

**ÍNDICE**

Dedicatoria	Pág.
Agradecimientos	ii
Índice	iii
Resumen	iv
Introducción	vii
	viii

**CAPÍTULO I:**

**PROBLEMA**

1.1. Planteamiento del problema	10
1.2. Formulación del problema	10
1.3. Objetivo general y específicos	11
1.4. Justificación	11

**CAPÍTULO II:**

**MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes	14
2.2. Bases teóricas	15
2.3. Hipótesis	80
2.4. Definición de Términos	80
2.5. Identificación de variables	82
2.6. Definición operativa de variables e indicadores	82

**CAPÍTULO III:**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Ámbito de estudio	83
3.2. Tipo de investigación	94
3.3. Nivel de investigación	95
3.4. Método de investigación	95
3.5. Diseño de Investigación	96
3.6. Población y muestra de investigación	96
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	97
3.8. Procedimientos de recolección de datos	99
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	99

**CAPÍTULO IV:  
RESULTADOS**

4.1. Análisis de Datos del Control del Mineral extraído por mes	100
4.2. Prueba de Hipótesis	102
Conclusiones y Recomendaciones	
Referencias bibliográficas (Modelo Vancouver).	
Anexos	
Matriz de consistencia	
Diagrama	
Planos	

**LISTA DE LÁMINAS ANEXADAS**

- Lamina 1. Vista de la Geología Estructural de la Falla Socorro.
- Lamina 2. Esfuerzos principales Sección 12E. Tajeo 775 del Cuerpo Magaly.
- Lamina 3. Factor de seguridad Sección 12E. Tajeo 775 del Cuerpo Magaly.
- Lamina 4. Esfuerzos principales Sección 16E. Tajeo 775 del Cuerpo Magaly.
- Lamina 5. Factor de seguridad Sección 16E. Tajeo 775 del Cuerpo Magaly.
- Lamina 6. Esquema idealizado de minado sublevel stopping.
- Lamina 7. Minado Sublevel Stopping.
- Lamina 8. SUBLEVEL STOOPING: Perforación de taladros largos.
- Lamina 9. Sublevel stopping con pilares parciales.
- Lamina 10. Sublevel stopping con taladros largos paralelos.
- Lamina 11. Sublevel stopping con taladros largos en abanico.
- Lamina 12. Esfuerzos principales – caso pilares de 8 m. de ancho entre las ventanas.
- Lamina 13. Factor de seguridad. Caso pilares de 8 m. de ancho entre las ventanas.
- Lamina 14. Esfuerzos principales – caso pilares de 12 m. de ancho entre las ventanas.
- Lamina 15. Factor de seguridad. Caso pilares de 12 m. de ancho entre las ventanas.
- Lamina 16. Modelamiento en GEMCOM Tajeo 775 - Cuerpo Magaly - Falla Socorro.
- Lamina 17. Perforación del tajeo 775 - Cuerpo Magaly - Falla Socorro.
- Lamina 18. Distribución de taladros en tajeo 775 del cuerpo Magaly en sección transversal
- Lamina 19. Distribución de carga explosiva en los taladros del tajeo 775 Cuerpo Magaly.

## RELACION DE PLANOS

- Plano N° 01. Ubicación y Accesos a la Unidad de Producción Uchucchacua.
- Plano N° 02. Geología Estructural: Afloramientos y Zoneamientos.
- Plano N° 03. Geología Regional: Secciones Transversales AA' – BB'.
- Plano N° 04. Geología Regional del Centro Minero Uchucchacua.
- Plano N° 05. Columna Estratigráfica: Unidad de Producción Uchucchacua.
- Plano N° 06. Galería 670 NE: Cuerpo Magaly – Mina Socorro.
- Plano N° 07. Explotación: Preparación de Rampa y Ventanas para inicio de preparación.
- Plano N° 08. Rampa 626 NE: Cuerpo Magaly Nivel 120 – Mina Socorro.
- Plano N° 09. Planta y Sección Longitudinal del cuerpo Magaly – Mina Socorro.

## RESUMEN

El presente estudio titulado "EXPLORACIÓN DE UN CUERPO MINERALIZADO POR SUBNIVELES CON TALADROS LARGOS EN LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN UCHUCCHACUA", involucra criterios técnicos y económicos orientados a la selección del METODO OPTIMO para la explotación del cuerpo Magaly como una alternativa de solución al planteamiento del problema **¿De qué manera se incrementa la producción de mineral durante el mes, aplicando la explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos, en la Unidad de Producción de Uchucchacua?**, donde el objetivo general es demostrar el incremento de Producción de Mineral durante el mes, aplicando la explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos en la Unidad de Producción Uchucchacua. Este trabajo de investigación demuestra que se incrementa la producción de mineral mensual aplicando el método de explotación por subniveles con taladros largos de 13 metros de profundidad por taladro en el cuerpo Magaly – Tajeo 775.

La U.P. Uchucchacua se ve enfrentada a un problema de producción, lo ejecutado mensualmente no satisface las TCS proyectadas de producción mensual. Surge entonces la necesidad de elaborar un proyecto de aplicación de un método de minado, que permita alcanzar las producciones trazadas.

Bajo esta premisa, y teniendo en cuenta las condiciones geológicas, geométricas, y geomecánicas del cuerpo Magaly y la roca encajonante, es que seleccionara el método aplicable para la explotación del cuerpo mineralizado. Posteriormente se evaluará las condiciones económicas, en base a las siguientes consideraciones (dilución, recuperación de reservas geológicas, valor del mineral y costo de producción), empleando el criterio del Valor Presente Neto, cuyo análisis finalmente permite seleccionar el método óptimo para explotar el cuerpo mineralizado Magaly – Mina Socorro.

**Palabras claves:**

Explotación de un Cuerpo Mineralizado por Sub niveles con Taladros Largos.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla en base a un proyecto de incremento de la producción de mineral, por un cambio de método de explotación.

En la actualidad la U.P. Uchucchacua, tiene la imperiosa necesidad de incrementar la eficiencia y minimizar los costos de operación, viéndose obligados a modernizar las operaciones o mejorar los sistemas tradicionales de operación.

La unidad de producción Uchucchacua, en la mina Socorro, cuerpo Magaly y falla socorro, se extrae el mineral con el método de minado de uso común en la mayoría de tajeos que conforman la mina: el método de Corte y Relleno Ascendente. Sin embargo la producción planeada no estaba siendo cumplida. Es por ello que se contempló la alternativa de aplicar un método de explotación masiva, con el fin de cumplir con la producción programada, que permitirá ampliar su producción; reducir costos operativos, mejorar rendimientos y gerenciamiento de la seguridad. La indagación de estas mejoras se ha orientado a la aplicación en el cuerpo mineralizado, denominado Magaly, el método de explotación por Subniveles con perforación de taladros largos, en reemplazo del método Corte y Relleno Ascendente, con el que se viene explotando en los niveles superiores.

El presente estudio sigue una metodología sistematizada, en el cual se analizan y comparan diferentes variables técnicas y económicas entre ambos métodos, análisis gomecánicos y comparaciones económicas, con el objeto de demostrar el incremento de producción del mineral, operativa y económicamente. Se parte del análisis y valoración de las condiciones naturales (geología y geometría) y el estudio económico y gomecánico del cuerpo mineralizado Magaly y su entorno físico para seleccionar técnicamente el método de explotación.

Luego, continúa el dimensionamiento del tajeo en función a los equipos y la estabilidad del terreno. Seguido, se detalla la infraestructura de diseño necesaria para cumplir el requerimiento diario de producción. También describo los índices de control en las operaciones unitarias así como los servicios auxiliares necesarios para la ejecución de los trabajos.

Finalmente, se describirá el análisis financiero y el valor actual neto del proyecto.

114

Este trabajo de investigación, que siguió una metodología sistematizada, mencionada líneas arriba, se ha organizado en cuatro capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I, se ocupa del Problema de Investigación, con el planteamiento y la formulación del problema, plantear el objetivo general y específico, seguido de la justificación.

Capítulo II, trata sobre el Marco Teórico, con los antecedentes hallados a nivel nacional, bases teóricas del estudio, que permitieron fundamentar un proceso de investigación delimitando las variables de investigación, asimismo el comportamiento del macizo rocoso del cuerpo Magaly y su entorno mediante la Geomecánica, para realizar la selección del método de explotación, ventajas y desventajas de tajeo por sub niveles con taladros largos, infraestructura de diseño, operaciones unitarias y servicios auxiliares, para obtener el Valor Presente Neto y demostrar la Hipótesis planteada, definición de términos, identificación de variables, y finalmente la definición operativa de variables e indicadores.

Capítulo III, se refiere a la Metodología de la Investigación, en el cual se trata del ámbito de estudio, realizando la descripción de U.P. Uchucchacua, Geografía, Geología Estratigráfica, Estructural y Económica. Asimismo el tipo, nivel, método y diseño de Investigación, luego población, muestra y muestreo, las técnicas e instrumentos, procedimientos de recolección de datos, para finalizar el capítulo con las técnicas de procesamiento de datos.

Capítulo IV, trata de los resultados obtenidos, con el análisis de datos de control de mineral extraído por mes y la prueba de Hipótesis, llegando a la conclusión estadística que si se aplica la explotación por subniveles con taladros largos, se incrementa la producción de mineral, que son el resultado del estudio realizado.

Finalmente, la presente investigación termina con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

**Los autores.**

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA.**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

Los problemas de producción y productividad en las minas de nuestro país, conlleva a la reducción de utilidades de las compañías mineras, debido a la utilización de métodos tradicionales de explotación con parámetros establecidos, insuficiente generación de mineral, disminución de las horas efectivas de trabajo, que ocasiona incremento de los costos de producción por el aumento de los costos de materiales, de insumos, baja productividad y el incumplimiento del requerimiento de producción mensual, ocasionando una reducción de utilidades. En estos últimos tiempos se han convertido en una de las mayores preocupaciones de la industria minera, que tiene la imperiosa necesidad de incrementar la eficiencia y minimizar los costos de operación, viéndose obligados a modernizar las operaciones o mejorar los sistemas tradicionales de operación.

La unidad de producción de Uchucchacua, de Minas Buenaventura, tampoco es ajeno al problema de producción y productividad, por eso ha tomado la decisión para incrementar su rentabilidad, desde el año 2003 viene implementando cambios en la gestión de los procesos, buscando incrementar la producción y mejorar la productividad de sus trabajos, reducir el costo de sus operaciones y trabajar con estándares aceptables de seguridad.

La amplitud de este problema justifica que los cambios se inicien ahora para evitar los efectos de reducción de utilidades en la comercialización del mineral explotado.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

#### **1.2.1. Problema General:**

¿De qué manera se incrementa la producción de mineral durante el mes, aplicando la explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos, en la Unidad de Producción de Uchucchacua?

**1.2.2. Problemas específicos:**

- a. ¿Cómo es la presencia de métodos Masivos de Minado en cuerpos mineralizados en la unidad de producción de Uchucchacua?
- b. ¿De qué manera los Equipos de Perforación y Técnicas de Voladura son apropiados para el cuerpo mineralizado, en la Unidad de Producción Uchucchacua?

**1.3. OBJETIVOS, GENERAL Y ESPECÍFICOS.****1.3.1. Objetivo general:**

Demostrar el incremento de Producción de Mineral durante el mes, aplicando la explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos, en la Unidad de Producción Uchucchacua.

**1.3.2. Objetivos Específicos:**

- a) Identificar y determinar el método Masivo de Explotación, aplicado en cuerpos mineralizados, en la Unidad de Producción Uchucchacua.
- b) Identificar y determinar los Equipos de Perforación y Técnicas de Voladura apropiados para el cuerpo mineralizado, en la Unidad de Producción Uchucchacua.

**1.4. JUSTIFICACIÓN:**

En estos últimos tiempos la industria minera tiene la imperiosa necesidad de incrementar la eficiencia y minimizar los costos de operación, viéndose obligados a modernizar las operaciones o mejorar los sistemas tradicionales de operación.

La Unidad de Producción Uchucchacua presenta un mineral económico de cabeza con contenidos de plata, plomo y zinc, los cuales actualmente son explotados usando el sistema de Corte y Relleno Ascendente y Shrinkages. Dicho mineral es procesado en una Planta concentradora, obteniéndose concentrados de Plomo-Plata y Zinc-Plata.

La mina Uchucchacua ha iniciado cambios significativos en el método de explotación del mineral desde el año 2003 buscando: generar mayor volumen roto por disparo con dilución hasta 15%, reducir el costo operativo y mejorar el gerenciamiento de la seguridad.

La búsqueda de estas mejoras se ha orientado a la aplicación del método de explotación masiva en reemplazo del método Corte y Relleno Ascendente y Shrinkages en cuerpos y vetas.

El presente trabajo tiene por objetivo demostrar operativa y económicamente la aplicabilidad del método de explotación por subniveles con taladros largos en cuerpos mineralizados en la U.P. Uchucchacua.

Ahora con este trabajo de investigación, que es para aplicar en cuerpos mineralizados el método de explotación por Subniveles con taladros largos, esto para conocer que el diseño que se ejecuta en la teoría sea igual en la práctica, demostrando que el método es óptimo.

La investigación reconoce que se logra el Incremento de Producción y Productividad de mineral durante el mes, en la Unidad de Producción.

Teniendo en cuenta a Sierra Bravo (2003) se tiene en cuenta los siguientes criterios para la justificación e importancia de toda investigación:

- a. **Conveniencia:** La presente investigación es conveniente para la industria minera, en estos tiempos y espacio, pues sirve para incrementar la Producción y Productividad en la explotación de un cuerpo mineralizado.
- b. **Relevancia social:** La presente investigación confirma el bienestar social de la comunidad. El trabajo es trascendente ya que va a beneficiar a nuestra población y va a permitir mayores ingresos económicos al fisco nacional, beneficiando a la sociedad minera dentro de nuestra comunidad local, regional, nacional y mundial.
- c. **Implicaciones prácticas:** En ese sentido, la investigación tiene carácter práctico, ya que se manipuló la variable independiente con la finalidad de concluir en resultados que propicien la Producción y Productividad en la explotación de un yacimiento minero.
- d. **Valor teórico:** La información recopilada y procesada sirve de sustento para esta y otras investigaciones similares, ya que enriquecen el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre el tema en mención.
- e. **Utilidad metodológica:** En la presente investigación el instrumento diseñado y elaborado ha servido para recopilar información y asimismo para analizar los datos,

los mismos que han sido guiados y orientados en todo momento por el método científico. En ese sentido la presente investigación también se justifica.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1. ANTECEDENTES.**

##### **2.1.1. A nivel internacional:**

No se ha encontrado bibliografía de investigación semejante, incluida vía internet a nivel internacional.

##### **2.1.2. A nivel nacional:**

Se tiene las siguientes investigaciones:

- a)** Explotación Subterránea Mina San Rafael, Optimización de Perforación y Voladura, 03 Febrero del 2009, elaborado por Omar Prospero Sancho Cusi, Ingeniero de Minas. Trabajo descriptivo vía internet, de las operaciones que se viene desarrollando en los yacimientos Cuprífero-estañífero de San Rafael, actualmente con método de explotación por Subniveles con Taladros Largos, con distancia de 8 y 70 metros, describiendo sus Ventajas y Desventajas, sin conclusiones.(1)

##### **VENTAJAS:**

- Alta productividad y rendimiento por metro perforado
- Gran altura de banqueo (hasta 70 m.)
- Uso de explosivo a granel
- Posibilidad de evacuar el 80 % de mineral roto sin control remoto
- Bajos costos perforación y voladura
- Si la roca encajonante es buena, el tajo puede quedar vacío
- Buen control de leyes y baja dilución del mineral

##### **DESVENTAJAS:**

- Apelmazamiento del material disparado, por su caída de gran altura.
- Presencia de mineral no fragmentado en un 15 % después de la voladura.
- No se puede realizar una explotación selectiva.

- No es flexible, el cambio a otro método.
  - Alto nivel de vibración en la voladura.
- b) Aplicación de taladros Largos en la Mina Gayco de la Unidad Minera Raura (2003), elaborado por Alex Torres e Isaac Ríos, el trabajo trata sobre la aplicación de Taladros Largos en la explotación por Subniveles en la mina Gayco, los cuales se viene aplicando con éxito en la unidad minera, logrando minimizar los accidente por desprendimiento de rocas, Reducir los costos de minado de 12 \$/TM a 7.04 \$/TM, elevando la producción y mejorando la productividad (1), cuyas conclusiones son:
- La aplicación de Taladros Largos en la mina Gayco esta dando resultados esperados: incrementar la producción sostenidamente a 12000 TM/mes, reducir los costos de minado a 7.04 \$/TM, generar alta productividad, con lo que queda demostrado que es aplicable a Gayco por sus características geológicas.(2)
  - El empleo de taladros largos permite obtener costos operativos más bajos en comparación con otros métodos de perforación, debido básicamente a la alta mecanización de la operación y su alto nivel de producción. (3)
  - Es importante realizar un adecuado diseño de las preparaciones con el objetivo de obtener el máximo provecho, al menor costo, del cuerpo mineralizado. (4)
  - Se ha minimizado los accidentes por caída de rocas al controlar las perforaciones cercanas a las labores de acceso a las labores.(5)

## 2.2. BASES TEÓRICAS.

### 2.2.1. EXPLOTACION DE MINAS

La explotación de minas, se hace generalmente con una tecnología o metodología que tiene sus raíces en los estudios teóricos, pero modificados e influenciados por la Institución y la experiencia, de manera que el diseño de tales recubrimientos es mas un arte que una ciencia.

Para **Estudios Mineros del Perú S.A.C.** (2011) en su **Manual de Minería**, menciona que "la explotación Subterránea, es utilizado cuando las zonas mineralizadas (vetas o cuerpos de mineral económico) son angostas y profundas, por lo que según las evaluaciones técnicas y económicas justifica la perforación de túneles y socavones para posibilitar su extracción". (6)

Para **Davis Duran La Torre y Paulo Cruz**, (2009) en su trabajo **Métodos de Explotación Minera**, define a la explotación como "la estrategia global que permite la excavación de un cuerpo mineralizado del modo técnico y económico más eficiente". (7)

Para **Manuel Calderón G.** (1982) en su libro **Explotación de Minas**, define a los métodos de explotación "al conjunto de expresiones para la extracción del mineral, perforación, voladura, sostenimiento, movimiento del mineral o del desmonte, tráfico del personal, tuberías de agua y aire comprimido". (8)

Para **S. Borisov. M. Klovov, B. Gornovoi** (1983) en su libro **Labores Mineras**. Define a Métodos de Explotación "al orden de excavación de las galerías preparatorias o de acceso, de trazado o subdivisión y de arranque, coordinado en tiempo y espacio, y la tecnología de la labor de arranque aplicada". (9)

En base a las definiciones arriba mencionadas, los métodos de explotación se definen como una forma geométrica usada para explotar un yacimiento determinado. Es el modo de dividir el cuerpo mineralizado en sectores aptos para el laboreo. Y la **explotación de una mina se define como el conjunto de operaciones que permiten el arranque, carguío y extracción de mineral**, que para una operación normal es fundamental que todos los servicios como ventilación, fortificación, drenaje, suministro de energía, aire, agua funcionen en óptimo estado.

El objetivo de la explotación de un yacimiento es la extracción de menas y sustancias minerales sistemáticamente, de manera que la comercialización del mineral proporcione la utilidad esperada.

### 2.2.2. ELECCION DE UN METODO DE EXPLOTACION.

Según **Estudios Mineros del Perú S.A.C.** (2011), El método de explotación ha considerarse debe ser el más económico y eficiente. Para ello, se utilizan los siguientes criterios básicos: (10)

1. Forma, tamaño y posición espacial del cuerpo mineralizado.
2. Contenido y distribución de los valores metálicos.
3. Propiedades físicas y químicas del mineral y las rocas adyacentes o encajonantes.
4. Factores económicos y facilidad de transporte.
5. Condiciones de seguridad, de medio ambiente y disposiciones gubernamentales
6. Efectos de las operaciones subsidiarias.
7. Consideraciones especiales.

Según **Carlos López Jimeno y Osvaldo Aduvire Pataca**, Los factores que influyen en la selección de un método de explotación son:

1. Geología
2. Geometría del Yacimiento y Distribución de Leyes
3. Características Geomecánicas del estéril y del mineral
4. Procedimiento Numérico de selección
5. Otros factores a considerar (ritmo de producción, disponibilidad de mano de obra especializada, las limitaciones ambientales, la hidrogeología y otros aspectos de índole económico).

Según, **Tomas Clemente Ignacio y José Clemente Lazo**, (2009) el objetivo básico en la selección de un método de minado para un depósito en particular, es diseñar un sistema de extracción del mineral que sea lo mas apropiado bajo las condiciones actuales. Considerando los siguientes factores:(11)

1. Condiciones Geológicas (buzamiento, Resistencia de la roca)
2. Dimensiones de las aberturas
3. Reservas de mineral y leyes
4. Evaluaciones de Mineral
5. Costo de Minado y Valores del Mineral

6. Productividad y Mecanización
7. Consideraciones de las Maquinas
8. Consideraciones de la mina
9. Consideraciones de la eficiencia
10. Equipo Minero y productividad (equipo de perforación, equipo de carga y transporte)

Según, **Carlos Vásquez Gonzales, Jaime Tumialán de la Cruz y Carlos Román Basurto**, en el diseño de explotación, para la selección del método de explotación, se han tomado en cuenta las condiciones naturales del yacimiento: (12)

1. Condiciones Morfológicas (forma, tamaño, buzamiento, profundidad),
2. Las reservas y distribución de leyes
3. Condiciones geomecánicas del mineral y de las rocas encajonantes.

Tomando en cuenta las premisas siguientes:

- Las condiciones geomecánicas del yacimiento no sean afectadas seriamente.
- Alta selectividad y máxima recuperación de los recursos minerales explotables
- Grado de mecanización de la operación que permita una alta productividad y eficiencia a bajos costos y que sea rentable.

#### **2.2.2.1. GEOMECANICA.**

La geomecanica constituye en la actualidad la base científica de la ingeniería minera, puesto que esta a diferencia de la ingeniería civil, tiene sus propias peculiaridades, guiados por el concepto "vida económica", junto con el beneficio económico con márgenes ajustados de seguridad, lo cual crea problemas de diseño que son únicos a la explotación de minas. En este contexto la geomecanica involucra seguridad y economía. (13)

## METODOLOGIA DE APLICABILIDAD DE GEOMECANICA.

La metodología que intenta proveer una base para el diseño minero en un medio geológico comprende aspectos que involucran los modelos geológicos, geomecánico y numérico. (14)

### **Modelo Geológico.**

A través de este modelo se trata de conocer la estructura de la masa rocosa, es decir el medio en el cual se realizara el diseño minero.

Conceptuar el modelo geológico constituye la base de toda evaluación geomecánica. Pues este involucra litología, estructura, características geomecánicas de las discontinuidades y tectónica. (15)

### **Modelo Geomecánico.**

El modelo geomecánico es el que permite cuantificar los diferentes parámetros de la masa rocosa definidos en el modelo geológico. Este modelo se apoya con la aplicación de técnicas de valoración de calidad de roca, así como la instrumentación adecuada para la determinación de las propiedades mecánicas del macizo (ensayos en campo y laboratorio).

Parámetros: propiedades mecánicas de los materiales, propiedades mecánicas de las discontinuidades estructurales, calidad del macizo rocoso (Q, RMR, GSI, etc.), propiedades resistentes del macizo rocoso, esfuerzos in-situ (debido al efecto gravitatorio, el efecto del agua, efectos dinámicos, esfuerzos de tectónica residual, etc.). (16)

### **Modelo Matemático.**

Este modelo integra los dos modelos anteriores considerando aspectos geométricos del Diseño (condiciones de borde) según se trate de un determinado método de minado podremos dimensionar las estructuras y tener una visión de los modos posibles del comportamiento o respuesta de los macizos rocosos involucrados. (17)

Las técnicas analíticas utilizadas en tales diseños están basadas en la comparación de los esfuerzos actuantes y las resistencias disponibles. De esta información se pueden tomar decisiones importantes para establecer las mejores alternativas en cuanto a la forma y dimensión de las excavaciones, los

requerimientos de soporte y/o refuerzo del macizo remante a las excavaciones. Las técnicas a utilizarse dependerá de la complejidad e importancia de cada caso en particular pero no necesariamente significan que estas sean altamente sofisticadas, existen hoy en día una amplia gama de técnicas disponibles para ser usadas adecuándolas a realidades particulares lo importante es aplicar los principios básicos de la mecánica de rocas los cuales postulan que: Al macizo rocoso pueden atribuírsele un conjunto de propiedades mecánicas que pueden ser cuantificados por métodos apropiados.

Que la capacidad para predecir y controlar el rendimiento mecánico de la roca puede mejorar a asegurar el rendimiento económico de la mina. Estos aspectos pueden ser traducidos como el incremento de la recuperación de las reservas geológicas, la productividad y la rentabilidad económica.

#### **CARACTERIZACIÓN GEOMECANICA DE MACIZOS ROCOSOS.**

La caracterización geomecanica del macizo rocoso constituye la fase inicial en todo estudio geológico-geomecanico e implica la descripción de las características particulares que intervienen en el comportamiento geomecanico frente a procesos de minado (parámetros de la roca intacta, parámetros de las discontinuidades estructurales, la hidrogeología). La caracterización de macizos rocosos se basa en las observaciones y descripciones tomadas en afloramientos y sondajes diamantinos.

#### **CLASIFICACIONES GEOMECANICAS.**

Las clasificaciones geomecanicas determinan el sistemática del diseño empírico en ingeniería de rocas y relacionan la experiencia práctica obtenida en distintos proyectos con las condiciones particulares de cada lugar.

El propósito de las clasificaciones geomecanicas es proporcionar un índice numérico que nos indica la calidad del macizo rocoso.

Existe una amplia gama de sistemas de clasificación geomecanica de macizos rocosos, sin embargo los mas utilizados y que tienen una relevancia histórica son: Terzaghi (1946), Laufer (1958), Deere (1967), Wickham (1972), Bieniawski (1973, 1989), Barton (1974), Laubscher (1977).

## **ESTUDIO GEOMECANICO DEL CUERPO MAGALY.**

El estudio geomecánico del cuerpo Magaly, falla Socorro y su entorno físico se realiza en base a los datos litológicos-estructurales tomados en campo por el departamento de Geología, la estimación de parámetros resistentes de la roca y trabajo de gabinete.

El **dimensionamiento geomecánico del cuerpo Magaly** y de la falla Socorro, es el que nos va a permitir determinar el método de minado más apropiado, para explotar en el Nv. 060 hacia el Nv. 120, ya que los niveles superiores se vienen explotando con Corte y Relleno Ascendente.

El cuerpo Magaly de la mina Socorro, es otro cuerpo importante dentro de la U.P. Uchucchacua, donde se ha decidido aplicar el método de explotación por subniveles con taladros largos, (masiva de soporte natural).

En cuanto a los aspectos conceptuales del método de explotación por subniveles con taladros largos, este método es aplicado en cuerpos de buzamiento empinado, en donde tanto el mineral como las rocas de las cajas son competentes.

Por otro lado, este método es adecuadamente diseñado y puesto en práctica cuando se tienen definido los contornos de la mineralización. De preferencia estos contornos deben ser regulares, a fin de permitir una buena recuperación del mineral y minimizar la dilución. La definición de los contornos del cuerpo mineralizado, permitirá un diseño adecuado de la malla de perforación y voladura, puesto que en este método de minado es muy importante en control de la ubicación, alineamiento y longitud de los taladros.

Otro aspecto importante es el dimensionamiento geomecánico del minado. En este sentido hay algunas interrogantes que se deberán aclarar. Como ejemplos de estas interrogantes tenemos: (18)

- ¿Qué altura de subniveles sería conveniente para este caso?
- ¿Podría quedar vacío y estable una excavación de 200 m de longitud por 60m de altura y hasta 25 m de ancho?
- ¿Sería necesario la utilización de relleno?
- ¿Sería necesario dejar algunos pilares estabilizantes?

- ¿Qué puente dejar en el Nv. 120, debajo del área ya minada?
- ¿Cual sería la secuencia de avance del minado?, etc.

A través de este dimensionamiento geomecánico se podrían establecer las mejores estrategias para la explotación.

Que si se contemplan todos los aspectos señalados, el nuevo método de explotación será factible desde el punto de vista Técnico. Quedaría por realizar la evaluación económica, más adelante, para la puesta en práctica de este método, para tener una factibilidad técnica-económica.

Actualmente se vienen realizando labores de reconocimiento a partir de la Rampa 626, por lo que se puede observar en estas labores (cruceos que pasan la estructura mineralizada) tanto el mineral como las rocas calizas de las cajas son competentes, estimándose rocas de Tipo RIIIA, sin embargo para tener una apreciación mas representativa se requiere disponer de mayor información, la misma que ira aumentando a medida que avancen las labores de reconocimiento del cuerpo. (19)

Similarmente es necesario disponer de información respecto al arreglo estructural que presenta la masa rocosa mineralizada y de las cajas, como las estructuras principales como las menores, ambas son de importancia para establecer el arreglo estructural de la masa rocosa.

**2.2.2.1.1. CARACTERISTICAS DEL YACIMIENTO.**

Para iniciar la evaluación geomecánica, en la tabla 2 se detalla las características geométricas, orientación y buzamiento del cuerpo Magaly.

Ancho (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Rumbo	Buzamiento
25.00	60.00	200.00	N46°E	68°SE

**Tabla 2.** Características Geométricas, orientación y buzamiento del cuerpo Magaly

Al respecto, el buzamiento del cuerpo Magaly, entre los Nvs. 060 y 120, es empinado y tanto el mineral como las rocas de las cajas son competentes. Lo relativo se debe a la presencia de la falla

100

Socorro. Esta falla está acompañando a la mineralización a lo largo de toda la longitud del cuerpo. Sin considerar estos aspectos de la presencia de la falla Socorro, tanto el mineral como las cajas se presentan competentes.

El cuerpo mineralizado reconocido en el Nv. 060, tiene una longitud total de 200 metros aproximadamente. En el extremo SW tiene la mayor potencia (hasta 25 m), en la parte central presenta un ensanchamiento (hasta 15 m), y en lado NE tiende a disminuir la potencia, hasta cerrarse en el extremo NE.

#### **2.2.2.1.2. ARREGLO ESTRUCTURAL DE LA MASA ROCOSA.**

Se establece que entre los Nvs. 060 y 120, predomina el siguiente arreglo estructural:

- En la caja techo, predomina un sistema de discontinuidades estructurales de rumbo  $N61^{\circ}E$  y buzamiento  $79^{\circ}NW$ , asociado a un sistema de fallamiento diferente a la falla Socorro. En este caso, este sistema dominante tiene buzamiento contrario al buzamiento del cuerpo mineralizado, lo cual es una condición desfavorable para la estabilidad de la caja techo.
- En el mineral, predomina un sistema de discontinuidades estructurales de rumbo  $N46^{\circ}E$  y buzamiento  $68^{\circ}SW$ , asociado a la falla Socorro y a la estructura mineralizada. En este caso, al presentarse este sistema dominante de discontinuidades paralelo a la estructura mineralizada, las condiciones de estabilidad también serán desfavorables respecto a la dirección de avance, independientemente de que esta sea de SW a NE o de NE a SW.
- En la caja piso, se presentan dos sistemas de discontinuidades estructurales, respectivamente con orientaciones:  $N54^{\circ}E-71^{\circ}NW$  y  $N52^{\circ}E-70^{\circ}SE$ . Tratándose de la caja piso, estos sistemas de discontinuidades no tendrán mayor relevancia en las condiciones de estabilidad de la misma.

En conclusión, se tendrá que tener mucho cuidado con las condiciones de estabilidad del techo y de la caja techo del tajeo, puesto que en este sector se ubica la rampa de acceso (Rampa 626).

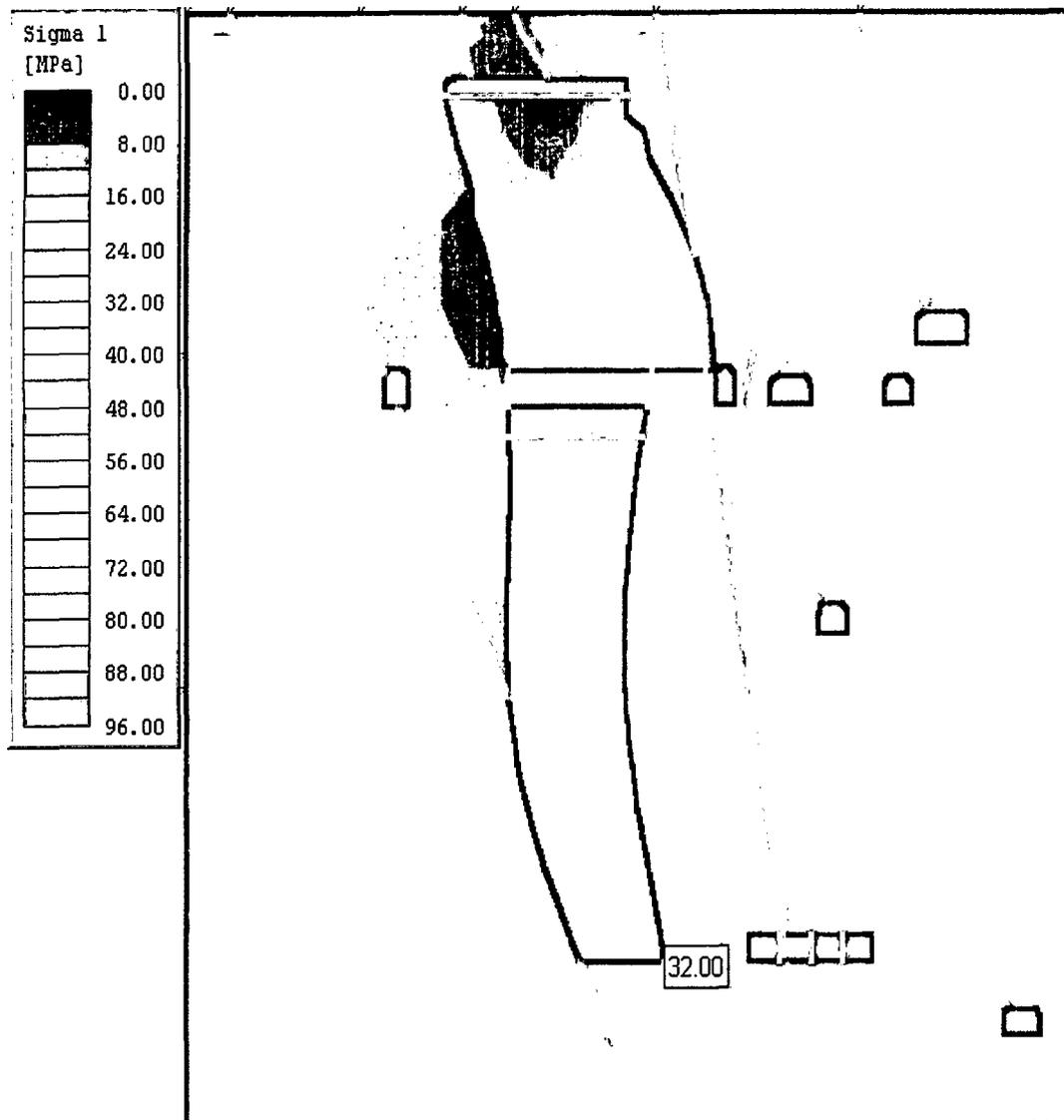
### 2.2.2.1.3. INFLUENCIA DE ESFUERZOS EN LA MASA ROCOSA.

En la **tabla 3** y las **láminas 2, 3, 4 y 5** se muestran los resultados del análisis de esfuerzos realizados en las secciones. Las figuras presentadas muestran la influencia que podrían tener los esfuerzos en la rampa 626. En una etapa del avance del minado, cuando quede abierta y vacía la excavación entre los Nvs. 060 y 120, habrá esfuerzos más altos en los contornos de la rampa, obligando a tener que utilizar un sostenimiento de esta excavación.

El análisis realizado, también demostró que los esfuerzos no tendrán influencia negativa en las labores de preparación (by pass y ventanas) ubicadas en la caja techo. Se ha estimado que el esfuerzo vertical inducido máximo en este área será de aproximadamente 33 MPa y el esfuerzo horizontal inducido máximo será de 9 MPa.

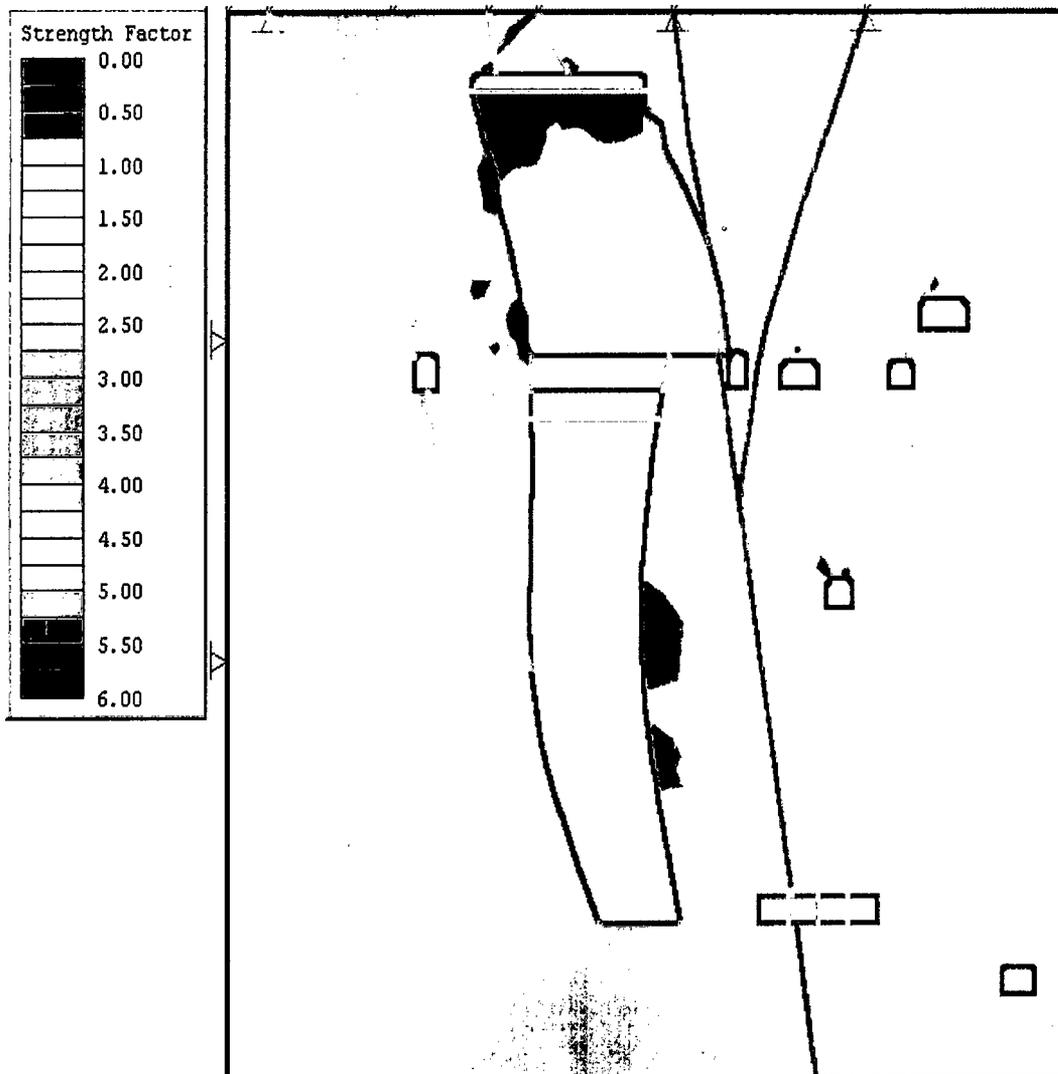
Propiedad	Mineral	Cajas	Relleno
RMR de Bieniawski 1989	48	54	-
Resistencia compresiva r.i. - MPa	90	110	-
Constante "mi" r.i.	12	10	-
Módulo de deformación m.r. - Mpa	8,900	12,600	100
Relación de Poisson m.r.	0.25	0.25	-
Constante "m" m.r.	1.8734	1.9342	-
Constante "s" m.r.	0.00309	0.006029	-
Angulo de fricción "phi"	-	-	32°

**Tabla 3. Propiedades de la roca, masa rocosa y relleno del tajo Magaly.**



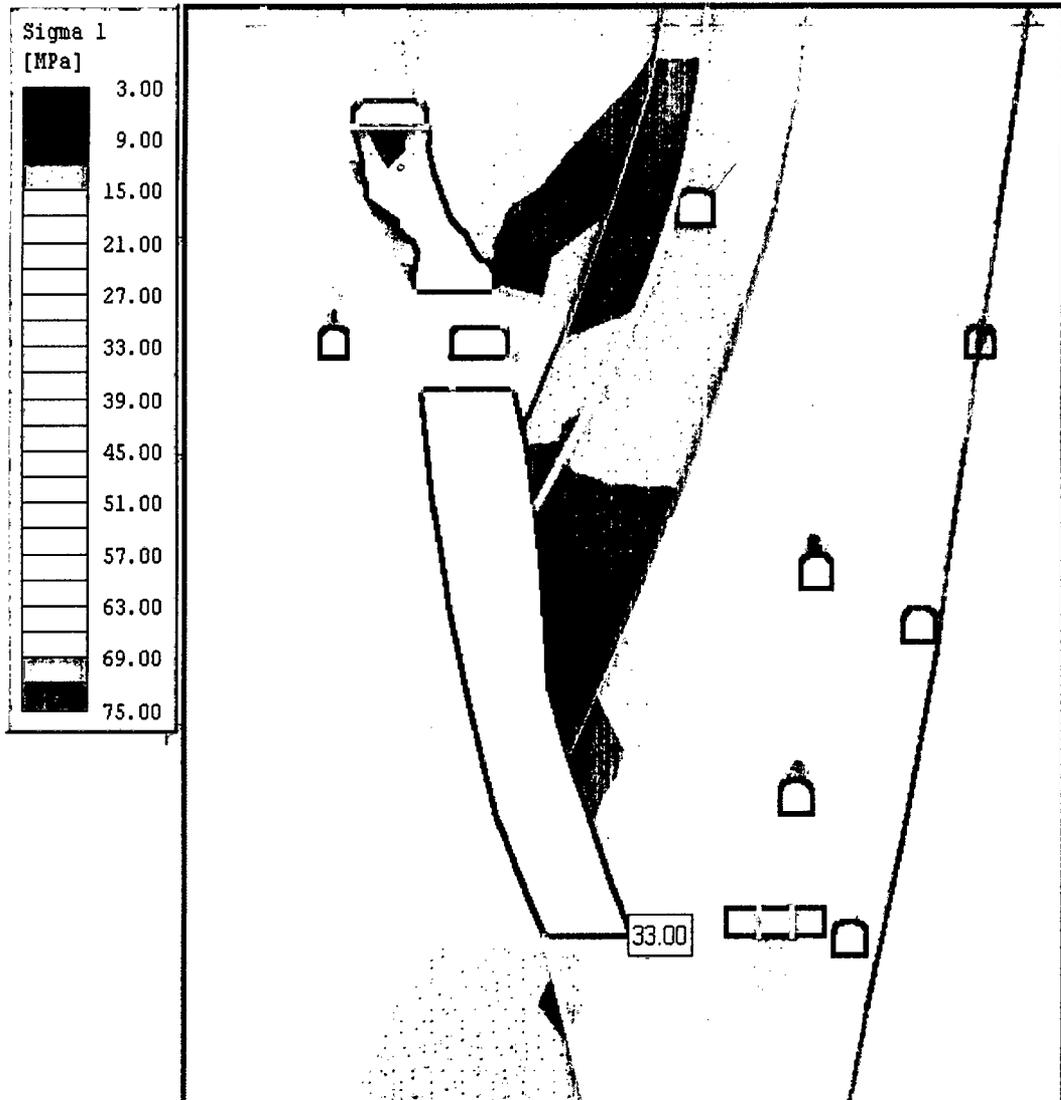
**Lamina 2. Esfuerzos principales Sección 12E. Proyecto Subniveles con taladros largos – Tajeo del cuerpo Magaly.**

En la lamina 2: se aprecia que ha medida que existan labores mas cercanas al tajeo habrá mayor concentración de esfuerzos por lo que los valores del esfuerzo principal mayor ( $\Sigma 1$ ), se incrementaran (hasta los 32 Mpa a mas), como se aprecia en el nivel inferior y superior del tajeo.



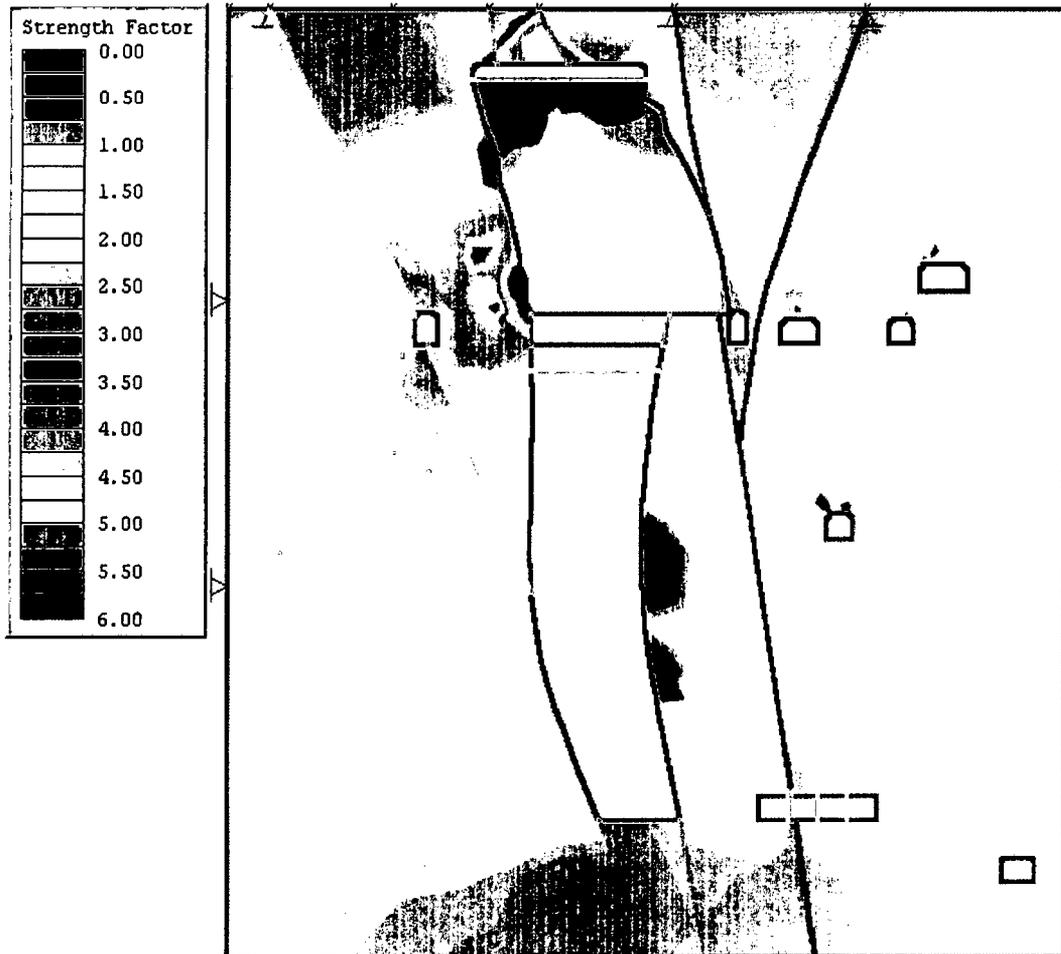
Lamina 3. Factor de seguridad Sección 12E. Proyecto Subniveles con taladros largos – Tajeo del cuerpo Magaly.

Lamina 3: (La sobre-excavación generada por los taladros largos, expone un Área considerable a la caja techo la cual por su buzamiento semi-vertical y por la presencia de la falla socorro paralela al cuerpo mineralizado generan valores de factor de seguridad menores a la unidad (seguro).



**Lamina 4. Esfuerzos principales Sección 16E. Proyecto Subniveles con taladros largos - Tajeo del cuerpo Magaly.**

Lamina 4: (Similar a la sección 12E, se aprecia que a medida que existan labores cercanas al tajeo, habrá mayor concentración de esfuerzos por lo que los valores del esfuerzo principal mayor (sigma 1), se incrementaran (bordeando los 33 Mpa), como se aprecia en el nivel inferior (labores cercanas como by Pass, ventanas, etc.) y en el nivel superior del tajeo (puente de comunicación con el tajeo del nivel superior).



**Lamina 5. Factor de seguridad Sección 16E. Proyecto Subniveles con taladros largos – Tajeo el cuerpo Magaly.**

Lamina 5: (Similar a la sección 12E, la sobre-excavación generada por los taladros largos, expone un Área considerable a la caja techo la cual por su buzamiento semi-vertical y peor aun por la presencia del sistema de fallamiento perpendicular que intersectan esta caja techo del cuerpo mineralizado generan valores de factor de seguridad menores a la Unidad (seguro).

### **2.2.3. CLASIFICACION DE LOS PRINCIPALES METODOS DE EXPLOTACION.**

Una vez que el depósito de mineral ha sido probado y delimitado, y la información recogida es suficiente para permitir un análisis profundo, es importante el

proceso de selección del método o métodos más apropiados para el inicio de una operación minera. (20)

Para estos propósitos los principales son clasificados de la siguiente manera:

1. Para Tajeos con **SOPORTE NATURAL**, los métodos más adecuados son el minado por Cámaras y Pilares (room-and-pillar mining) y el Tajeo por Subniveles (sublevel stoping)
2. Para tajeos con **SOPORTE ARTIFICIAL**, los métodos adecuados son el Almacenamiento Provisional (shrinkage stoping), minado por Corte y Relleno (cut-and-fill mining), minado por Conjunto de Cuadros (square set mining), y el minado por Paredes Largas (longwall mining).
3. Para métodos por **HUNDIMIENTO** las técnicas adecuadas son el Hundimiento por Subniveles (sublevel caving) y el Hundimiento por Bloques (block caving).

Debido a la singularidad de cada depósito de mineral, las variantes en cada uno de estos métodos son casi ilimitadas. (21)

Fuente: Tomas Clemente Ignacio y José Clemente Lazo (2009).

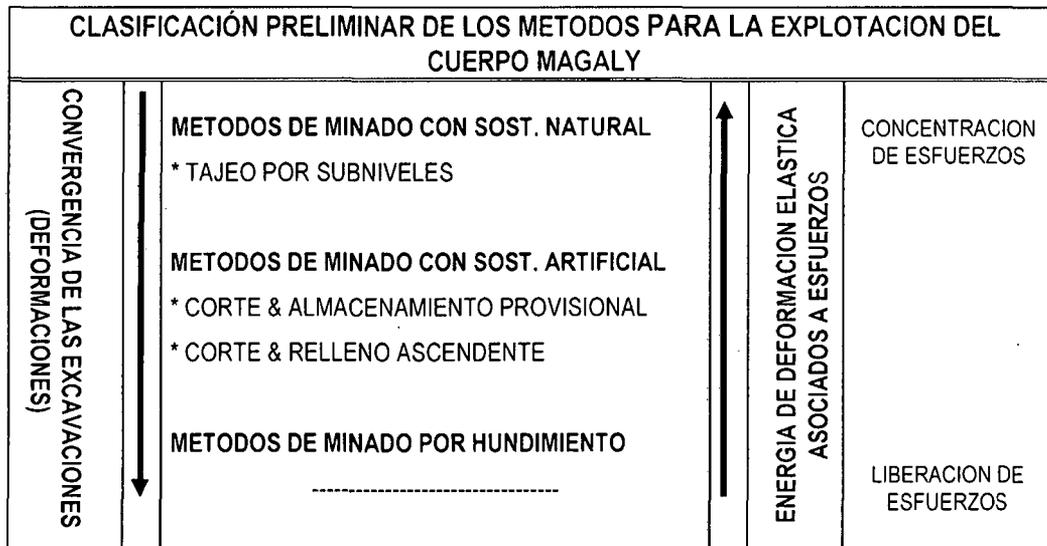


Figura N° 1: Clasificación preliminar de los métodos de explotación para Cuerpo Magaly.

En función a la evaluación de las condiciones naturales promedio que presenta el cuerpo Magaly y su entorno físico, usando el esquema conceptual de la

figura N° 1, se seleccionan los métodos de explotación aplicables para el cuerpo Magaly.

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SEGÚN NICHOLAS Y MARCK				
TIPO DE YACIMIENTO	PENDIENTE	RESISTENCIA		MÉTODO APLICABLE
		MINERAL	CAJAS	
Tabular	Echada	Fuerte	Fuertes	Cámaras con pilares ocasionales
				Cámaras y pilares
Tabular potente	Echada	Fuerte	Fuertes	Cámaras con pilares ocasionales
				Cámaras y pilares
		Débil	Débiles	Rebanadas hundidas
		Fuerte	Fuertes	Cámaras abiertas
Tabular muy potente	Echada	-----	-----	Como en masas
Filones muy estrechos	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámaras de almacén
		Débil		Rebanada rellena
				Explotación entibada
Filón estrecho	Echada	-----	-----	Como en tabulares estrechos
Potencia superior a la entibación económica	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámara vacía
				Cámaras Almacén
				Rebanada rellena
	-----	-----	Débiles	Rebanada rellena
				Mallas cúbicas
	-----	Débil	Fuertes	Rebanada Hundida
				Mallas cúbicas
	-----	-----	Débiles	Rebanada Hundida
				Mallas cúbicas
	Echada	-----	-----	Como en tabulares potentes o masas
Filón ancho	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámaras Vacías
				Cámaras Almacén
				Cámaras y Niveles
	-----	-----	-----	Rebanada rellena - Corte Relleno
	-----	-----	Débiles	Niveles hundidos
				Mallas cúbicas
	-----	-----	Fuertes	Cámaras Almacén
				Cámaras y Niveles
				Rebanadas rellenas
Masas	-----	Débil	Débiles	Niveles hundidos
		-----	Fuertes	Bloques hundidos
	-----	-----	-----	Mallas cúbicas
	-----	-----	-----	Métodos mixtos

Tabla 4. Selección del método de explotación.

De la **tabla 4**, y **figura 1** se nota que los métodos que podemos usar según las características del yacimiento son **tajeo por subniveles con taladros largos y corte y relleno**.

Hasta aquí se ha logrado seleccionar de una gama de métodos aplicables para la explotación del cuerpo Magaly. La siguiente fase del proceso

consiste en determinar en función a criterios Técnico-económicos cual de estos métodos es el óptimo para la explotación del cuerpo Magaly.

### 2.2.3.1. EVALUACION ECONOMICA PARA SELECCIÓN DEL METODO DE EXPLOTACION.

Con la finalidad de seleccionar el método óptimo para la explotación del cuerpo Magaly, se evalúan económicamente los métodos seleccionados técnicamente, para ello, primero analizaremos los costos directos relativos según métodos de minado subterráneo y luego la selección del método en función de la geometría del cuerpo y las condiciones geomecánicas presentes.

En la **tabla 5** de comparación de costos directos relativos según métodos de minado subterráneo se nota que el corte y relleno mecanizado es 246.15% mas costoso que usar tajeo por subniveles (4.5 contra 1.3).

*Se evaluara el margen de utilidad económica a obtener usando tajeo por subniveles con taladros largos y corte y relleno. El método de explotación que ofrezca la mayor rentabilidad del proyecto será el método a usar.*

<b>Comparación de costos directos relativos según métodos de minado subterráneo</b>	
<b>METODO DE MINADO SUBTERRANEO</b>	<b>COSTO RELATIVO</b>
Hundimiento por bloques	1
Cámaras y pilares	1.2
<b>Tajeo por subniveles</b>	<b>1.3</b>
Hundimiento por subniveles	1.5
Tajeo por hundimiento vertical	4.3
<b>Corte y relleno mecanizado ascendente</b>	<b>4.5</b>
Tajeo por Almacenamiento (Shrinkage)	6.7
Corte y relleno convencional	9.7

**Tabla 5. Costos directos relativos según métodos de explotación.**

### 2.2.3.2. CALCULO DE RESERVAS MINABLES Y VALOR DEL MINERAL.

Para estimar las reservas minables y el valor del mineral, en cada método de explotación se sigue un procedimiento el cual consiste primero en determinar el porcentaje de recuperación y luego la dilución porcentual en la ley del mineral.

Determinaremos primero el porcentaje de recuperación. Como podemos observar en la **Tabla 6** por el método de corte y relleno la recuperación promedio es de 85% de las reservas geológicas y en tajeo por subniveles con taladros largos se recupera el 80% de las reservas, ya sea por los puentes que quedan hacia el nivel superior o los pilares intermedios para hacer mas estables los tajeos y el área de influencia de estas labores.

METODO DE EXPLOTACION	FACTOR DE RECUPERACION MINERA	
	INTERVALO	MEDIO
SUBNIVELES TALADROS LARGOS	60-100	80
CORTE Y RELLENO ASCENDENTE	70-100	85
ALMACENAMIENTO PROVISIONAL	75-100	90
CAMARAS Y PILARES	50-75	60

**Tabla 6. Porcentaje de recuperación de mineral.**

Luego se determinara la dilución de diseño según O' Hara para ambos métodos de explotación y finalmente la dilución de diseño mas apropiado. Como se nota en la **tabla 7** la dilución será mayor usando tajeo por subniveles con taladros largos.

DILUCION DISEÑO ( según O'Hara )		
Dilución = $k/(w)^{1/2} * \text{sen } a$	Taladros Largos	Corte y relleno
k : constante	55	25
w : potencia del cuerpo (metros)	6	6
a : buzamiento cuerpo	68	68
<b>Dilución diseño</b>	<b>24.21%</b>	<b>11.00%</b>

**Tabla 7. Cálculo de la dilución según O'Hara.**

Para dar mayor certeza a los cálculos de diseño y según los datos históricos que se tiene en otras minas (San Rafael, Raura, Yscaycruz) y en tajeos de la unidad de Uchuchacua se considerara el siguiente porcentaje de dilución. Como se nota en la **Tabla 8** en condiciones medias en taladros largos tenemos una dilución promedio de hasta 30% y en el método de corte y relleno

en la unidad de Uchucchacua tenemos en condiciones medias unos 15% de dilución.

METODOS DE EXPLOTACION	FACTOR DE DILUCION		
	CONDICIONES DEL TERRENO		
	EXCELENTES	MEDIAS	MALAS
TALADROS LARGOS	1.20	1.30	N.D.
CORTE Y RELLENO ASCENDENTE	1.05	1.10	1.15
ALMACENAMIENTO PROVISIONAL	1.10	1.15	1.25
CAMARAS Y PILARES	1.05	1.10	1.20

**Tabla 8. Porcentaje de dilución según los métodos de explotación.**

Para el diseño del presente estudio, utilizaremos los datos que se muestran en la **Tabla 9**, para evitar errores en la toma de decisiones.

EN CONDICIONES MEDIAS Y YACIMIENTOS IRREGULARIDADES	Taladros Largos	Corte y relleno
	30%	15%

**Tabla 9. Porcentaje de dilución para diseño.**

Continuando con la selección del método de explotación, calcularemos las **reservas minables** de acuerdo a cada método de minado. En la **Tabla 10** se detalla el cálculo para el método de tajeo por subniveles con taladros largos.

RESERVAS DE TAJEO DEL CUERPO MAGALY					
RESERVAS MINERAL SEGÚN TAJEO POR SUBNIVELES CON TALADROS LARGOS	TCS	OzAg	%Pb	%Zn	Valor Mineral (US \$/TCS)
	258,755	19.30	0.90	1.10	71.72
	269,105	14.85	0.69	0.85	55.17
Recuperación por método minado : 80%					
		Ag	Pb	Zn	
Recuperación metalúrgica		74%	90%	68%	
Porcentaje pagable		70%	60%	60%	
Precio metal		7.0	1,000	1,400	
		US\$/Oz	US\$/TMS	US\$/TMS	

**Tabla 10. Cálculo de reservas y valor de mineral usando tajeo por subniveles con taladros largos.**

En la **Tabla 11** se detalla el cálculo de las reservas minables para el método de Corte y relleno.

RESERVAS DEL TAJO DEL CUERPO MAGALY					
RESERVAS MINERAL SEGÚN TAJEO CON CORTE Y RELLENO ASCENDENTE	TCS	OzAg	%Pb	%Zn	Valor Mineral (US \$/TCS)
		258,755	19.30	0.90	1.10
	252,933	16.78	0.78	0.96	62.36
Recuperación por método minado: 85%					
		Ag	Pb	Zn	
Recuperación metalúrgica		74%	90%	68%	
Porcentaje pagable		70%	60%	60%	
Precio metal		7.0	1,000	1,400	
		US\$/Oz	US\$/TMS	US\$/TMS	

Tabla 11. Cálculo de reservas y valor de mineral usando Corte y relleno.

En las **tablas 10 y 11**, se tiene el resumen del cálculo de reservas minables (TCS), la recuperación de reservas geológicas (%) y el valor del mineral asociado a los blocks de mineralización por cada método de explotación.

*En esta primera evaluación, se observa que el valor de mineral usando método de Corte y relleno es 7.196 US\$/TM mayor que usando tajeo por subniveles.*

Para calcular el valor del mineral hay dos formas:

- Conociendo el valor que se paga por el concentrado y dividiéndolo entre el R.C.M. En Uchucchacua tenemos dos tipos de concentrados de Pb-Ag y Zn los cuales tienen los siguientes R.C.M. como se muestra en la **tabla 12**:

R.C.M.	
CONCENTRADOS	R.C.M.
Pb-Ag	26.61
Zinc	49.01

Tabla 12. Radio de concentración metalúrgica.

- En la cubicación de mineral de la unidad tenemos las equivalencias con respecto a la Plata, las cuales son:

$$1 \text{ OzAg} = 1\% \text{ Pb}$$

$$1 \text{ OzAg} = 1\% \text{ Zn}$$

$$1 \text{ OzAg} = 3.367 \text{ U. S. } \$/\text{OzAg}.$$



### 2.2.3.3. CALCULO DE MARGEN DE UTILIDAD Y VALOR PRESENTE NETO.

En esta etapa, calcularemos los costos de operación para cada método de explotación y luego determinaremos el margen de utilidad del acuerdo al método de explotación. En la **Tabla 13** se muestra el cálculo del costo de operación del método de tajeo por subniveles con taladros largos. *Para este análisis, se ha tomado en cuenta el uso de 01 Jumbo electrohidráulico, una longitud de perforación de 13.0 m, 01 Scoop diesel a control remoto de 3.5 yd<sup>3</sup> y una producción diaria de 500 TCS. Se considera un 25% adicional por imprevistos y considerando una voladura secundaria mayor en este método de explotación.*

COSTO DE OPERACIÓN CON TALADROS LARGOS	
COSTO PREPARACION	0.70
PERFORACION	0.60
VOLADURA	0.37
SOSTENIMIENTO	0.00
TRANSPORTE	1.39
<b>COSTO DE EXPLOTACION</b>	<b>3.06</b>
<b>COSTO EXPLOTACION + 25%</b>	<b>3.82</b>
COSTO DE PROCESAMIENTO	6.10
COSTO DE ENERGIA	2.80
COSTOS ADMINISTRATIVOS	9.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>21.72</b>

**Tabla 13. Costo de operación con el método de tajeo por subniveles con taladros largos.**

Para hallar el costo de operación en el método de corte y relleno, se realizó una evaluación de la preparación y explotación del tajo en el cuerpo Magaly. *El resumen del análisis se muestra en la Tabla 14 para este análisis, se ha tomado en cuenta el uso de tres perforadoras Jack leg, una altura de corte de 2.40 m. y una longitud de perforación de 8 pies, 01 Scoop eléctrico de 3.5 yd<sup>3</sup> y una producción diaria de 250 TCS, como se nota en la Tabla 14 en el método de corte y relleno ascendente lo que incrementa mas el costo de*

operación es el sostenimiento que tiene que realizarse con Split sets y mallas en toda la periferia del tajeo, además el relleno provendrá de los avances de la profundización de la Rampa 626 a un ritmo de 200 metros por mes con una sección de 3.5 x 3.5 m la cual nos proveerá 2450 metros<sup>3</sup> de relleno mensual.

<b>COSTO DE OPERACIÓN CON CORTE Y RELLENO ASCEN.</b>	
COSTO PREPARACION	0.49
PERFORACION + VOLADURA	3.60
SOSTENIMIENTO	7.58
TRANSPORTE	1.39
<b>COSTO DE OPERACIÓN MINA</b>	<b>13.06</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN MINA + 20%</b>	<b>15.68</b>
COSTO DE PROCESAMIENTO	6.10
COSTO DE ENERGIA	2.80
COSTOS ADMINISTRATIVOS	9.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>33.58</b>

Tabla 14. Costo de operación con el método de corte y relleno.

Por lo tanto, de acuerdo a los costos operativos hallados por los dos métodos de explotación, se obtiene el margen de utilidad. En la **Tabla 15** se detalla el resultado.

<b>MARGEN UTILIDAD POR TCS</b>	
<b>TALADROS LARGOS</b>	<b>US \$/TCS</b>
Costo Operativo	21.72
Valor Mineral	55.17
<b>MARGEN UTILIDAD</b>	<b>33.45</b>
<b>CORTE Y RELLENO ASCENDENTE</b>	<b>US \$/TCS</b>
Costo Operativo	33.58
Valor Mineral	62.36
<b>MARGEN UTILIDAD</b>	<b>28.78</b>

Tabla 15. Margen de Utilidad por cada método de minado.

*Por lo tanto, usando el método de tajeo por subniveles con taladros largos obtenemos 4.67 US \$/TCS más de utilidad que si usáramos el método de corte y relleno ascendente.*

Para terminar nuestro análisis evaluaremos el Valor Presente Neto por cada método de explotación para seleccionar definitivamente nuestro método de explotación a utilizar.

En la **Tabla 16** se resume el Valor Presente Neto por método de explotación, obteniéndose 2'050,260 US \$ más si explotamos el cuerpo Magaly usando el método de tajeo por subniveles con taladros largos en vez de usar el método de Corte y relleno ascendente con relleno detrítico.

<b>VALOR PRESENTE NETO SEGÚN METODO DE MINADO</b>	
<b>METODO EXPLOTACION</b>	<b>U.S. \$</b>
<b>TALADROS LARGOS</b>	<b>7'967,277</b>
<b>CORTE Y RELLENO ASCENDENTE</b>	<b>5'917,017</b>
<b>MARGEN UTILIDAD</b>	<b>2'050,260</b>

**Tabla 16. Valor Presente Neto por método de minado.**

*Como se nota esta diferencia es el resultado del mayor ritmo de producción diario (250 TCS/día más) usando tajeo por subniveles con taladros largos que usando corte y relleno. La explotación del tajo usando taladros largos es más rentable pues el período de recuperación de la inversión es menor que usando Corte y relleno. Además es un método mas seguro porque el personal no esta expuesto directamente en la explotación.*

<b>METODO DE EXPLOTACION</b>	<b>PRODUCTIVIDAD t/(h-g)</b>	
	<b>NORMAL</b>	<b>ALTA</b>
Cámaras y pilares	30-50	50-70
Hundimiento por subniveles	20-40	40-50
Hundimiento por bloques	15-40	40-50
<b>Tajeo por subniveles</b>	<b>15-30</b>	<b>30-40</b>
<b>Corte y relleno Ascendente</b>	<b>10-20</b>	<b>30-40</b>
Almacenamiento provisional	5-10	10-15
Estibación por cuadros	1-3	-----

**Tabla 17. Comparación de la productividad según método de minado.**

En la **Tabla 17**, se compara la productividad de la explotación de tajeos, usando el método por subniveles con taladros largos y Corte y relleno. Como se observa, la productividad (ton/hombre-guardia) es mas baja en condiciones normales usando Corte y relleno que usando tajeo por subniveles con taladros largos.

PRODUCTIVIDAD TCS/(h-g)		
	SUBNIVELES	CORTE Y RELLENO
TCS/DIA	500	250
TAREAS/DIA	12.5	17.5
TCS/(h-g)	<b>40.00</b>	<b>14.29</b>

**Tabla 18.** Productividad en la Unidad de Uchucchacua.

En la **Tabla 18** se nota la productividad que tendrá el cuerpo Magaly usando tajeo por subniveles con taladros largos y corte y relleno Por lo tanto, **usaremos el método de Explotación por subniveles con taladros largos para explotar el cuerpo Magaly.**

#### 2.2.3.4. LEY MINIMA DE CORTE.

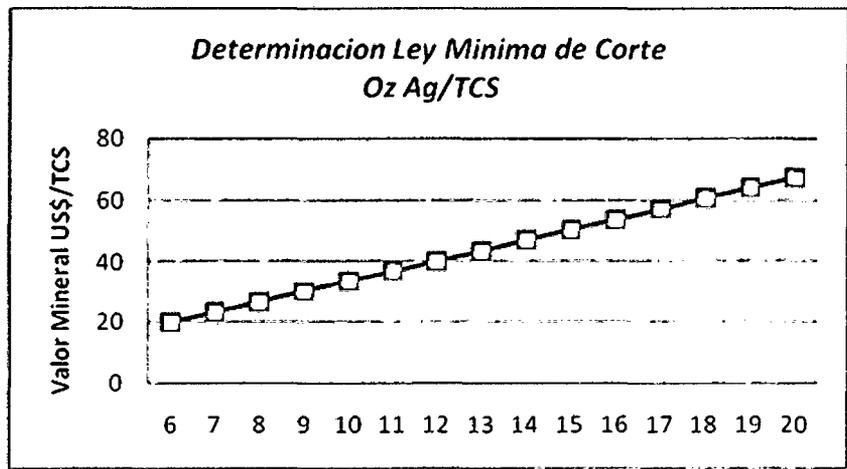
Actualmente nuestro costo de operación esta en 35 \$/TCS incluyendo depreciación y amortización. Decidido el método de explotación de minado y el costo operativo para el proyecto, determinaremos la ley mínima de corte de nuestro proyecto.

La ley mínima de corte será la ley de Ag que posea un valor económico que permita cubrir los el costo operativo del proyecto. Este valor esta en función de la recuperación metalúrgica en Planta, el % pagable de concentrado por contrato y el precio del metal en el mercado. Para determinar dicho valor, se utilizan las equivalencias de la ley de Pb y Zn con respecto a la Plata. En la **Tabla 19** se detalla la simulación hecha para determinar la ley de corte. ***Se observa que con una ley de 6.4508 OzAg-Eq/TCS, obtenemos un valor de mineral de 21.72 US \$/TCS que cubriría nuestro costo de operación. Es decir, el mineral es rentable a partir de una ley de 6.4508***

**OzAg/TCS.** En el Graf, N° 01, se observa la distribución de Ley vs valor del mineral.

LEY PLATA EQUIVALENTE	VALOR MINERAL (US \$/TCS)	LEY DE CORTE OzAg/TCS	
6	20.20	6.4508	21.72 \$/TCS
7	23.57		
8	26.94		
9	30.30	10.395	35.00 \$/TCS
10	33.67		
11	37.04		
12	40.40		
13	43.77		
14	47.14		
15	50.51		
16	53.87		
17	57.24		
18	60.61		
19	63.97		
20	67.34		

**Tabla19.** Cálculo de la ley mínima de corte.



**Grafico N° 01.** Determinación de la Ley de Corte de Ag.

**2.2.4. EXPLOTACION POR SUBNIVELES CON TALADROS LARGOS.**

Es dividir el cuerpo mineralizado en sectores aptos para el laboreo y consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de explotación mediante disparos efectuados en planos verticales, con taladros largos paralelos y radial, posteriormente quedando vacio el tajeo después de la explotación.

#### **2.2.4.1. CARACTERISTICAS.**

La explotación por subniveles (Sub level Stopping), con taladros largos es un método de minado de alta producción aplicable: ***“a cuerpos o vetas extensas, de buzamiento casi vertical y geometría regular que poseen un mineral y cajas competentes que requieren esporádicos o ningún soporte y el mineral roto fluye bajo la influencia de la gravedad”***

Este método posee una fuerte inversión en la etapa de preparación, aunque dicho costo es compensado por el hecho que gran parte de la preparación es ejecutado en mineral.

Actualmente esta limitado a cuerpos empinados de mineral donde tanto el mineral como la roca encajonante son competentes y el mineral roto fluye por gravedad.

Los cuerpos de mineral deben tener formas y dimensiones regulares, porque el método no es selectivo.

El uso eficiente de voladura en gran escala hace de la explotación por subniveles uno de los métodos de mas bajos costos de la minería subterránea.

La perforación de los taladros es ejecutada con máquinas perforadoras de taladros largos.

#### **2.2.4.2. TIPOS DE CUERPOS DE MINERAL.**

El cuerpo de mineral requerido para la explotación por subniveles con taladros largos debe ser: regular, grande, fuerte a medianamente fuerte, y competente, y la roca encajonante debe autosostenerse. Los esfuerzos de la roca varían ampliamente y pueden ser compensadas en el diseño, pero debe tener un esfuerzo mínimo de 8,000 psi (55 Mpa). La pendiente del cuerpo de mineral y de la roca encajonante debe ser tal que esto exceda el ángulo de reposo del mineral roto, que permita el flujo por gravedad del mineral volado por los puntos de carguío y las tolvas.

Los cuerpos de mineral deben tener un mínimo de 6 metros de potencia para permitir el uso eficiente de la voladura de taladros largos. Los

cuerpos de mineral menores a 6 metros de potencia tienen un costo más alto por tonelada de mineral debido a la menor producción por disparo, y cuando las potencias son menores a 1.5 metros la maniobrabilidad de la perforación total son difíciles para lo cual se recurrirán a ciertos métodos de perforación. Ninguna potencia superior limita el minado de estos cuerpos usando este método. Sin embargo, en cuerpos grandes de mineral, los pilares de apoyo a menudo deben ser dejados en el lugar durante el ciclo total de minado. Estos pilares por lo general son recuperados después de que los tajeos adyacentes hayan sido rellenados. (22)

La perforación de taladros largos y los grandes volúmenes de producción disparados requieren que los cuerpos de mineral sean bien definidos. Los bordes de los tajeos deben ser regulares, porque cuerpos irregulares de mineral y aquellos que contienen grandes tramos de desmonte no pueden fácilmente ser evitados. El desmonte de los cuerpos irregulares de mineral e inclusiones diluyen al final el mineral extraído y esta dilución aumenta el costo por tonelada de mineral producido. Un contacto del mineral a la roca encajonante liso permite el flujo más fácil del mineral disparado a los puntos de carguío y tolvas. La roca debe ser estructuralmente competente y auto soportarse con las grandes aberturas y podrían ser dejadas sin relleno durante amplios períodos de tiempo. Además, repetidas ondas de choques o detonación de grandes voladuras requieren un mineral de alto esfuerzo compresivo y mínimas discontinuidades estructurales como juntas, fallas, y planos sub horizontales. (23)

Las fallas resultantes del colapso del material incompetente causan excesiva dilución, la pérdida de los subniveles, y bancos grandes que bloquean los puntos de carguío, y hacen necesario el reacondicionamiento de los tajeos. Pequeñas fallas localizadas causan el movimiento y el desplazamiento de la roca, y rajan los taladros a ser disparados. Esto a su vez hace difícil la carga de los taladros a ser disparados y en algunos casos hace necesario una extensiva re perforación de los taladros. (24)

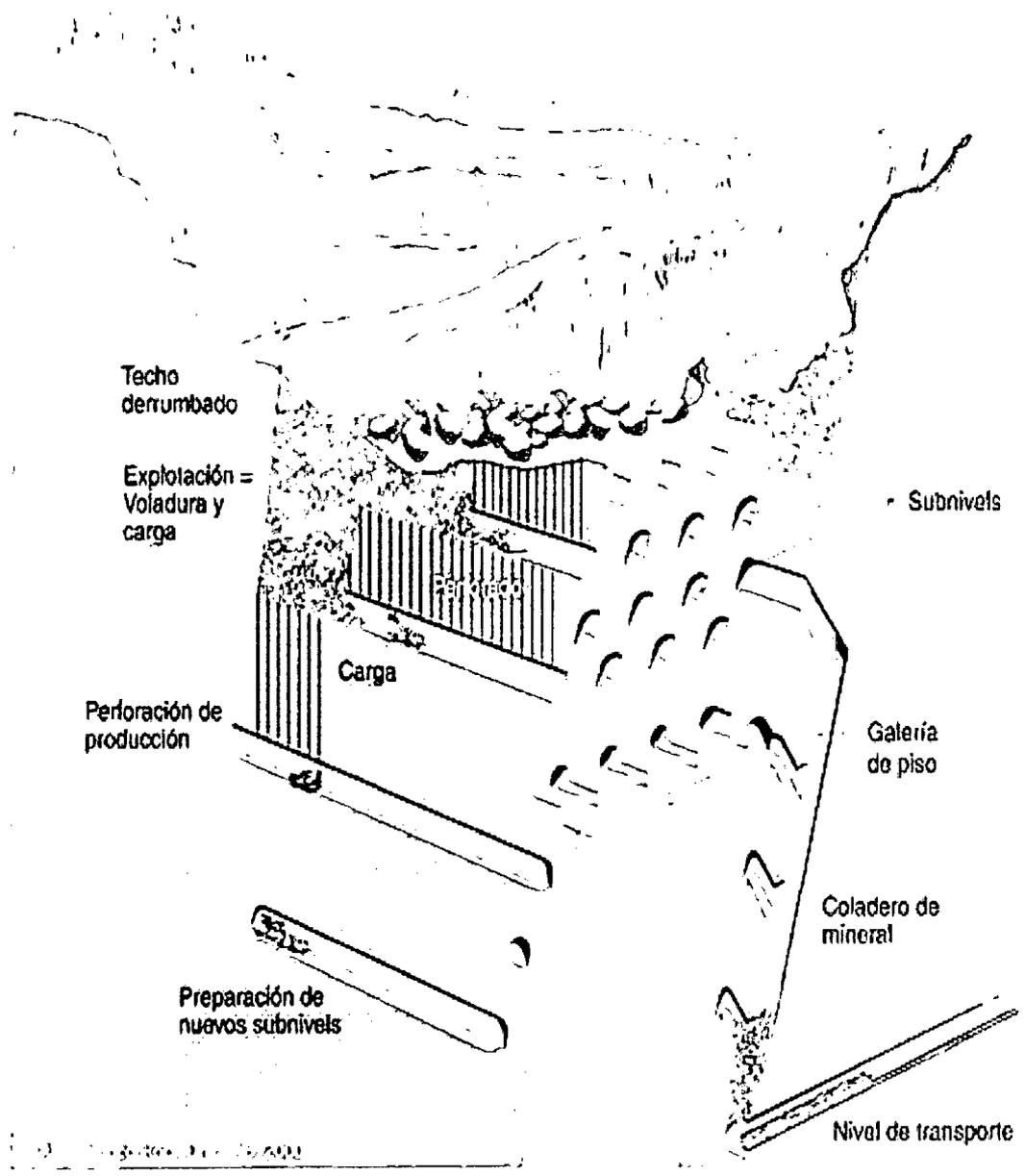
### 2.2.4.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS (25).

#### 2.2.4.3.1. VENTAJAS.

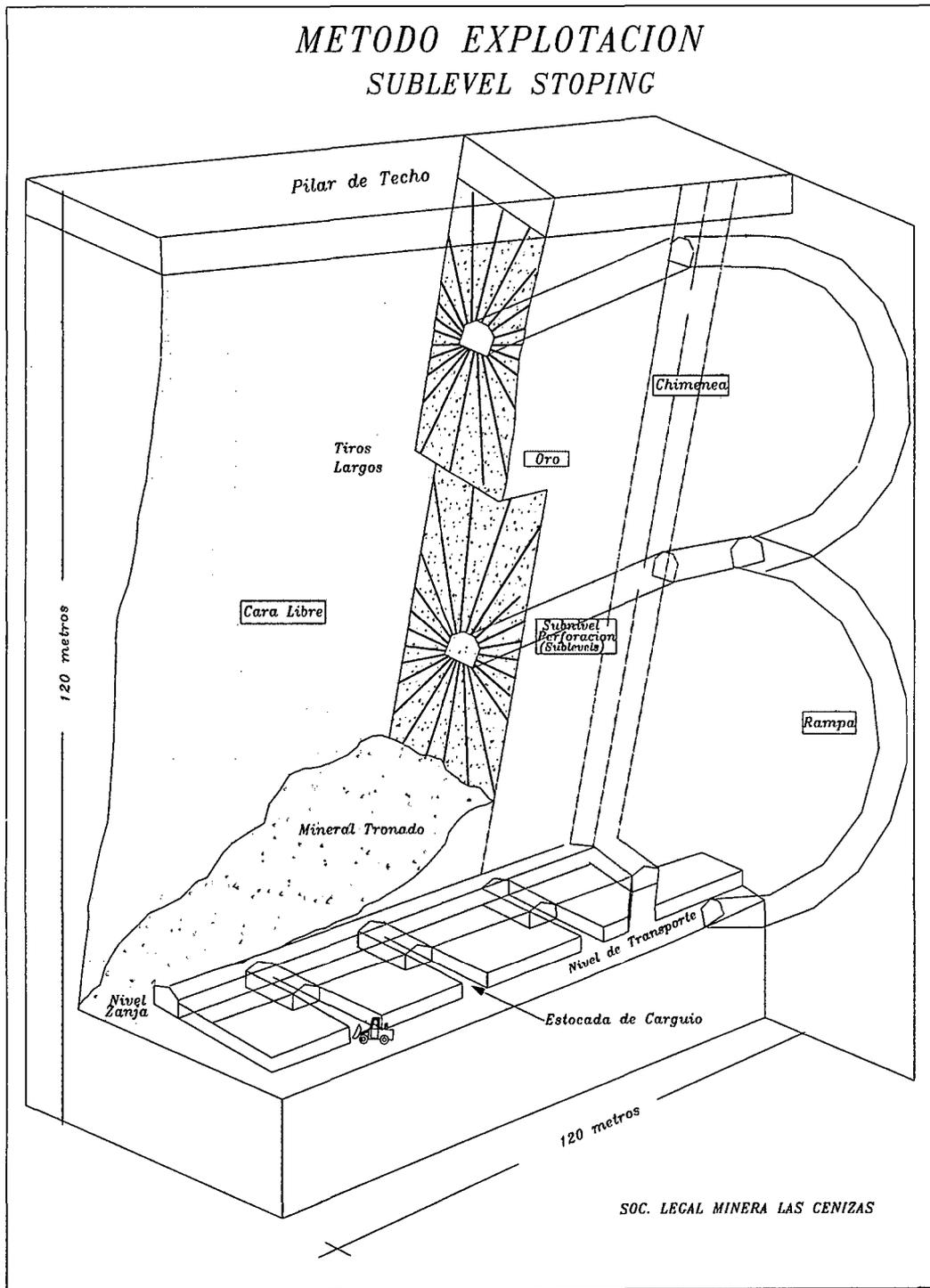
1. El método de explotación por subniveles es muy manejable con la mecanización, y por lo tanto los tajeos son de alta eficiencia, llegando a 110 toneladas/hombre-guardia en grandes tajeos.
2. El método tiene un moderado a muy alto ritmo de producción, con tajeos individuales que producen encima de 25,000 ton/mes.
3. El método es seguro y aparte del manejo de los subniveles son fáciles para ventilar, particularmente donde las voladuras semanales son realizadas.
4. La recuperación de mineral puede ser alta, superior al 90 %, cuando es posible la buena recuperación de pilar. La dilución es generalmente baja y puede estar debajo del 20 % para la mayoría de las operaciones.
5. Los tajeos pueden ser perforados mucho mas adelante que los taladros sean disparados y volados dependiendo que el equipo este disponible.
6. En grandes operaciones las voladuras pueden ser realizadas una vez a la semana, con equipos de voladura eficientes altamente entrenados, así mejorando la eficiencia de la voladura.

#### 2.2.4.3.2. DESVENTAJAS.

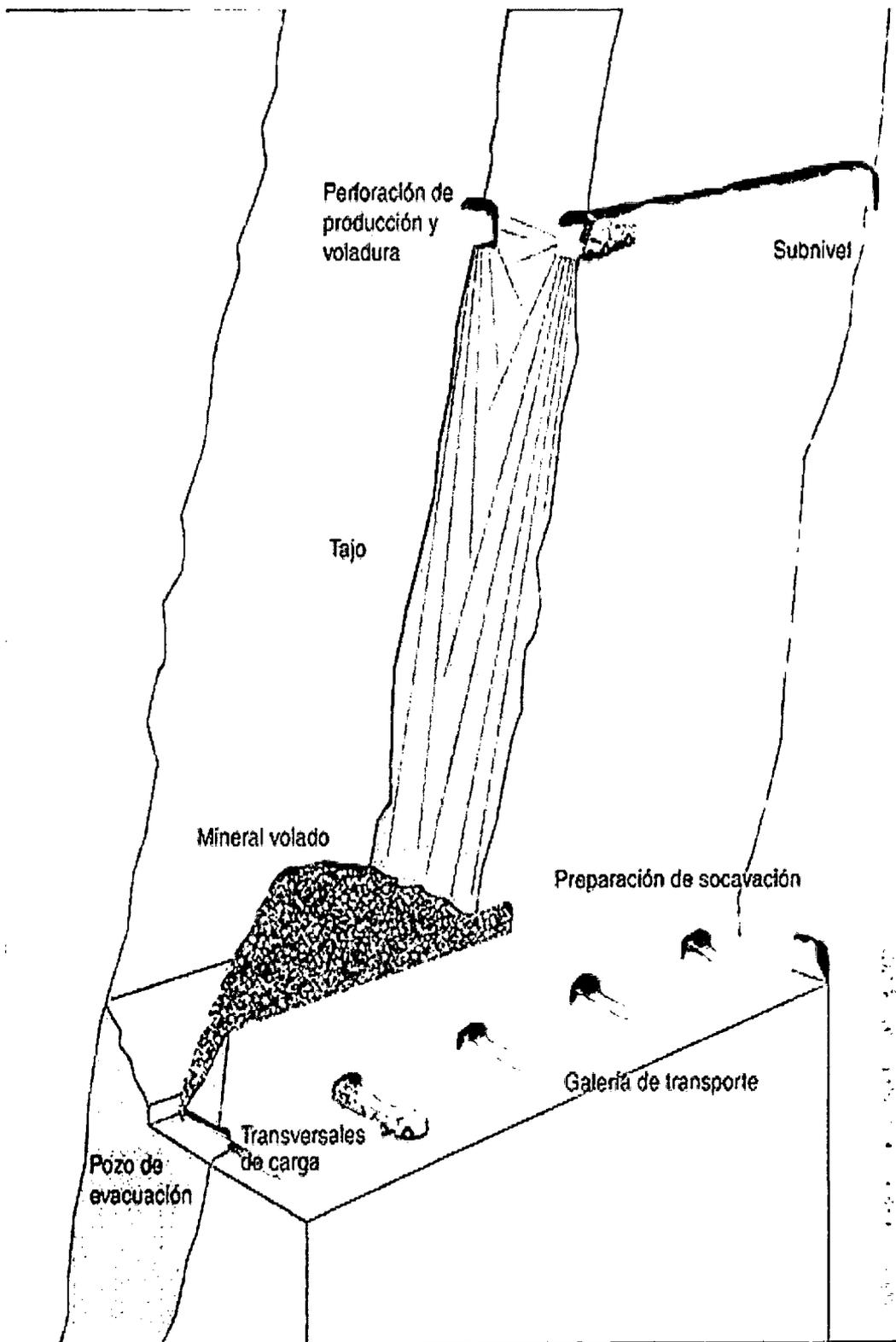
1. El método requiere una alta inversión de capital, requiriendo una cantidad grande de labores de desarrollo antes de que la producción pueda comenzar.
2. El método no es selectivo y requiere que la mayor parte del cuerpo sea mineral. Las variaciones en la caja piso o en la caja techo son difíciles de arreglar.
3. El método llega a ser muy ineficiente en bajas pendientes donde se puede esperar que la dilución aumente.
4. Los humos de las voladuras secundarias pueden dirigirse dentro de los tajeos cuando se hace una excesiva voladura secundaria.



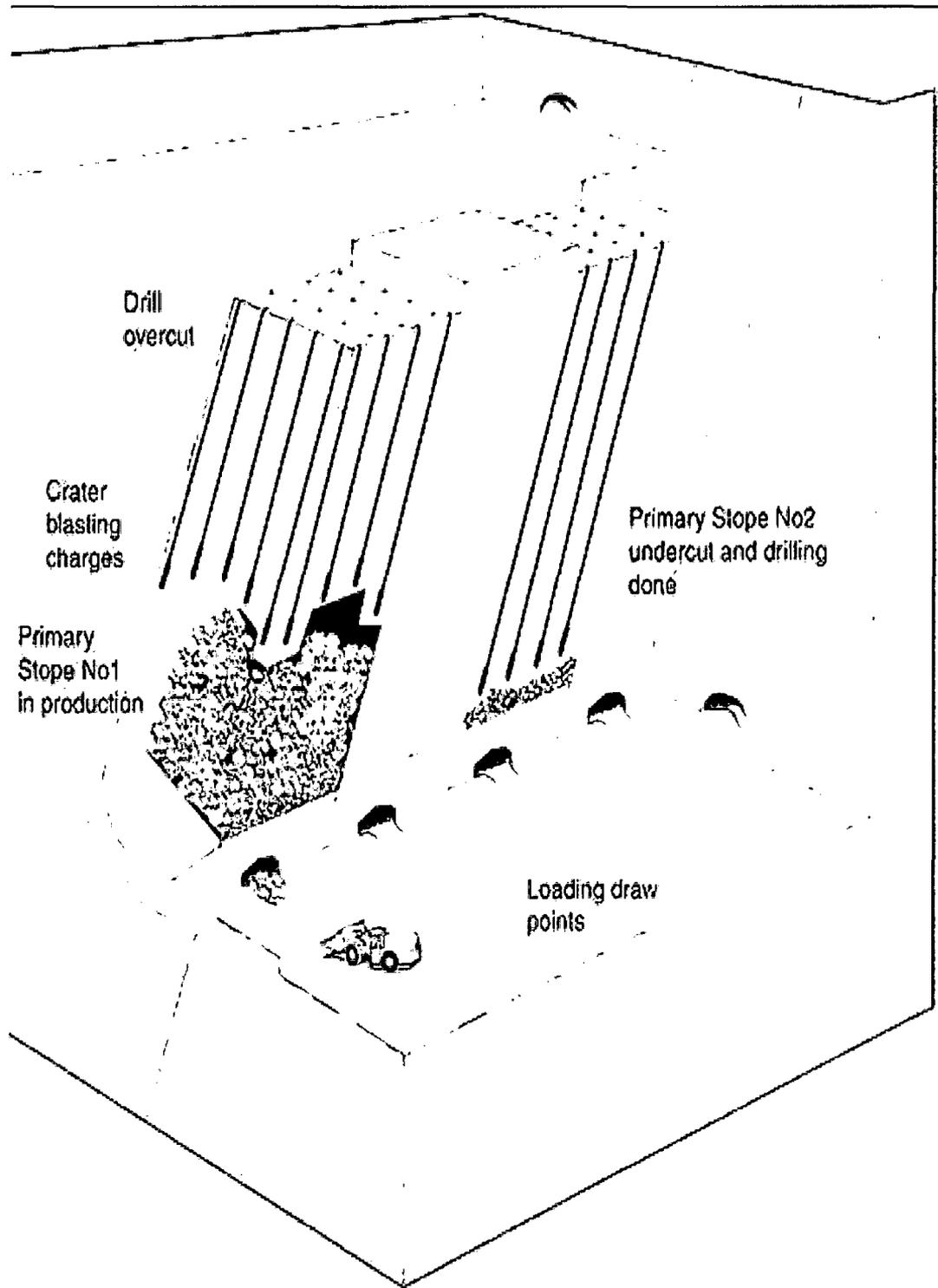
Lamina 6. Esquema idealizado de minado sub level stopping.



Lamina 7. Minado sub level stopping.

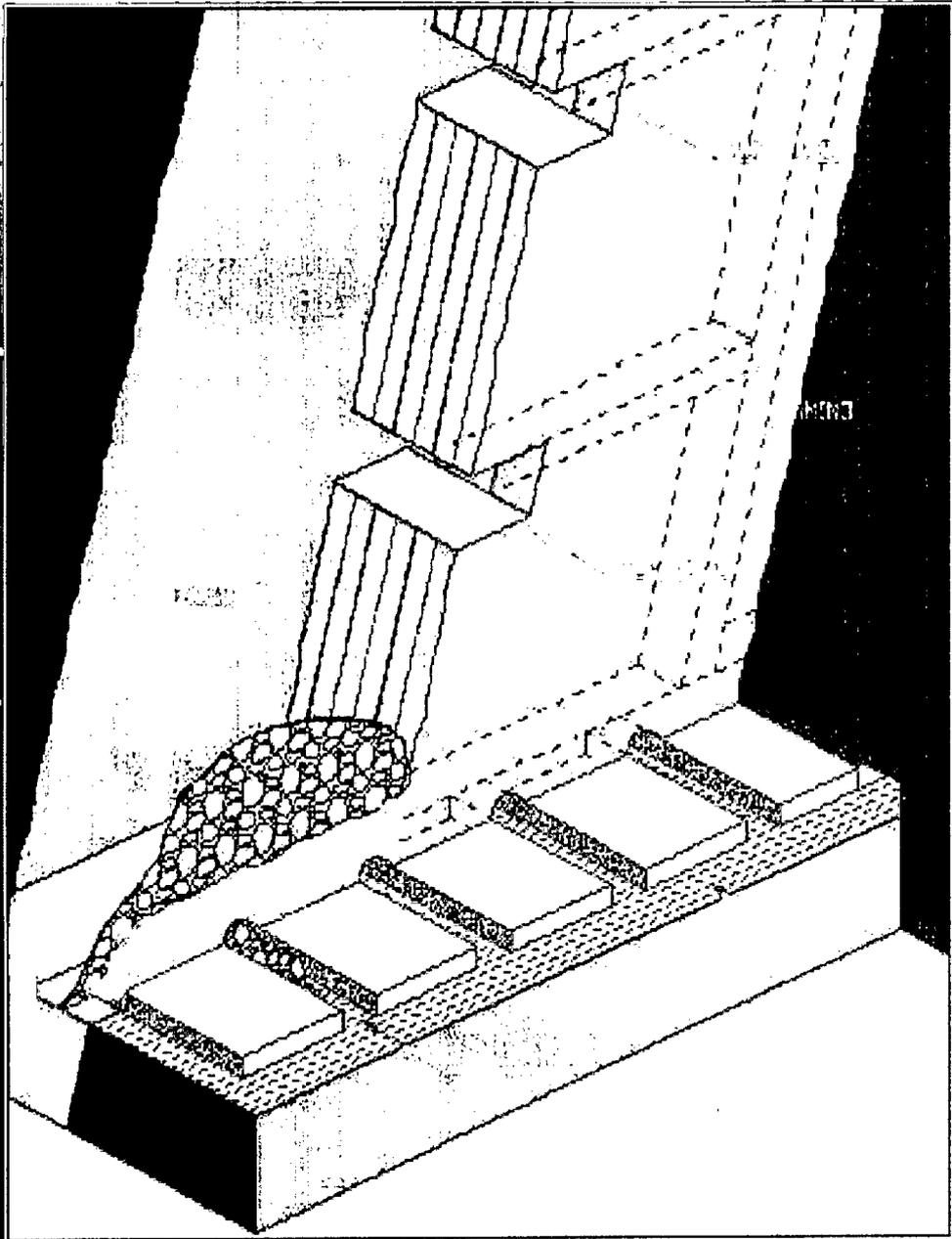


Lamina 8. SUB LEVEL STOPPING: Perforación de taladros largos.



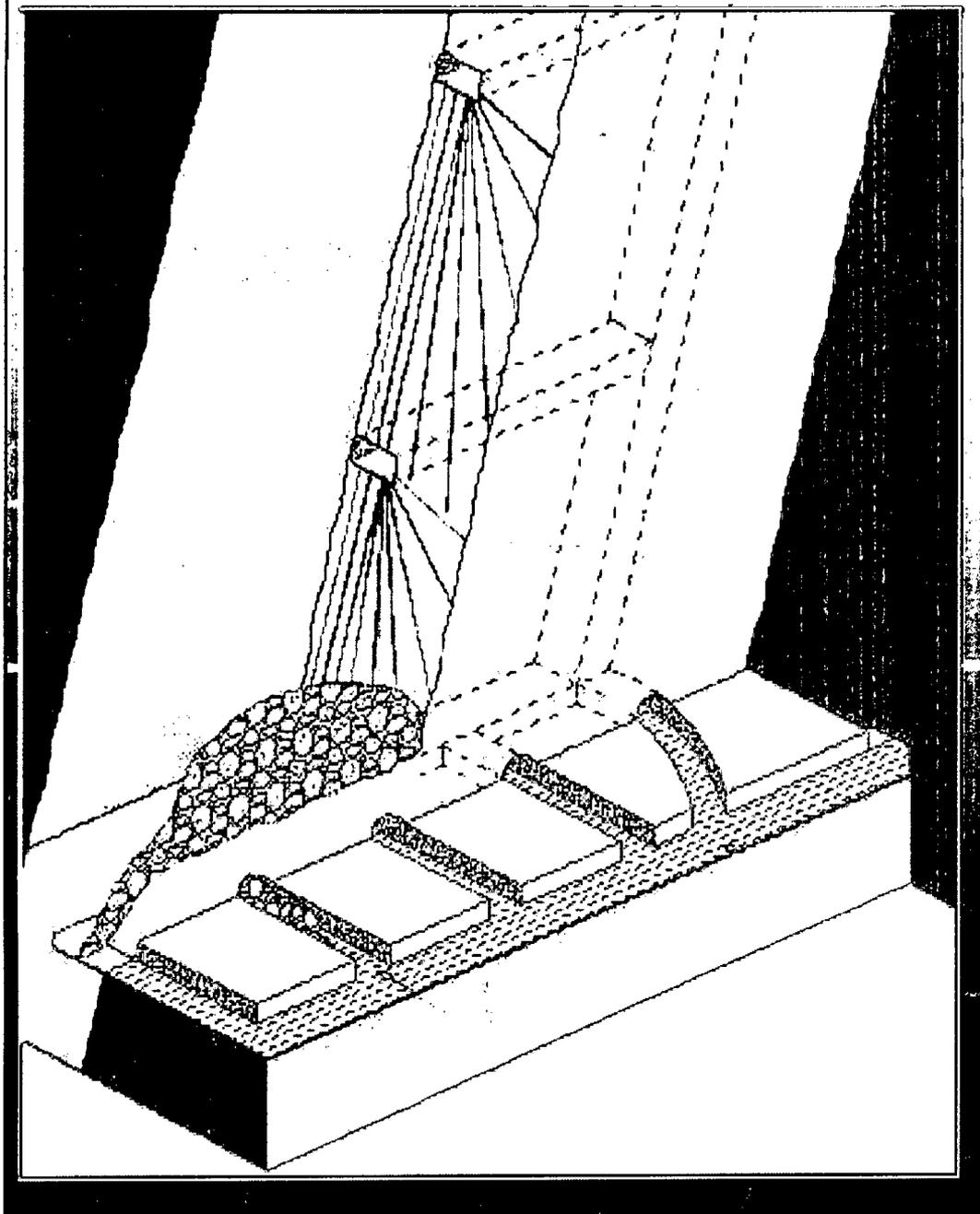
Lamina 9. Sub level stopping con pilares parciales.

## Taladros paralelos (LBH)



Lamina 10. Sub level stopping con taladros largos en paralelos.

## Taladros en abanico



Lamina 11. Sub level stopping con taladros largos en abanico.

## 2.2.5. INFRAESTRUCTURA DE DISEÑO.

### 2.2.5.1. DIMENSIONAMIENTO DEL TAJEO.

Se presenta el dimensionamiento del cuerpo Magaly – Tajeo 775, aplicando el método gráfico de estabilidad. En este caso el número de estabilidad  $N'$  es aproximadamente **44** y el factor de forma o radio hidráulico  $S$  es más o menos **12.5**. Utilizando estos valores, se estima que se pueden lograr excavaciones vacías de unos 55m de altura x 45m de longitud. Esto nos conlleva a tener que pensar en dejar pilares estabilizantes o en su defecto utilizar relleno para el tajeo.

Según estos gráficos, considerando un valor de MRMR (Laubscher 1994) de 50 (equivalente a un **RMR** de Bieniawski de **50 a 60**) y un número de estabilidad  $N'$  de **44**, se puede establecer un factor de forma o radio hidráulico  $S$  de aproximadamente **15**. Este valor será el recomendable para ser usado en el diseño del cuerpo Magaly-Tajeo 775.

Si utilizamos el valor  $S=15$ , para una altura total del tajo de 53metros (60m – 7m de puente), se podrán lograr tajos vacíos de hasta mas o menos 65m de longitud. Se dejara pilares estabilizantes de buzamiento o utilizar el relleno para el tajo. Este relleno sería solo parcial, de tal manera de mantener un radio hidráulico menor de 15, y así mantener condiciones adecuadas de estabilidad del tajo.

De acuerdo a los gráficos siguientes obtenemos las propiedades geomecánicas por el método de "RMR".

**Geomechanics Method "RMR" - Rock Mass Classification Results**

User: David Córdoba      Project: Taje0 775 Magaly Socorro

Comments: Dimensionamiento geomecánico

Input Data	Output Data
Rock Type : sulphides Intact Strength (A.1) - 12.00 Rock Quality Designation (A.2) - 13.00 Joint Spacing (A.3) - 10.00 Discontinuity Length (A.4.i) - 2.00 Joint Separation (A.4.ii) - 5.00 Joint Roughness (A.4.iii) - 3.00 Joint Infilling (A.4.vi) - 3.00 Joint Weathering (A.4.v) - 5.00 Groundwater (A.5) - 10.00 Joint Orientation (B) - -5.00	Rock Mass Rating, RMR - 58.00 Condition of Discontinuities, RMRm - 18.00 RQD + Spacing, RMRs - 23.00 Q Equivalent - 8.26 Undisturbed Rock Mass : m Value - 1.30 s Value - 0.016390 Disturbed Rock Mass : m Value - 0.35 s Value - 0.002098

Print      Backward      Forward

En el Grafico 2 se observan las propiedades geomecánicas de la roca así como las características geométricas del tajeo (dimensionamiento geomecánico).

**Direct Factor Input**

File

Input	Workplace :
RQD : 62.5	Tajeo 775 Magaly Socorro
Depth : 700	
UCS : 110	Critical Joint Dip* : 79
Joint Set Number : 6	Critical Joint Dip Direction* : 331
Joint Roughness : 1.5	Excavation Dip* : 68
Joint Alteration : 2	Excavation Dip Direction* : 136
Failure Mechanism : sliding	* degrees

Sizing	Stope Dimensions (m)
Surface	Stope Width : 10
<input type="radio"/> Back	Stope Height : 55
<input checked="" type="radio"/> H/W or F/W	Stope Strike Length : 45
<input type="radio"/> Wall (primary)*	Pillar Strike Length : 100
<input type="radio"/> Wall (secondary)	
* WALL = END, in longitudinal case	

Factors
Q' : 7.813      A : 1.000      B : 1.359      C : 4.200      Update

Backward      Forward

En el Grafico 3 se observan las dimensiones del tajeo, el Índice de calidad tunelera modificado, el factor de esfuerzo a la roca, factor de ajuste por orientación de las juntas y factor de ajuste gravitacional.

**Longitudinal Slope**

Information    Stability Graph    Bolt Density    Bolt Length

**Input**

Work Place - Tajeo 775 Magaly Socorro

Stope Type - longitudinal  
Surface - H/W or F/W

Depth (m) - 700.0  
UCS (MPa) - 110.0  
RQD - 62.50

Joint Set Number - 6.00  
Joint Roughness - 1.50  
Joint Alteration - 2.00

Stope Dimensions (m): Width (W) - 10.00  
Height (H) - 55.00  
Strike Length (Lo) - 45.00  
Pillar Strike Length (Lp) - 100.00

Excavation: Dip Angle (Deg) - 68.00  
Dip Direction (Deg) - 136.00

Critical Joint: Dip Angle (Deg) - 79.00  
Dip Direction (Deg) - 331.00

Failure Mode - sliding

---

**Output**

Stability Number, N' - 44.60    A Factor - 1.000    B Factor - 1.359  
Rock Mass Quality, Q' - 7.81    C Factor - 4.200

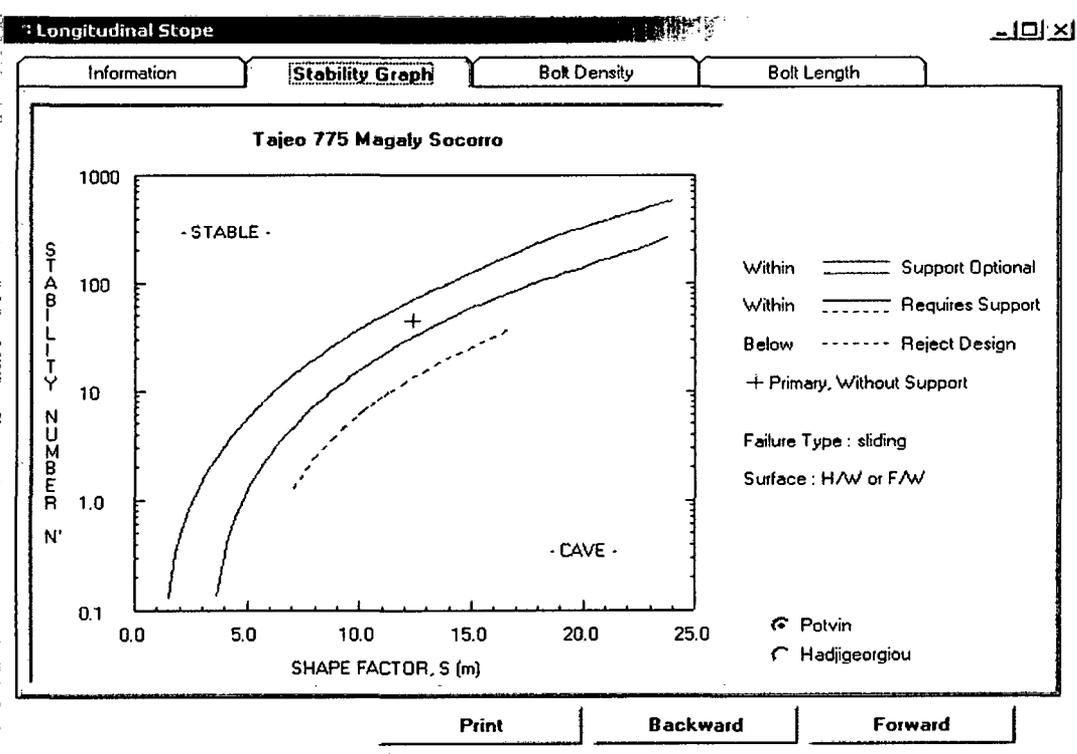
Primary Stopes    Secondary Stopes  
Shape Factor (m) - 12.38

Cable Density ..... Lower Bound - cables effective  
(m<sup>2</sup>/bolt) - 4.49  
Upper Bound - cables effective  
(m<sup>2</sup>/bolt) - 2.80

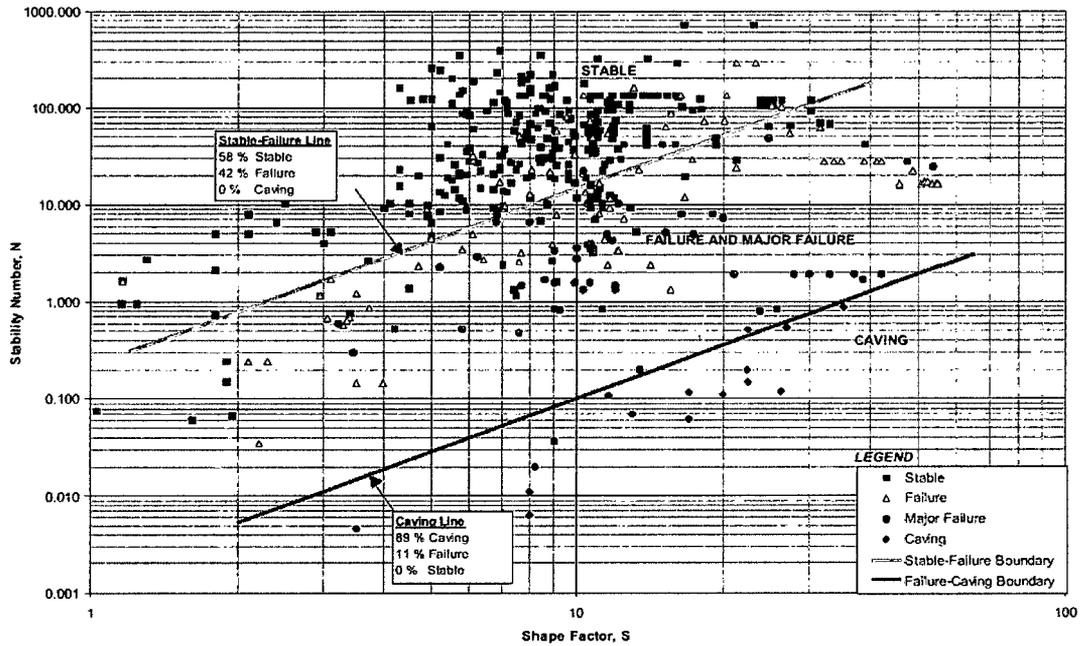
Cable Length ..... Upper Bound - cables ineffective  
(m) -

Print    Backward    Forward

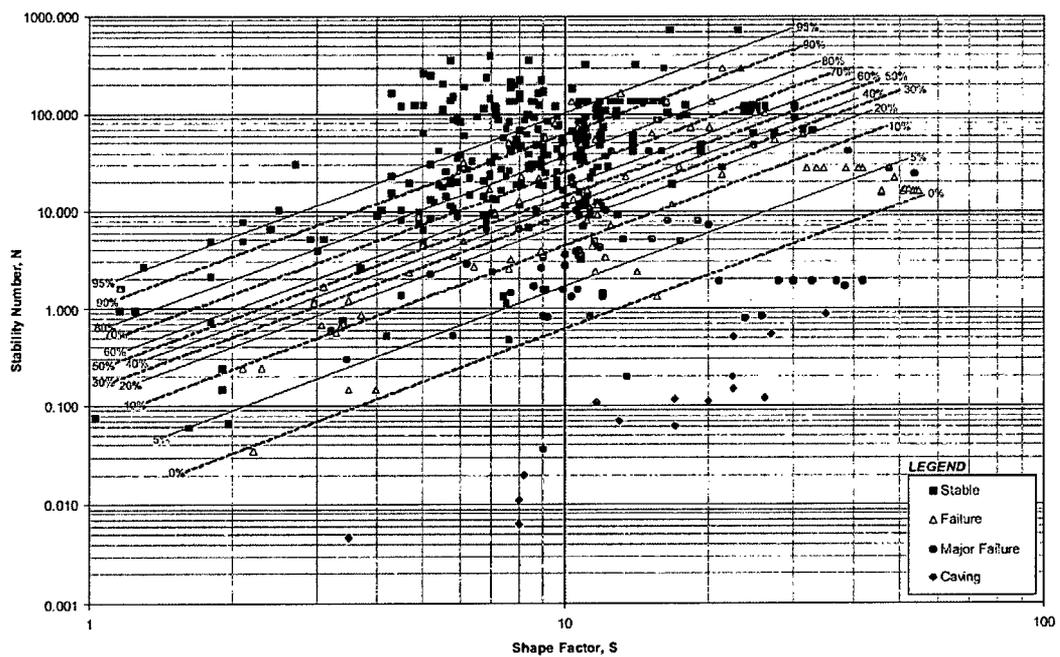
En el Grafico 4 se muestra el número de estabilidad modificado.



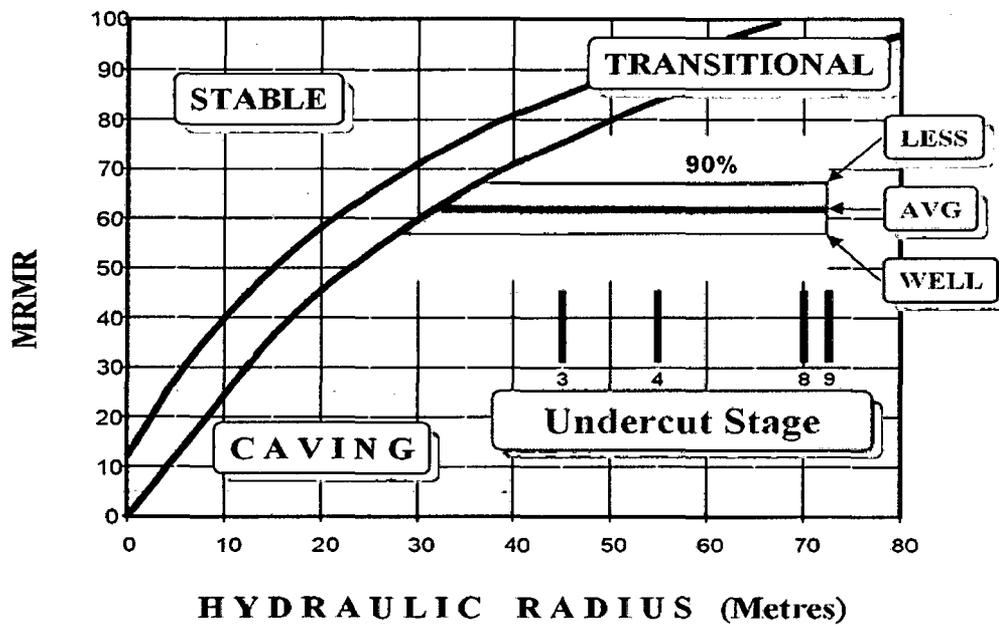
En el Grafico 5 se muestra el radio hidráulico según el número de estabilidad.



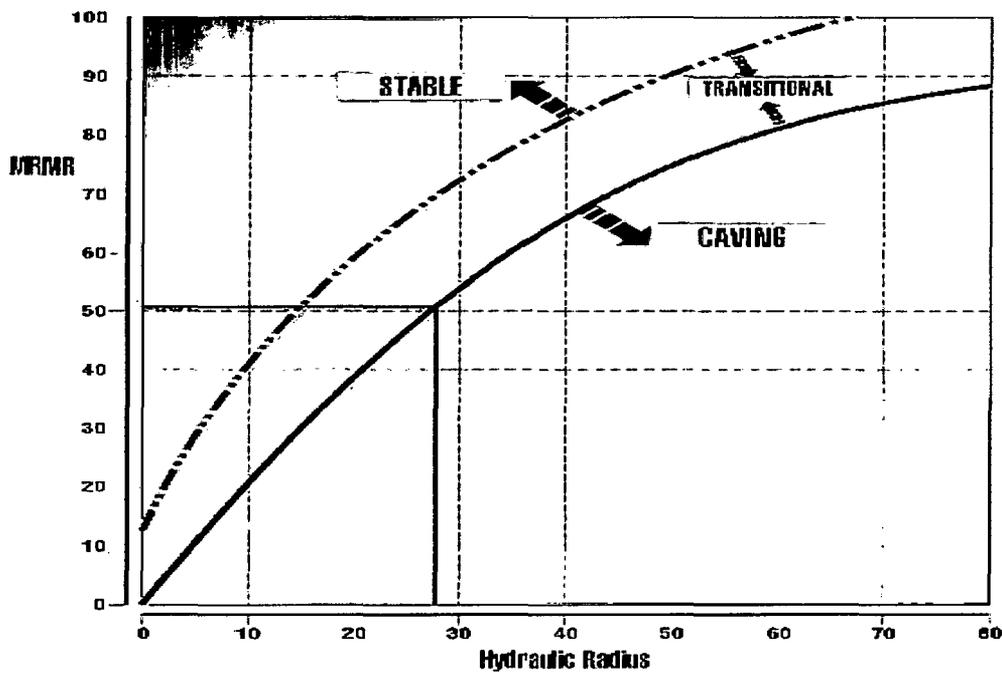
En el Gráfico 6 se muestra el factor de forma o radio hidráulico y el número de estabilidad extendido de Mathews para tajos abiertos. Según Trueman.



En el Grafico 7 se muestra los contornos de isoprobabilidad para estabilidad de tajos abiertos. Según Trueman.



En el Grafico 8 se muestra el diagrama de estabilidad de Laubscher para determinar el radio hidráulico.



En el Grafico 9 se muestra la determinación del radio hidráulico según el diagrama de estabilidad de Laubscher, 1994.

De acuerdo a los valores indicados en la **Tabla 20**, y al método gráfico de estabilidad, el valor de N se plotea en el gráfico de estabilidad **Grafico 5** para determinar el radio hidráulico más adecuado a las características geomecánicas de estabilidad.

METODO GRAFICO DE ESTABILIDAD	
N = Q x A x B x C	
N : Numero de estabilidad modificado	44.60
Q: Índice de calidad tunelera modificado	7.81
A : factor de esfuerzo en la roca	1.00
B : factor de ajuste por orientación de las juntas	1.36
C : Factor de ajuste gravitacional	4.20

**Tabla 20.** Valor del "N" numero de estabilidad modificado según método grafico de estabilidad.

Según el **Grafico 8 y 9)** el valor más adecuado para el radio hidráulico es 15. Finalmente en la **Tabla 21**, se detalla la fórmula para hallar el radio hidráulico.

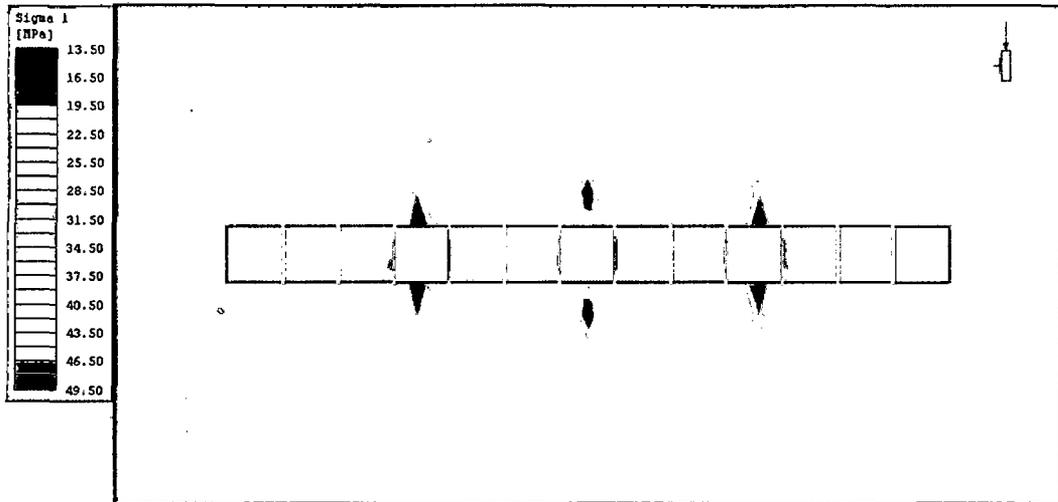
METODO GRAFICO DE ESTABILIDAD	
S = (l x h) / 2 x (l + h)	
S : radio hidráulico	15
l : longitud de tajo ( a determinar )	65
h : altura de tajo ( constante )	53

**Tabla 21.** Determinación de la longitud máxima de tajeo.

### 2.2.5.2. DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES ASOCIADOS AL MINADO.

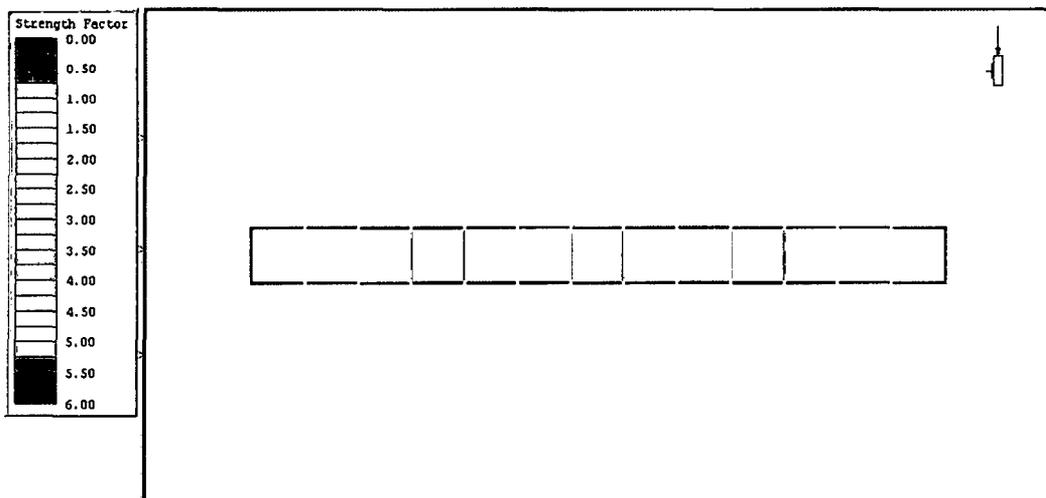
Según los resultados del análisis de esfuerzos de deformación realizado en el software Phases 2.0, las siguientes dimensiones de los diferentes componentes asociados al nuevo método de minado serán:

- **By pass:** La distancia recomendable será 15 metros.
- **Ventanas:** El espaciamiento mínimo entre ventanas lo recomendable será 10 a 12 metros.
- **Puente:** Mínimo a dejarse debajo del Nv. 120 será 7 metros de altura, tal como se ha considerado en el pre-diseño.



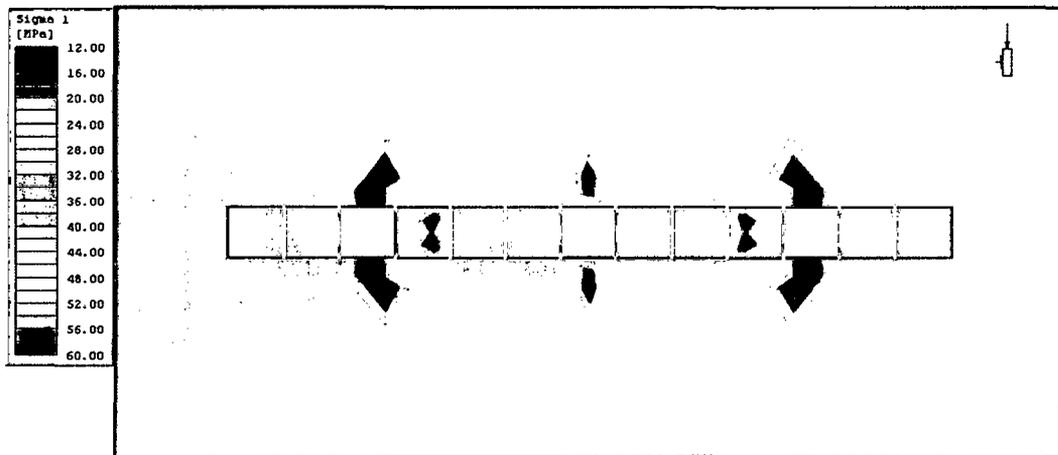
Lamina 12. Esfuerzos principales. Caso pilares de 8 m de ancho entre las ventanas.

Se puede apreciar que por la densidad de las labores y la corta distancia de separación entre estas (pilares), la mayor concentración de esfuerzos se generara en los pilares (bordeando los 48 Mpa), y en menor magnitud en la corona de este tajeo. Con la observación de que esta simulación solo esta dada para un primer corte, ya que a medida que se realce la corona, las condiciones de esfuerzo van a variar



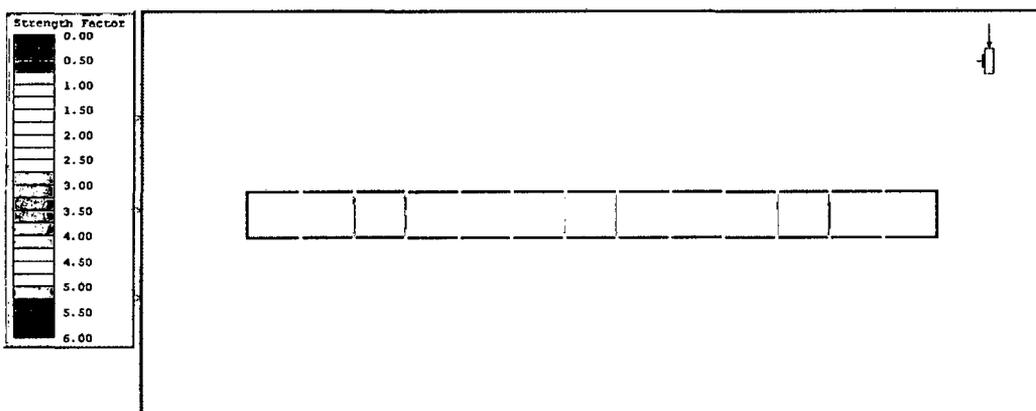
Lamina 13. Factor de seguridad. Caso pilares de 8 m de ancho entre las ventanas.

Relacionando la corta distancia de los pilares (8 metros), con el factor de seguridad, se puede apreciar que en relación con los esfuerzos principales que actual principalmente en los pilares, estos generan condiciones de inestabilidad por lo cual los factores de seguridad serán iguales a 1, o inferiores a este.



Lamina 14. Esfuerzos principales. Caso pilares de 12 m de ancho entre las ventanas.

Es apreciable que al aumentar la distancia entre los pilares (12 metros), los esfuerzos serán mejor distribuidos en el macizo rocoso, por lo que los valores de los esfuerzos mayores no serán tan considerables como en el caso de los 8 m de pilar.



Lamina 15. Factor de seguridad. Caso pilares de 12 m de ancho entre las ventanas.

En relación al gráfico anterior es evidente que a menores esfuerzos actuando sobre los pilares, el factor de seguridad será mayor (Valores mayores que 1).

#### **2.2.5.3. DESCRIPCIÓN DEL TAJEO EN EL CUERPO MAGALY.**

El tajeo a explotar, se encuentra situada entre los niveles 060 y 120 de la mina Socorro. La exploración se inicia a partir de la Gal.775 ubicada en el nivel 060 reconociéndose la falla Socorro y el cuerpo Magaly con una longitud de 200m aproximadamente.

En el **PLANO N° 09**, se muestra la sección longitudinal y en planta del diseño de la infraestructura del tajeo 775 - cuerpo Magaly. Se observa las galerías de ambos niveles, la rampa 626 y los subniveles 080 y 100.

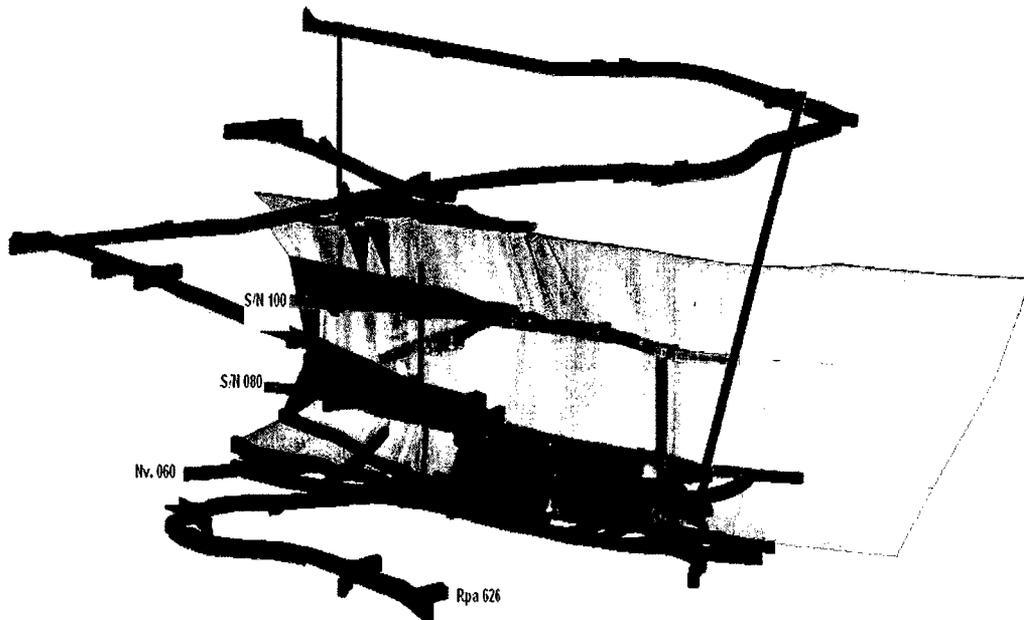
#### **2.2.5.4. DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DEL TAJEO 775 – CUERPO MAGALY.**

Para definir la secuencia de preparación del Tajeo 775 en el cuerpo Magaly, se tomó como base la información geológica y topográfica, utilizando como herramienta de apoyo el "Modelamiento en 3D" a través del software GEMCOM, el modelo del cuerpo mineralizado inicialmente se hizo en base a la información preliminar que se contaba (sondajes, niveles), luego se actualizó el modelo con la información obtenida por el desarrollo de los subniveles y chimeneas de preparación, así como de adicionales, tener el modelamiento en 3D nos permitió visualizar mejor y definir claramente las labores de preparación, igualmente simular las fases de explotación.

Se definieron 4 fases de explotación:

- La primera desde el Nv. 4060 al Nv. 4080 (Falla Socorro-Cuerpo Magaly),
- La segunda del Nv. 4080 al Nv. 4100 (Cuerpo Magaly).
- La tercera del Nv. 4080 al Nv. 4120 (Cuerpo Magaly-Falla Socorro) y,
- La cuarta del Nv. 4100 al Nv. 4120 (Cuerpo Magaly).

PREPARACION TAJEO 775 - MINA SOCORRO  
METODO DE TALADROS LARGOS



Lamina 16. Modelamiento en GEMCOM Tajeo 775 Cuerpo Magaly-Falla Socorro.

#### 2.2.5.5. DETALLE DE LA INFRAESTRUCTURA.

- **By Pass y Ventanas.**

Se diseñó un by pass en el nivel base 060 paralelo al cuerpo Magaly y falla Socorro, previamente se definió toda la estructura mineralizada. La luz entre la Falla Socorro y el by pass fue de 12 metros pero lo ideal es 15 metros. El objetivo de su construcción fue permitir las exploraciones al NE y SW de la falla Socorro, además de dar accesibilidad a los equipos y al personal. Las ventanas tienen una luz de 8 metros lo ideal es que sean de 12 metros de luz de ventana a ventana.

- **Subniveles.**

El objetivo de dichos subniveles es explorar el cuerpo en altura así como permitir la perforación de los taladros largos.

El subnivel 1 en el nivel 080 a 13 metros del nivel base para lo cual se accedió con un brazo positivo. Este primer subnivel nos permitió desarrollar el cuerpo y tener una mejor certeza de estas estructuras en altura, además nos permitió acceder los equipos para la perforación de los taladros largos.

El subnivel 2 en el nivel 100 a 25 metros encima del primer subnivel para lo cual se accedió con un brazo positivo

- **Echadero de Mineral.**

El echadero se iniciara desde el Nivel 040 hasta el Nivel 060. Se ubicara en la parte central del block de mineral con el objetivo de hacer más eficiente la limpieza del mineral. La capacidad del echadero corresponde con la capacidad de acarreo del scoop, el ciclo de transporte de mineral con camiones de bajo perfil y la producción por guardia del tajo.

- **Chimenea de servicios-ventilación.**

Ubicada al extremo NE del tajeo, servirá para dotar de la adecuada ventilación a la zona de explotación.

- **Chimenea Slot.**

La cara libre o slot principal se ubicará a ambos extremos tanto al NE como al SW del tajeo donde comenzará la explotación, la secuencia de perforación ha sido desde el nivel 060 al 080, luego de nivel 080 al 100 y del nivel 100 al nivel 120. Lo ideal es hacer las chimeneas de salida con VCR.

## **2.2.6. OPERACIONES UNITARIAS.**

### **2.2.6.1. PERFORACION.**

Para iniciar el proceso de perforación de los taladros de producción, se deben tener en consideración:

- Perforabilidad y geología estructural del macizo rocoso
- Tamaño de fragmentación requerida
- Diámetro del taladro y longitud del taladro
- Orientación y espaciamiento entre taladros
- Desviación de perforación

Dichos factores determinan el tipo de maquina perforadora así como el diseño de la malla de perforación de los taladros largos.

Es importante el control del % de desviación de los taladros que debe estar en un rango de 2 % como máximo. También es importante controlar las irregularidades en la perforación como taladros perforados fuera del diseño, taladros desviados y los taladros cortos.

El mineral presenta una dureza moderada. La fragmentación del mineral proyectado es que el 80 % del mineral roto se encuentre por debajo de 7 pulg.

<b>PERFORACION TAJEO 775 CUERPO MAGALY</b>	
Equipo	Jumbo Mercury
Longitud de Perforación	13 mts
Diámetro taladro	64 mm
Dirección perforación	Vertical y en abanico
Subniveles de perforación	Gal. 775, S/N-1,S/N-2
<b>Espaciamiento malla</b>	<b>1.5 mts</b>
<b>Burden malla</b>	<b>2.0 mts</b>
Fragmentación mineral (P80)	17.8 mm
Long promedio de perforación	13.00 mts
Desviación taladros	2 %
Disponibilidad Mecánica	80%
Utilidad Efectiva	75%
Estado Jumbo.	Buen estado

**Tabla 22.** Características para la perforación del tajeo 775.

Para esta operación unitaria se consideran las siguientes variables de control detalladas en la **Tabla 23**:

<b>PERFORACION TAJEO 775 – CPO. MAGALY</b>	
Días trabajados/mes	<b>28</b>
Longitud del barreno	<b>1.5</b>
Taladros perforados/guardia	<b>8</b>
Taladros perforados/día	<b>16</b>
Metros perforados/día	<b>208</b>
Metros perforados/mes	<b>5824</b>
Trabajadores por guardia	<b>2</b>
Horas nominales	<b>8</b>
Tiempo total de perforación/tal (13 mt)	<b>45</b>
Velocidad de perforación (mt/min.)	<b>0.29</b>
Toneladas/metro perforado	<b>11.7</b>
Costo de perforación (US \$/TCS)	<b>0.60</b>

**Tabla 23.** Variables de control en etapa perforación tajeo 775.

La relación entre toneladas perforadas y toneladas acarreadas diarias se encuentra dentro del rango eficiente de trabajo. Se esta perforando diario 16 taladros o 5,824 metros por mes y el ritmo de explotación es 500 toneladas diarias.

Como se nota se consideran 28 días de trabajo del equipo de trabajo continuo y 2 días de mantenimiento y reparaciones.

El costo de perforación es 0.60 US \$/TCS en el cual se incluye el costo de pago por el equipo que es 72.5 US \$/hora, las brocas, las barras, el shank y la grasa usada.

En la lámina se observa la perforación que se realizo en los subniveles, donde se ha perforado en forma ascendente y descendente.



Lamina 17. Perforación en tajeo 775 del Cuerpo Magaly.

**Parámetros de diseño.**

- Altura para la perforación: 4.50 metros
- Geometría de la malla: Rectangular.
- Diámetro de perforación: 2 1/2"
- Burden promedio (m): 1.50 metros
- Espaciamiento promedio: 2.00 metros
- Tipo de perforación: Roto-percusión.

**Equipo de perforación.**

- Jumbo TAMROCK modelo Mercury

**Especificaciones Técnicas de la perforadora:**

- Modelo HL – 500
- Frecuencia de Impactos 57 – 59 Hz.
- Presión de Percusión 175 – 210 bares
- Poder de Impacto 15 – 19 k W
- Peso 135 Kg.

**Columna de perforación.**

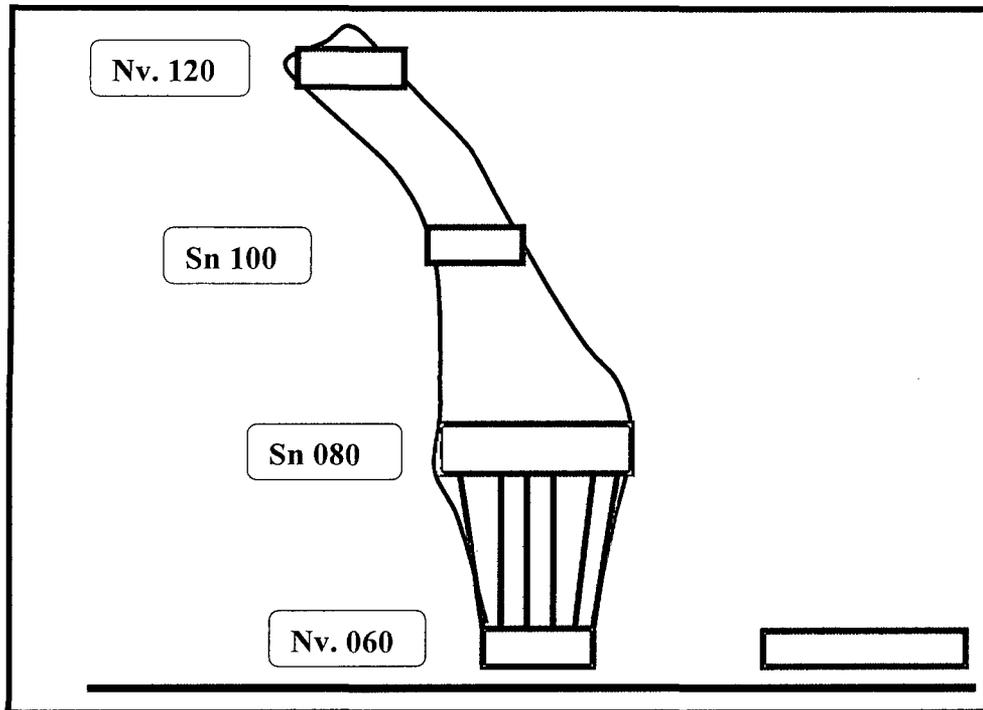
Para la perforación de los taladros largos se utilizo la siguiente columna de perforación con la perforadora HL 300:

- Shank Adapter T-38 HL500S
- Barras MF T-38
- Brocas de botones de 2 ½" de diámetro.
- Adaptador piloto T-38 conicidad 12°
- Broca escareadora T-38 de 4" de diámetro.

Los rendimientos promedio de los aceros de perforación son:

- Shank adapter con 11,000 metros en promedio
- Barras MF con 11,000 metros en promedio.
- Broca de botones con 7,500 metros en promedio
- Adaptador piloto con 13,000 metros en promedio.
- Broca escareadora con 13,000 metros en promedio

En la **Lámina (18)** se observa la distribución de taladros largos en sección transversal



**Lamina 18. Distribución de taladros en tajeo 775 del cuerpo Magaly - sección transversal.**

En la perforación del cuerpo mineralizado, los taladros de producción se realizaron en forma ascendente, los taladros que van al centro del cuerpo mineralizado se perforan con  $0^\circ$  en el clinómetro (verticalmente) y los taladros del contorno del cuerpo mineralizado, se perforaron según la inclinación del cuerpo para aprovechar la óptima recuperación de mineral.

Las longitudes de los taladros de todos los subniveles varían, estos son perforados hasta llegar a la caja y de esta manera se controla la dilución en la perforación. En este punto es adecuado hacer perforaciones con sondajes para que tengamos mayor información y se perfora en forma eficiente y económica. Para obtener una adecuada perforación hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Correcta limpieza de las áreas a perforar y señalización.
- Colocación de puntos a perforar y las correspondientes elevaciones y direcciones por el Departamento de Topografía
- Precisión de perforación (Control de la perforación).

- Correcta inclinación de los taladros.
- Cumplir con las longitudes de perforación requerida.
- Marcado del taladro después de la perforación.

Todos estos puntos deben ser chequeados con una hoja de control de perforación en el cual se indican los taladros, los pies perforados, indicando los pies de mineral y los pies de estéril, las fallas, fracturas, fisuras. Angulo de inclinación, numero de barras a perforar.

La malla de perforación se ha determinado en función al modelo matemático de Pearse y Langefors. De ambos resultados, se tomó el mayor valor de burden.

En las **Tabla 20 y 21** se detalla la obtención del burden y espaciamento.

La malla de perforación sería reajustada en función a la evaluación de la fragmentación y dilución del mineral desde el disparo de las 2 primeras filas de taladros.

<b>Diseño de la malla de perforación y voladura para taladros largos</b>		
Tajeo 775 – Magaly - Mina Socorro <b>Diseño de Malla de Perforación :</b> MODELO MATEMATICO DE PEARSE <b>BURDEN</b>		
Parámetros geomecánicos Parámetros de perforación Características del explosivo <b>Parámetros</b>		
<b>RQD</b>	Índice de calidad de la roca.	
<b>JSF</b>	Factor de reducción de esfuerzos.	
<b>ERQD</b>	RQD x JSF	
<b>K</b>	1.96 - 0.27 ln ERQD	
<b>PD</b>	Presión de detonación del explosivo.	
<b>RD</b>	Resistencia dinámica de la roca.	
<b>D</b>	Diámetro del taladro (Pulgadas)	
<b>Burden =</b>	<b><math>(K \times (D.taladro) / 12) \times (PD/ RD)^{1/2}</math></b>	
<b>RQD</b>	75	
<b>JSF</b>	0.5	
<b>ERQD</b>	37.5	
<b>K</b>	0.981	
<b>PD</b>	3800	Mpa
<b>RD</b>	86	Mpa
<b>D</b>	2.5	Pulg
<b>B</b>	1.359 m	

<b>B</b>	1.50 m
----------	--------

Tabla 20. Determinación del Burden según el modelo matemático de Pearse.

Diseño de la malla de perforación y voladura para taladros largos	
<b>Diseño de Malla de Perforación :</b>	
MODELO MATEMATICO DE LANGEFORS	
<b>Bmax</b>	$D/33 \times ((dc \times PRP)/(c \times f \times E/B))^{1/2}$
<b>Bmax</b>	Burden máximo en m.
<b>D</b>	Diámetro del taladro, en mm.
<b>c</b>	Constante de roca
<b>Dureza de la roca</b>	<b>Constante de la roca</b>
Intermedia	0.3 + 0.75
Dura	0.4 + 0.75
<b>f</b>	Factor de fijación
<b>Dureza de la roca</b>	<b>Constante de la roca</b>
Vertical	1.00
Inclinado, 3:1	0.90
Inclinado, 2:1	0.85
<b>E/B</b>	Relación entre el espaciamiento y el burden.
<b>dc</b>	Densidad de carga, en g/cm <sup>3</sup> .
<b>PRP</b>	Potencia relativa en peso del explosivo.
<b>L</b>	Longitud del taladro
<b>D</b>	Diámetro del taladro
<b>B práctico</b>	$B \text{ máx.} - (2 \times D) - (0.02 \times L)$
<b>B máx.</b>	1.845 m
<b>D</b>	64 mm
<b>c</b>	1.05
<b>f</b>	1
<b>E/B</b>	1
<b>dc</b>	0.95 gr./cm <sup>3</sup>
<b>PRP</b>	1
<b>L</b>	13 m
<b>D</b>	0.0635 m
<b>Bp</b>	1.46 m
<b>E</b>	$(1 \text{ a } 1.40) \times B$
<b>B</b>	Burden(m)
<b>E</b>	Espaciamiento (m)
<b>E</b>	2.0 m
<b>B</b>	1.5 m

Tabla 21. Determinación del Burden según el modelo matemático de Langefors.

### 2.2.6.2. VOLADURA.

La selección de los explosivos apropiados para la voladura, está relacionado a:

- Tipo de fragmentación de mineral requerido

- Diámetro de taladro de perforación
- Burden y espaciamiento de malla de perforación
- Condiciones geológicas presentes
- Dureza del mineral

La fragmentación, el diámetro de taladro y la malla de perforación se determinó en la etapa previa de perforación.

No hay presencia de fuertes filtraciones de agua en el área de trabajo. Asimismo, la roca es dura (86 Mpa de resistencia a compresión) y no hay presencia de cavidades naturales ni fallas fuertes que dificulten la etapa de carguío de taladros.

En la **Tabla 22** se detalla la información de la etapa de voladura.

<b>VOLADURA TAJO 775</b>	
Equipo	Cargador neumático de ANFO (JET-ANOL)
Carga por Taladro	1 booster pentolita 1/3 libra 33.094kg de ANFO
Factor de carga	0.24 Kg/TCS
Control salidas taladros	Retardos Fanel de 25 mseg de 20 metros (Per.corto)
Fragmentación mineral (P80)	17.8 mm
Costo de Voladura (US \$ / TCS)	0.374

**Tabla 22. Detalle de etapa de voladura en tajeo 775 cuerpo Magaly.**

Se observa en el cuadro que el costo de voladura es 0.374 US \$/TCS en la cual 0.21 US \$/TCS corresponden a los explosivos y accesorios y 0.164 corresponde a la mano de obra para disparar 8 taladros en una guardia con 4 personas que se incluyen el personal que suministra los explosivos y accesorios y los que cargan los taladros.

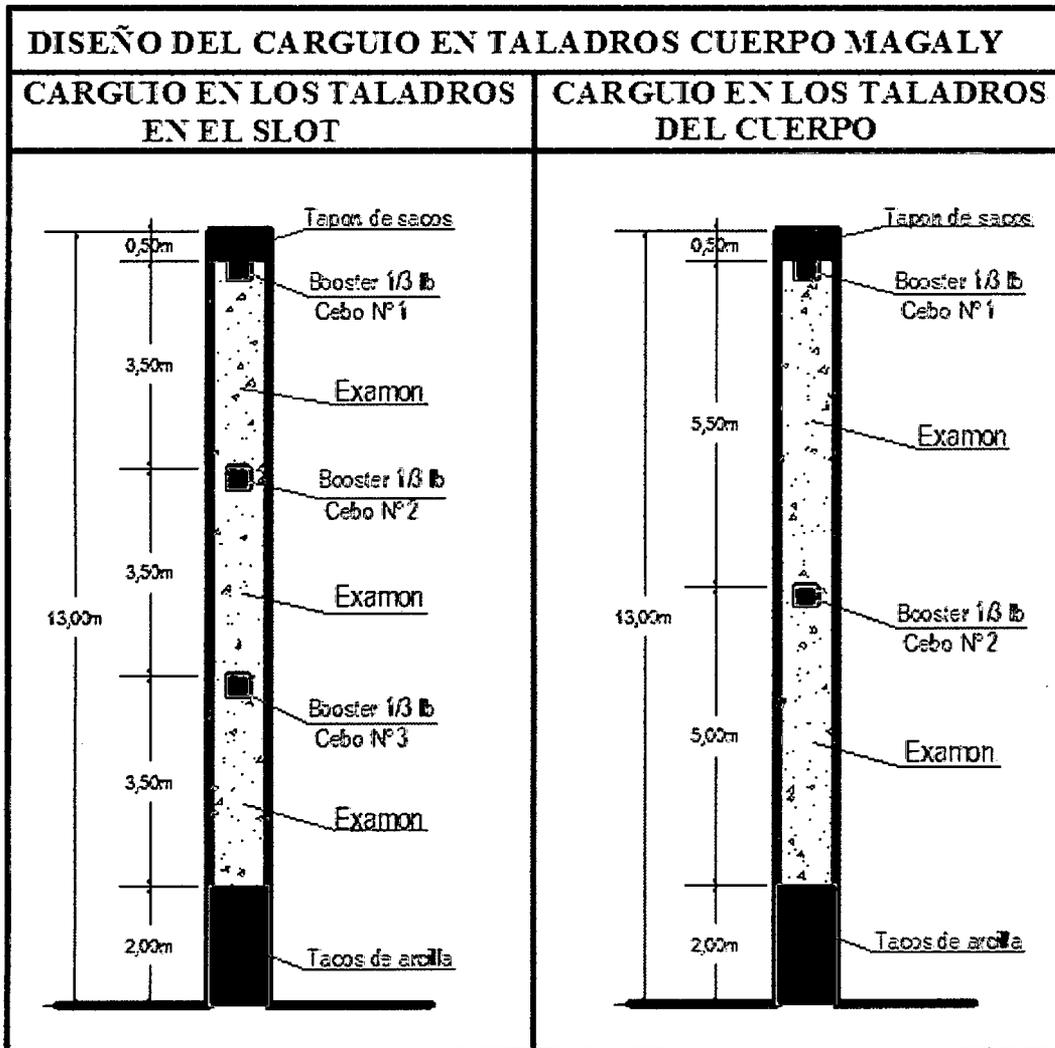
Para el carguío de los taladros se utiliza una cargadora JET-ANOL que inyecta neumáticamente el ANFO a través de una manguera antiestática y rígida hasta el fondo del taladro con el objetivo de mejorar el confinamiento del ANFO y de esta forma aprovechar la máxima potencia y energía del explosivo.

**Agente de voladura y accesorios utilizados para el carguío.**

- ANFO
- Booster 1/3 libra
- Fulminante no eléctrico MS de 20 mts. (De diferentes retardos)
- Cordón Detonante (3P)
- Guía de seguridad (Carmex)
- Mecha rápida.

**Carguío.**

El carguío se realiza tapando los taladros que hayan comunicado con un saco de yute el cual permitirá que la energía del explosivo no se libere, luego se procede a introducir el cebo el cual es un booster de 1/3 lb, por la parte inferior o superior, se carga el taladro con el ANFO a una presión de 65 PSI, de tal manera que el ANFO pueda confinarse, después de haber cargado la longitud requerida de ANFO en el taladro, se procede a colocar el segundo cebo siguiendo el mismo procedimiento como se observa en los gráficos de carguío, dejando un espacio sin cargar que es rellenado con un taco de arcilla de 1.50 metros a 2.0 metros. Se continúa haciendo pruebas para hacer más eficiente este carguío con la cantidad de cebos adecuados y cantidad de carga adecuada con el uso de equipos que detectan las ondas de detonación de cada taladro y dan un mejor uso de los explosivos y accesorios.



Lamina 19. Distribución de carga explosiva en los taladros del tajeo 775 - Cuerpo Magaly.

La fragmentación obtenida después del disparo es de:

- 35 % de 0 a 5 cm.
- 40 % de 5 a 10 cm.
- 10 % de 10 a 20 cm.
- 15 % mayor de 20 cm.

### 2.2.6.3. ACARREO DE MINERAL.

El acarreo de mineral se esta realizando con un scoop de 3.5 yd<sup>3</sup> diesel a control remoto.

El acarreo de mineral se realizara por el nivel 060 desde la ventana 1 a la ventana 13 al echadero principal que se encuentra en la parte intermedia del tajeo.

SCOOPTRAM DE 3.5 yd3		
Motor	Diesel	
Cap. Cuchara	3.5	Yd3
Esponjamiento mineral	63.62%	
1 yd3	0.765	m3
Densidad mineral	3.00	TCS/m3
Factor llenado cuchara	85%	
Capacidad por cuchara	4.17	TCS

**Tabla 23. Características del equipo de acarreo.**

En la tabla se nota que con factor de llenado del 85% un scoop de 3.5 yd3 tiene una capacidad promedio de 4.17 TCS/cuchara.

En la **Tabla 24** se detallan los índices operacionales que se evaluarán durante la explotación del tajeo. El equipo se encuentra en buen estado mecánico y eléctrico.

Se ha revisado las condiciones electrónicas del sistema a control remoto y se ha capacitado al personal en su manipulación.

El ciclo promedio por cada cuchara es 3 minutos, por lo que para producir 250 toneladas por guardia, se necesita 3.0 horas de trabajo del scoop en este tajeo y 60 cucharas de mineral, lo que nos da un rendimiento de 83.4 TCS/hora. Lo cual esta en capacidad el equipo de realizar esta limpieza de mineral y realizar la limpieza de otras labores.

INDICES DE EFICIENCIA	
Disponibilidad Mecánica	80%
Utilización efectiva	75%
INDICES DE PRODUCTIVIDAD	
Ciclo de acarreo (min.)	3
Capacidad de acarreo (TCS/hora)	83.4
INDICES DE CONTROL	
Producción por guardia ( TCS/guardia)	250
Horas trabajadas	3
N° cucharas/guardia	60

**Tabla 24. Índices operacionales del ciclo de acarreo de mineral.**

**2.2.7. SERVICIOS AUXILIARES.**

**2.2.7.1. TRANSPORTE DE MINERAL.**

El transporte del mineral se realizará usando camiones de bajo perfil desde el echadero ubicado en el nivel 040 hasta el Nivel 180, lugar donde se encuentra el echadero del Pique Principal. (Master Shaft)

<b>TRANSPORTE MINERAL TAJO 775 – CUERPO MAGALY</b>	
Toneladas diarias	500
Toneladas guardia	250
Camión de bajo perfil	18 TCS/Viaje
No viajes guardia	13.89
Tiempo por viaje	30 minutos
Costo del camión	50 US \$/hora
Camiones MT – 2000	3
Tiempo necesario con 1 solo camión	6.94 horas
Costo por guardia	347.22 US \$
Costo transporte	1.39 \$/TCS

**Tabla 25. Detalle del ciclo de transporte de mineral.**

Como se observa en la **Tabla 25** el ciclo de transporte de mineral es 30 minutos ya que los camiones de bajo perfil tienen que recorrer aproximadamente 1.5 kilómetros para transportar el mineral.

El ciclo total para cumplir con las 250 TCS por guardia es de 6.94 horas con un solo camión que es equivalente a 13.89 viajes o 2.31 horas usando los 3 camiones, lo que da tiempo de usar los camiones para evacuar desmonte de la profundización y poder sacar mineral de otros tajeos.

**2.2.7.2. RELLENO DEL TAJEO 775 – CUERPO MAGALY.**

Las grandes aberturas creadas por el tajeo por subniveles típicamente requieren, que algún tipo de programa de relleno sea practicado. El relleno incluye roca no cementada y relleno de arena o tierra, relleno de roca cementante, relleno hidráulico cementado, y un material arcilloso de alta densidad o relleno aluvial.

El relleno permite la futura recuperación de los pilares estabilizantes o de soporte.

La recuperación de los pilares permite la recuperación de hasta del 90 % del mineral. El relleno también reduce al mínimo la ocurrencia de

hundimiento o subsidencia y permite la redistribución de esfuerzos creado por el ciclo de minado.

Esto a su vez reduce al mínimo la ocurrencia de explosión de roca o estallido de roca. El relleno esta también siendo usado satisfactoriamente eliminar o recuperar pilares intermedios entre los tajeos. En este caso el relleno contiene el suficiente material cementante para formar una unidad que se puede autoportar. El relleno cementado no es siempre económico, en tales casos la recuperación de pilar puede no ser práctica, y el relleno es usado para controlar el movimiento de la superficie. (Matikainen, 1981).

Es importante que en las largas aberturas que se generan luego de explotado un cuerpo o veta con taladros largos estas requieran de algún tipo de relleno.

Asimismo, el relleno minimiza la ocurrencia de inestabilidad de las cajas y permite la redistribución de los esfuerzos creados por el ciclo de minado.

***El relleno del tajeo 775 se realizara primero de la Falla Socorro, para poder recuperar los pilares de buzamiento estabilizantes de 5 metros con una potencia promedio de 6 a 8 metros que se han dejando cada 65 metros.***

***La falla socorro se rellenara desde el nivel 120 con relleno provenientes de las labores de exploración y desarrollo, por los subniveles intermedios y por ventanas y chimeneas comunicadas desde la Rampa 760.***

También se rellenara con el estéril proveniente de las labores de profundización de la Rampa 626 que generan aproximadamente 2450 m<sup>3</sup> de estéril por mes, a un ritmo de 200 metros mensuales con una sección de 3.5 x 3.5 metros.

**2.2.7.3. AGUA Y AIRE.**

Es importante la ubicación de redes de servicios de agua y aire cerca de las labores de preparación y explotación, por lo que estas se encuentran a 60m, la red principal de tubería, agua (polietileno 2") y aire (Alvenius 4").

En la **Tabla 26.** Se detallan las compresoras actuales de la unidad y su respectivo caudal. Con estas 5 compresoras abastecen el requerimiento diario de aire comprimido (caudal y presión) en toda la mina.

<b>CARACTERÍSTICAS DE COMPRESORAS</b>	
<b>3 Ingersoll Rand XLE</b>	
Presión Servicio	90-100 psi
Caudal (Pies3/min)	2500 cfm /cada una
<b>1 Sullair TS-32</b>	
Presión Servicio	115-125 psi
Caudal (Pies3/min)	3500 cfm
<b>1 Sullair 24-KT a 4,500 m.s.n.m</b>	
Presión servicio	115-125 psi
Caudal (Pies3/min)	3000 cfm

**Tabla 26. Características de las compresoras.**

La red de tubería de aire sale de la casa de compresoras con un diámetro de 10" y luego prosigue con 6" y finalmente llega a las labores con un diámetro de 4". El agua llega hasta las labores con un diámetro de 2".

**2.2.7.4. CONTROL DE CALIDAD.**

El control de la calidad del mineral tanto en las etapas de exploración, desarrollo, preparación y explotación es importante para asegurar que se pueda cumplir con la calidad de mineral que se requiere para abastecer a la planta concentradora.

También el control de calidad del mineral roto es un procedimiento importante para mejorar los parámetros de operación: perforación (espaciamiento, burden, diámetro de taladro, desviación de taladros) o voladura (factor de potencia, sobre rotura de cajas) o control geomecánico (inestabilidad y caída de la roca encajonante), que permitan:

- Informar a la operación para controlar la dilución mineral: el mineral roto será muestreado y evaluada su ley para poder guiar a los operadores

sobre el rendimiento de las operaciones unitarias o configuración geométrica de la veta.

- Conciliar las reservas minerales halladas: comparar la ley de explotación con la ley del block de mineral y evaluar el grado de exactitud de cubicación de Geología.
- Tener una base de datos de la ley de producción de mina.
- Comparar la ley de producción diaria con la ley de cabeza para Planta Concentradora

Dicho control se iniciara en el monitoreo de los detritos de perforación. La información será usada para determinar el comportamiento y distribución de ley de Plata a lo largo de la veta o para determinar zonas de desmonte o “caballos” presentes en el block de mineral. El ayudante de perforista, apoyado por un personal de Control de Calidad serán los encargados de realizar dicho trabajo.

El trabajo continua en el análisis de dichos detritos o lama en Laboratorio. La información será importante para prever zonas de buena ley, baja ley o desmonte luego de la voladura.

Luego del disparo, se muestrea el mineral de las ventanas y se analizan ambos resultados. Así se evaluarán constantemente la efectividad de las operaciones unitarias.

**2.2.7.5. VENTILACION.**

La ventilación permitirá dar seguridad y un lugar adecuado a los trabajadores para que puedan desempeñar sus funciones en la forma más eficaz con todas las condiciones que requieren.

<b>VENTILACION TAJEO 775 – CUERPO MAGALY</b>			
<b>REQUERIMIENTO AIRE (según Regl. Seg. Hig. Minera )</b>			<b>Caudal (m3/min)</b>
Personal	6 personas/guardia	6 m3/persona/min	36.00
Equipos ( scoop )	182 HP	3 m3/HP/min	546.00
Equipos ( jumbo )	53 HP	3 m3/HP/min	159.00
Equipos ( camión de bajo perfil)	197.5 HP	3 m3/HP/min	592.50
<b>TOTAL ( m3/min )</b>			<b>1,333.50</b>
<b>TOTAL ( CFM )</b>			<b>47,092.11</b>

**Tabla 27. Requerimiento de aire según reglamento.**

Como se muestra en la **Tabla 27** de requerimiento de aire para el tajeo 775 se han considerado que trabajaran 6 personas por guardia, 1 scoop de 3.5 yd<sup>3</sup>, 1 Jumbo mercury y 1 camión de bajo perfil los cuales requieren 47,092.11 CFM.

Este tajeo se esta ventilando con el ventilador principal que es de 100,000 CFM y que ventila la mina Socorro. En el monitoreo en este tajeo el caudal fue de 52,460 CFM por lo que no se utiliza ventilación secundaria ya que se encuentra dentro del circuito de ventilación principal

#### **2.2.7.6. GESTION DE SEGURIDAD.**

El método de explotación por subniveles usando taladros largos es un método muy seguro por la virtud del diseño. Típicamente los trabajadores mineros trabajan bajo la roca acondicionada mediante algún tipo de sostenimiento, aseguradas mediante pernos de anclaje, cables, Split set, mallas electrosoldadas, wood packs, o algún otro tipo. Bajo este método los mineros no requieren que trabajen sobre el mineral roto ni corona de mineral sostenida.

La introducción de equipo mecanizado también ha cedido beneficios significativos en la seguridad. Unidades LHD puede ser operada mediante control remoto en áreas donde la roca no es segura o no se autosostiene. La mayor parte de equipos sofisticados de perforación modernos, permiten al operador manejar el equipo a control remoto desde una posición segura.

Los grandes flujos de aire, múltiples accesos, y el sistema de piques y chimeneas permiten un muy eficiente sistema de ventilación que mantiene el aire limpio y buenas condiciones de trabajo.

En el cuerpo Magaly - tajeo 775, se ejecutaran los subniveles y luego se sostendrán coronas y hastiales. Luego, ingresa personal de topografía y técnicos de perforación para el marcado de malla. Luego el operador de Jumbo, su ayudante y finalmente el cargador de taladros y su ayudante. En la

218

etapa de producción, ingresa el equipo de acarreo de mineral a control remoto.

***La gestión de la seguridad en la explotación por subniveles con taladros largos en cuerpos es eficaz: el tiempo y la cantidad de personal y equipos expuestos a condiciones inseguras que produzcan accidentes en la etapa de explotación es menor que en otros métodos.***

### 2.2.8. RENTABILIDAD Y COSTOS.

La explotación por subniveles con taladros largos de un cuerpo mineralizado, es netamente un método de alta producción y bajo costo y es frecuentemente seleccionado como un método subterráneo primario cuando el minado superficial de un depósito no es largamente económico (Hedberg, 1981). En la **Tabla 28** se detalla el resumen de costos del proyecto.

<b>ANÁLISIS ECONOMICO CUERPO MAGALY - TJ 775</b>	
COSTO DE PREPARACION	0.70
COSTO DE EXPLOTACION	2.36
COSTO DE MINA (25% IMPREVISTOS)	3.82
COSTO DE PROCESAMIENTO	6.10
COSTO DE ENERGIA	2.80
COSTOS ADMINISTRATIVOS	9.00
	<b>21.72</b>
<b>INVERSION (US \$)</b>	<b>186,970</b>
<b>VALOR DEL MINERAL (US \$/TCS)</b>	<b>55.16</b>
<b>VALOR PRESENTE NETO (US \$)</b>	<b>7,965,277</b>
<b>PERIODO DE EXPLOTACION (MESES)</b>	<b>17</b>

**Tabla 28. Análisis Económico cuerpo Magaly - Tajeo 775.**

La llave para minimizar costos es la mecanización. Usando tantas máquinas de gran capacidad como el cuerpo de mineral permitirá tener condiciones de capacidad de producción y tamaño de las aberturas. La utilización de máquinas de gran diámetro DTH puede reducir las labores totales de desarrollo comparado con

perforaciones de taladros largos de pequeño diámetros que son limitados para longitudes del taladro menores de 90 pies (30 m) por restricciones de exactitud y desviaciones.

La viabilidad económica del proyecto se encuentra no sólo en el menor costo de operación, sino en el volumen de producción diario y en el menor tiempo de explotación.

***El valor mínimo a partir del cual la explotación del mineral es rentable es: 21.72 US\$/TCS. Nuestro valor de mineral (55.16 US\$/TCS) es mayor al costo operativo, por lo que el margen de utilidad neta por TCS será 33.44 US\$/TCS.***

En la tabla 13, se observa el costo de operación en sus diversas actividades. Se observa que el costo de preparación del tajeo es mayor que usando corte y relleno (0.70 US \$/TCS contra 0.49 US \$/TCS) pero la rentabilidad es mayor porque se explotara en menor tiempo.

### **2.2.9. PRODUCCION.**

Según **Wikipedia**, La Enciclopedia Libre.htm, (2011), la producción “es la actividad económica que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios, es decir, consiste en la creación de productos o servicios y, al mismo tiempo, la creación de valor”. (2)

Según Editorial **McGran-Will** (2008), se entiende por producción “el proceso mediante el cual determinados elementos materiales, trabajo de maquinaria, trabajo de personas o conocimientos se transforman en productos de consumo, bienes de equipo, servicios, transporte y hostelería”. (3)

Los objetivos principales de la producción son:

a) Conseguir que se entreguen los productos o se presten los servicios pedidos, tanto en las cantidades como en las fechas acordadas de cara al cliente. Para entregar los productos en los plazos acordados, primero hay que calcular:

- Qué recursos materiales y humanos se requieren.
- Cuántos recursos son necesarios.

b) Conseguir que estos productos o servicios se fabriquen o presten dentro de los costes previstos y que estos costes sean mínimos, para mayor beneficio empresarial.

Según V. der la Paloma, R. Maeztu, P. Gargallo, en [www.ecobachillerato.com](http://www.ecobachillerato.com) (2011), desde el punto físico, la producción "supone un conjunto de actividades que permiten crear una serie de productos y servicios. Este proceso se desarrolla a través de la transformación de unas entradas o **inputs** (como materias primas, energía, mano de obra, equipos de producción, locales y edificios, etc.), en unas salidas previstas u **outputs** (productos terminados y/o servicios)". (4)

Según la Sociedad Nacional de MINERIA PETROLEO Y ENERGIA (2006), la **Producción (explotación)** luego de haber culminado las etapas antes mencionadas (Cateo y prospección, Exploración, Desarrollo y construcción), recién se puede obtener el mineral. Los pasos previos son rigurosos, no obstante la explotación minera es en sí misma es una etapa mucho más específica y particular. (26)

Sin embargo, vale la pena aclarar que el mineral extraído de por sí no es comerciable, porque contiene gran cantidad de impurezas y está mezclado con rocas sin valor. Por ese motivo se lo sujeta a un tratamiento, para generar valor. La "generación de valor" del mineral se hace mediante distintos procesos (físicos, químicos, y/o físico-químicos, o hidrometalúrgicos) De estos procesos se obtiene las partes valiosas y se desecha las que no tienen valor comercial. Si bien los procesos también van a ser motivo de un futuro informe quincenal, podemos señalar que los contenidos valiosos (metálicos) se obtienen por técnicas que van a depender del tipo de mineral que se está procesando. Finalmente, la refinación y fundición permite "purificar" los metales obtenidos, y es en este momento que recién sirven para su transformación o uso industrial (lingotes, barras, etc.). La etapa de producción es la que más años de duración tiene, influenciada por los costos de operación, el precio de los minerales y el volumen de reservas.

En base a las definiciones arriba mencionadas, producción en la minería, se definen como la extracción del mineral, mediante la combinación de una serie de elementos materiales, trabajo de maquinarias, trabajo de mano de obra, conocimientos, inversión (factores de producción), que siguen una serie de procedimientos definidos previamente (tecnología) con la finalidad de obtener el mineral (Producto).

#### 2.2.10. MINERAL.

Según **Asociación Nacional de Maestros de Ciencias de la Tierra (2008)**, "Los minerales son los bloques constructores de las rocas. Son sólidos y, como toda materia, están hechos de átomos de elementos. Existen muchos tipos diferentes de minerales, y cada tipo está hecho de un grupo particular de átomos. Los átomos se encuentran unidos, y se alinean de una manera especial llamada enrejado de cristales, o red de átomos. El enrejado de átomos es lo que le da al mineral su forma de cristal". (5)

Según **Larousee Editorial, S.L.** en su diccionario Manual de la Lengua Española Vox. 1 (2009), "Combinación química natural o elemento químico nativo determinado que constituye la corteza de la Tierra y presenta siempre una misma estructura cristalina".

Según **Wikipedia (2011)**, mineral es "aquella sustancia natural, homogénea, de origen inorgánico, de composición química definida (pero variable dentro de ciertos límites)". (6)

Esas sustancias inorgánicas poseen una disposición ordenada de átomos de los elementos de que está compuesto, y esto da como resultado el desarrollo de superficies planas conocidas como caras. Si el mineral ha sido capaz de crecer sin interferencias, pueden generar formas geométricas características, conocidas como cristales.

Según **Aula GEA (1999)**, "los sólidos inorgánicos, de origen natural, que presentan una composición química más o menos constante y una estructura cristalina definida, se denominan minerales". (7)

### **No son minerales.**

Entre las sustancias que no son consideradas minerales, a pesar de ser naturales y/o en algunos casos de tener estructuras cristalinas y fórmulas químicas definidas podemos mencionar:

- La sal común que se obtiene por cristalización de salmueras en la industria salinera.
- El azufre comercial que se obtiene por fusión y re cristalización del mineral azufre extraído de los yacimientos.
- Las gemas, como los diamantes, esmeraldas y rubíes sintéticos que se obtienen en el laboratorio no son minerales por cuanto su cristalización es el resultado de un proceso instrumentado por el hombre (es artificial).
- El petróleo no es un mineral, se lo considera una mezcla natural de hidrocarburos resultantes de la descomposición de la materia orgánica.
- El ámbar, resina vegetal fósil tampoco es un mineral.
- El óxido de silicio, el fosfato de calcio y el carbonato de calcio que componen los esqueletos de muchos animales no son minerales.
- No lo son las perlas, ni tampoco los cristales de sales que pueden formarse en las vías urinarias, dado que todos ellos son el producto de la actividad biológica.

### **2.2.11. EL INCREMENTO.**

Según **Espasa Calpe** en su Diccionario de la Lengua Española (2005), Incremento es "Aumento de tamaño, cantidad o Intensidad". (8)

Según **Larousee Editorial, S.L.** en su diccionario Manual de la Lengua Española Vox (2007), Incremento es "Crecimiento en tamaño, en cantidad, en calidad o intensidad", "cantidad que se aumenta". (9)

Según **DefinicionyConcepto.com**, incremento es "cualquier aumento en el valor de un bien". (10)

Según **Larousee Editorial, S.L.** en su diccionario Manual de la Lengua Española Vox (2007), Incremento es "añadir una parte a un conjunto de elementos o a un todo y aumentar su cantidad, volumen, calidad o intensidad". (11)

## 2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION:

### 2.3.1. Hipótesis General:

Luego de desarrollar el análisis teórico, técnico y económico, se demuestra que:

- Si se aplica la explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos, **se incrementa la producción de mineral durante el mes**, en la Unidad de Producción Uchucchacua.

### 2.3.2. Hipótesis Específicas:

También es posible:

- a. La presencia de métodos Masivos de Minado en cuerpos mineralizados en la unidad de producción de Uchucchacua **es eficiente**.
- b. Los Equipos de Perforación y Técnicas de Voladura **son apropiados** para el cuerpo mineralizado, en la Unidad de Producción Uchucchacua.

## 2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

- **Exploración:** Actividad minera tendiente a demostrar las dimensiones, posición, características mineralógicas, reservas y valores de los yacimientos mineros.
- **Explotación:** Desarrollo de las operaciones mineras en sí, de un yacimiento dado.
- **Inversión:** Montos de capital a usarse anualmente, en la producción de mineral.
- **Laboreo:** Son los diversos métodos de extraer minerales se diferencian según el sistema de arranque y la configuración del espacio vacío dejado por la explotación.
- **Ley:** Es el parámetro que expresa la calidad de un mineral, un concentrado, o cualquier producto que contenga especies metálicas. Normalmente la ley se expresa en porcentajes cuando se trata de metales básicos Onzas por tonelada corta (oz. /TC) u onzas por tonelada métrica (oz. /TM) o gr. /TM cuando se trata de oro, plata u otro metal precioso.

Es importante recordar que la ley expresa la cantidad de un metal (%Cu, oz. Ag/tcs).

- **Mena:** Se denomina así a toda acumulación de mineral con contenido valioso recuperable con algún proceso metalúrgico.

- **Mina:** Explotación a base de pozos, perforaciones y galerías, o a cielo abierto, de un yacimiento mineral.
- **Mineral:** Es todo compuesto químico inorgánico que tiene propiedades particulares en cuyo origen no han intervenido los seres orgánicos, y se encuentran en lo interior o en la superficie de la tierra, tales como metales, piedras, etc.
- **Minerales:** Cuerpos homogéneos de origen natural que componen la corteza terrestre sean fruto de combinaciones químicas o elementos.
- **Minería:** Actividad desarrollada por el hombre para la extracción de productos minerales que se encuentran en la corteza terrestre y que tienen algún valor económico.
- **Perforadora:** Agujereador hidráulico para perforar las rocas formando agujeros de diámetro pequeño destinados a la detonación o a la instalación de pernos de anclaje para la roca.
- **Perforación Específica o Factor de Perforación (m/m<sup>3</sup>):** Es la expresión usada para el número de metros que deben ser perforados por m<sup>3</sup> de roca volada.
- **Subnivel:** Nivel u horizonte de trabajo situado entre los niveles de trabajo principales.
- **Veta:** Fisura, falla o rajadura de una roca llena de minerales que migraron hacia arriba, proveniente de alguna fuente profunda.
- **Vetas:** Cuerpos de mineral de forma alargada, limitados por planos irregulares de rocas denominadas "cajas". Generalmente una veta es muy parada o vertical. Cuando la veta aparece tendida o echada en el Perú se le llama "manto".
- **Voladura de bancos:** La voladura de bancos es el método predominante, tanto para minas a cielo abierto, así como también para los trabajos de ingeniería civil, Además es aplicado, aunque en menor proporción, en trabajos subterráneos.
- **Yacimiento:** Es un lugar donde se encuentra un fósil o mineral. Normalmente se restringe al sentido de yacimiento, identificándolo con el yacimiento metalífero entendiendo por ello toda acumulación o concentración de una o más sustancias útiles que pueden ser explotadas económicamente.

## 2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES:

Para aplicar un método en la explotación de un cuerpo mineralizado se tiene variables independientes y dependientes, que se determina de los parámetros de un estudio geomecánico del cuerpo mineralizado y rocas encajonantes:

**2.5.1. Variable Independiente:** Explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos.

**2.5.2. Variable Dependiente:** Incremento de Producción de Mineral.

## 2.6. DEFINICIÓN OPERATIVA DE LAS VARIABLES E INDICADORES

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	INDICES
Explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos	Variable Independiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viabilidad Operativa de la explotación de cuerpos por subniveles con Taladros Largos.</li> <li>- Viabilidad Económica de la explotación de cuerpos por subniveles con Taladros Largos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metros, ángulo, TCS.</li> <li>- \$/TCS</li> </ul>
Incremento de producción de mineral	Variable Dependiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de Extracción de Mineral al mes</li> </ul>	TCS/mes

Fuente: Elaboración Propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO:**

La zona donde se realizó la investigación es:

- La Unidad de Producción Uchucchacua
  - Mina Socorro

#### **3.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN UCHUCCHACUA.**

##### **3.1.1.2. Ubicación y Acceso.**

La Unidad de producción Uchucchacua se ubica en el distrito y provincia de Oyón, del departamento de Lima, situada en la vertiente occidental de los Andes, a una altitud entre 4,300 y 5,000 m.s.n.m., y a 180 Km. en línea recta al NE de la ciudad de Lima, en las siguientes coordenadas: (27)

- 10°36'34" Latitud Sur
- 76°59'56" Latitud Oeste

El acceso a la mina es por vía terrestre, existiendo dos vías:

1. La principal está constituida en primer término por el tramo asfaltado Lima - Huacho (152Km.) y Huacho - Sayán (45Km.), posteriormente un tramo Sayán - Churín (62Km.) y Churín - Uchucchacua (63Km.), Totalizando 322 Km. (28)
2. El segundo acceso es asfaltado, partiendo de Lima - La Oroya - Cerro de Pasco (270Km.) y luego afirmado, de Cerro de Pasco - Uchucchacua (70Km.), Totalizando 340 Km. (29)

En el **PLANO N° 01** se observa la ubicación y accesos a la Unidad de Producción Uchucchacua.

##### **3.1.1.3. Geografía.**

En la parte central del centro minero Uchucchacua se muestra la Divisoria Continental de los Andes, angosta y abrupta que llega hasta 5,200 m.s.n.m. Hacia el Oeste de este lineamiento se suceden quebradas en "V" y "U" flanqueadas por altos picos y al Este una porción de la planicie altiplánica interceptada por numerosas quebradas y picos sobre los 4,800 m.s.n.m.

El clima es frígido y seco entre los meses de Abril a Diciembre, tornándose lluvioso del mes de Enero al mes de Marzo, pero con temperaturas moderadas

### **3.1.1.3. Recursos.**

#### **Recursos Naturales.**

Constituida en su mayoría por ichu, variando a otras especies en las quebradas y valles encañonados.

#### **Recursos Humanos.**

La fuerza laboral proviene en pequeño porcentaje del lugar y alrededores; siendo la mayoría del personal provenientes de la zona central, Huancavelica y Huancayo.

### **3.1.1.4. Breve Reseña Histórica de la Mina.**

Uchucchacua es un yacimiento de plata ubicado en la sierra central, cuyo conocimiento data de la época virreinal; prueba de ello, son los numerosos trabajos españoles en las áreas de Nazareno, Mercedes, Huantajalla y Casualidad. En el siglo pasado (XX), la explotación fue continuada por Juan Minaya. Posteriormente, las minas pasaron a manos de los Jungbluth, quienes continuaron con trabajos de pequeña escala y llegaron a beneficiar mineral en Uchucpaton y Otuto, donde quedan vestigios de antiguos ingenios.

A inicios de 1960, la CIA de Minas Buenaventura inició trabajos de prospección en la zona. Las condiciones iniciales eran muy difíciles, pues no existía la carretera Oyón - Uchucchacua, la cual fue construida en 1965 y prolongándose posteriormente a Yanahuanca. De 1969 a 1973, Buenaventura instaló una planta piloto

de 150 tcs, que en principio trató los minerales de las Minas Socorro y Carmen. Los resultados satisfactorios de una intensa campaña de exploraciones con sondajes diamantinos y labores decidieron la instalación de una planta industrial en 1975, la que fue incrementando su capacidad conforme la mina crecía en sus reservas. En la actualidad tiene una capacidad de tratamiento de 2500 TCS/día. Esta producción está sustentada por las minas Carmen, Socorro y Huantaccalla, se tienen como áreas prospectivas las minas Casualidad y Lucrecia.

### 3.1.1.5. GEOLOGIA ESTRATIGRAFICA.

Las rocas predominantes en la columna estratigráfica corresponden a las rocas sedimentarias del cretáceo. Sobre ellas se tiene al volcánico terciario y atravesando a ambas se observan dos tipos de intrusivos. Coronando la secuencia figuran depósitos aluviales y morrénicos. (30)

***La mineralización del cuerpo Magaly se ha emplazado en la formación Jumasha Medio, horizonte favorable para la mineralización de diversas vetas y cuerpos de Uchucchacua.***

#### A. SEDIMENTARIOS.

##### 1) Grupo Goyllarisquizga.

Afloran entre la laguna Patón y Uchucchacua, al NW y SE del centro minero y ocupando algo más del 50% del área observada asignada al cretáceo.

- Formación Oyón (Ki – o)
- Formación Chimú (Ki – Chim)
- Formación Santa (Ki – Sa)
- Formación Carhuaz (Ki – Ca)
- Formación Farral (Ki – f)

Constituido por lutitas gris oscuras, areniscas, capas de calizas carbonosas antracíticas, cuarcitas blancas, calizas, lutitas azul grisáceas, areniscas finas y lutitas marrón amarillentas y areniscas blancas con estratificaciones cruzadas . Poseen una potencia promedio de 1620 m.

## 2) Grupo Machay.

- Formación Pariahuanca (Ki – Ph)
- Formación Chulec (Ki – Ch)
- Formación Pariatambo (Ki – Pt)

Se caracterizan por la presencia de calizas grises, margas, lutitas, lutitas negras carbonosas y calizas bituminosas plegadas. Poseen una potencia total de 300 m.

## 3) Formación Jumasha (Ki-j).

Potente secuencia de calizas gris claro en superficie intemperizada y gris oscuro en fractura fresca. Constituye la mayor unidad calcárea del Perú Central, se le subdivide en tres miembros limitados por bancos finos de calizas margosas beige.

### ▪ Jumasha Inferior (J – i)

Es una alternancia de calizas nodulosas con sílex y calizas margosas que alcanzan los 570 m. Se emplaza al SE de la falla socorro y al SW de la veta falla rosa.

### ▪ Jumasha Medio (J – m)

Calizas grises alternadas con calizas nodulosas y algunos horizontes margosos. Se le estima 485 m. de potencia. ***En esta formación se ha emplazado la mineralización del cuerpo Magaly y la Falla Socorro.***

### ▪ Jumasha Superior (J – s)

Son calizas de grano fino con una base de esquistos carbonosos, coronados por calizas margosas beige. Se le estima una potencia de 405 m.

Los afloramientos del Jumasha son los más extendidos en el área, y ha sido posible diferenciarlos dada la ubicación de muchos horizontes fosilíferos. No sé a recorrido hasta el momento mineralización económica en este miembro.

#### **4) Formación Celendín (Ks – c)**

Es una alternativa de calizas margosas, margas blancas u lutitas calcáreas nodulares marrón.

- Celendín Inferior (C – i)  
Conformado por calizas margosas amarillentas en alternancia con lutitas calcáreas de un grosor de 100 m.
- Celendín Superior (C – s)  
Está formado por lutitas y margas marrón grisáceo de 120 m. de potencia

#### **5) Formación Casapalca (Kti – ca)**

Sobre yacen ligeramente discordante sobre el Celendín y está constituido por lutitas, areniscas y conglomerados rojizos. Su suavidad y fácil erosión ha permitido la formación de superficies llanas. Posee una potencia promedio de 1,000 m.

### **B. VOLCANICOS.**

#### **1) Volcánicos Calipuy (Ti – Cva).**

Se encuentran discordantemente sobre la Formación Casapalca y es un conjunto de derrames andesíticos y piroclásticos de edad terciaria. Su espesor en promedio es 500 m

#### **2) Intrusivos.**

Son pórfidos de dacita que forman pequeños stocks de hasta 30 metros de diámetro. Asimismo, se tiene diques y apófisis de dacita distribuidos irregularmente que afectan a las calizas Jumasha- Celendín. Estos intrusivos forman aureolas irregulares de metamorfismo de contacto en las calizas

## C. CUATERNARIOS.

### 1) Depósitos Morrenicos (Q-mo).

Encima de los 3,800 m.s.n.m, el área sufrió los efectos de la glaciación pleistocénica, formando valles en "U", en cuyo fondo y laderas se depositaron morrenas que en muchos casos represaron el hielo fundido. En otras áreas las morrenas cubren las capas rojas; estos depósitos están conformados por un conjunto pobremente clasificado de cantos grandes en matriz de grano grueso a fino generalmente anguloso y estriado

### 2) Depósitos Aluviales (Q-al).

Están ampliamente extendidos y son de varios tipos como: escombros de ladera, flujos de barro, aluviales de río. La naturaleza de estos elementos es la misma de las unidades de roca circundante.

En el **PLANO N° 05** se observa la columna estratigráfica del yacimiento minero de Uchucchacua, donde se nota la mineralización de todas las estructuras en el Jumasha medio al igual que el cuerpo Magaly.

### 3.1.1.6. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

El movimiento de la placa oceánica debajo de la placa continental, ha producido fases comprensivas y distensivas comprometidas en la evolución de los Andes. Característica de este fenómeno se evidencia en una serie de detalles estructurales de diversa magnitud, afectando a las rocas sedimentarias de la zona de Uchucchacua. (31)

La Geología Estructural es de suma importancia en Uchucchacua y así lo refiere el siguiente extracto: ***"La génesis del yacimiento de Uchucchacua está relacionado a una estructura geológica principal de nuestros Andes, evidenciada por los cuerpos intrusivos de Raura, Uchucchacua, Chungar, Morococha y***

*otros. Es también evidente que esta actividad magmática ha traído consigo la formación de yacimientos minerales importantes. Al respecto, conviene anotar que la composición de las rocas intrusivas encontradas en Uchucchacua son de acidez intermedia, similar a la de tantos otros intrusivos relacionados con yacimientos minerales en el Perú".* En el PLANO N° 02 se observa la geología estructural principal del área de Uchucchacua.

#### **A. PLIEGUES A ANTICLINALES.**

Las fases comprensivas han plegado los sedimentos cretácicos formando los anticlinales de Cachipampa, Pucuch y Patón en una orientación NW-SE e inclinados hacia su flanco occidental. *Adyacente a la ubicación del anticlinal de Cachipampa, se localiza mucha de la mineralización presente en la mina Uchucchacua. Entre ellas, también se ha emplazado el cuerpo Magaly.*

#### **B. FALLAS Y FRACTURAMIENTOS.**

El área ha sido afectada por numerosas fallas en diversas etapas, en el ámbito regional se observa que las de mayor magnitud son transversales al plegamiento desplazando en ese sentido, aunque también los movimientos verticales son importantes.

##### **1) Falla Mancacuta.**

Pasa por el lago del mismo nombre tiene un movimiento principal dextral, es de rumbo N-45-E aproximado y de alto ángulo. Corta y desplaza a las estructuras de Uchucchacua y Patón conformados por sus respectivas unidades litológicas

##### **2) Falla Socorro.**

Del mismo sistema que la anterior, también dextral, se le estima un desplazamiento horizontal de 550 m., está muy relacionada por esta última en su extremo S-O, **falla de gran magnitud que dio origen al cuerpo Magaly.** Esta falla y sus

estructuras asociadas son importantes ya que están íntimamente ligadas a los procesos de fracturamiento secundario y actividad hidrotermal de Uchucchacua

### **3) Falla Uchucchacua.**

Tiene un rumbo casi N-S y buzamiento de alto ángulo, con movimiento dextral y desplazamiento vertical de casi 500 m. convergiendo hacia el Norte con la falla MANCACUTA.

### **4) Falla Cachipampa.**

Surge entre la intersección de las fallas Uchucchacua y Socorro con un rumbo promedio de N-45-E y alto ángulo de buzamiento. Tiene un movimiento dextral controlando al sistema de vetas del área de socorro

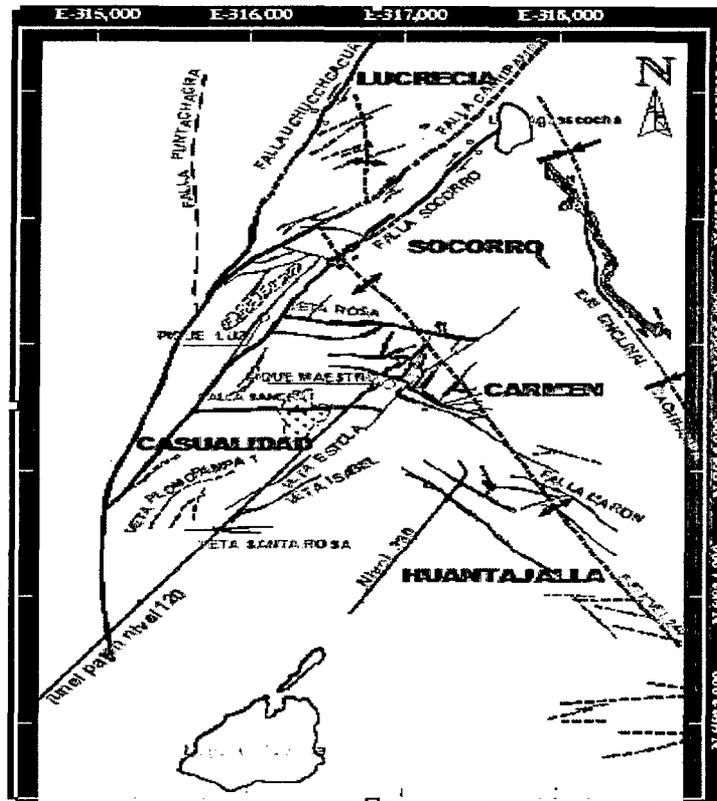
### **5) Falla Patón.**

Tiene un rumbo promedio de N-65-E, con un desplazamiento de gran magnitud tanto el vertical como en horizontal, en este último en sentido dextral. Se muestra vertical a la altura de Otuto e inclinado progresivamente hasta los 40 - NW en su extremo NE.

#### **3.1.1.7. FRACTURAMIENTO UCHUCCHACUA Y SOCORRO.**

Un fracturamiento secundario en el aspecto estructural regional, pero de suma importancia económica, es el que se muestra alrededor de las fallas Uchucchacua y Socorro de las cuales tiene importante relación genética, y vertical, otras son fisuras tensionales de limitada longitud. Todas ellas en diversa magnitud, han sido afectadas por actividad hidrotermal.

*La falla Socorro en superficie presenta una extensa longitud de aproximadamente 2500 metros y posee venillas irregulares de calcita, siempre con oxidaciones de manganeso y fierro. En la Lámina 1 se observa la geología estructural del sistema de la Falla Socorro.*



Lamina 1 Vista de la Geología Estructural de la Falla Socorro.

### 3.1.1.8. GEOLOGIA ECONOMICA.

Uchucchacua y la zona de Socorro es un depósito hidrotermal epigenético del tipo relleno de fracturas (vetas), las cuales fueron canales de circulación y reemplazamiento metasomático de soluciones mineralizantes que finalmente formaron cuerpos minerales. (32)

El área mineralizada de Uchucchacua se encuentra en un perímetro de 4.0 x 1,5 Km., y para efectos de operación se le ha dividido en tres zonas: **Socorro, Carmen y Casualidad**, en etapa prospectiva se tiene a Huantajalla, Candelaria y Mercedes.

**La mineralización económica comercial del cuerpo Magaly es básicamente de plata, como subproductos se extraen zinc y plomo.** Se observa además una amplia gama de minerales de ganga, muchos de ellos de rara naturaleza. El cuerpo Magaly se ha emplazado en rocas calcáreas de la formación Jumasha Medio.

En los niveles superiores se viene explotando por método de Corte y Relleno ascendente mecanizado y convencional. En el nivel 060 se cuentan con los blocks 16 y 30 que tienen una reserva geológica de 258,755 TCS con una ley promedio de 19.3 Oz Ag/TCS, 0.9% Pb y 1.1% Zn.

El cuerpo mineralizado Magaly tiene una potencia aproximada de 15.00 metros, 200 metros de largo y 60 metros de altura para el tajeo que se pretende explotar por subniveles con taladros largos.

#### A. RECURSOS MINERALES.

La Falla Socorro se conoce desde superficie. En el nivel superior se desarrolló, preparó y explotó esta estructura mineralizada. Luego por la información de los sondajes diamantinos se decidió profundizar la Rampa 626 hasta el nivel 060 desarrollando la falla Socorro con silicatos, alabandita y material arcilloso oxidado.

En la Tabla 1 se detalla los recursos minerales o reservas geológicas presentes en el cuerpo Magaly y la falla Socorro.

Block	TCS	OzAg/TCS	% Pb	% Zn	% Mn	OzAg-Eq	US \$/TM
16	108,005	20.10	1.40	1.40	19.95	22.90	78.00
30	150,750	18.70	0.60	0.80	19.31	20.10	66.90
TOTAL	258,755	19.30	0.90	1.10	19.57	21.30	71.71

**Tabla 1.** Reservas geológicas de la falla Socorro y el cuerpo Magaly a explotar

#### B. AFLORAMIENTO.

La falla Socorro en superficie presenta una longitud de 2500 metros y posee un relleno mineralizante de calcita masiva, bandas de óxidos de Fe, Mn y caliza recristalizada.

#### C. MINERALOGIA.

La mineralogía de la falla Socorro y el cuerpo Magaly es compleja, con una rica variedad de minerales tanto de mena como de ganga, entre los que tenemos:

1) **Mineral de MENA.**

Plata Roja (**Proustita y Pirargirita**), Esfalerita, Galena, Marmatita, Jamesonita, Chalcopirita.

2) **Minerales de Ganga.**

Pirita, Marcasita, Alabandita, Rodocrosita, Calcita, Estibina, Oropimente, Rejalgar.

**D. MINERALIZACION.**

**- Paragénesis.**

En los cuerpos de reemplazamiento como el cuerpo Magaly y la falla Socorro se indica una primera etapa rica en Fe-Mn-Zn con predominancia de sulfuros de Fe, sobre ella precipita un periodo de Mn-Cu, el cobre siempre en cantidades subordinadas. La siguiente etapa marca la asociación Mn-Fe, con abundancia de silicato de Mn; **finalmente la mineralización de platas rojas** con algo de calcita, estibina y rejalgar tardíos.

**- Tipo de Mineralización.**

***La falla Socorro y el cuerpo Magaly presentan una mineralización del tipo relleno de fracturas.***

Debido a los movimientos de las fallas regionales, se originó un complejo fracturamiento en las unidades rocosas del Jumasha Superior, Medio e Inferior. El cuerpo Magaly posee un ligero desplazamiento relativo en los componentes vertical y horizontal. El relleno mineralógico como se indicó anteriormente es mayormente de sulfuros tales como galena, esfalerita, pirita, platas rojas, alabandita como también, rodocrosita, rodonita y calcita. En menor cantidad presenta silicatos.

## E. GUIAS DE MINERALIZACION.

- **Estructural.**

En superficie se reconoció la falla Socorro descrita anteriormente. Dicha falla se origina a partir del fallamiento regional que origino el fracturamiento y brechamiento de la caliza de la formación Jumasha y permitió la migración y deposición de los minerales. Además, la conjugación de fracturamiento débil con fallas principales o fuertes favoreció la deposición del mineral.

- **Mineralógico.**

La presencia en superficie del relleno de la falla Socorro de calcita masiva con lentes de manganeso y hematita fueron los indicadores de una posible mineralización de la falla. En interior mina, durante la etapa de exploración, se observó la asociación de la galena de grano grueso y fina con la pirita fina la que está asociada a mineralización de plata. La alabandita y magnetita contienen plata en solución sólida; los silicatos de manganeso se encuentran identificados con el reemplazamiento y por consiguiente con los cuerpos de mineral. Asimismo, la calcita siempre se encuentra rodeando a los cuerpos y esta en ambas cajas de las estructuras tabulares.

- **Litológico.**

Las calizas de la formación Jumasha juegan un rol muy importante como cajas favorables a la mineralización. La exploración definió el emplazamiento de la falla Socorro en dicha formación.

### 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Según **Oseda, (2008:117)**, "El tipo de estudio de la presente investigación **es aplicada** porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la

aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar". (33)

### 3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN:

El nivel de investigación **es el explicativo**. Según Sierra (2002) "las investigaciones explicativas buscan especificar las propiedades importantes de los hechos y fenómenos que son sometidos a una experimentación de laboratorio o de campo". (34)

En el caso de nuestra investigación es de Causa-Efecto, donde la causa es la Explotación por subniveles con taladros Largos en cuerpos y el Efecto es el incremento de producción de mineral.

### 3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:

**3.4.1. Método General:** En la presente investigación, se utilizará el **Método Científico** como método general. En la actualidad según **Cataldo, (1992:26)**: "El estudio del método científico es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra "método" ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos". (35)

A decir de **Kerlinger, (2002:124)** "el método científico comprende un conjunto de normas que regulan el proceso de cualquier investigación que merezca ser calificada como científica". (36)

Además el mismo Kerlinger enfatiza "La aplicación del método científico al estudio de problemas pedagógicos da como resultado a la investigación científica".

**3.4.2. Método Específico:** El **Método Experimental**. Según **Oseda (2008)**: "El método experimental es un proceso lógico, sistemático que responde a la incógnita: ¿Si esto es dado bajo condiciones cuidadosamente controladas; qué sucederá?". (37)

### 3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

El diseño general viene a ser **Pre Experimental**. Esta estrategia tiene como bibliografía especializada la graficación que explicamos a continuación: **Hernández (2006:168)** (38)

GE:  $O_1$       X       $O_2$

Donde:

G.E. Grupo Experimental.

G.C. Grupo de Control.

$O_1$ : Pre Test

$O_2$ : Post Test

X: Manipulación de la Variable Independiente.

### 3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION:

#### 3.6.1. La Población:

Según **Oseña, (2008:120)** "La población es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matrícula en una misma universidad, o similares". (39)

En el caso de nuestra investigación, la población es la zona donde se realizó la investigación, la Unidad de Producción Uchucchacua.

#### 3.6.2. Muestra:

Según **Oseña, (2008:122)** menciona que "la muestra es una parte pequeña de la población o un subconjunto de esta, que sin embargo posee las principales características de aquella. Esta es la principal propiedad de la muestra (poseer las principales características de la población) la que hace posible que el investigador, que trabaja con la muestra, generalice sus resultados a la población". (40)

En nuestro caso el tamaño de la muestra fue **no probabilística**, a lo que se refiere es que las muestras serán basándose en juicio o criterio, por ser una investigación experimental, sin recurrir al azar, que serán diferenciadas de la siguiente manera:

- El número de muestras será igual a 1; en caso de que el diseño de explotación es igual al diseño que se venía realizando en el ámbito de estudio.
- Y otro caso será igual al número de días trabajados por semana por guardias por día.

### **3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

#### **3.7.1. Técnicas:**

Las técnicas usadas en la presente investigación son por observación directa, análisis de documentos e internet.

#### **3.7.2. Los instrumentos:**

Los instrumentos usados en la presente investigación son:

- Datos de campo (in situ)
- Tesis
- Monografías y trabajos de las minas
- Publicaciones, Revistas, documentales
- Trabajos inéditos
- Internet.
- Para la selección del método de explotación, se determinará los siguientes factores: Geología del cuerpo mineralizado, Geometría del yacimiento y distribución de leyes, Características Geomecánicas del mineral y las rocas encajonantes y otros factores a considerar (ritmo de producción, disponibilidad de mano de obra especializada, limitaciones ambientales, hidrogeología y condiciones económicas). Tomando en cuenta las premisas siguientes: Las condiciones Geomecánicas del yacimiento no sean afectadas seriamente, alta selectividad y máxima recuperación de los recursos minerales explotables y grado de mecanización de la operación que permita una alta productividad y eficiencia a bajos costos y que sea rentable.
- Y en la evaluación económica se considerará el costo de oportunidad del proyecto, el valor presente neto, preparación y producción.

**Cuadro de Recolección de Datos.**

DISEÑO	: ¿?
LUGAR	: ¿?

**DATOS DE CAMPO:**

<b>GEOGRAFIA</b>	
Ubicación y acceso	: ¿? Km
Geografía	: ¿? °T, m.s.n.m.

<b>GEOLOGIA ESTRATIGRAFICA</b>	
Sedimentarios	: ¿?
Volcánicos	: ¿?
Intrusivos	: ¿?
Cuaternarios	: ¿?

<b>GEOLOGIA ESTRUCTURAL</b>	
Pliegues y anticlinales	: ¿?
Fallas y fracturamientos	: ¿?

<b>GEOLOGIA ECONOMICA</b>	
Recursos Minerales	: ¿? TM
Afloramiento	: ¿?
Mineralogía	: ¿?
Mineralización	: ¿?
Guías de Mineralización	: ¿?

<b>GEOMECANICA</b>	
Descripción Geométrica del Yacimiento	: ¿?

<b>PARAMETRO DE ROCA Y/O MINERAL</b>	
Tipo	: ¿?
Densidad de la roca	: ¿?TM/m3
Resistencia a la Compresión	: ¿?kg/cm2
RQD	: ¿?%

<b>SELECCIÓN DEL METODO DE EXPLOTACION</b>	
Evaluación	: ¿? \$/TCS

<b>PARAMETROS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA</b>	
Longitud y altura del Tajo	: ¿?m.
Ancho del tajo	: ¿?m.
Tajeo por Subniveles con Taladros Largos	: ¿?m.

<b>INFRAESTRUCTURA DE DISEÑO</b>	
Descripción del cuerpo mineralizado	: ¿?
Diseño de infraestructura del tajo	: ¿?m

<b>OPERACIONES UNITARIAS</b>	
Perforación	: ¿?m
Voladura	: ¿?m/disparo
Acarreo de Mineral	: ¿?TM

<b>SERVICIOS AUXILIARES</b>	
-----------------------------	--

Transporte de Mineral	: ¿?TM
Relleno de Tajo	: ¿?TM
Agua, Energía y Aire	: ¿? M3, kwcfm.
Control de calidad	: ¿?
Ventilación	: ¿?m3/min

<b>GESTION DE LA SEGURIDAD</b>	
Gestión de la seguridad	: ¿?hh/mes

<b>COSTOS</b>	
Rentabilidad y Costos del Proyecto	: ¿?\$/TCS

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.8. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

Los procedimientos de recolección de datos estarán en función al cronograma establecido del proyecto de tesis.

### 3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS:

Se utilizó Softwares diferentes de minería para realizar cálculos y diseños, asimismo el Árbol de Causa-Efecto:

- Programas aplicativos
- Procesadores de textos
- Bases de datos
- Hojas de cálculo
- Graficadores, autocad, etc.

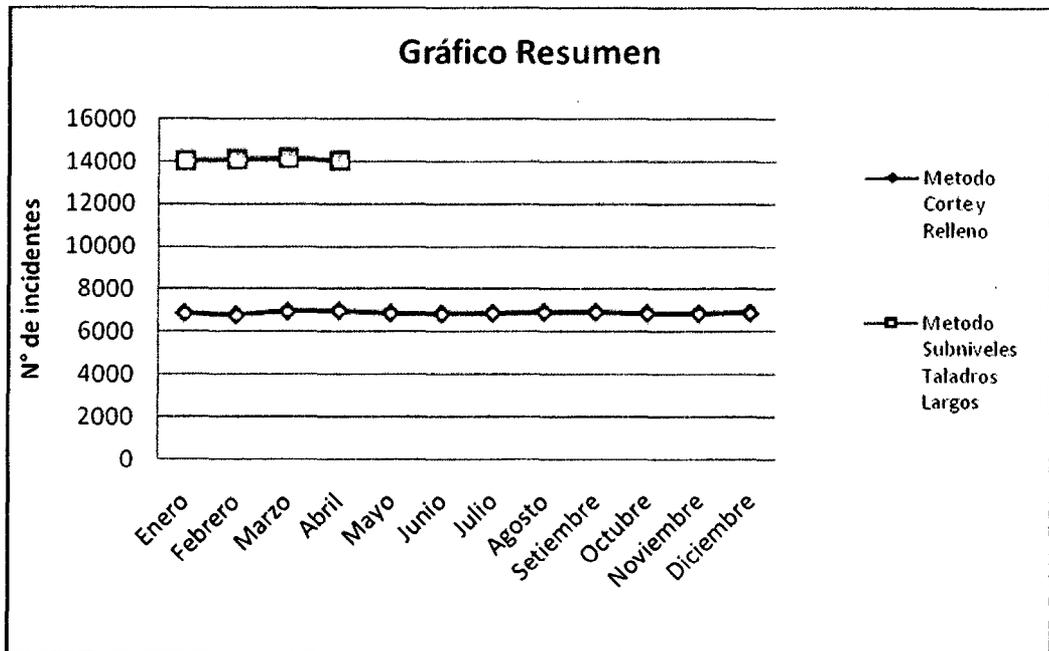
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS.

#### 4.1. ANALISIS DE DATOS DEL CONTROL DE MINERAL EXTRAIDO POR MES (GRUPO DE CONTROL Y GRUPO EXPERIMENTAL).

Habiéndose procesado los resultados del tonelaje extraído por mes del cuerpo Magaly, tanto en el grupo de control de 12 meses y grupo experimental de 4 meses se tiene:

<b>Tabla N° 29</b>		
<b>Datos Estadísticos de la Muestra de Estudio</b>		
<b>Meses de la aplicación</b>	<b>Método Corte y Relleno</b>	<b>Método Subniveles Taladros Largos</b>
Enero	6888	14000
Febrero	6804	14056
Marzo	6972	14140
Abril	7000	14000
Mayo	6888	
Junio	6860	
Julio	6888	
Agosto	6944	
Setiembre	6944	
Octubre	6888	
Noviembre	6888	
Diciembre	6916	
<b>Total</b>	<b>82880</b>	<b>56196</b>

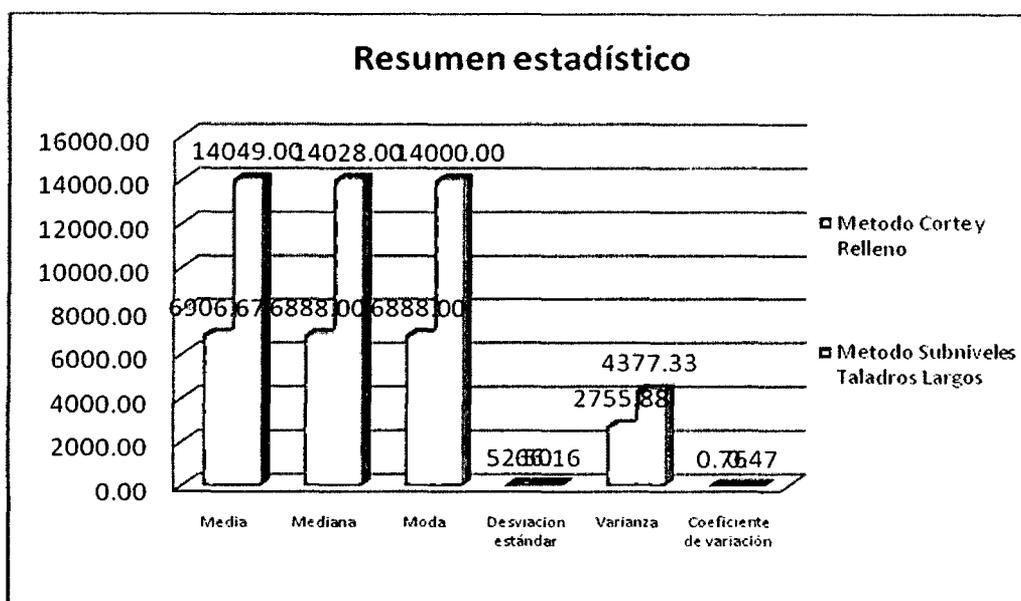


**Gráfico N° 10, Datos Estadísticos de la muestra de estudio.**

De la tabla N° 29 y gráfico N°101 se puede observar que la producción de mineral en el cuerpo Magaly, en el grupo experimental (Método Subniveles con Taladros Largos) son mucho mejor que en el grupo control (Método Corte y Relleno) los cuales se puede apreciar gráficamente. Cabe mencionar que en el grupo Subniveles; los datos recopilados solo corresponden a cuatro meses, que son de enero, febrero, marzo y abril.

<b>RESUMEN ESTADISTICO</b>		
<b>Estadígrafos</b>	<b>Método Corte y Relleno</b>	<b>Método Subniveles Taladros Largos</b>
Media	6906.67	14049.00
Mediana	6888.00	14028.00
Moda	6888.00	14000.00
Desviación estándar	52.50	66.16
Varianza	2755.88	4377.33
Coficiente de variación	0.76	0.47
Muestra	12	4

**Tabla N° 30, Resumen Estadístico.**



**Grafico N° 11, Resumen Estadístico.**

De la tabla N° 30 y gráfico N° 11, se tiene en el grupo control (Corte y Relleno) una media aritmética de 6906.67TCS de producción, y en el grupo experimental (Subniveles) 14049.00TCS de producción, (diferencia de 7,142.33 TCS de producción), asimismo en la mediana se tiene en el grupo control (Corte y Relleno) 6,888.00 TCS de producción y en el grupo experimental (Subniveles) 14,028.00 de producción, (diferencia de 7,140.00 TCS de producción); cabe mencionar que en las medidas de tendencia central existe una diferencia bien marcada de los resultados.

Respecto a la desviación estándar en el grupo de control (Corte y Relleno) se tiene 52.50 y en el grupo experimental (Subniveles) se tiene 66.16 (diferencia de 13.66 puntos) eso quiere decir que los resultados en el grupo de control son ligeramente más homogéneos que el grupo experimental.

#### **4.2. PRUEBA DE HIPOTESIS:**

El proceso que permite realizar el contraste de hipótesis requiere ciertos procedimientos. Se ha podido verificar los planteamientos de diversos autores y cada uno de ellos con sus respectivas características y peculiaridades, motivo por el cual era necesario decidir por uno de ellos para ser aplicado en la investigación.

#### 4.2.1. Planteamiento de Hipótesis:

##### Hipótesis Nula:

$H_0$ : La producción obtenida en TCS obtenidos en el grupo de control y grupo experimental son iguales.

##### Hipótesis Alternativa:

$H_1$ : La producción obtenida en TCS obtenidos en el grupo de control y grupo experimental son diferentes.

#### 4.2.2. Nivel de significancia o riesgo:

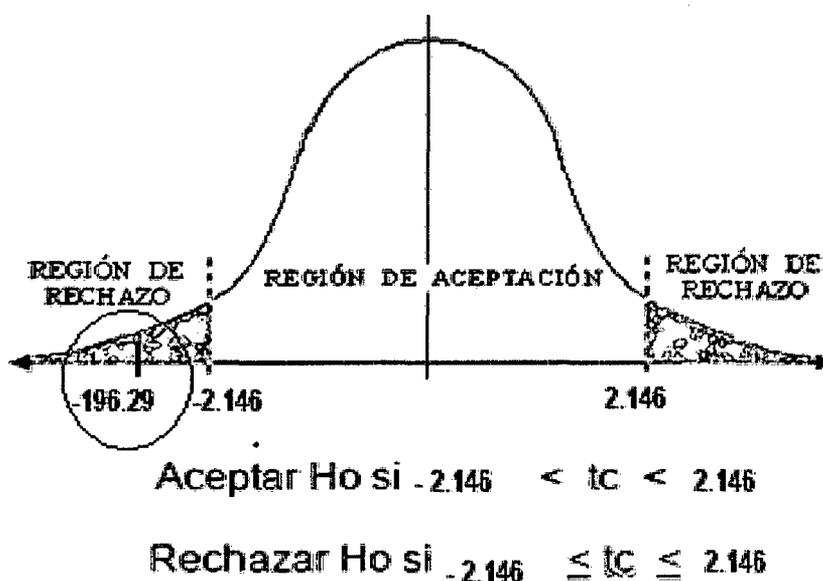
$\alpha = 0,05$ .

$gl = ge+gc-2$ .

$gl = 12+4-2=14$ .

Buscando a 5% de significancia y 14 grados de libertad en la prueba t de Student se tiene que los puntos críticos o "t" teórica es igual a 2,146; por lo tanto:

Valor crítico = 2,146



#### 4.2.3. Calculo del Estadístico de Prueba.

El estadígrafo de Prueba mas apropiado para este caso es la prueba t, ya que el tamaño de la prueba es menor que 30 ( $n < 30$ ) y como en la Hipótesis alternativa ( $H_1$ )

existe dos posibilidades ( $H_1 : \mu_1 > \mu_2$  ó  $\mu_1 < \mu_2$ ) se aplicó la prueba bilateral, o sea a dos colas.

Calculemos ahora la prueba de hipótesis con la "t" de Student.

$$t_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{6906.67 - 14049.00}{\sqrt{\frac{(52.50)^2}{12} + \frac{(66.16)^2}{04}}} = -196.29$$

#### 4.2.4. Decisión Estadística.

Puesto que la t calculada ( $t_c$ ) es mayor que la t teórica ( $t_t$ ); es decir tenemos lo siguiente ( $-196.29 < -2,146$ ), en consecuencia se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

#### 4.2.5. Conclusión Estadística.

Se ha demostrado con un nivel de significancia del 5% y la prueba t de Student que si se aplica la explotación por subniveles con taladros largos, se **incrementa la producción de mineral** durante el mes, en la U.P. Uchucchacua.

## CONCLUSIONES

1. Se ha demostrado con un nivel de significancia del 5% y la prueba t de Student que si aplicamos la explotación por Subniveles con Taladros Largos se **incrementa la producción de mineral** durante el mes en la U.P. Uchucchacua.
2. El cuerpo Magaly - tajeo 775 posee características geométricas y geomecánicas para ser explotada por subniveles con taladros largos o Corte y relleno.
3. De la evaluación técnica y económica, el incremento de la producción de mineral, en el cuerpo explotado por subniveles con taladros largos es del 100% mayor que con el que comparó, puesto que con este método se extrae 500 TCS diarias y por el método Corte y Relleno 250 TCS diarias.
4. Por las características y experiencias en trabajos similares, con perforaciones verticales e inclinadas, se utiliza un Jumbo TAMROCK modelo Mercury HL-500, con barras MF T-28, brocas de botones de 2 ½" de Ø y escarreadora de 4" de Ø, con una longitud de perforación de 13 m., y una malla de perforación rectangular.
5. Los explosivos y accesorios apropiados que permiten la fragmentación de mineral requerido, es el ANFO, como cebo el booster pentolita, el Fanel con retardos de milisegundos, cordón detonante (3P), guía de seguridad (Carmex) y mecha rápida.
6. Los indicadores más relevantes son:

INDICADORES	METODOS DE EXPLOTACION			
	Taladros largos		Corte y Relleno	
Toneladas/metro perforado	11.7	Tcs/mp	3.105	Tcs/mp
Factor de potencia	0.24	Kg/Tcs	0.35	Kg/Tcs
Capacidad de acarreo	83.4	Tcs/hra	45	Tcs/hra
Porcentaje de dilución	30	%	15	%
Productividad	40	Tcs/hombre-gdia	14.29	Tcs/hombre-gdia
Costo de perf. y voladura	0.97	US \$/Tcs	3.6	US \$/Tcs
Costo de Mina	3.82	US \$/Tcs	15.68	US \$/Tcs
Costo de Operación	21.72	US \$/Tcs	33.58	US \$/Tcs

7. Usando el método de corte y relleno, el valor de mineral es 7.195 US \$/TCS mayor que usando subniveles con taladros largos.
8. Usando el método de Corte y relleno la dilución de mineral (15%) es menor que usando subniveles con taladros largos (30 %).
9. Usando el método de corte y relleno el costo operativo es 11.85 US \$/TCS mayor que usando subniveles con taladros largos.
10. El Valor Presente Neto del proyecto con el método por subniveles con Taladros Largos es 2'050,260.0 US \$ mayor que usando el método de corte y relleno pues el volumen de producción mensual es mayor y menor el período de explotación.
11. Bajo condiciones metalúrgicas y precio del metal Ag, Zn y Pb, la ley mínima de corte es 6.4508 OzAg/TCS.
12. La evaluación geomecánica señala dejar pilares estabilizantes cada 65.0 mts longitudinal al rumbo del cuerpo y una abertura de 53 mts de altura. (Los pilares estabilizantes serán mínimo de 5 metros de largo y de 6 a 8 metros de potencia).
13. De acuerdo al número de personas y equipos diesel presentes en la explotación del tajeo, el caudal presente de 52,460 pie<sup>3</sup>/min cubre el requerimiento de aire.
14. La red de agua y aire comprimido abastece los trabajos de preparación y explotación del tajeo.
15. Se mejora la gestión de la seguridad (personal y equipos) en la mina usando el método de explotación por subniveles con taladros largos.

## RECOMENDACIONES

1. Extender el método de tajeo por subniveles con taladros largos para cuerpos y vetas en la U.P. Uchucchacua, tomando mayor información geológica usando sondajes con equipos cortos (pack sack) y poder modelar en forma eficaz los cuerpos y vetas.
2. Configurar la geometría de la Falla Socorro y Cuerpo Magaly usando Softwares mineros para evitar errores en el diseño de la malla de perforación.
3. Evaluar económicamente el uso de máquinas perforadoras electrohidráulicas de mayor longitud de perforación y controles electrónicos para vetas y cuerpos.
4. En la perforación hay que tener en cuenta lo siguiente:
  - Selección adecuada de los equipos de perforación de acuerdo al yacimiento.
  - Cambio de estructuras mineralizadas.
  - Maximización de la recuperación de las reservas minables.
  - Tipos de alteración.
  - Conocimiento del yacimiento mediante perforaciones sistematizadas de sondajes diamantinos.
  - Capacitación / entrenamiento y evaluación continua al personal
  - Análisis estructural (Fallas, diaclasamiento, cambio de la litología, etc.)
  - Círculos de calidad, donde las opiniones seas respetadas y tomadas en cuenta (Control total de Calidad).
  - Archivos de perforación (historia de los taladros).
  - Análisis de relaves de perforación.
5. Realizar pruebas con emulsiones para aumentar la velocidad de detonación y poder aumentar las mallas de perforación.
6. Para mejorar la fragmentación en la voladura de los taladros de producción es necesario considerar la secuencia de iniciación y los retardos deben ser de 50 milisegundos, en una malla rectangular para formar la siguiente cara libre:

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA:

- (1) Alex Torres-Asistente de Planeamiento, Isaac Ríos-Jefe de Sección Mina Gayco (2003), con Aplicación de Taladros Largos en la mina Gayco de la Unidad Minera Raura S.A. pp. 01
- (2) Alex Torres-Asistente de Planeamiento, Isaac Ríos-Jefe de Sección Mina Gayco (2003), con Aplicación de Taladros Largos en la mina Gayco de la Unidad Minera Raura S.A. pp. 19
- (3) Alex Torres-Asistente de Planeamiento, Isaac Ríos-Jefe de Sección Mina Gayco (2003), con Aplicación de Taladros Largos en la mina Gayco de la Unidad Minera Raura S.A. pp. 19
- (4) Alex Torres-Asistente de Planeamiento, Isaac Ríos-Jefe de Sección Mina Gayco (2003), con Aplicación de Taladros Largos en la mina Gayco de la Unidad Minera Raura S.A. pp. 19
- (5) Alex Torres-Asistente de Planeamiento, Isaac Ríos-Jefe de Sección Mina Gayco (2003), con Aplicación de Taladros Largos en la mina Gayco de la Unidad Minera Raura S.A. pp. 19
- (6) Estudios Mineros del Perú S.A.C. (2011) en su Manual de Minería. pp. 47
- (7) Davis Duran La Torre y Paulo Cruz, (2009) con su trabajo Métodos de Explotación Minera. Pp. 21
- (8) Manuel Calderón G. (1982) en su libro Explotación de Minas, pp. 41
- (9) S. Borisov. M. Klovov, B. Gornovoi (1983) en su libro Labores Mineras, pp. 87
- (10) Estudios Mineros del Perú S.A.C. (2011) en su Manual de Minería, pp. 44
- (11) Clemente Ignacio Tomas y Clemente Lazo Jose, (2009), "*Análisis de Costos de Operación en Minería Subterránea y Evaluación de Proyectos Mineros*", pp. 51-52
- (12) Carlos Vásquez Gonzales, Jaime Tumialán de la Cruz y Carlos Román Basurto, (2004) en la revista Minería, pp. 15
- (13) Cabello Corman, Noé Neftaly, (2008), Tesis, "Selección del Método de Explotación para la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca, Ayacucho", pp. 18

(14) Cabello Corman, Noé Neftaly, (2008), Tesis, "Selección del Método de Explotación para la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca, Ayacucho", pp. 18

(15) Cabello Corman, Noé Neftaly, (2008), Tesis, "Selección del Método de Explotación para la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca, Ayacucho", pp. 19

(16) Cabello Corman, Noé Neftaly, (2008), Tesis, "Selección del Método de Explotación para la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca, Ayacucho", pp. 19

(17) Cabello Corman, Noé Neftaly, (2008), Tesis, "Selección del Método de Explotación para la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca, Ayacucho", pp. 19

(18) Córdova Rojas David, Regalado David, 2004, "Dimensionamiento del minado del cuerpo Magaly – Tajeo 775 Mina Socorro". Pág. 1-24.

(19) Córdova Rojas David, 2009, "Informe de asesoramiento Mina Socorro". Pág. 1-2

(20) Clemente Ignacio Tomas y Clemente Lazo Jose, (2009), "*Análisis de Costos de Operación en Minería Subterránea y Evaluación de Proyectos Mineros*", pp. 64

(21) Clemente Ignacio Tomas y Clemente Lazo Jose, (2009), "*Análisis de Costos de Operación en Minería Subterránea y Evaluación de Proyectos Mineros*", pp. 66

(22) Ranta Donald, 1984, "*Evaluation and production support*", SME Mining Handbook Inc, pp 360.

(23) Hartman Howard L., 1992, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., "SME Mining Engineering Handbook". David E. Nicholas "Applications of underground mining methods", pp. 2093

(24) Hartman Howard L., 1992, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., "SME Mining Engineering Handbook". David E. Nicholas "Applications of underground mining methods", pp. 2093

(25) Hartman Howard L., 1992, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., "SME Mining Engineering Handbook". David E. Nicholas "Applications of underground mining methods", pp. 2094

(26) Sociedad Nacional de MINERIA PETROLEO Y ENERGIA (2006), la **Producción (explotación)**, pp 65

(27) Cueva Benavente, Mario, (2006) Trabajo profesional "Incidencia de la perforación con taladros largos en la explotación por subniveles" Cía. Minas Buenaventura U.P. Uchucchacua, pp. 08

- (28) Cueva Benavente, Mario, (2006) Trabajo profesional "Incidencia de la perforación con taladros largos en la explotación por subniveles" Cía. Minas Buenaventura U.P. Uchucchacua, pp. 08
- (29) Cueva Benavente, Mario, (2006) Trabajo profesional "Incidencia de la perforación con taladros largos en la explotación por subniveles" Cía. Minas Buenaventura U.P. Uchucchacua, pp. 08
- (30) Romani Maurice, 1982, "*Tesis Doctoral Geología de la Región Minera Uchucchacua*", Universidad de Grenoble., pp. 28 – 68.
- (31) Sabastizagal A, 2004, "*Geología General de la U.P.Uchucchacua*", U.P.Uchucchacua, pp. 1 – 10.
- (32) Sabastizagal A, 2004, "*Geología General de la U.P.Uchucchacua*", U.P.Uchucchacua, pp. 15-19
- (33) Oseda, D. (2008) Metodología de la Investigación. Ed. Pirámide. pp. 117
- (34) Restituto, S. (2002) Tesis doctorales u trabajo de investigación científica. Ed. Paraninfo. México. Pp. 211
- (35) Cataldo, A. (1992): Manuel de Investigación científica. Ed, Eximpress. Lima. pp .32.
- (36) Kerlinger, F., y otros (2002), Investigación del comportamiento. Ed. Interamericana. México. pp. 114
- (37) Oseda, D. (2008) Metodología de la Investigación. Ed. Pirámide. pp. 117.
- (38) Hernández, R. y otros (2006) Metodología de la Investigación. Ed. Mc. Graw Hill México. pp. 126.
- (39) Oseda, D. (2008) Metodología de la Investigación. Perú: Ed. Pirámide. pp. 120.
- (40) Oseda, D. (2008) Metodología de la Investigación. Perú: Ed. Pirámide. pp. 121

#### **PAGINAS WEB**

- (1) Explotación Subterránea Mina San Rafael, Optimización de Perforación y Voladura, 03 Febrero del 2009.  
[http://Explotación Aurifera. Blogspot.com](http://Explotación_Aurifera.Blogspot.com), fecha de consulta: 05 Febrero 2011
- (2) Producción, Wikipedia la enciclopedia libre.htm, (2010)

<http://producción> (economía), fecha de consulta: 06 Febrero 2011

(3) Mc Gran Hill, en "Marketing. Producción y Costes de producción" (2008)  
[http:// marketing.MHTML.documento](http://marketing.MHTML.documento), fecha de consulta: 12 Febrero 2011

(4) V. der la Paloma, R. Maeztu, P. Gargallo, (2011), en [www.ecobachillerato.com](http://www.ecobachillerato.com)  
fecha de consulta: 12 Febrero 2011

(5) Asociación Nacional de Maestros de Ciencias de la Tierra (2008), ¿Qué es un Mineral?  
<http://www.Mineral>, fecha de consulta: 10 Febrero 2011

(6) Mikipedia (2011), "Los Minerales"  
<http://www.Los Minerales>. Fecha de consulta: 10 Febrero 2011

(7) AulaGEA (1999), ¿Qué son los Minerales?  
<http://www.los minerales>. Fecha de Consulta: 10 Febrero 2011

(8) Espasa Calpe en su Diccionario de la Lengua Española (2005) "Definición de Incremento"  
<http://www.Incremento>. Fecha de Consulta: 10 Febrero 2011

(9) Larousee Editorial, S.L. en su diccionario Manual de la Lengua Española Vox (2007), "Incremento"  
<http://www.Incremento>. Fecha de consulta: 10 Febrero 2011

(10) DefinicionyConcepto.com, (2010) en "Definición de Incremento"  
<http://www.Incremento>. Fecha de consulta: 10 Febrero 2011

(11) Larousee Editorial, S.L, en su diccionario "Incremento"  
<http://www.Incremento>: Fecha de consulta: 10 Febrero 2011

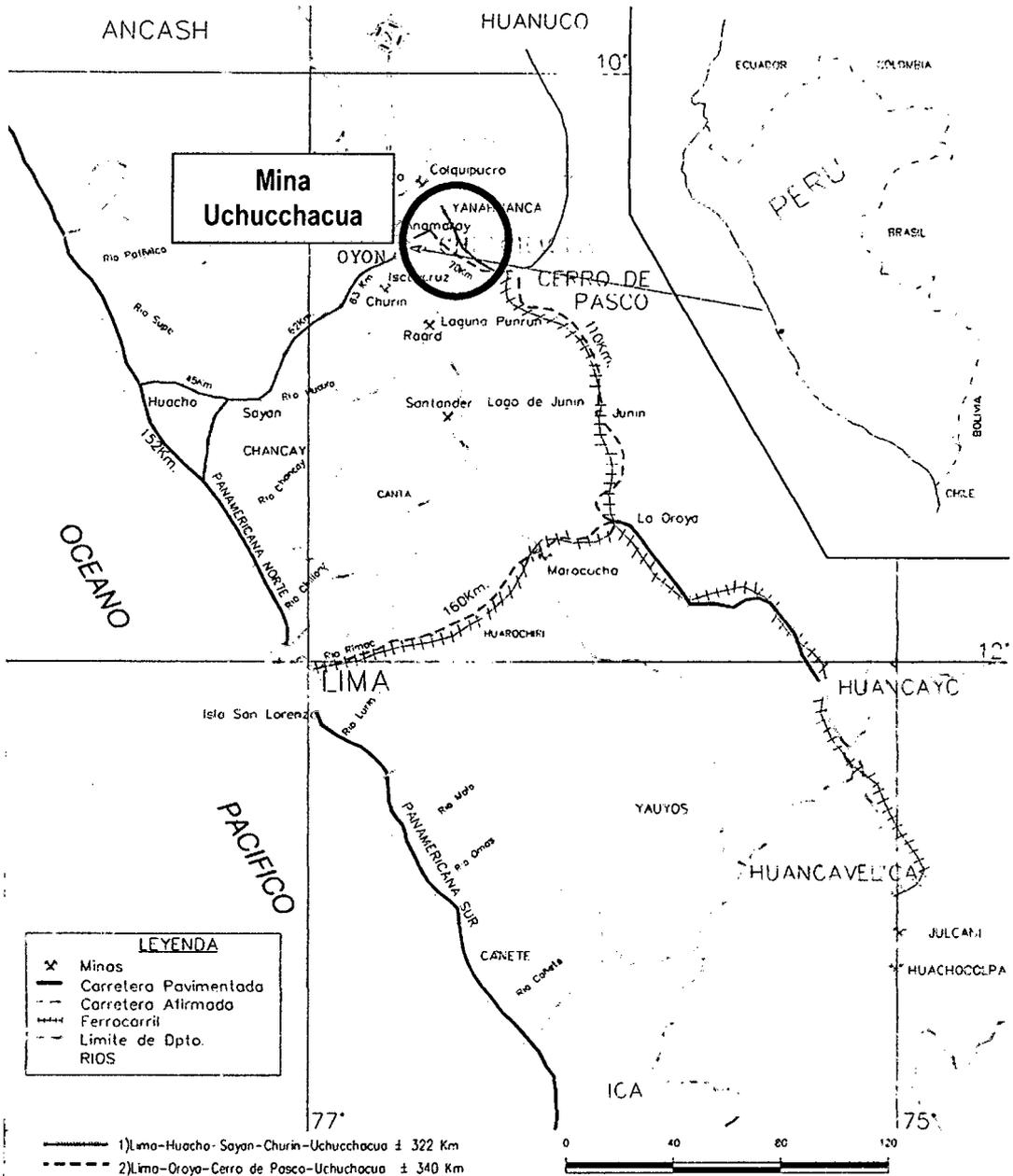
# ANEXOS

## Anexo N° 01 Matriz de Consistencia

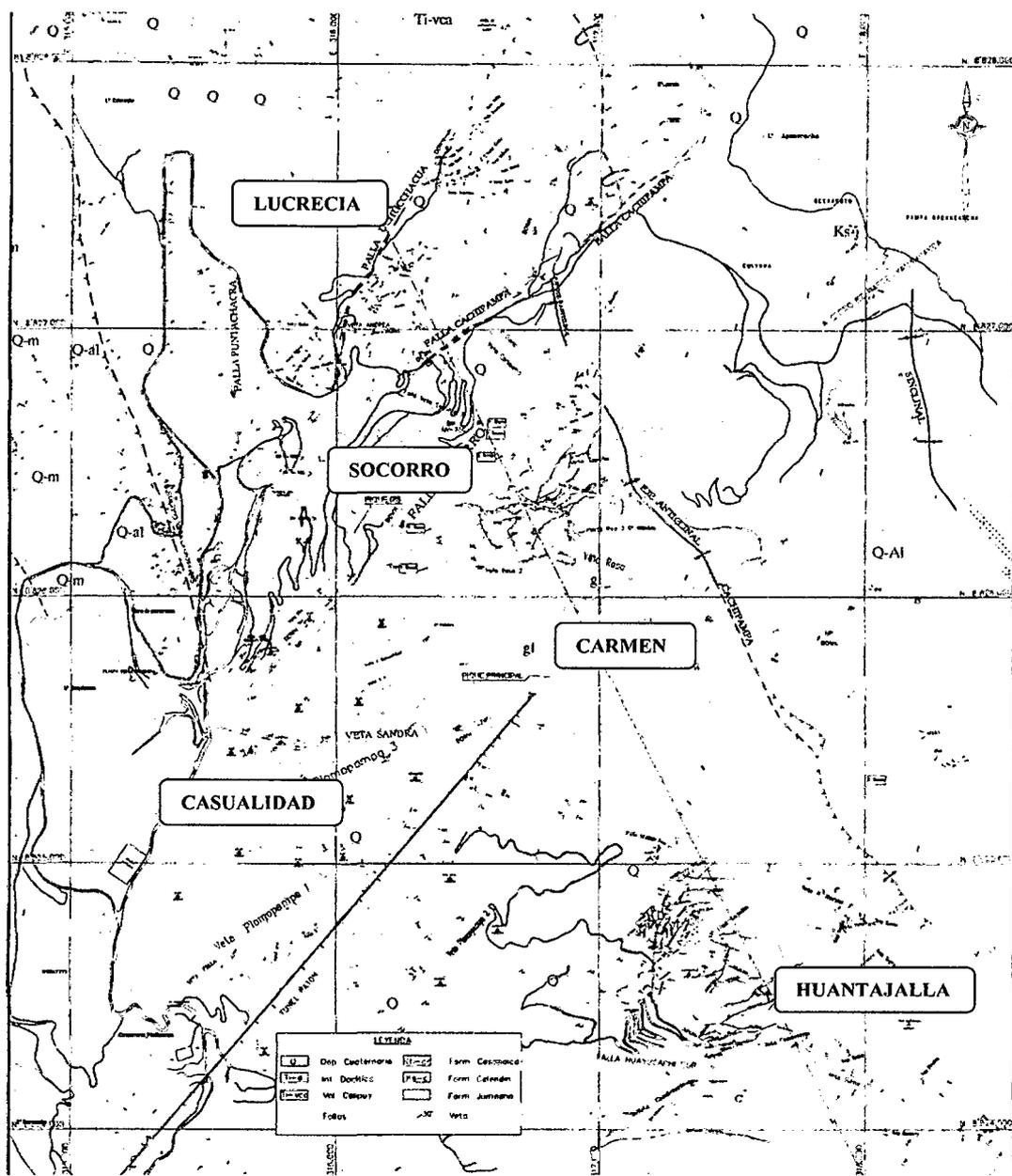
### TÍTULO: EXPLOTACION DE UN CUERPO MINERALIZADO POR SUBNIVELES CON TALADROS LARGOS EN LA UNIDAD DE PRODUCCION UCHUCCHACUA

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPOTESIS Y VARIABLE:	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿De qué manera se incrementa la producción de mineral durante el mes, aplicando la explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos, en la Unidad de Producción de Uchucchacua?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>a) ¿Cómo es la presencia de métodos Masivos de Minado en cuerpos mineralizados en la unidad de producción de Uchucchacua?</p> <p>b) ¿De qué manera los Equipos de Perforación y Técnicas de Voladura son apropiados para el cuerpo mineralizado, en la Unidad de Producción Uchucchacua?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Demostrar el incremento de Producción de Mineral durante el mes, aplicando la explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos, en la Unidad de Producción Uchucchacua.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>a) Identificar y determinar el método Masivo de Explotación, aplicado en cuerpos mineralizados, en la Unidad de Producción Uchucchacua.</p> <p>b) Identificar y determinar los Equipos de Perforación y Técnicas de Voladura apropiados para el cuerpo mineralizado, en la Unidad de Producción Uchucchacua.</p>	<p><b>1. ANTECEDENTES</b></p> <p><b>A NIVEL NACIONAL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotación Subterránea Mina San Rafael (2009): Omar Prospero Sancho Cusi "Optimización de Perforación y Voladura".</li> <li>- Aplicación de taladros Largos en la Mina Gayco de la Unidad Minera Raura (2003): Alex Torres e Isaac Ríos, "Aplicación de Taladros Largos en la explotación por Subniveles en la mina Gayco".</li> </ul> <p><b>A NIVEL INTERNACIONAL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No se encontró bibliografía.</li> </ul> <p><b>2. MARCO TEORICO REFERENCIAL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explotación de Minas</li> <li>• Elección de un Método de Explotación</li> <li>• Clasificación de los principales métodos de explotación</li> <li>• Producción</li> <li>• Mineral</li> <li>• Incremento</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>Si se aplica la explotación por Subniveles con Taladros Largos en cuerpos, se incrementará la producción de mineral durante el mes, en la Unidad de Producción Uchucchacua.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b></p> <p>a) La presencia de métodos Masivos de Minado en cuerpos mineralizados en la unidad de producción de Uchucchacua es eficiente.</p> <p>b) Los Equipos de Perforación y Técnicas de Voladura son apropiados para el cuerpo mineralizado, en la Unidad de Producción Uchucchacua.</p> <p><b>VARIABLES:</b></p> <p><b>Variable Independiente:</b> Explotación por subniveles con taladros largos en cuerpos.</p> <p><b>Variable Dependiente:</b> Incremento de producción de mineral.</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACION:</b> Aplicada.</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACION:</b> Explicativo.</p> <p><b>MÉTODO DE INVESTIGACION:</b> Experimental.</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> Pre Experimental.</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> <b>Población:</b> Mina Uchucchacua. <b>MUESTRA:</b> No Probabilística.</p> <p><b>TÉCNICAS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS</b> Por observación directa, análisis de documentos e internet. (cuadro de recolección de datos)</p> <p><b>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS</b> Softwares diferentes de minería Árbol de Causa-Efecto</p>

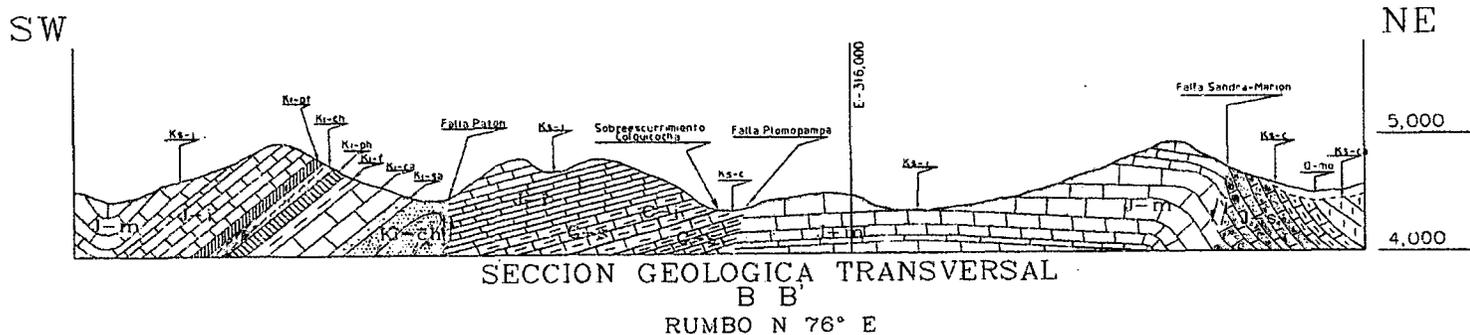
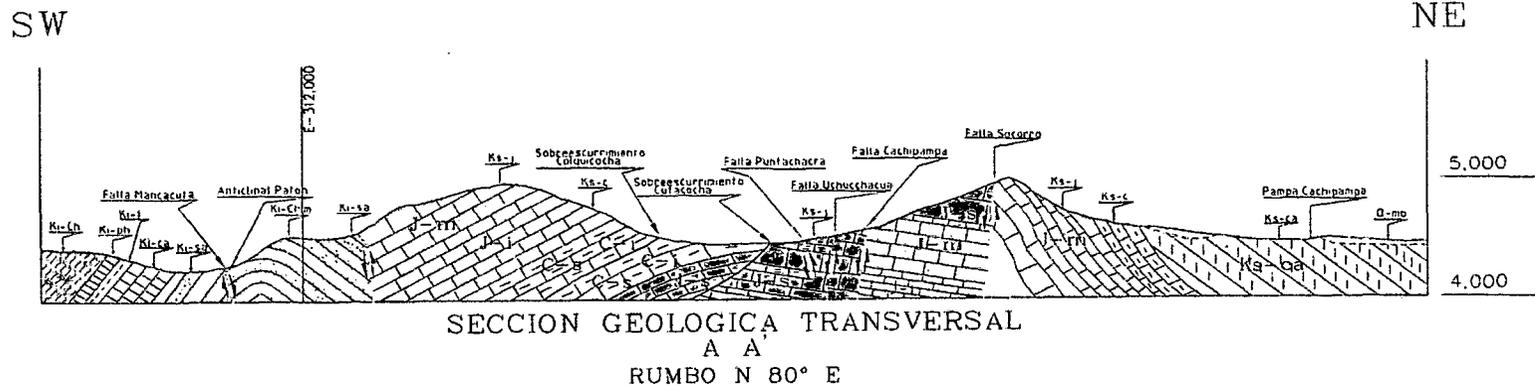
# Anexo N° 02 - PLANOS



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL</b> <b>Escuela Académico Profesional de Minas</b>			
<b>PLANO DE UBICACIÓN Y ACCESO A LA UNIDAD DE PRODUCCION UCHUCHACUA</b>			
Presentado por: M. R. Gonzales V. J.L. Velasquez T.		Tesis para obtener Título profesional de Ingeniero de Minas	
Revisado: Ing. A. Sabastizagal V.	Fecha: Diciembre - 2011	Escala: 1 / 2'000,000	PLANO: N° 01



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL</b> <b>Escuela Académico Profesional de Minas</b>			
<b>PLANO DE GEOLÓGIA ESTRUCTURAL: Afloramientos y Zoneamientos</b>			
Presentado por:		Tesis para obtener Título profesional de	
M. R. Gonzales V. J.L. Velasquez T.		Ingeniero de Minas	
Revisado: Ing. A. Sabastizagal V.	Fecha: Diciembre - 2011	Escala: 1 / 2'000,000	PLANO: Nº 02

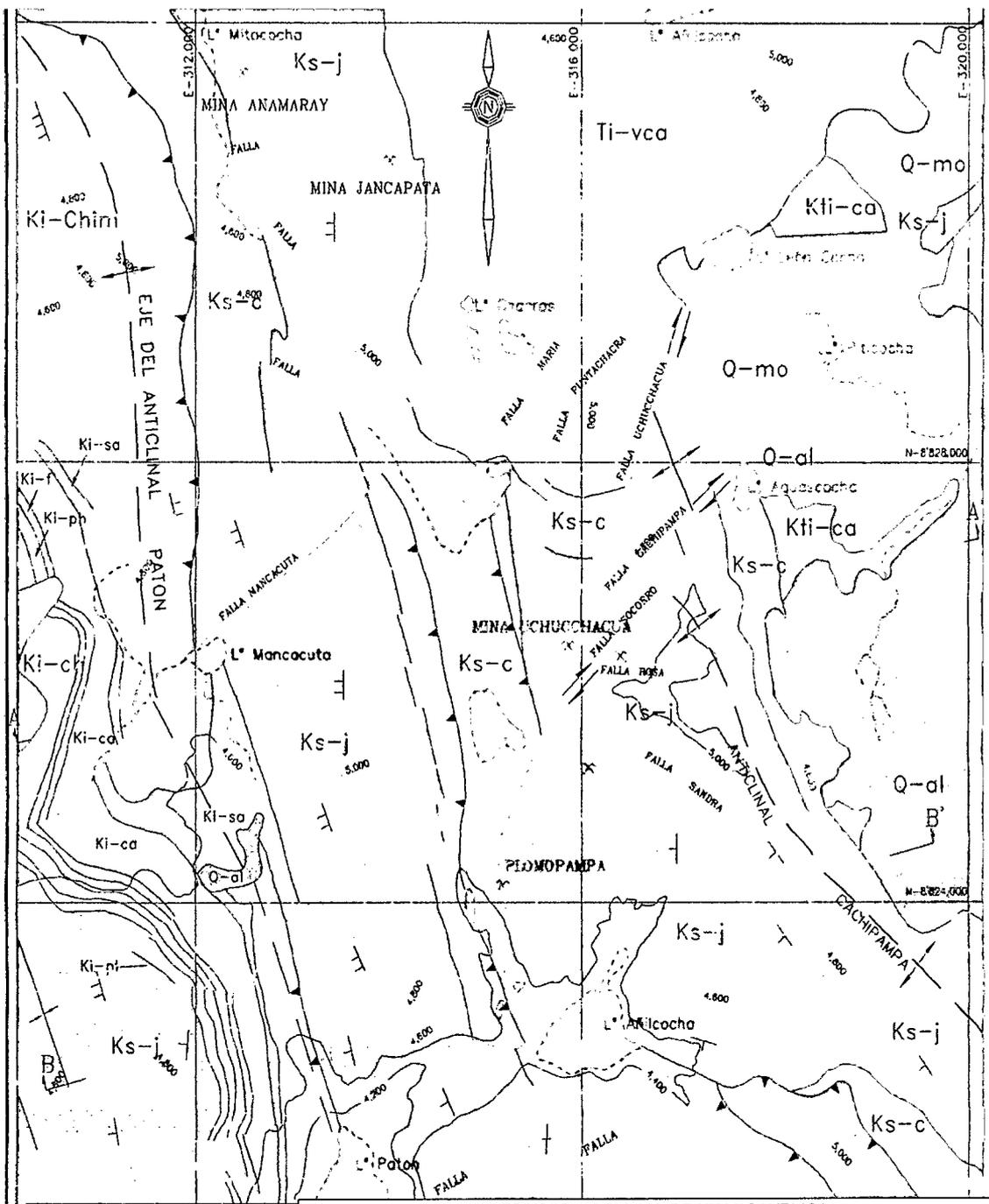


<p>Formacion Jms Sup</p> <p>Formacion Jms Med</p> <p>Formacion Jms Inf</p>	<p>Intrusivo Dóstico</p> <p>Dep. Aluv. y Morrenico</p> <p>V. Colquiy</p> <p>F. Celendia</p> <p>F. Junascha</p> <p>F. Paratambo</p>	<p>Ks-1</p> <p>Ks-2</p> <p>Ks-3</p> <p>Ks-4</p> <p>Ks-5</p> <p>Ks-6</p> <p>Ks-7</p> <p>Ks-8</p> <p>Ks-9</p> <p>Ks-10</p> <p>Ks-11</p> <p>Ks-12</p> <p>Ks-13</p> <p>Ks-14</p> <p>Ks-15</p> <p>Ks-16</p> <p>Ks-17</p> <p>Ks-18</p> <p>Ks-19</p> <p>Ks-20</p> <p>Ks-21</p> <p>Ks-22</p> <p>Ks-23</p> <p>Ks-24</p> <p>Ks-25</p> <p>Ks-26</p> <p>Ks-27</p> <p>Ks-28</p> <p>Ks-29</p> <p>Ks-30</p> <p>Ks-31</p> <p>Ks-32</p> <p>Ks-33</p> <p>Ks-34</p> <p>Ks-35</p> <p>Ks-36</p> <p>Ks-37</p> <p>Ks-38</p> <p>Ks-39</p> <p>Ks-40</p> <p>Ks-41</p> <p>Ks-42</p> <p>Ks-43</p> <p>Ks-44</p> <p>Ks-45</p> <p>Ks-46</p> <p>Ks-47</p> <p>Ks-48</p> <p>Ks-49</p> <p>Ks-50</p>
--	--	--

F. Chulec
F. Parach
F. Parat
F. Coria
F. Santa
F. Chimo

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL</p> <p>Escuela Académico Profesional de Minas</p>			
<p>GEOLOGIA REGIONAL: Secciones Transversales AA' BB'</p>			
Presentado por:	Tesis para obtener Título profesional de		
M. R. Gonzales V. J.L. Velasquez T.	Ingeniero de Minas		
Revisado: Ing. A. Sabastizagal V.	Fecha: Diciembre - 2011	Escala: 1 / 50,000	PLANO: Nº 03

7



EDAD	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	
CUATERNARIO	SEP. ALUVIALES MORRINCOS	Q-c1 Q-c2
TERCIARIO	YACAMAYO CALPUY	T-c1
CRETACEO SUPERIOR	CASAPALCA	T-c2
	CELENO JUMASHA	T-c3
CRETACEO INFERIOR	PAPATAYO	T-c4
		T-c5
	GRUPO VACHOY	T-c6
	GRUPO COYLA-ROSAVITA	T-c7
	FARRAT	T-c8
	CARILLAS	T-c9
	SANTA	T-c10
	ORNO	T-c11
	ORNO	T-c12

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS - CIVIL**  
**Escuela Académico Profesional de Minas**

**GEOLOGIA REGIONAL DEL CENTRO MINERO UCHUCHACUA**

Presentado por:		Tesis para obtener Título profesional de	
M. R. Gonzales V. J.L. Velasquez T.		Ingeniero de Minas	
Revisado: Ing.	Fecha: Diciembre - 2011	Escala:	PLANO:
A. Sabastizagal V.		1 / 50,000	N° 04

ERA	SIST.	SERIE	PISO	MIL AÑOS	LITOLÓGIA	POTENCIA MTS.	FORMACION	CARACTERÍSTICAS
	CUATERN.			1				DEPOSITOS ALUVIALES Y MORENICOS
CENOZOICO	TERCERARIO	NEOGENO	PLIOCENO	30		500	CALIPUY (VOLCANICOS UCHUCCHACUA)	PIROCLASTICOS-DERRAMES ANDESITICOS-INTRUSIVOS PORFIDO-DASITICOS (1) Y RIOLITICOS (2)
			MIOCENO					
		PALEOGENO	OLIGOCENO	69		1,000	CASAPALCA	LUTITAS, ARENSICAS Y CONGLOMERADOS
			EOCENO					
			PALEOCENO					
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	DORNONIANO	80		120	CELLENDIN SUPERIOR	LUTITAS Y MARGAS
			CAMPANIANO		100	CELLENDIN INFERIOR	CALIZAS MARGOSAS LUTITAS CALCAREAS	
			SANTONIANO		1,460 mts.	JUMASHA SUPERIOR	CALIZAS AFANITICAS	
			CONIACIANO			JUMASHA MEDIO	CALIZAS GRISES ALTERNADAS CON CALIZAS NODULOSAS	
		INFERIOR	CENOMANIANO	86		1,670 mts.	JUMASHA INFERIOR	CALIZAS, MARGAS Y SILEX ALTERNADOS
			ALBIANO		50		PARIATAMBO	LUTITA CARBONOSA CALIZA
			APTIANO		200		CHULEC	MARGAS, LUTITA, CALIZA
			BARREMIANO		50		PARIAHUANCA	CALIZAS MASIVAS
					50		FARRAT	ARENSICAS BLANCAS
			VALANGNIANO		600		CARHUAZ	ARENSICAS Y LUTITAS
	120	SANTA	CALIZAS Y LUTITAS					
	500	CHIMU	CUARCITAS					
	400	OYON	CAPAS CARBONOSAS ARENSICAS Y LUTITAS INTERCALADOS					

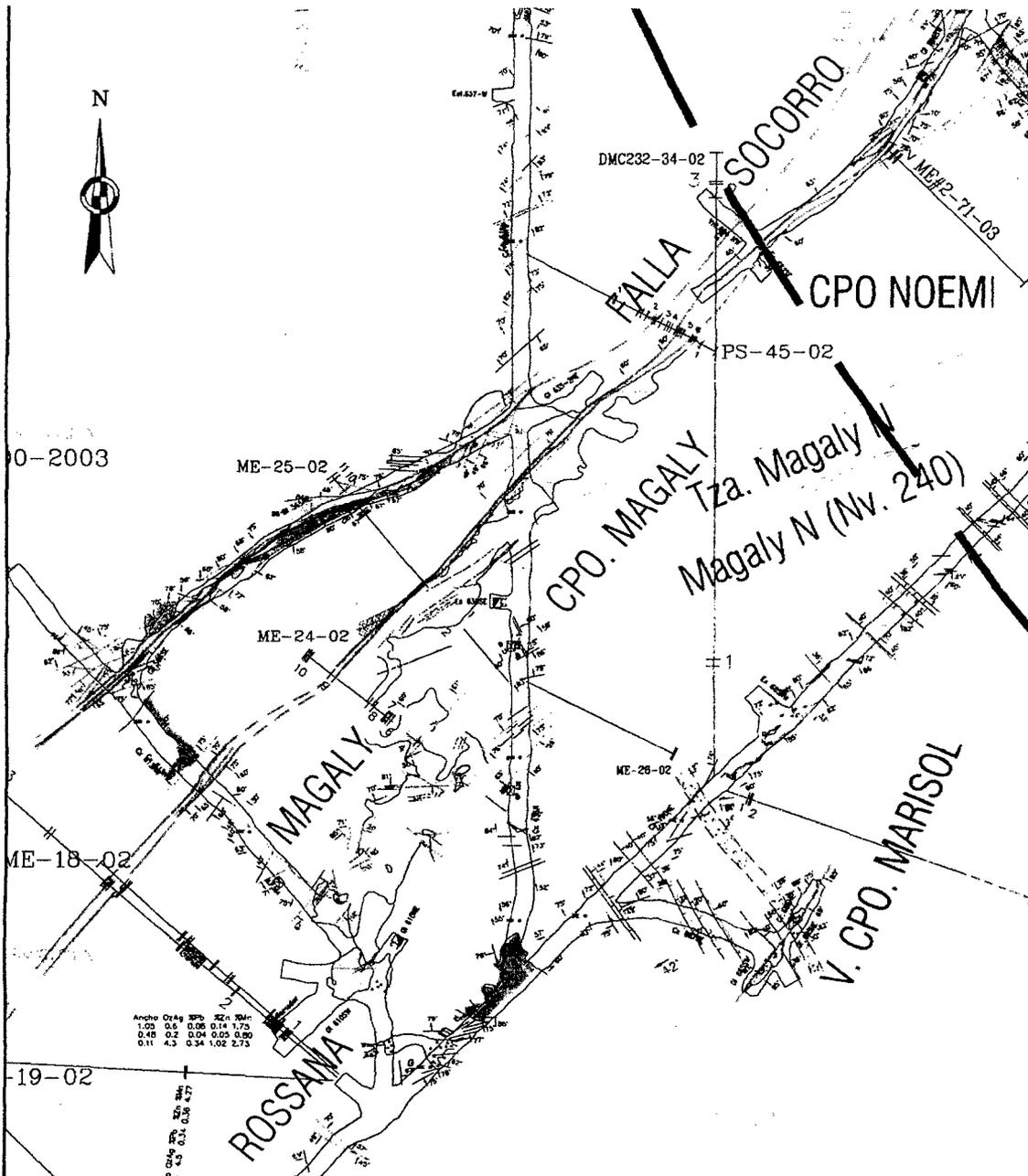
Mineralización Cpo. Magaly

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL**  
**Escuela Académico Profesional de Minas**

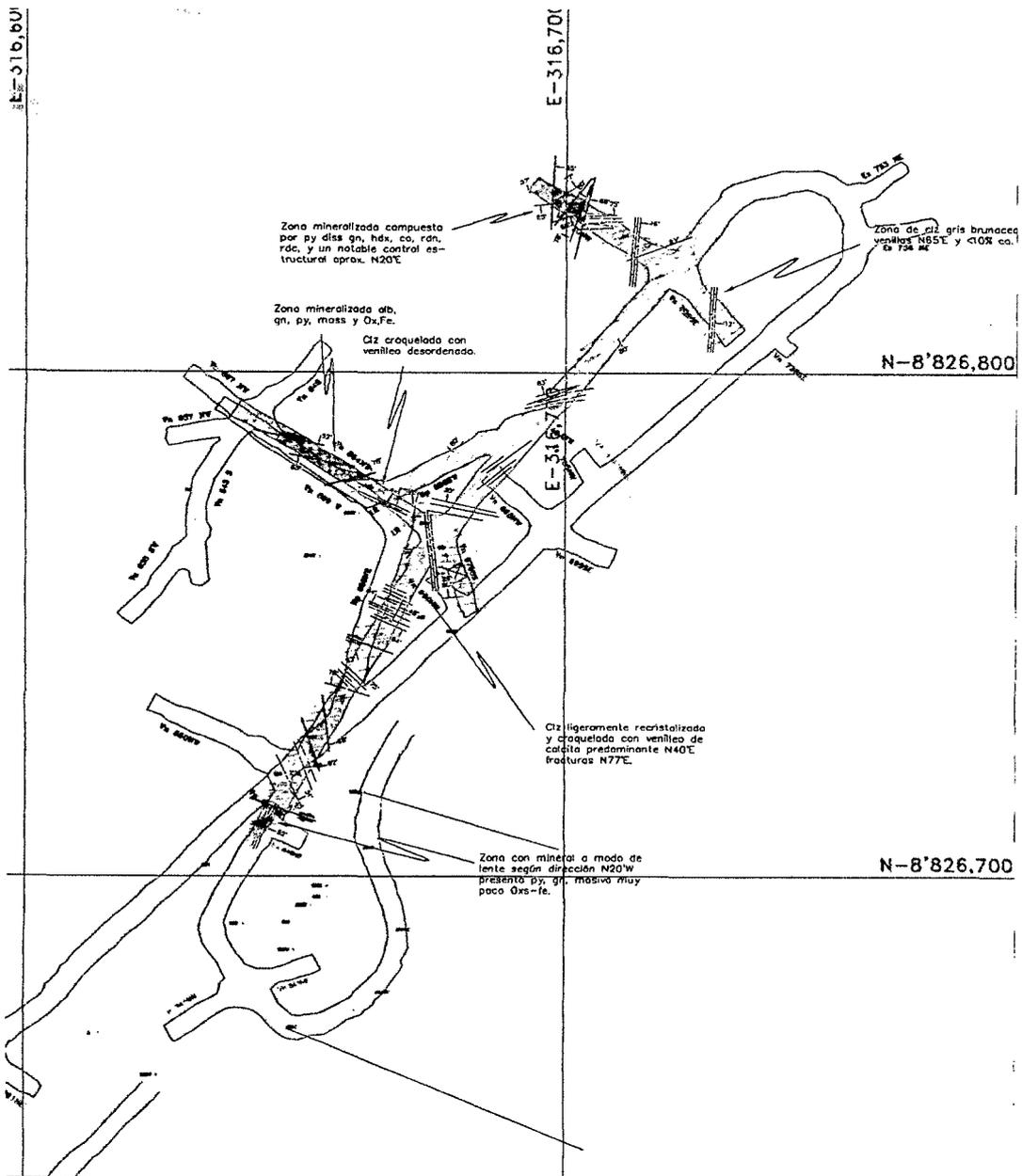
**COLUMNA ESTRATIGRÁFICA: Unidad de Producción Uchucchacua**

Presentado por: M. R. Gonzales V. J. L. Velasquez T.	Tesis para obtener Título profesional de Ingeniero de Minas
--	---

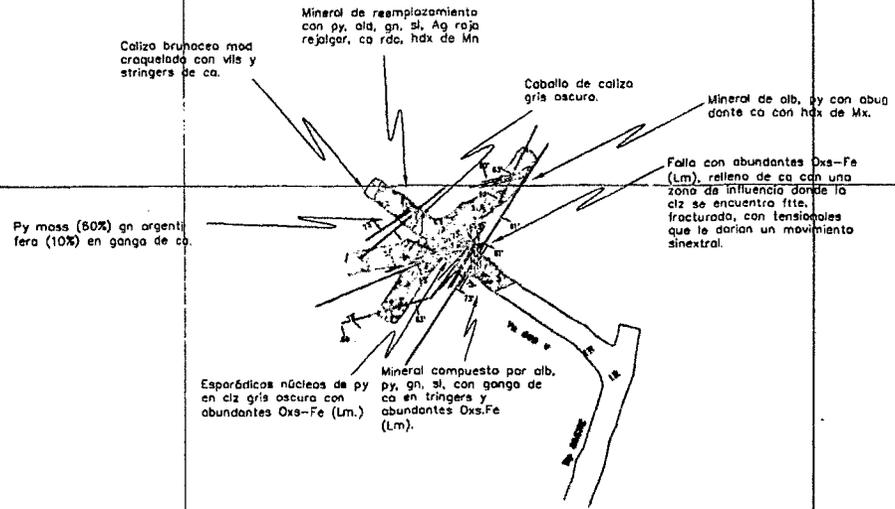
Revisado: Ing. A. Sabastizagal V.	Fecha: Diciembre - 2011	Escala: S / E	PLANO: Nº 05
-----------------------------------	-------------------------	------------------	-----------------



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL</b> <b>Escuela Académico Profesional de Minas</b>			
<b>GALERIA 670 NE: Cuerpo Magaly - Mina Socorro</b>			
Presentado por:		Tesis para obtener Título profesional de	
M. R. Gonzales V. J. L. Velasquez T.		Ingeniero de Minas	
Revisado: Ing. A. Sabastizagal V.	Fecha: Diciembre - 2011	Escala: 1 / 1,000	PLANO: Nº 06

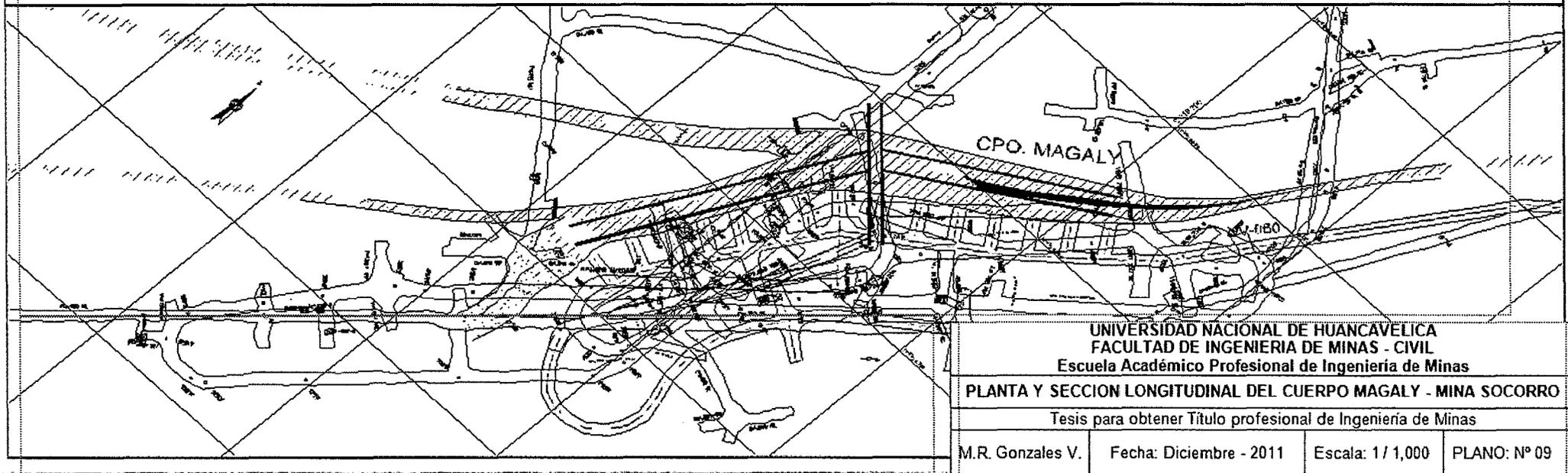
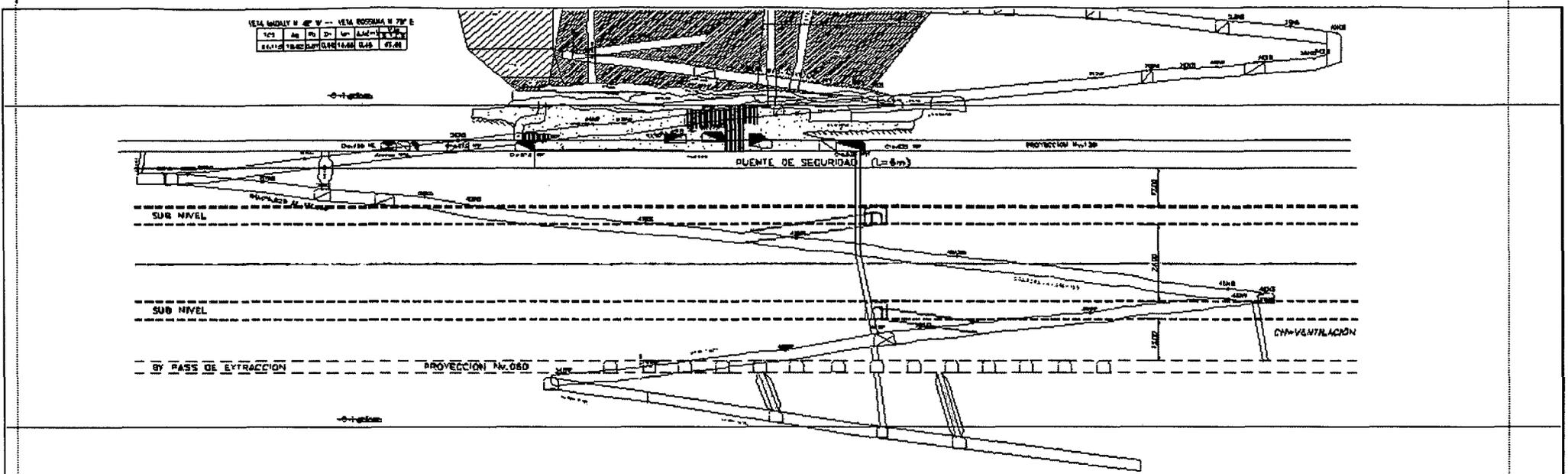


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL</b> <b>Escuela Académico Profesional de Minas</b>			
<b>PLANO DE EXPLOTACIÓN: Preparación de Rampa y Ventanas para inicio de explotación</b>			
Presentado por: M. R. Gonzales V. J. L. Velasquez T.		Tesis para obtener Título profesional de Ingeniero de Minas	
Revisado: Ing. A. Sabastizagal V.	Fecha: Diciembre - 2011	Escala: 1 / 1,000	PLANO: Nº 07



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL Escuela Académico Profesional de Minas			
<b>RAMPA 626 NE : Cuerpo Magaly Nivel 120 - Mina Socorro</b>			
Presentado por: M. R. Gonzales V. J. L. Velasquez T.		Tesis para obtener Título profesional de Ingeniero de Minas	
Revisado: Ing. A. Sabastizagal V.	Fecha: Diciembre - 2011	Escala: 1 / 1,000	PLANO: N° 08

VETA MAGALY N. 40° V. — VETA ROSERMA N. 70° E.  
 1:25 1:50 1:75 1:100 1:150 1:200  
 1:250 1:300 1:350 1:400 1:450 1:500



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS - CIVIL  
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas  
**PLANTA Y SECCION LONGITUDINAL DEL CUERPO MAGALY - MINA SOCORRO**  
 Tesis para obtener Título profesional de Ingeniería de Minas  
 M.R. Gonzales V.    Fecha: Diciembre - 2011    Escala: 1/1,000    PLANO: N° 09