

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad

en la mina Socorro – U.P. Uchucchacua de la Compañía Minera

Buenaventura S.A.A.

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Minas

Autor: Bach. Johan Albert DEUDOR YALICO

Asesor: Mg. Oswaldo GORA TUFINO

Cerro de Pasco – Perú – 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad

en la mina Socorro – U.P. Uchucchacua de la Compañía Minera

Buenaventura S.A.A.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Silvestre BENAVIDES CHAGUA

PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS

MIEMBRO

Ing. Rosas FLORES MEJORADA

MIEMBRO

DEDICATORIA

Este trabajo
de investigación
la dedico a mi madre:
Juana Yalico Prudencio,
por su apoyo incondicional
para poder alcanzar mi objetivo.

RESUMEN

Uchucchacua es un depósito hidrotermal epigenético del tipo de relleno de fracturas (vetas), estas fracturas también fueron canales de circulación y reemplazamiento metasomático de soluciones mineralizantes que finalmente formaron cuerpos de mineralizados. La presencia local de intrusivos ácidos, como pequeños stocks y diques, señalan la posible existencia de concentraciones o cuerpos mineralizados de tipo de metasomatismo de contacto, con valores de zinc.

Las rocas predominantes en el yacimiento minero Uchucchacua corresponden a las sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e instruyendo a las anteriores se observan dos tipos de intrusivos.

El aspecto estructural es de suma importancia en Uchucchacua y así lo refirió el Ing. A. Benavides (abril, 1974) “La génesis del yacimiento de Uchucchacua está relacionado con 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”.

Las principales estructuras o fallas locales son del sistema NE – SW y las fallas tensionales son del sistema EW – NW. Asimismo, las fases compresivas han plegado los sedimentos cretácicos y formado los anticlinales de Cachipampa, Pacush y Patón, en una orientación NW-SE, inclinada hacia su flanco occidental y en menor magnitud, existen zonas disturbadas locales siempre asociadas a los plegamientos mayores.

Localmente, se ha determinado tres sistemas de fracturas del rocoso. El primero tiene un sentido NE-SW, predominante en las zonas de Socorro y Casualidad. El segundo, en la zona de Carmen, de rumbo E-W. El tercer sistema de fracturas se encuentra indistintamente en las tres zonas, con rumbo NW-SE. Todas ellas, en diversa magnitud, han sido afectadas por la actividad hidrotermal.

Palabras clave: Optimización, ciclo del minado, productividad.

ABSTRACT

Uchucchacua is an epigenetic hydrothermal deposit of the type of fracture filling (veins), these fractures were also channels of circulation and metasomatic replacement of mineralizing solutions that finally formed mineralized bodies. The local presence of acidic intrusives, such as small stocks and dikes, indicate the possible existence of mineralized concentrations or bodies of contact metasomatism type, with zinc values.

The predominant rocks in the Uchucchacua mining deposit correspond to the sediments of the Cretaceous, on them there are tertiary volcanics, and instructing the previous two types of intrusives are observed.

The structural aspect is of the utmost importance in Uchucchacua and was mentioned by Ing. A. Benavides (April, 1974) “The genesis of the Uchucchacua deposit is related to a main geological structure of our Andes, evidenced by the intrusive bodies of Raura, Uchucchacua, Chungar, Morococha and others. It is also evident that this magmatic activity has brought about the formation of important mineral deposits. In this regard, it should be noted that the composition of the intrusive rocks found in Uchucchacua are of intermediate acidity, similar to that of many other intrusives related to mineral deposits in Peru.”

The main structures or local faults are from the NE - SW system and the voltage failures are from the EW - NW system. Likewise, the compressive phases have folded the cretaceous sediments and formed the Cachipampa, Pacush and Patón anticline, in an NW-SE orientation, inclined towards its western flank and to a lesser extent, there are local disturbed areas always associated with the major folds.

Locally, three rock fracture systems have been determined. The first has a NE-SW sense, predominant in the areas of Relief and Chance. The second, in the area of Carmen,

heading E-W. The third fracture system is found interchangeably in all three zones, with NW-SE heading. All of them, in varying magnitude, have been affected by hydrothermal activity.

Keywords: Optimization, mining cycle, productivity.

INTRODUCCION

La unidad de Uchucchacua es el primer productor primario de Plata en el Perú y el quinto a nivel mundial (229 millones de oz finas de Ag desde 1975). El yacimiento contiene una mineralización emplazada en una secuencia de rocas carbonatadas de la formación Jumasha del cretáceo superior, compuesta por cuerpos y vetas, de reemplazamiento y relleno de espacios abiertos. La mineralogía es variada y compleja siendo una de las localidades con presencia de uchucchacuita y benavidesita, así como cristales de colección de rodocrosita y alabandita.

Las operaciones de minado se desarrollan en tres zonas: Gina- Socorro, Carmen y Huantajalla; de estas, la zona Socorro es la que genera mayor aporte a la producción, siendo la más importante para el futuro desarrollo de la mina. La zona de profundización de Gina - Socorro, considerada en el presente estudio, está comprendida entre los Niveles 3610 y Nivel 3510.

La mineralización en este sector abarca una longitud de aproximadamente 1 km y la potencia de la estructura mineralizada es variable, de 1 a 4.5 m, muy localmente en algunos sectores hasta 16 m.

El presente trabajo de investigación nos permite alcanzar, una optimización en el ciclo de minado, ya que teniendo la perforación y voladura diseñada para un proceso de producción eficiente, nos queda diseñar una adecuada extracción, manteniendo un adecuado sostenimiento, logrando de este modo un adecuado ciclo de minado en la mina Socorro de la UP. Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

INDICE

DEDICATORIA	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
INDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1	IDENTIFICACION Y DETERMINACION DEL PROBLEMA.....	1
1.2	DELIMITACION DE LA INVESTIGACION	1
1.3	FORMULACION DEL PROBLEMA	2
	1.3.1 PROBLEMA GENERAL.....	2
	1.3.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	2
1.4	FORMULACION DE OBJETIVOS	2
	1.4.1 OBJETIVO GENERAL	2
	1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
1.5	JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	3
1.6	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1	ANTECEDENTES DE ESTUDIO	5
2.2	BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS.....	9
	2.2.4. DESARROLLO DE LOS TIPOS DE PLANEAMIENTO DEL PROYECTO	11
	2.2.5. INFORMACIÓN PARA EL CICLO Y CONTROL DE OPERACIONES	13
	2.2.6. ASPECTOS GENERALES DE LA MINA	14
	2.2.6.10. NUESTROS VALORES.....	24
2.3	DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	25
2.4	FORMULACION DE HIPOTESIS	27
	2.4.1 HIPOTESIS GENERAL	28
	2.4.2 HIPOTESIS ESPECIFICOS	28
2.5	IDENTIFICACION DE VARIABLES.....	28
	2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:.....	28
	2.5.2 VARIABLES DEPENDIENTES.....	28

2.5.3 VARIABLE INTERVINIENTE.....	28
2.6 DIFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES	29

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.2 METODOS DE INVESTIGACION.....	30
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACION	31
3.4 POBLACION Y MUESTRA	31
3.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	31
3.5.1 Técnicas	31
3.5.2 Instrumentos.....	31
3.6 TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.....	32
3.7 TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS.....	32
3.8 SELECCIÓN, VALIDACIO Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION	32
3.9 ORIENTACION ETICA.....	33

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	35
4.1.1 CONSIDERACIONES GEOMECÁNICAS	35
4.1.2 CARACTERISTICAS DEL YACIMIENTO.	36
4.1.3 ARREGLO ESTRUCTURAL.....	36
4.1.4 INFLUENCIA DE LOS ESFUERZOS.....	37
4.2 PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	38
4.2.1. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.....	38
4.2.2 CÁLCULO DE RESERVAS MINABLES Y VALOR DE MINERAL	40
4.2.3 CÁLCULO DEL MARGEN DE UTILIDAD Y VALOR PRESENTE NETO.....	42
4.2.4 LEY MÍNIMA DE CORTE	46
4.2.5. CICLO DE MINADO	47
4.2.6. ACARREO DE MINERAL	60
4.2.7. SERVICIOS AUXILIARES.....	61
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS	64
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2. Flujo grama de información	14
Ilustración 1. Ubicación y accesos a Mina	15
Ilustración 3. Distribución de taladros en la Mina Socorro (vista de planta)	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla. Propiedades de la roca, Mina Socorro.....	38
Tabla 2. Costos directos relativos según métodos de explotación	38
Tabla 3. Selección del método de explotación	39
Tabla 4. Tabla. Porcentaje de recuperación de mineral.....	41
Tabla 5. Cálculo de la dilución según O'Hara	41
Tabla 6. Porcentaje de dilución según los métodos de explotación	42
Tabla 7. Porcentaje de dilución	42
Tabla 8. Costo de operación con el método de tajeo por subniveles con taladros largos	43
Tabla 9. Costo de operación con el método de corte y relleno.....	44
Tabla 10. Margen de Utilidad por cada método de minado	44
Tabla 11. Valor Presente Neto por método de minado	45
Tabla 12. productividad según método de minado.....	45
Tabla 13. Productividad en la Unidad de Uchucchacua.	46
Tabla 14. Cálculo de la ley mínima de corte	47
Tabla 15. Características para la perforación Mina Socorro	48
Tabla 16. Variables de control en la etapa perforación	49
Tabla 17. Burden según el modelo matemático de Pearse	54

Tabla 18. Determinación del Burden según el modelo matemático de Langefors.....	55
Tabla 19. Detalle de etapa de voladura en la Mina Socorro.....	56
Tabla 20. Distribución de carga explosiva en los taladros	59
Tabla 21. Características del equipo de acarreo	60
Tabla 22. Índices operacionales del ciclo de acarreo de mineral	61
Tabla 23. Detalle del ciclo de transporte de mineral	61
Tabla 24. Requerimiento de aire tajo 6675 – 2 – Mina Socorro	63
Tabla 25. Análisis Económico Tajo 6675 - 2.....	67

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 IDENTIFICACION Y DETERMINACION DEL PROBLEMA

La Unidad Operativa Uchucchacua. tiene un mineral económico de cabeza con contenidos de plata, plomo y zinc, los cuales son explotados usando diferentes métodos de explotación. Este mineral es procesado en la planta concentradora, obteniéndose concentrados de Plomo-Plata y Zinc-Plata.

La Unidad Minera tiene como objetivos una serie de proyectos y ser más selectivos en la explotación con una producción sostenida, como toda empresa minera en producción busca la mejora continua en sus operaciones. El fin de realizar este trabajo es de optimizar el Ciclo de Minado, sus procesos y la reducción de costos para garantizar la viabilidad y permanencia en el tiempo de la empresa.

1.2 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION

Con el estudio se mejorará la tecnología en cuanto la producción que se está realizando de tal manera que la optimización del ciclo de minado desarrollará una explotación sistemática. Con la optimización del ciclo de minado los rendimientos de tiempo al extraer el material se ahorrarán costos consiguiendo cumplir las metas previstas generando mayor rentabilidad de la empresa.

1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.3.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo optimizar el ciclo de minado para incrementar la productividad en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.?

1.3.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- a. ¿De qué manera realizar la optimización del ciclo del minado nos ayudara en la producción de la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.?
- b. ¿En qué medida efectuar una correcta evaluación geotécnica nos podrá ayudar en optimizar el ciclo del minado en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.?

1.4 FORMULACION DE OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar el ciclo de minado para incrementar la productividad en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a. Realizar la optimización del ciclo del minado nos ayudara en la producción de la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A
- b. Efectuar una correcta evaluación geotécnica para ayudar a optimizar el ciclo del minado en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A

1.5 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Realizar un estudio de optimización de métodos de minado aplicables a las zonas del yacimiento consideradas en la estimación de reservas con fecha de cierre, así como evaluar también un escenario incluyendo recursos con categoría de inferidos; en ambos casos con el propósito de seleccionar la o las alternativas más adecuadas de minado que logren el mayor beneficio económico de la mina y con buenos estándares de seguridad.

El ciclo de minado inicia con el trabajo de las excavadoras que tiene la función de arranque del material aurífero fluvioglacial de acuerdo al plan de minado y al diseño del pit, teniendo en cuenta las condiciones geométricas como la estabilidad del talud y por la versatilidad y flexibilidad de las excavadoras se logra una explotación selectiva. La excavadora una vez realizada el arranque del material aurífero fluvioglacial (preparación de material), debe realizar un adecuado carguío en el menor tiempo posible y ser acarreado del tajo al chute con volquetes, con capacidad de carga 15 m³. El Chute tiene una inclinación que permite que el material lavado descienda hacia una zaranda colocada en la parte inferior del chute, la zaranda separa el material en gruesos y finos, los gruesos son transportados hacia una cancha de relaves por medio de los cargadores frontales y los volquetes, el material restante es llevada hacia las pozas de desarenado.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

En cuanto a limitaciones no se tuvo ya que la empresa minera nos proporcionó todas las facilidades para la elaboración del presente trabajo de investigación.

El propósito es que se realice el ciclo de minado de una manera eficiente, se cuenta con estudios para poder obtener beneficios más que todo económicos para la empresa minera y la comunidad que lo rodea y poder tener un ambiente laboral eficiente.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO

“OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE MINADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DIARIA EN LA COOPERATIVA MINERA LIMATA LTDA.”

Autor: David Alberto Gaimes Sivana Para obtener el Título Profesional de: Ingeniero de Minas - Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería de Minas – UTP - Arequipa, marzo 2019

El presente trabajo de investigación toma importancia con su objetivo general de optimizar el Ciclo de Minado con la finalidad de incrementar a los 3000 metros cúbicos por día con la misma cantidad de equipos que cuenta la COOPERATIVA MINERA LIMATA LTDA., cuya meta alcanzar se basa en la ley 27651 “Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal en el artículo 91”, trabajando bajo la metodología de un tipo de tesis descriptivo y aplicativo con un diseño experimental, nivel de investigación aplicativo, cuya población constituida por todos los bienes de la COOPERATIVA MINERA

LIMATA LTDA., usando las técnicas de recolección de datos con registros de apuntes y cálculos de gabinetes con una ley de corte de 76%, un factor de recuperación del oro de 60% se llega a la siguiente conclusión: En la COOPERATIVA MINERA LIMATA LTDA., se propone un incremento de producción de 512 m³ /día con una ley de explotación 0.09 g Au/m³ , obteniendo 224.3 g Au/día, teniendo una diferencia de 46.1 gramos más de la producción real, lo cual calculado en años se propone obtener una utilidad de 13.28 kilos de oro anuales. Para alcanzar los 2492 m³ /día, se requiere una disponibilidad de equipos que consta de 2 excavadoras de 2.3 m³ capacidad de cuchara, 9 volquetes de 15 m³ de capacidad de tolva, 3 cargadores frontales de 3 m³ de capacidad de cuchara, 18 motobombas y un tractor a oruga modelo D6, existen equipos con fallas mecánicas y se propone un plan de mantenimiento, cuyo costo asciende a 22550 soles y finalmente se optimiza el trabajo, de las 5.5 horas efectivas de trabajo a 6.9 horas efectivas disminuyendo los tiempos innecesarios, los cuales incrementan una eficiencia de trabajo de 69% a 86.5%.

**“INCREMENTO DE PRODUCCIÓN ELABORANDO UN PLAN DE
MINADO EN LA CANTERA Josmar-empresa Mabeisa SAC –
FERREÑAFE 2017”**

**Tesis para Obtener el Título Profesional de Ingeniera de Minas Autor:
Lesly Nilvania Jiménez Zoto Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de
Ingeniería De Minas**

En el presente estudio tiene como objetivo incrementar la producción elaborando un plan de minado en la cantera Josmar - Empresa Mabeisa SAC- Ferreñafe. En la cantera Josmar se extrae agregados de construcción de manera artesanal ya que no cuentan un plan de minado adecuado para ello se ha realizado un plan de minado para organizar la extracción y determinar la producción actual y poder

incrementar la producción. En primer lugar, se elaboró un levantamiento topográfico con la finalidad de trazar un plano el cual ayudo a dimensionar el área de estudio y el trabajo extractivo que va llevar a cabo en el tiempo estimado de la vida útil de la cantera. Después se realizó un estudio geológico regional y local de la zona para determinar los depósitos existentes, cuales fueron encontrados depósitos aluviales recientes y aluviales recientes. Luego se ejecutó el cálculo de reservas, cuales se realizó en primer lugar calicatas para determinar su estratigrafía de la zona, luego se llevó el material extraído de la calicata al laboratorio para realizar los ensayos de granulometría, humedad y sales. Estos estudios nos ayudaron a determinar las reservas probadas y posibles. Luego se hizo un planeamiento de minado el cual se determinó la producción actual de la cantera y se pudo realizar el incremento de producción a un 39% y a la vez también se realizó un ciclo de flota actual, teniendo como método de extracción el método de descubiertas que me facilita extraer el material de la cantera Josmar.

“OPTIMIZACIÓN DEL MINADO EN LA MINA SAN RAFAEL”

Autor: Villafranca Romero, Máximo Walter – Facultad de Ingeniería de Minas - Universidad Nacional de Ingeniería

La Mina San Rafael tiene reservas de 14.5 millones de TM con una ley promedio de 5.10% Sn. Actualmente procesa 2,500 TMD de minerales de estaño con una ley de cabeza de 5.2 %. San Rafael es una mina subterránea perteneciente al grupo de la mediana minería, como empresa moderna hace uso intensivo de tecnología de punta en sus diferentes actividades, contando además con recursos humanos calificados. Cabe señalar además que San Rafael ha ubicado al Perú en el segundo lugar en el mundo en la producción de estaño. El método de explotación empleado para el minado de sus cuerpos y vetas es el banqueo por subniveles empleando taladros largos, también denominado Sublevel Stopping, este método de minado

fue introducido en forma de tajeos pilotos en el año 1,990, utilizando en ese entonces el equipo de perforación neumático Long Hole Wagon Drill de Atlas Copeo, el mismo que realizaba perforaciones radiales. Desde la implantación del método Sublevel Stopping, este ha sido modificado hacia la variante Large Blast Hole (LBH), esta variante es la aplicación de los principios de voladura a cielo abierto al laboreo de minas subterráneas. Actualmente se está introduciendo dos variantes importantes en la perforación de taladros largos, es decir, que se están perforando taladros radiales en lugar de taladros paralelos y por otro lado los niveles de perforación están ubicados cada 50 metros de altura lo que trae como consecuencia una considerable reducción de costos directos dado que se ejecutan menor cantidad de subniveles de perforación y además se realiza menor excavación y movimiento de material en la preparación de estos subniveles de perforación, ya que se requiere sólo un subnivel de 6.0 m x 4.0 m de sección para la perforación de los taladros radiales como se ilustra en el presente trabajo, por otro lado también San Rafael está efectuando una serie de innovaciones en sus diferentes unidades operativas por ejemplo tiene en marcha grandes proyectos como son el relleno en pasta que servirá para estabilizar las zonas explotadas así como para efectuar un minado selectivo, otro proyecto en actualmente en ejecución es la optimización de la ventilación para lo cual se están ampliando las secciones de los circuitos de ventilación también se están ejecutando 1215 metros de chimenea con equipo raise boring, así mismo también se tiene el proyecto de optimización de la extracción que será mediante un sistema mixto de extracción con un pique desde las zonas profundas del yacimiento hasta el nivel 4310 y a partir de este nivel mediante volquetes. El cambio en el tamaño de los equipos ha sido siempre con el único objetivo de mejorar los estándares de producción y

productividad, además el volumen de reservas de minerales lo justifican. Actualmente la mina San Rafael dispone para sus diversas operaciones equipos de última generación. La utilización de explosivos ha sufrido una diversificación en los mismos, empleándose actualmente para la voladura ANFO y Emulsiones, los mismos que nos dan resultados favorables.

2.2 BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS.

2.2.1 PLANIFICACIÓN MINERA

Según Newman, (2010), citado en Tapia (2015), la minería es el proceso de extracción de minerales concentrados su principal finalidad es obtener beneficio para una determinada empresa minera y a las restricciones físicas, geológicas y medioambientales que el yacimiento presente. Este proceso se divide en distintas etapas:

- **Prospección:** Consiste en la observación visual por el geólogo que se encarga de buscar indicios que lo llevan a descubrir un nuevo depósito mineral.
- **Exploración:** los geólogos evalúan el valor del depósito a través de la perforación y el análisis de testigos.
- **Desarrollo:** donde se establecen y crean accesos previos al material que será minado, para el subterráneo, o a la remoción del material estéril que se encuentra sobre el mineral, para el caso de minas a cielo abierto.
- **Explotación:** se extrae el mineral llevándolo para procesado a los depósitos.
- **Recuperación:** se busca recuperar en lo posible el área donde se desarrolló la actividad minera.

En la etapa de desarrollo se originan los planes mineros, donde se busca evaluar la capacidad de producción y la infraestructura. En esta etapa puede

implementarse la Investigación de Operaciones, para lo cual se tomará decisiones sobre la extracción de material y qué hacer con ello. También se debe tomar decisiones sobre la utilización de maquinarias y equipos para la extracción de minerales también asimismo se tomará decisiones sobre el tipo, cantidad y el lugar donde se deben guardar los equipos de maquinaria. Para estas respuestas se hace uso de modelos matemáticos y herramientas de optimización pueden ayudar a tomar la mejor decisión. Los planes mineros representan a los volúmenes de material a mover en un cierto periodo de tiempo y con un destino determinado. De modo que poseen dentro del negocio minero, es fundamental que estos sean factibles tanto desde el punto de vista de infraestructura disponible, como asegurar el abastecimiento de mineral a la planta por medio de una estrategia operacional.

2.2.2 CICLO DE MINADO

La determinación de un óptimo programa de producción, involucra definir el Ciclo de Minado, que es el orden de extracción o secuencia de explotación y una estrategia de leyes de corte variable en el tiempo, que este inserta en los límites establecidos por variables operacionales, económicas y comerciales. El diseño de la secuencia de extracción tiene una influencia determinante en el beneficio económico de la explotación. La determinación de esta, involucra parámetros tales como razón de stripping o despeje asociado con la recuperación del mineral, la Ley y la ubicación física con respecto a su disponibilidad en el tiempo, además de los costos asociados a la explotación y su influencia en la estrategia de optimización de la inversión. La definición, de la secuencia óptima de explotación de una mina es, frecuentemente, un problema complejo en el que intervienen factores de índole técnica y económica. Una vez definidos los límites de la

explotación, es preciso pasar a establecer el orden o la secuencia de extracción, tanto del estéril como del mineral al gran número de alternativas que pueden elaborarse, se hace necesario, la mayoría de los casos utilizar programas para llegar a encontrar la mejor solución.

2.2.3. IMPORTANCIA DEL CICLO DE MINADO

La planificación de la producción, es la tarea más lenta del diseño de minas de largo plazo. A medida que transcurre la explotación de la mina, se va adquiriendo información nueva y con frecuencia cambia los parámetros básicos involucrados en el proceso del diseño. Estos parámetros incluyen los niveles de producción de la mina, los precios de los productos, los costos de producción y procesamiento, sistema de manipulación de materiales, limitaciones geotécnicas del diseño, entre otros aspectos.

2.2.4. DESARROLLO DE LOS TIPOS DE PLANEAMIENTO DEL PROYECTO

2.2.4.1 Planeamiento a corto plazo

Generalmente el planeamiento a corto plazo contempla aspecto de detalle de ingeniería, donde se desarrolla diarios, semanales y mensuales, para las diferentes áreas, tales como: desarrollo primario, exploraciones, preparaciones, minado y diseño generales. Dentro de la mina Socorro, el planeamiento a corto plazo se elabora en forma mensual y todos los programas de trabajo están enmarcados dentro del planeamiento a mediano plazo establecido con anterioridad. Para cumplir con los objetivos y metas trazados en el planeamiento a corto plazo, es necesario darles seguimiento a todos los trabajos programados, tal que los

problemas se asistan con una solución óptima y oportuna para dar continuidad al proyecto. (Cuenta Chua, 2002)

2.2.4.2 Planeamiento a mediano plazo

El planeamiento de mediano plazo es de mayor envergadura, que el de corto plazo, se habla de términos de tiempo mayores, como el caso de Socorro un planeamiento de mediano plazo comprende de 2 a 3 años, donde se preveen los objetivos y metas a alcanzar, siendo los esquemas de trabajo más generalizados que el anterior, pero naturalmente se contempla los aspectos paramétricos del minado, tales como; metrajes de avances de desarrollo, tonelajes, leyes, costo y presupuesto.

2.2.4.3 Planeamiento a largo plazo

El nivel de planeamiento llega a los niveles jerárquicos altos, donde se planean estrategias generales para optimizar sus costos, recursos, inversiones a nivel corporativo. Sin embargo, en el nivel bajo (operativo) se pueden trazar esquemas de trabajo proyectados al futuro no inmediato. El desarrollo de un plan de explotación de minas a largo plazo, tiene como propósito concentrar las estrategias para el desarrollo global del yacimiento, a través de una secuencia de excavaciones óptima orientada a señalar la dirección lógica para el agotamiento de las reservas y procurando lograr un desarrollo armónico en las operaciones mineras, en el marco de un mejor aprovechamiento, que maximice la recuperación de la mena y minimice la extracción de estéril de acuerdo a las mezclas de mineral necesarias entre los sectores involucrados en el plan de minado. (Turpo Villalba, 2014)

2.2.5. INFORMACIÓN PARA EL CICLO Y CONTROL DE OPERACIONES

2.2.5.1 Sistema de información

Conjunto de información necesaria para la toma de decisión, que contiene subsistemas para recolectar, almacenar, procesar y discutir los conjuntos de información necesaria para realizar el plan de minado. El sistema de información debe proveer información necesaria, útil, oportuna, correcta y debe llegar selectivamente a los diferentes niveles como son: directivos de alto, medio y bajo nivel. Los subsistemas que intervienen en la mina son: (Herrera Herbert & Plá de la Rosa, 2001)

- Oficina mina.
- Oficina geología.
- Oficina ingeniería y planeamiento.
- Planta concentradora.
- Oficina de mantenimiento.
- Laboratorio.
- Oficina de sistemas.

2.2.5.2 Sistema de información para el ciclo

El sistema de información proporcionara todos los datos requeridos para el planeamiento y control de las operaciones de producción y de servicios. Los datos a ser usada en el planeamiento deben estar disponible en la fecha requerida, sean actuales y confiables.

2.2.5.3 Implementación del sistema de información

subsistema que interviene en la operación de minado, debe cumplir con preparar los datos requeridos en formatos especiales. López Jimeno, 1991).



Ilustración 1. Flujo grama de información

2.2.6. ASPECTOS GENERALES DE LA MINA

2.2.6.1. UBICACIÓN

Mina Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Geográficamente, La mina Uchucchacua se sitúa en la vertiente occidental de los Andes, correspondiendo al distrito y provincia de Oyón del Departamento de Lima. Se ubica alrededor de las siguientes coordenadas:

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

La mina se encuentra a una altura entre los 4,300 y 5,000 m.s.n.m.

Se encuentra aproximadamente a 180 Km. en línea recta al NE de la ciudad de Lima.

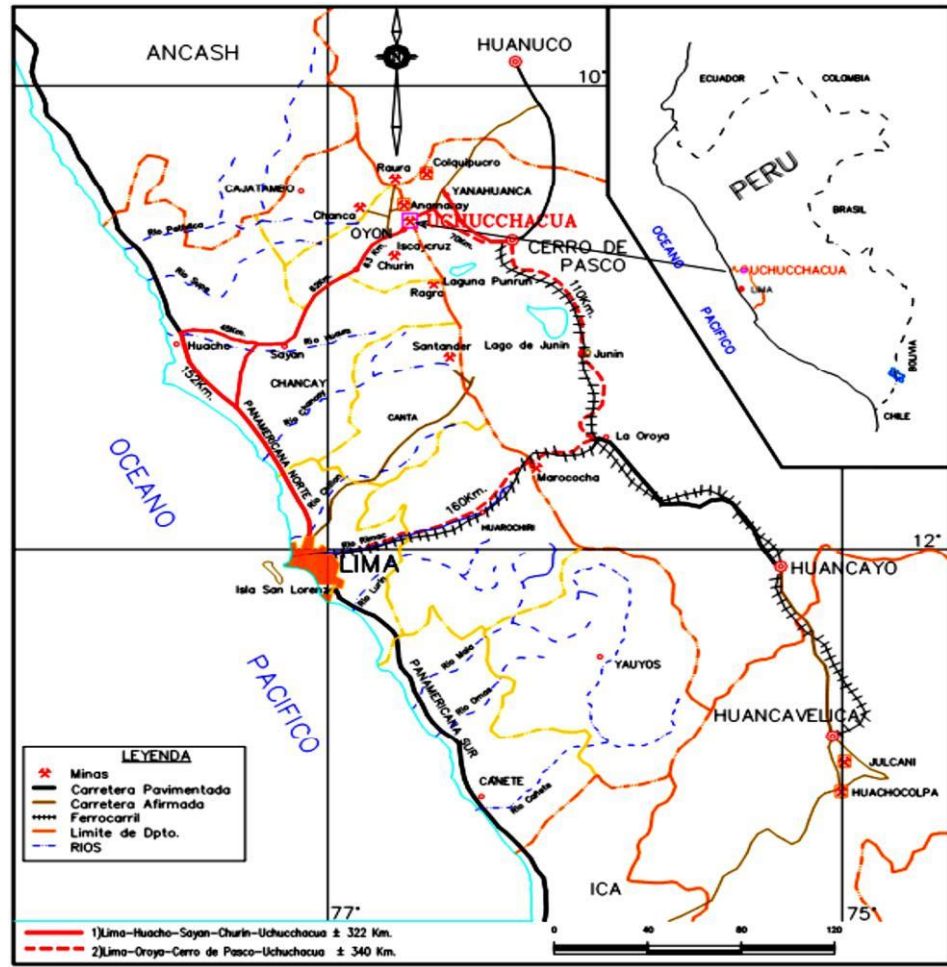


Ilustración 2. Ubicación y accesos a Mina

2.2.6.2. ACCESOS

El acceso principal desde la ciudad de Lima hasta la zona de estudio es por dos rutas:

Existen dos vías de acceso hacia la unidad:

- La principal lo constituye en primer término el tramo asfaltado Lima - Huacho de 152 km y de Huacho - Sayán de 45 km, posteriormente un tramo afirmado de Sayan-Churín de 62 Km. y Churín-Uchucchacua de 63 km; totalizando 322 km.
- El segundo acceso es el que une Lima - La Oroya - Cerro de Pasco de 270 km. asfaltado y Cerro de Pasco - Uchucchacua de 70 km. afirmado, totalizando 340 km.

2.2.6.3. GEOGRAFÍA

La zona muestra en la parte central del distrito minero de Uchucchacua 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 frío y seco entre los meses de abril a diciembre, tornándose lluvioso de enero a marzo, pero con temperaturas frías a moderadas.

La vegetación propia del área es escasa y constituida mayormente por ichu, variando a otras especies en las quebradas y valles encañonados, allí se realiza una incipiente agricultura.

2.2.6.4. GEOLOGÍA 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. El aspecto estructural es de suma importancia.

- **PLIEGUES**

Las fases comprensivas han plegado los sedimentos cretácicos formando el anticlinal de Cachipampa, en una orientación NW-SE e inclinado hacia su flanco occidental. Adyacente a la ubicación del anticlinal de Cachipampa, se localiza mucha de la mineralización presente en la mina. Entre ellas, también se ha emplazado veta Gina Socorro junto a la Mina Socorro.

- **MINAS Y FRACTURAMIENTOS**

Minas del área de Socorro

El área ha sido afectada por numerosas Minas en diversas etapas, las de mayor magnitud son transversales al plegamiento. Tal es el caso de la Mina Socorro que es una Mina de gran magnitud y que dio origen al cuerpo Leticia. Las Minas más importantes son las Minas:

Mancacuta, Socorro, Uchucchacua, Cachipampa y Patón.

Fracturamiento del área de Socorro

Tiene una importante relación genética el fracturamiento secundario en el aspecto estructural regional, pero de suma importancia económica, es el que se muestra alrededor de las Mina Socorro; muchas son Minas, otras son fisuras tensionales de limitada longitud. Todas ellas en diversa magnitud, han sido afectadas por actividad hidrotermal.

La Mina Socorro en superficie presenta una extensa longitud de aproximadamente 2500 metros y posee venillas irregulares de calcita, siempre con oxidaciones de manganeso y fierro.

2.2.6.5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

El área de Socorro es un depósito hidrotermal epigenético del tipo de relleno de fracturas (vetas), las cuales fueron los canales de circulación y reemplazamiento metasomático de soluciones mineralizantes que formaron los cuerpos de mineral.

La mineralización económica de mina Socorro es básicamente de Plata, como subproductos se extraen Zinc y plomo. Asimismo, se observa una amplia gama

de minerales de ganga de muy rara naturaleza como es el caso de la alabandita (sulfuro de Manganeso).

- **RECURSOS MINERALES**

La Mina Socorro se conoce desde superficie. En el nivel superior se desarrolló, preparo y exploto esta estructura mineralizada. Luego por la información de los sondajes diamantinos se decidió profundizar la Rampa 626 hasta el tajo 6675 - 2 desarrollando la Mina Socorro con silicatos, alabandita y material arcilloso oxidado.

- **AFLORAMIENTOS**

La Mina 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.

- **MINERALOGÍA.**

La mineralogía de la Mina Socorro y veta Gina Socorro es compleja, con una rica variedad de minerales tanto de mena como de ganga, entre los que tenemos:

MENA. Proustita, Pirargirita, Esfalerita, Marmatita, Jamesonita, Chalcopirita.

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

- **MINERALIZACIÓN**

PARAGÉNESIS

En los cuerpos de reemplazamiento como la Mina Socorro y veta Gina Socorro se sugiere 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 plata rojas con algo de calcita, estibina y rejalgar tardíos.

- **TIPO DE MINERALIZACIÓN.**

Debido a los movimientos de las Minas regionales, se originó un complejo fracturamiento en las unidades rocosas del Chambará Superior, Medio e Inferior. 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.

- **GUIAS DE MINERALIZACIÓN**

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

MINERALÓGICA

La presencia en superficie del relleno de la Mina Socorro de calcita masiva con lentes de manganeso y Hematita fueron los indicadores de una posible mineralización de la Mina. 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 está en ambas cajas de las estructuras tabulares.

LITOLÓGICO.

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

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.

La mineralización de veta Gina Socorro se ha emplazado en la formación Chambará Medio, horizonte favorable para la mineralización de diversas vetas y cuerpos de Uchucchacua,

2.2.6.6. GEOLOGÍA REGIONAL

Las rocas predominantes en la columna estratigráfica corresponden a las sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e intruyendo a las anteriores se observan dos tipos de intrusivos. Coronando la secuencia figuran depósitos aluviales y morrenicos.

SEDIMENTARIOS

a.1.- Grupo Goyllarisquizga. Aflora entre la laguna Patón y Chacua , al NW y SE de este centro minero y ocupando algo más del 50% del área

observada; en él se ha diferenciado cinco unidades asignadas al cretáceo inferior.

a.2.- Grupo Machay. a.2.1.-Formación Pariahuanca. (Ki-Ph) Formado por un paquete de 50 mts. de espesor consistente en calizas grises; afloran al Nor-oeste de la laguna Patón. Se le asigna al aptiano superior.

a.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.

a.4.- Formación Celendin. (Ks-c). Es una alternancia de calizas margosas, margas blancas y lutitas calcáreas nodulares marrón, que sobreyacen concordantemente al Jumasha. Se ha diferenciado dos miembros ubicados entre el coniaciano y santoniano.

a.5.- Formación Casapalca. (Kti-ca) Sobreyace ligeramente discordante sobre el Celendin y está constituido por lutitas, areniscas y conglomerados rojizos, con ocasionales horizontes lenticulares de calizas grises. Su suavidad y fácil erosión ha permitido la formación de superficies llanas tal como se observa en Cachipampa. Se le estima una potencia de 1,000 mts. y su edad probable es post-santoniano.

VOLCANICOS

b.1.- Volcánicos Calipuy. (Ti-Vca) Se encuentran discordantemente sobre la Formación Casapalca y es un conjunto de derrames andesíticos y piroclásticos de edad terciaria. Su espesor es estimado en 500 mts. y aflora al Norte de la zona de Uchucchacua.

INTRUSIVOS.

Pórfidos de dacita forman pequeños stocks de hasta 30 metros de diámetro, también se tiene diques y apófisis de dacita distribuidos irregularmente en el flanco occidental del valle, afectando a las calizas Jumasha-Celendin principalmente en las áreas de Carmen, Socorro, Casualidad y Plomopampa; los intrusivos forman aureolas irregulares de metamorfismo de contacto en las calizas.

CUATERNARIO.

d.1.- Depósitos Morrénicos. (Q-mo) A cotas mayores de 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 varios casos represaron el hielo fundido, tal como la laguna Patón. Por otro lado, en Cachipampa las morrenas muy extendidas cubren a 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.

2.2.6.7. OBJETIVOS.

La administración de la empresa se realiza bajo un marco de planeamiento operacional anual teniendo como objetivos y metas lo siguiente:

1. Incrementar la recuperación metalúrgica

- Incrementar la recuperación de la plata.
- Incrementar la recuperación del zinc.
- Incrementar el tonelaje de tratamiento diario.

2. Eficiencia administrativa y mejora de procesos

- Reducir el personal de supervisión de mina.
- Cumplir con el costo de operación de mina.
- Optimización de procesos operativos; mejorar la eficiencia de los procesos en minas.

3. Incrementar las reservas

- Aumentar mts/mes de avances en exploraciones y desarrollos.
- Incrementar mts/mes de avance en sondajes diamantinos.

2.2.6.8. VISIÓN Y MISIÓN.

VISIÓN

El enfoque dado por la alta directiva es: Ser la mina productora de plata líder en el mundo y modelo en la gestión del desarrollo sostenible.

MISIÓN

La declaración de la misión formulada por la empresa antes del crecimiento fue: Ejecutar operaciones mineras que generen valor para nuestros accionistas y el país, creando una cultura de calidad, seguridad y conservación del medio ambiente, promoviendo el crecimiento personal y profesional de nuestro equipo humano, contribuyendo el desarrollo de las poblaciones rurales que nos rodean, respetando sus usos y costumbres y las leyes nacionales.

2.2.6.9. POLÍTICA.

Brindar: condiciones adecuadas de trabajo para todas las personas, sean colaboradores, contratistas o visitantes; aplicando medidas preventivas para

evitar lesiones, enfermedades, impactos ambientales adversos y pérdidas en los procesos.

Controlar: nuestros procesos y los riesgos relacionados a la calidad, aspectos ambientales y peligros priorizando su eliminación a través de programas de Mejora Continua.

Cumplir: con la legislación aplicable, las normas internas y los compromisos asumidos con las partes interesadas y los establecidos en nuestros instrumentos de gestión.

Propiciar: la consulta y participación de los colaboradores y de sus representantes.

Promover: la identidad y el desarrollo sostenible de la población de nuestro entorno, respetando su cultura bajo los principios de la Responsabilidad Social Compartida.

2.2.6.10. NUESTROS VALORES.

Seguridad: es un valor central que promueve el respeto a la vida de nuestros colaboradores y que está presente en todos nuestros procesos, operaciones y actividades.

Honestidad: actuamos de manera recta y proba, sin mentir, engañar u omitir la verdad.

Laboriosidad: sentimos pasión por nuestro trabajo; damos lo mejor de nosotros y actuamos de manera eficiente, segura y responsable.

Lealtad: estamos comprometidos con nuestra empresa, misión, visión y valores.

Somos parte de un mismo equipo.

Respeto: demostramos consideración y trato cortés hacia las personas, sus ideas, su cultura y sus derechos.

Transparencia: nuestras comunicaciones y actos son veraces, claros, oportunos y sin ambigüedad.

2.3 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

Ciclo: Serie de fases o estados por las que pasa un acontecimiento o fenómeno y que se suceden en el mismo orden hasta llegar a una fase o estado a partir de los cuales vuelven a repetirse en el mismo orden.

Optimización: Optimización hace referencia a la acción y efecto de optimizar. En términos generales, se refiere a la capacidad de hacer o resolver alguna cosa de la manera más eficiente posible y, en el mejor de los casos, utilizando la menor cantidad de recursos.

Orientación: Es la posición de la discontinuidad en el espacio y es descrito por su rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una “familia” de discontinuidades.

Producción: Es de manera general, el proceso de fabricar, elaborar u obtener productos o servicios.

Espaciado: Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.

Persistencia: Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor se ésta, será menos estable.

Rugosidad: Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanta menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea ésta, la masa rocosa será más competente.

Incremento: Acción de incrementar o incrementarse.

Apertura: Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presenta. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores ya mayor apertura, las condiciones serán más desfavorables.

Investigaciones Geotécnicas: Es un programa de investigaciones geotécnicas por medio de perforaciones diamantinas, a fin de obtener parámetros y características hidrogeológicas de los materiales presentes en la zona de estudio.

Productividad: Es la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.

Zonificación geomecánica: Proceso de delimitación de zonas en donde la masa rocosa tiene condiciones geomecánicas similares y por lo tanto también comportamiento similar.

Perforación: es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca huecos cilíndricos denominados taladros y están destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores.

Estratificación: Es una superficie característica de rocas sedimentarias que separa capas de igual o diferente litología. Estas rocas también pueden estar presentes en rocas que hayan originado por metamorfismo de rocas sedimentarias.

Pliegues: Son estructuras en las cuales los estratos se presentan curvados., son intrusiones de roca ígnea de forma tabular, que se presentan generalmente empujadas o verticales.

Contactos litológicos: Que comúnmente forman, por ejemplo, la caja techo y caja piso de una veta.

Diaclasas: También denominadas juntas, son fracturas que no han tenido desplazamiento y las que comúnmente se presentan en la masa rocosa.

Zonas de corte: Son bandas de material que pueden ser de varios metros de espesor, en donde ha ocurrido fallamiento de la roca.

Fallas: Son fracturas que han tenido desplazamiento. Estas son fracturas menores que representan en áreas locales de la mina o estructuras muy importantes que pueden atravesar toda la mina.

Perfil litológico: Es la parte de la geología que estudia la composición y estructura de las rocas, como su tamaño de grano, características físicas y químicas, estructuras metamórficas, etc. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante.

Perfil geotectónico: Es el conjunto de actividades que comprende la investigación del subsuelo los análisis y recomendaciones para el diseño y construcción en el subsuelo, hidrósfera y la biósfera.

2.4 FORMULACION DE HIPOTESIS

2.4.1 HIPOTESIS GENERAL

Si optimizamos el ciclo de minado se incrementará la productividad en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.

2.4.2 HIPOTESIS ESPECIFICOS

- a. Si realizamos la optimización del ciclo del minado ayudaremos en la producción de la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A
- b. Si efectuamos una correcta evaluación geotécnica ayudaremos a optimizar el ciclo del minado en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A

2.5 IDENTIFICACION DE VARIABLES

2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

Optimización del ciclo del minado.

2.5.2 VARIABLES DEPENDIENTES

Incremento de la productividad.

2.5.3 VARIABLE INTERVINIENTE

Proceso de producción.

2.6 DIFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES

VARIABLES	INDICADOR
OPTIMIZACION DE PRODUCCION	<ul style="list-style-type: none">• Modelo optimización• Modelo comparativo• Tiempo de ciclo minado
DISTRIBUCION DE TIEMPOS	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje de tiempos en ciclo de minado

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

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. Esta investigación busca conocer para hacer y actuar.

3.2 METODOS DE INVESTIGACION

Para el presente trabajo de investigación, se puso en consideración los siguientes métodos de investigación:

- Método de Observación
- Método inductivo
- Método deductivo
- Método de análisis

- Método de síntesis

Lo cual nos permitió encontrar mayor información y dar solución a problemas a través de ello.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El diseño de investigación es el diseño transeccional correlacional porque tienen como objetivo describir relaciones entre dos o más variables en un momento determinado. Se trata también de descripciones, pero no de variables individuales sino de sus relaciones, sean éstas puramente correlacionales.

3.4 POBLACION Y MUESTRA

La población y muestra está constituida por todas las labores de explotación de U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.

3.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

3.5.1 Técnicas

Las técnicas usadas en la presente investigación son los cuestionarios de preguntas (encuestas), entrevistas, observación y medición.

Según **Oseda, Dulio (2008:127)** la encuesta "es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones impersonales interesan al investigador".

3.5.2 Instrumentos

Los principales instrumentos utilizados en la investigación son:

- Fichas de registro, comentario y de resumen
- Cuestionario

- Guía de Análisis Documental
- Guía de Observación
- Técnicas de procesamiento y análisis de datos
- Registro de evaluación.
- Análisis y resultados de laboratorio.

3.6 TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.

- Recolección de datos, manuales, copias, planos de ubicación, localización de la zona, planos topográficos, geológica del yacimiento minero.
- Procesos topográficos con Estación Total, AutoCAD.

3.7 TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS.

Con respecto al tratamiento estadístico de datos, detallo a continuación, al grupo involucrado, así como también materiales utilizados y el financiamiento otorgado por la empresa.

- 01 persona encargada de la investigación.
- 01 asesor
- Participación del personal que labora en el lugar que se realiza la investigación, así como funcionarios, Superintendente de Mina, Jefe de Servicios Mina, Jefes de Guardia y demás personas que de una u otra manera laboran en el área de la investigación.

3.8 SELECCIÓN, VALIDACION Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

- Revisión de fuente bibliográficas dirigidas al tema de investigación (libro, revistas, informes de tesis, etc.)
- Observaciones de colaboradores y participantes, con fundamentos teóricos dirigidos a tema de investigación.
- Comparación con otros resultados
- Indagaciones a persona involucradas y no involucradas en la población y muestra de la investigación.

3.9 ORIENTACION ETICA

La compañía minera Buenaventura unidad uchuchacua desde que a iniciado sus operaciones se basa en Protocolos de Relación Comunitaria regulado por la norma de Participación Comunitaria (D.S N° 028-008-EM). Que considera pautas comunes generales, en términos consensuados entre la comunidad y la empresa minera. Esta relación permitió un trato amistad y buena vecindad con los pobladores de chacua.

El Protocolo de Relaciones Comunitarias (PRC) es un procedimiento que promueve la participación de la comunidad y la empresa para que manifieste su consentimiento en base de respeto por ambas partes, para una relación empático y equilibrada, siempre buscando la participación a través del un enfoque informativo, integración, consulta y dialogo con los interesados, es una responsabilidad social que tiene que garantizar el desarrollo local.

Asimismo, en cumplimiento de lo establecido en el D.S N° 028-2008-EM y la R.M N° 304-2008-MEM/DM, son normas que regulan el Proceso de Participación Ciudadana, la minera desarrollo mecanismo de participación como

charlas informativos para facilitar la participación organizada de la población involucrada poniendo a la alcance información oportuna respecto a las actividades de proyectos, conociendo y incluyendo sus opiniones, posiciones, aportes y promoviendo diálogos así mejoras las condiciones de toma de decisiones.

En todas las actividades de proyectos mineros que lleva la compañía Buenaventura se realizan talleres participativos. Seguidamente los talleres de participación ciudadana se continuaron realizando en el año 2015 seguidamente en le 2017, ambos fueron dirigidos a lideres de comunidad campesina con la participación de las autoridades de la Dirección Regional de Energía y Minas.

Durante los talleres se atendieron las inquietudes de los participantes de la actividad minera, cuestiones laborales, ambientales, de apoyo y desarrollo local.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

4.1.1 CONSIDERACIONES GEOMECÁNICAS

Hay dos aspectos importantes que comentar respecto a la masa rocosa encajonante: su estructura y su calidad. Desde el punto de vista estructural, dos sistemas principales de discontinuidades: uno paralelo al rumbo y buzamiento de las vetas y otro perpendicular al rumbo de las mismas, con buzamiento moderado. Desde el punto de vista de la calidad de la masa rocosa. Para la ejecución de una labor minera es muy importante considerar los aspectos geomecánicas de la masa rocosa, para determinar el grado de seguridad de la estabilidad de las mismas, por el tiempo en que el área excavada permanecerá abierta. (Crawford & Hustrulid, 1979).

El dimensionamiento geomecánica de la Veta Gina Socorro, Tajeo 6675 - 2 es el que nos va a permitir determinar el método de minado más apropiado. El método de tajeo por subniveles con taladros largos, es aplicado en cuerpos de buzamiento

empinado, en donde tanto el mineral como las rocas de las cajas son competentes. Por otro lado, para que este método este bien diseñado debe tener bien definidos los contornos de la mineralización. De preferencia estos 33 contornos deben ser regulares, a fin de permitir una buena recuperación del mineral y minimizar la dilución.

4.1.2 CARACTERISTICAS DEL YACIMIENTO.

Para iniciar la evaluación geomecánica, se detalla las características geométricas, orientación y buzamiento de la Mina Socorro y veta Gina Socorro. Al respecto, el buzamiento de veta Gina Socorro, entre los Niveles tiene buzamiento empinado y mineral y cajas relativamente competentes. Lo relativo se debe a la presencia de la Mina Socorro. Esta Mina está acompañando a la mineralización a lo largo de toda la longitud del cuerpo. Sin considerar estos aspectos de la presencia de la Mina Socorro, tanto el mineral como las cajas se presentan competentes. El cuerpo mineralizado reconocido en el tajeo 6675 -2, tiene una longitud total de aproximadamente 200 m. 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.

4.1.3 ARREGLO ESTRUCTURAL

En la Mina Socorro, predomina el siguiente arreglo estructural:

- En la caja techo, predomina un sistema de discontinuidades estructurales de rumbo N 61° E y buzamiento 79° NW, asociado a un sistema de minado diferente a la Mina 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 N 46° E y buzamiento 68° SE, asociado a la Mina 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: N 54° E – 71°NW y N 52° E – 70° SE. Tratándose de la caja piso, estos sistemas de discontinuidades no tendrán mayor relevancia en las condiciones de estabilidad de la misma.

4.1.4 INFLUENCIA DE LOS ESFUERZOS

En la tabla se muestran los resultados del análisis de esfuerzos realizados en las secciones. La influencia que podrían tener los esfuerzos, en una etapa del avance del minado, cuando quede abierta y vacía la excavación entre los Niveles 060 y 120, habrá esfuerzos más altos en los contornos de la rampa, obligando a tener que utilizar un buen 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 esta área será

de aproximadamente 33 MPa y el esfuerzo horizontal inducido máximo será de 9 MPa.

Tabla 1. Tabla. Propiedades de la roca, Mina Socorro.

Propiedad	Mineral	Cajas	Relleno
RMR de Bieniawski 1989	48	54	-
Resistencia compresiva r.i. - MPa	90	110	-
Constante "m _i " 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°

4.2 PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

EVALUACIÓN

Para determinar los dos posibles métodos de explotación subterránea a usar primero analizaremos los costos directos relativos según métodos de minado subterráneo y luego la selección del método en función de la geometría de la veta y las condiciones geomecánicas presentes.

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

Tabla 2. Costos directos relativos según métodos de explotación

Comparación de costos directos relativos según métodos de minado subterráneo	
<i>METODO DE MINADO SUBTERRANEO</i>	<i>COSTO RELATIVO</i>

Hundimiento por bloques	1
Cámaras y pilares	1.2
Tajeo por subniveles	1.3
Hundimiento por subniveles	1.5
Tajeo por hundimiento vertical	4.3
Corte y relleno mecanizado	4.5
Tajeo por acumulación (Shrinkage)	6.7
Corte y relleno convencional	9.7

Fuente: Propia del Autor.

En la Tabla de selección del método de explotación según Nicholas se nota que los métodos que podemos usar según las características del yacimiento son tajeo por subniveles con taladros largos y corte y relleno.

Se evalúa el margen de utilidad 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.

Tabla 3. Selección del método de explotación

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SEGÚN NICHOLAS				
TIPO DE YACIMIENTO	PENDIENTE	RESISTENCIA		METODO APLICABLE
		MINERAL	CAJAS	
Tabular estrecho	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	Débiles	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
	<i>Echada</i>	-----	-----	<i>Como en tabulares potentes o masas</i>
Filón ancho	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámaras Vacías
				Cámaras Almacén
				Cámaras y Niveles
	-----	-----	-----	Rebanada rellena
	-----	-----	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.

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

4.2.2 CÁLCULO DE RESERVAS MINABLES Y VALOR DE MINERAL

Para hallar el valor de mineral, determinaremos primero el porcentaje de recuperación. Como podemos observar en el cuadro adjunto en 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 más estables los tajeos y el área de influencia de estas labores.

Tabla 4. Tabla. Porcentaje de recuperación de mineral

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

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

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

Tabla 5. Cálculo de la dilución según O'Hara

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

Fuente: Mining Handbook SME.

Para dar mayor certeza a los cálculos de diseño y según los datos que se tiene en otras minas y en tajeos de la unidad de Uchuchacua se considerara el

siguiente porcentaje de dilución. Como se nota en la Tabla en condiciones medias en taladros largos tenemos una dilución promedio de hasta 30% y en el método de corte y relleno en la mina Uchucchacua tenemos en condiciones medias, un 15% de dilución.

Tabla 6. Porcentaje de dilución según los métodos de explotación

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

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Para el diseño utilizaremos los datos que se muestran en la Tabla. para evitar errores en la toma de decisiones.

Tabla 7. Porcentaje de dilución

En condiciones medias y yacimientos irregularidades	Taladros Largos	Corte y relleno
		30%

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

4.2.3 CÁLCULO DEL 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 de acuerdo al método de explotación. En la Tabla se muestra el cálculo del costo de operación del método de tajeo por subniveles.

Para este análisis, se ha tomado en cuenta el uso de un Jumbo

electrohidráulico, una longitud de perforación de 13.0 m, 1 scoop diesel a control remoto de 3.5 yd³ 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.

Tabla 8. Costo de operación con el método de tajeo por subniveles con taladros largos

Costo de operación con taladros largos	
Costo preparación	0.70
Perforación	0.60
Voladura	0.37
Sostenimiento	0.00
Transporte	1.39
Costo de explotación	3.06
Costo explotación +25%	3.82
Costo de procesamiento	6.10
Costo de energía	2.80
Costos administrativos	9.00
Costo total	21.72

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

El cronograma de trabajo resumido se encuentra en el Anexo N° 02 donde se muestra las labores de preparación necesarias, el tiempo requerido y el costo de la preparación.

Para hallar el costo de operación en el método de corte y relleno, se realizó una evaluación de la preparación y explotación Veta Gina Socorro tajo 6675 - 2.

El resumen del análisis se muestra en la Tabla N° 19 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, 1 scoop eléctrico de 3.5 yd³ y una producción diaria de 250 TCS, como se nota en la Tabla N° 19 en el

método de corte y relleno ascendente lo que incrementa más el costo de operación es el sostenimiento que tiene que realizarse con split sets y mallas en toda la periferia del tajo, además el relleno provendrá de los avances de la profundización a un ritmo de 200 metros por mes con una sección de 3.5 x 3.5 m la cual nos proveerá 2 450 m³ de relleno mensual.

Tabla 9. Costo de operación con el método de corte y relleno.

COSTO DE OPERACIÓN CON CORTE Y RELLENO	
Costo preparación	0.49
Perforación + voladura	3.60
Sostenimiento	7.58
Transporte	1.39
Costo de operación mina	13.06
Costo opera mina +20%	15.68
Costo de procesamiento	6.10
Costo de energía	2.80
Costos administrativos	9.00
Costo total	33.58

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

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 se detalla el resultado.

Tabla 10. Margen de Utilidad por cada método de minado

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

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

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

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 se resume el Valor Presente Neto por método de explotación, obteniéndose 2'050,260 US \$ más si explotamos el tajo 6675 - 2 usando el método de tajeo por subniveles con taladros largos en vez de usar el método de Corte y relleno ascendente con relleno detrítico.

Tabla 11. Valor Presente Neto por método de minado

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

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Como se nota esta diferencia es el resultado del mayor ritmo de producción diario (250 TCS/día +) 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 más seguro porque el personal no está expuesto directamente en la explotación.

Tabla 12. productividad según método de minado

METODO DE MINADO	PRODUCTIVIDAD t – h/ g	
	Normal	Alta
Cámaras y pilares	30-50	50-70
Hundimiento por subniveles	20-40	40-50

Hundimiento por bloques	15-40	40-50
Tajeo por subniveles	15-30	30-40
Corte y relleno	10-20	30-40
Almacenamiento provisional	5-10	10-15
Estibación por cuadros	1-3	-----

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

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

Tabla 13. Productividad en la Unidad de Uchucchacua.

PRODUCTIVIDAD TCS/(h-g)		
	Tajeo por subniveles	Corte y relleno
TCS/DIA	500.00	250.00
TAREAS/DIA	12.50	17.50
TCS/(h-g)	40.00	14.29

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

En la Tabla se nota la productividad que tendrá el tajo 6675 - 2 usando tajeo por subniveles con taladros largos y corte y relleno.

Por lo tanto, usaremos el método de tajeo por subniveles con taladros largos para explotar el tajo 6675 - 2.

4.2.4 LEY MÍNIMA DE CORTE

Actualmente nuestro costo de operación está 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 el costo operativo del proyecto. Este valor está 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 se detalla la simulación hecha para determinar la ley de corte.

Se observa que con una ley de 6.4508 Oz Ag-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 Oz Ag/TCS.

Tabla 14. Cálculo de la ley mínima de corte

LEY DE PLATA EQUIVALENTE	VALOR DE MINERAL (US \$/TCS)	LEY DE CORTE Oz Ag/TCS
6	20.20	6.4508 21,72 US \$/TCS
7	23.57	
8	26.94	
9	30.30	
10	33.67	10.395 35 US \$/TCS
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	

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

4.2.5. CICLO DE MINADO

PERFORACIÓN

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

- Perforación 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 máquina 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.

Tabla 15. Características para la perforación Mina Socorro

PERFORACIÓN MINA SOCORRO	
Equipo	Jumbo Mercury
Longitud de Perforación	13 m
Diámetro taladro	64 mm
Dirección perforación	Vertical y en abanico
Subniveles de perforación	Gal. 775, S/N-1,S/N-2
Espaciamiento malla	1.5 m
Burden malla	2.0 m
Fragmentación mineral (P80)	17.8 mm

Longitud de perforación	13.00 m
Desviación taladros	2 %
Disponibilidad Mecánica	80%
Utilidad Efectiva	75%
Estado Jumbo	Buen estado.

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Para esta operación unitaria se considerarán las siguientes variables de control detalladas en la tabla siguiente.

Tabla 16. Variables de control en la etapa perforación

PERFORACIÓN TAJO 6675 – 2	
Días trabajados/mes	28
Longitud del barreno	1.5
Taladros perforados/gdia	8
Taladros perforados/día	16
Metros perforados/día	208
Metros perforados/mes	5824
Trabajadores por guardia	2
Horas nominales	8
Tiempo total de perforación/tal (13 m)	45
Velocidad de perforación (m/min.)	0.29
Toneladas/metro perforado	11.7
Costo de perforación (US \$/TCS)	0.60

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

La relación entre toneladas perforadas y toneladas acarreadas diarias se encuentra dentro del rango eficiente de trabajo. Se está perforando diario 16 taladros o 2,433.6 toneladas diarias 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 realizó en los subniveles, donde se ha perforado en forma ascendente y descendente.

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. Las especificaciones técnicas son:

- Modelo : HL – 500
- Frecuencia de Impactos : 57 – 59 Hz.
- Presión de Percusión : 175 – 210 bares
- Poder de Impacto : 15 – 19 kW
- Peso : 135 kg.

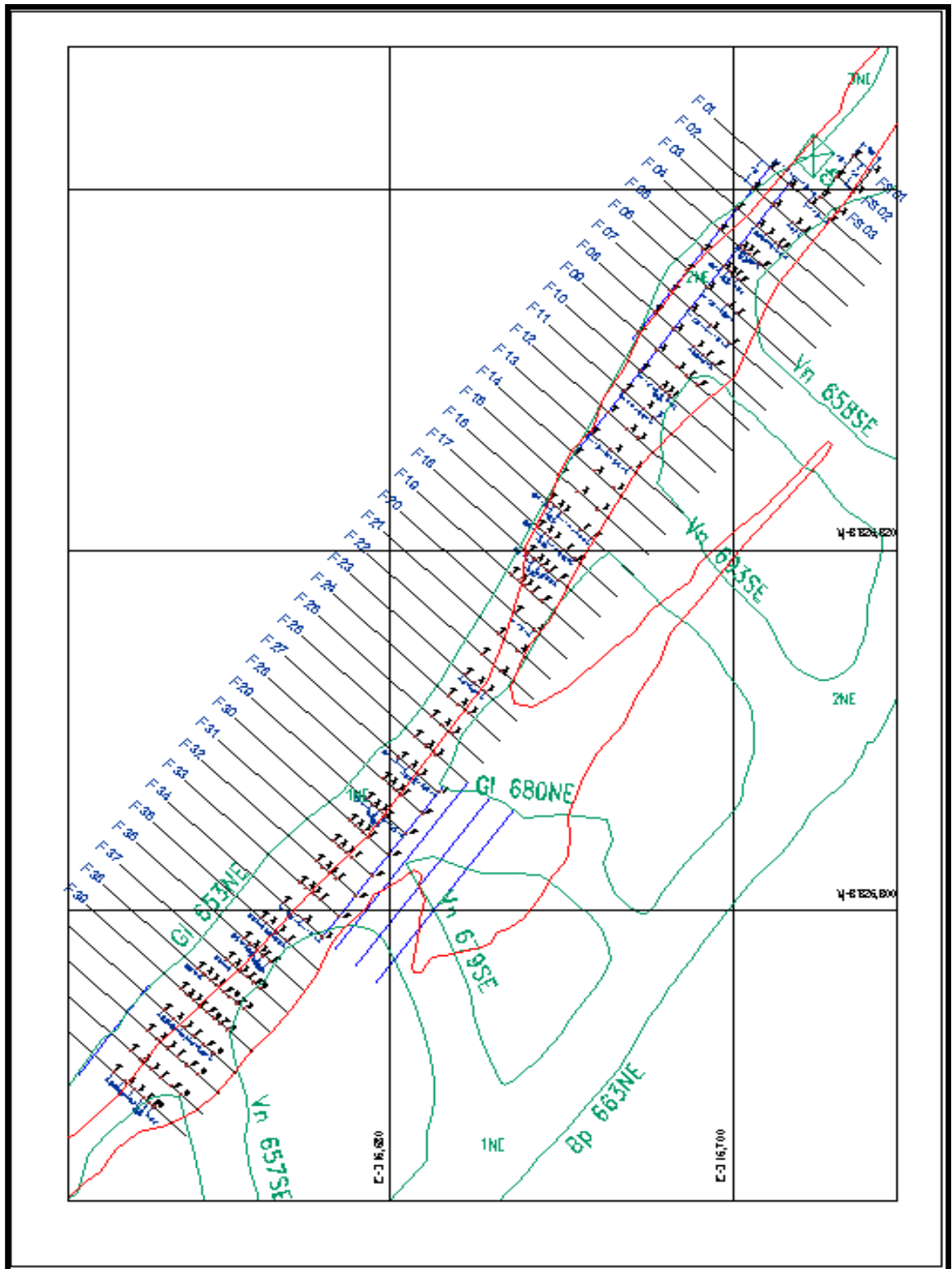
Columna de perforación.

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

- Shank Adapter : T-38 HL500S
- Barras : MF T-38
- Brocas de botones : 2 ½ “de diámetro.
- Adaptador piloto : T-38 conicidad 12°
- Broca escariadora : 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 escariadora con 13,000 metros en promedio



Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Ilustración 3. Distribución de taladros en la Mina Socorro (vista de planta)

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° en el clinómetro 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 perfore en forma es 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 Minas, 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 tablas N° 29 y 30 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.

Tabla 17. Burden según el modelo matemático de Pearse

Diseño de la malla de perforación y voladura para taladros largos Tajo 6675 – 2	
Diseño de Malla de Perforación:	
MODELO MATEMATICO DE PEARSE BURDEN	
Parámetros geomecánicos	
Parámetros de perforación	
Características del explosivo	
Parámetros	
RQD	Índice de calidad de la roca.
JSF	Factor de reducción de esfuerzos.
ERQD	RQD x JSF
K	1.96 - 0.27 in ERQD
PD	Presión de detonación del explosivo.
RD	Resistencia dinámica de la roca.
D	Diámetro del taladro (Pulgadas)
Burden =	$(K \times (\text{diámetro de taladro}) / 12) \times (PD / RD)^{1/2}$
RQD	75
JSF	0.5
ERQD	37.5
K	0.981
PD	3800 Mpa
RD	86 Mpa
D	2.5 Pulg
B	1.359 m

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Tabla 18. Determinación del Burden según el modelo matemático de Langefors

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

E	Espaciamiento (m)
E 2.0 m B	1.5 m

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

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 Minas fuertes que dificulten la etapa de carguío de taladros.

En la siguiente tabla detalla la información de la etapa de voladura

Tabla 19. Detalle de etapa de voladura en la Mina Socorro

VOLADURA MINA SOCORRO	
Equipo	Cargador neumático de anfo (JET-ANOL)
Carga por Taladro	1 Booster pentolita 1/3 libra

	33.094 kg de ANFO
Factor de carga	0.24 Kg/TCS
Control salidas taladros	Retardos Fanel de 25 ms de 20 m
Fragmentación mineral (P80)	17.8 mm
Costo de Voladura (US \$ / TCS)	0.374

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

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

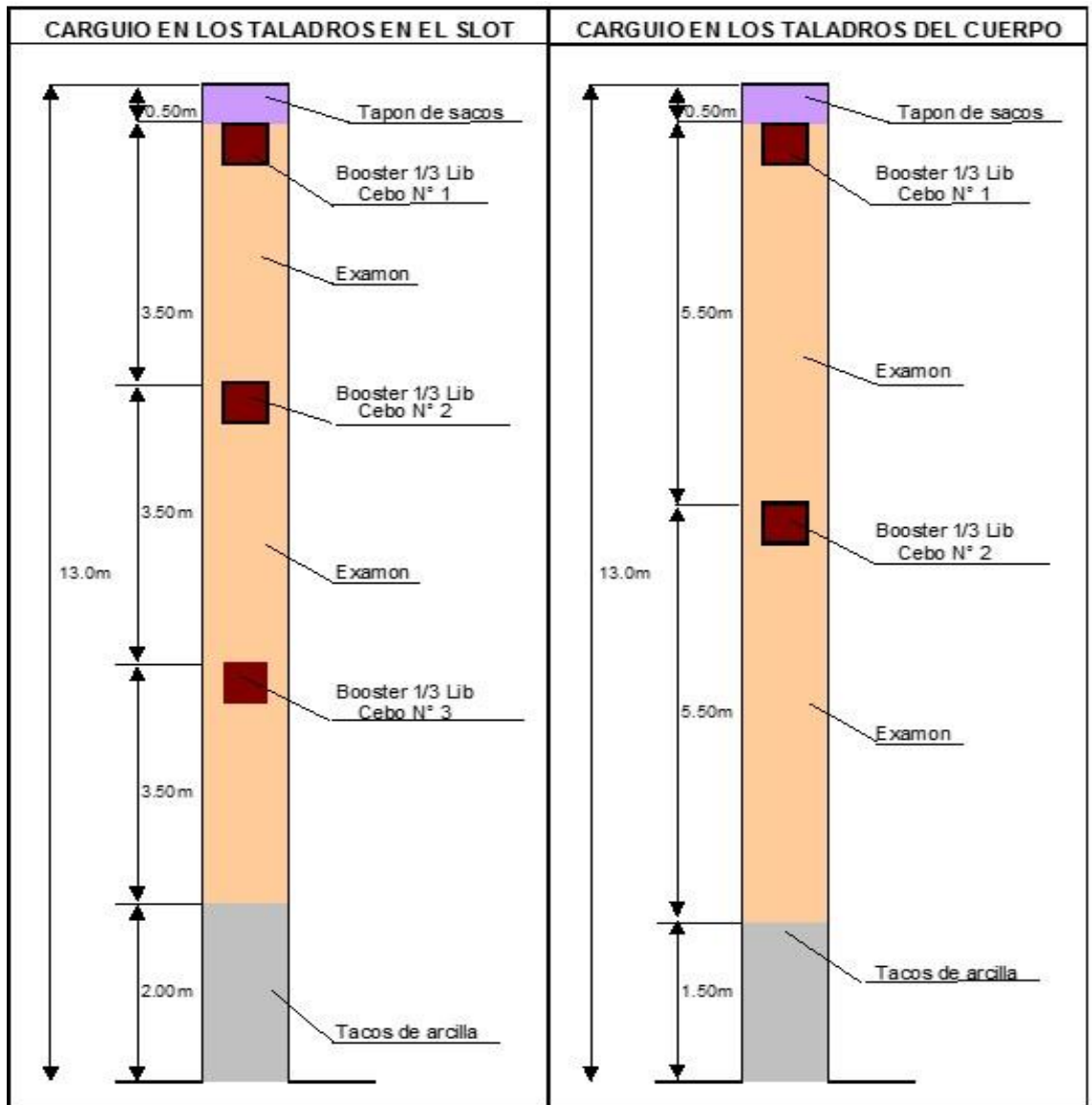
- Anfo
- Booster 1/3 libra
- Fulminante no eléctrico MS de 20 m. (De diferentes retardos)
- Cordón Detonante (3P)

- 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 m a 2.0 m. 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.

Tabla 20. Distribución de carga explosiva en los taladros



Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

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.

4.2.6. ACARREO DE MINERAL

El acarreo de mineral se realizará por el tajo 6675 - 2 desde la ventana 1 a la ventana 13 al echadero principal que se encuentra en la parte intermedia del tajeo.

Tabla 21. Características del equipo de acarreo

SCOOPTRAM DE 3.5 yd ³		
Motor	Diesel	
Cap. Cuchara	3.5	Yd ³
Esponjamiento mineral	63.62%	
1 yd ³	0.765	m ³
Densidad mineral	3.00	TCS/m ³
Factor llenado cuchara	85%	
Capacidad por cuchara	4.17	TCS

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

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 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 está en capacidad el equipo de realizar esta limpieza de mineral y realizar la limpieza de otras labores.

Tabla 22. Índices operacionales del ciclo de acarreo de mineral

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

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

4.2.7. SERVICIOS AUXILIARES

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)

Como se observa en la tabla 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.

Tabla 23. Detalle del ciclo de transporte de mineral

TRANSPORTE MINERAL MINA SOCORRO	
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

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

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.

RELLENO TAJEOS

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, se logra una recuperación del 90% de dichos pilares de mineral.

El relleno permitirá en el futuro, la recuperación de los pilares de soporte. 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 de la Veta Gina Socorro tajo 6675 - 2 se realizará primero de la Mina Socorro, para poder recuperar los pilares de buzamiento estabilizantes de 5 metros con una potencia promedio de 6 a 8 metros que se han dejado cada 65 metros. La Mina socorro se rellenará desde el nivel 120 con relleno provenientes de las labores de exploración y desarrollo, por los subniveles intermedios y por ventanas y chimeneas comunicadas.

VENTILACIÓN

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.

Tabla 24. Requerimiento de aire tajo 6675 – 2 – Mina Socorro

VENTILACIÓN			
REQUERIMIENTO AIRE			Caudal (m³/min)
Personal	6	6	
	personas/guardia	m ³ /persona/min	

Equipos (scoop)	182 HP	3 m ³ /HP/min	36.00
Equipos (jumbo)	53 HP	3 m ³ /HP/min	546.00
Equipos (camión de bajo perfil)	197.5 HP	3 m ³ /HP/min	159.00
			592.50
TOTAL (m³/min)			1,333.50
TOTAL (CFM)			47,092.11

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Como se muestra en la tabla de requerimiento de aire para el tajo 6675 - 2 en la Mina Socorro, se han considerado que trabajaran 6 personas por guardia, 1 scoop de 3.5 yd³, 1 Jumbo mercurio y 1 camión de bajo perfil los cuales requieren 47,092.11 CFM. Este tajo se está 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.

4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

La prueba de hipótesis se realiza de acuerdo a la variable independiente y dependiente, que fueron expuestas, por lo cual se acepta la hipótesis:

Si optimizamos el ciclo de minado se incrementará la productividad en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.

Así mismo realizamos la optimización del ciclo del minado y la adecuada evaluación geotécnica de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A.

➤ **H₀**: Optimizar el ciclo de minado no contribuye para **lograr** incrementar la productividad en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.

- **H1:** Optimizar el ciclo de minado no contribuye para **lograr** incrementar la productividad en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

GESTIÓN DE LA SEGURIDAD

El método de tajeo por subniveles es un muy seguro método de minado por la virtud del diseño. Típicamente los trabajadores mineros trabajan sólo bajo la roca acondicionada que ha sido asegurada mediante pernos de roca, cable y pernos, y soporte artificial. Los mineros no requieren que se trabaje encima del mineral roto. Además, el método es tal que el minado es programado para retirarse de áreas no sostenidas o antes minadas.

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

Siendo una mezcla de métodos de minado, tajeo por subniveles requiere que grandes volúmenes disparados sean realizados para mantener niveles de productividad.

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 condiciones de trabajo.

El método de tajeo por subniveles usando taladros largos es un método muy seguro en virtud a su diseño. Normalmente, los trabajadores mineros están

expuestos directamente o en contacto directo con la roca, sea para desatar, sostener con split set, split set y mallas, colocar Word Packs o para perforar, cargar, disparar o limpiar la carga.

Bajo este método, el personal no trabaja sobre mineral roto ni corona de mineral sostenida. Asimismo, el personal no ingresa a las zonas donde ya se produjo la explotación del cuerpo o veta.

En el tajo 6675 - 2, se ejecutarán los subniveles y luego se sostendrán coronas y hastiales. A continuación, 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 etapa de producción, ingresa el equipo de acarreo de mineral a control remoto.

La gestión de la seguridad en tajeo por subniveles con taladros largos 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.

RENTABILIDAD Y COSTOS

El tajeo por subniveles 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 (Edberg, 1981). 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

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

Tabla 25. Análisis Económico Tajo 6675 - 2

ANALISIS ECONOMICO TAJEO	
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
	21.72
INVERSION (US \$)	186,970
VALOR DEL MINERAL (US \$/TCS)	55.16
VALOR PRESENTE NETO (US \$)	7,965,277
PERIODO DE EXPLOTACION (MESES)	17

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

El tajeo por subniveles es un método de explotación de alta producción y bajo costo. En la tabla se detalla el resumen de costos del proyecto

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 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 (0.69 US \$/TCS contra 0.49 US \$/TCS) pero la rentabilidad es mayor porque se explotara en menor tiempo.

CONCLUSIONES

- Se elige y se aplica en el Ciclo de Minado el método de explotación minera tajeo por subniveles taladros largos y se mejora la producción de mineral, con las mismas condiciones geológicas y geomecánicas del yacimiento en la Mina Socorro, ya que posee características geométricas y geomecánicas favorables.
- Con los indicadores más relevantes, que se muestran en la tabla y con los existentes factores geológicos y geomecánicos del yacimiento mineral, si se puede aplicar el método de explotación tajeo por subniveles taladros largos

METODOS DE EXPLOTACIÓN				
	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

- Se optimiza la producción de mineral en el Ciclo de Minado al aplicar el método de explotación tajeo por subniveles taladros largos, esto es corroborado con el análisis económico. El Valor Presente Neto del proyecto usando 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. Bajo condiciones metalúrgicas y precio del metal Ag, Zn y Pb, la ley mínima de corte es 6.4508 Oz Ag/TCS.

RECOMENDACIONES

- En toda empresa se deben evaluar periódicamente los puestos de trabajo del talento humano, esto con el fin de prevenir accidentes, incidentes y eventos no deseados, garantizando un buen ambiente laboral que propicie la motivación de los trabajadores y de esta manera aumente la productividad del método.
- Es importante realizar un oportuno control en el Ciclo de Minado, de los factores geológicos y geomecánicos. Así también controles topográficos de precisión a los puntos de inicio y de llegada de los taladros deben ser previamente compensados por medio de una poligonal cerrada; cada taladro perforado debe ser levantado inmediatamente para determinar su desviación, si la desviación esta fuera del rango aceptable se deberá realizar taladros adicionales, descartando los taladros desviados.
- Se debe realizaran evaluaciones geomecánica sistemáticas de los tajeos para la explotación utilizando el método, con la finalidad de minimizar el daño por efectos de la voladura, para así optimizar mucho más los beneficios económicos.

BIBLIOGRAFIA

AMES LARA, V. A. Diseño de las Mallas de Perforación y Voladura Utilizando la Energía Producida por las Mezclas Explosivas, Tesis publicada, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. 2008.

BUSTILLOS, M & LÓPEZ, C. Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras. Madrid, España: Entorno Gráfico S. L., 1999.

CARLOS R. SCHERPENISSE, ING, WILLIAM R. ADAMSON, PHD,
“Monitoreo y modelamiento de vibraciones para la evaluación y optimización de las voladuras de desarrollo horizontal”, ASP BLASTRONICS S.A. febrero 2000.

CARLOS SCHERPENISSE O., “Monitoreo y modelamiento de vibraciones para el control y evaluación del daño por voladuras”, ASP Blastronics octubre 2006.

CINTEX, “Manual de Monitoreo de Vibraciones Generadas por Tronaduras, Análisis y Modelamiento”, Mayo 2006.

CRAWFORD, J. T. Underground mine planning and design. AIME. USA. 1991.

ENAEX S.A., Manual de Tronadura. Santiago de Chile, Chile.

EXSA, (2000). Manual Práctico de Voladura (3a. ed.). Lima, Perú: EXSA

EXSA, (s.f.) Explosivos convencionales (2a. ed.) [catálogo]. Lima, Perú:

FAMESA EXPLOSIVOS (S.F.). Emulnor. Recuperado el 12 de mayo del 2013 de <http://www.famesa.com.pe/files/producto/19/501.pdf>.

GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. (2002) Ingeniería Geológica (1a. ed.). Madrid, España: Pearson Educación.

HAMRIN, H. Choosing and underground mining method. Underground mining methods handbook. AIME. USA. 1982.

HARTMAN & OTHER. Mining Handbook SME. Denver Colorado USA, 2004.

HERNÁNDEZ SAMPIERI ROBERTO, FERNÁNDEZ CARLOS Y BAPTISTA PILAR. Metodología de la Investigación. México: Editorial McGraw Hill, Cuarta Edición, 2006

HOEK E. / ET BROWN, “Excavaciones subterráneas en roca”, Marzo 1985.

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO (1994). Manual de Perforación y Voladura de Rocas, (3a. ed.). España: IGME

JÁUREGUI AQUINO, O. A. (2009), Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la Optimización de los Estándares de Operaciones unitarios de Perforación y Voladura, Tesis publicada, PUCP, Lima, Perú.

JESÚS A. PASCUAL DE BLAS – Jefe de Servicio al Cliente Unión Española de Explosivos, S.A., “Problemática de las vibraciones en las voladuras, medición, control y regulación legal”, marzo 2002.

KONYA C. (1998) Diseño de Voladura (1a. ed.). México: [s.n]

LÓPEZ JIMENO, C. La modelización de los yacimientos y la clasificación de recursos. Canteras y Explotaciones, Octubre. 1993.

LÓPEZ JIMENO, E. LÓPEZ JIMENO, C. GARCÍA BERMÚDEZ, P. Manual de Perforación y Voladura de Rocas (3a. ed.). Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Minas. 2003.

LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ, “Control De Vibraciones”, Departamento de Engenharia de Minas Escola Politécnica da Universidad de São Paulo, 1995.

NERIO ROBLES, “Excavación y sostenimiento de túneles en roca”, 1994

NICHOLAS, H. Method selection - A numerical approach, Design and operation of mines methods. AIME. 1981.

OJEDA MESTAS, R. W. (S.F.). Diseño de mallas de perforación y voladura subterránea aplicando un modelo matemático de áreas de influencia. Recuperado el 22 de abril del 2013

SOCIEDAD INTERNACIONAL DE INGENIEROS DE EXPLOSIVOS, “Fundamentos Prácticos de Voladura”, ISEE –2006.

SOCIEDAD INTERNACIONAL DE INGENIEROS DE EXPLOSIVOS, “Manual del Especialista en Voladura”, 17ª Edición – 2008.

VIDAL NAVARRO TORRES, PH.D. - PEDRO MARQUES BERNARDO, M.SC.

“El BLASTWARE III como herramientas para la prevención y control ambiental de vibraciones en voladuras”, Universidad Técnica de Lisboa 2004,

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

Haycocks Christopher, Aelicks R.C., 1992, "Sublevel Stopping", SME Inc., pag 1717-1729.

Stephen A. Orr "Hard-Rock mining: method selection criteria - Relative direct cost comparison", pag 1842.

Thomas G. White, "Hard- rock mining: method advantages and disadvantages", pag 1845-1846.

Llanque M. Osear, ¡Navarro T. Vida!, 1999, "Explotación Subterránea, métodos y casos prácticos" "Elección del método y planificación de la mina". Pág. 38-52.

Sabastizagal A, 2004, "Geología General de la U.P.Uchucchacua", U.P.Uchucchacua, pág. 1 -10.

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

ANEXO

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: “OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE MINADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA MINA SOCORRO – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.”						
AUTOR: Bach. Johan Albert, DEUDOR YALICO						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN
<p>GENERAL:</p> <p>¿Cómo optimizar el ciclo de minado para incrementar la productividad en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.?</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>- ¿De qué manera realizar la optimización del ciclo del minado nos ayudara en la producción de la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.?</p> <p>- ¿En qué medida efectuar una correcta evaluación geotécnica nos podrá ayudar en optimizar el ciclo del minado en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Optimizar el ciclo de minado para incrementar la productividad en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>- Realizar la optimización del ciclo del minado nos ayudara en la producción de la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.</p> <p>- Efectuar una correcta evaluación geotécnica para ayudar a optimizar el ciclo del minado en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.</p>	<p>GENERAL</p> <p>Si optimizamos el ciclo de minado se incrementará la productividad en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>- Si realizamos la optimización del ciclo del minado ayudaremos en la producción de la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.</p> <p>- Si efectuamos una correcta evaluación geotécnica ayudaremos a optimizar el ciclo del minado en la Mina Socorro – U.P. UCHUCCHACUA DE LA COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.</p>	<p>VARIABLE GENERAL:</p> <p>Variable Independiente:</p> <p>Optimización del ciclo del minado.</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Incremento de la productividad.</p> <p>VARIABLE INTERVINIENTE</p> <p>Proceso de producción.</p>	<p>- Plan de Minado</p> <p>- Método de Explotación.</p> <p>- Ciclo de Minado</p> <p>- Geomecánica y Geotecnia.</p> <p>costos</p>	<p>- Resistencia compresiva de la roca</p> <p>- Factor de carga</p> <p>- Densidad de la roca</p> <p>- Densidad del explosivo</p> <p>- Dimensiones del labor (ancho y alto)</p> <p>- Longitud de taladro</p> <p>- Longitud de carga</p> <p>- Diámetro del taladro</p> <p>- Presión de detonación</p> <p>- Burden</p> <p>- Número de taladros</p> <p>- Eficiencia de la voladura</p> <p>- Fragmentación</p> <p>- Calidad de la roca RQD</p> <p>- RMR de la roca</p> <p>- Costos unitarios</p>	<p>TIPO:</p> <p>Aplicada</p> <p>NIVEL: Evaluativa.</p>

MEMORIA DESCRIPTIVA DE OPERACIONES MINA

UNIDAD ECONOMICA ACTIVA UCHUCCHACUA

2017

PLAN DE MINADO 2017

U.E.A. UCHUCCHACUA

1. ANTECEDENTES

En el ejercicio del presente año, la Unidad Operativa Chacua tiene como objetivos una serie de proyectos y ser más selectivos en la explotación con una producción sostenida.

Se indica que los proyectos de inversión minera se realizaran para cubicar mineral y/o convertir los recursos en reservas probadas probables con la finalidad de garantizar el futuro de la mina.

Actualmente se viene realizando una serie de perforaciones diamantinas y avances en galerías para incorporar reservas de esta manera seguir reconociendo nuevas vetas y ramales que en este año se han descubierto.

Dentro del plan de perforaciones diamantinas y avances en exploración se programaron como objetivo de la UEA:

Sondajes Largos: 29,400m.

Sondajes Cortos: 24,600m.

Exploración y Desarrollo: 23,640m.

Por tales razones nuestro plan de minado es selectivo y sostenido con la finalidad de aprovechar la coyuntura del mercado en el buen comportamiento del precio de los metales.

2. DESCRIPCION DE MINA

Actualmente los accesos principales para acceder a la Mina Carmen a las estructuras como veta Karla, Petra-Patricia, Brenda, cpo Alessandra, veta Raquel-Alessandra, veta Irma Viviana, veta Jenny, ramal Margot y Margarita Norte es por la Rampa Fernando hasta el Nv 4180 luego por la Rampa 760 con una sección de 4.0 x 4.0 metros y gradiente de -13% . .

Para acceder a la Mina Socorro a las estructuras como veta Gina-Socorro, Elizabeth, Eliana Norte, Socorro3, Socorro Piso, Isela, Maricela, Ramal Deissy, Lilia, Liliana, Magaly, Giovana es por la Rampa Fernando hasta el Nv 4180, el crucero de integración del mismo nivel y luego vía Rampa 626 con una sección de 4.0 x 4.0 metros y gradiente de -13% .

Para acceder a la Mina Huantajalla a las estructuras como veta Esmeralda, cpo Edith, veta Vania, cpo Esperanza, veta 4A, veta 3A, Eugenia, Melina es por la Boca Mina del Nv 4450 con dirección al Pique Master cuya sección es 3.5x3.5 con 0.5% de gradiente y por la Rampa Fernando hasta el Nv 4180 cuya sección es 4.0 x 4.0 metros y gradiente de -13.

Siendo la Rampa Fernando de acceso principal. La extracción de mineral y desmonte así como el transporte de personal se realiza por dos piques (Pique Luz y Master) con skips de 7 y 4 toneladas de capacidad desde los niveles inferiores hasta el Nv 4450 del cual se extraen vía carros mineros con locomotoras para alimentar a la planta de procesos por la Boca Mina del Nv 4450.

Asimismo, se tiene las Rampas Positivas con sección 3.0 x 3.0, 2.7x2.7 metros con gradiente +15% que sirven de acceso a los diferentes tajos en actual explotación.

3. METODOS DE EXPLOTACIÓN

El método de explotación Corte y Relleno Ascendente Mecanizado, con relleno hidráulico y detrítico, su acceso es por rampas de 3.0 x 3.0 m. con +15% de gradiente, ventanas negativas -17% de gradiente a la veta para batir hasta 30m de encampane.

La limpieza y extracción de mineral se realiza utilizando scoops diesel de capacidad nominal de 2.2, 3.5, 4 yardas cúbicas de cuchara y en los tajeos angostos scoops eléctricos de 1.5 y3 de capacidad.

El método de explotación Corte y Relleno Ascendente Convencional, con relleno hidráulico, su acceso es por chimeneas de acceso sección 2.1 x 2.1.

La limpieza y extracción de mineral se realiza utilizando scoops diesel hacia el ore pass y es extraído por un nivel inferior por carros mineros y en algunos tajos por Dumpers de 15 tn.

El Método de Explotación por Subniveles Ascendentes con Taladros Largos, consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de explotación mediante disparos efectuados en planos verticales, con taladros positivos paralelos, rellenándolos en forma ascendente.

La preparación consiste en ejecutar una rampa central de acceso a los subniveles de perforación, que tienen una altura de banco de 10 metros. La limpieza de mineral se realiza con scoop con telemando mediante echaderos comunicados en la longitud del tajo.

Este método de explotación tiene impacto favorable en la seguridad, por minimizar la exposición del personal a la excavación del tajo, realizando todo el ciclo bajo techo seguro.

Detalles de Diseño

A partir de la rampa de profundización se preparan cruceros de acceso a la veta mineralizada, siendo la altura entre niveles de 60 mts. Al llegar a la veta se dimensiona y preparan galerías para la explotación.

Como labores de preparación a partir de las galerías se hacen chimeneas, caminos y chimeneas de ventilación; luego se preparan ventanas de extracción hacia el Ore Pass de mineral, distancia de 10 m, con una sección de 3.0 x 3.0 m.

Se utilizan perforadoras jackleg en los avances lineales y stoper para perforaciones verticales en la explotación y taladros de 6 pies de profundidad. Después de los disparos se limpia el mineral roto y luego se procede con el relleno hidráulico hasta obtener una altura de perforación de 2.40.

Se construyen chimeneas de acceso para los tajeos, a fin de facilitar la ventilación. Después del disparo, la evacuación de gases es por las chimeneas que conectan de nivel a nivel hasta superficie manteniendo con aire fresco los caminos de tránsito de personal.

Asimismo se tiene chimeneas Raise Climber de 3.0mx3.0m, 2.1mx2.1m para superficie e interior mina, exclusivamente para ventilación de la mina.

Después de la ventilación, ingresan los scoops a efectuar la limpieza, el mineral es transportado con scoops directamente a los ore pass, o a buzones de mineral para luego ser extraído y cargado en camiones de bajo perfil (Dumper) hasta los bolsillos del Pique para luego transportarlo con carros mineros de 10tn cada uno accionados por locomotoras a Planta Concentradora.

4. PLAN DE MINADO – 2017

El planeamiento de minado a corto plazo para el 2013, se define de la siguiente manera.

a. Objetivos

- Cumplir con los compromisos de la empresa, financieros, tributarios, ambientales, sociales y compromisos asumidos en la política.
- Proteger la vida y la salud de nuestros colaboradores, la propiedad y medio ambiente.
- Asegurar el tonelaje, las onzas finas y calidad del mineral a ser tratado.
- Permitir la recuperación de las inversiones.
- Asegurar la rentabilidad mínima.

b. Estrategias

- El plan de minado a corto plazo esta programado en forma mensual, de acuerdo a las reservas probadas y probables.
- De acuerdo al plan de producción se ha considerado a partir del mes de Enero hasta el mes de Diciembre explotar 3,080 Tcs/día durante todo el año que hacen un acumulado de 1'124,200 Tcs de mineral de cabeza.
- Preparación de la mina en forma sostenida, de modo que nos permita reemplazar el mineral explotado.
- Optimización de operaciones mineras.
- El diseño de la mina se realiza con software geológico minero Minesight y la estimación de reservas se realizará con el método tradicional cubicación en planos (Secciones Longitudinales, Secciones Transversales en base a sondajes y muestreos por canales).

c. Proyectos

- Desarrollar proyectos en Veta Gina-Socorro, Lilia, Irma Viviana, Margarita, Rita, Petra, veta 4A, veta 3A.

d. Explotación

Mina Carmen

- veta Karla
- Petra-Patricia
- Brenda
- cpo Alessandra
- veta Raquel-Alessandra
- veta Irma Viviana
- veta Jenny
- ramal Margot
- veta Margarita Norte.

Mina Socorro

- veta Gina-Socorro
- veta Elizabeth
- veta Eliana Norte
- veta Socorro3S
- veta Socorro Piso
- veta Isela
- veta Maricela
- Ramal Deissy

- veta Lilia
- veta Liliana
- veta Magaly
- veta Giovana

Mina Huantajalla

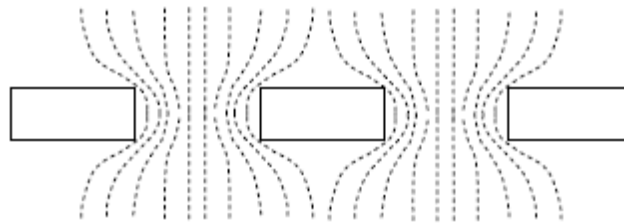
- veta Esmeralda
- cpo Edith
- veta Vania
- cpo Esperanza
- veta 4A
- veta 3A
- veta Eugenia
- veta Melina.

SISMICIDAD INDUCIDA TAJO 927 Y ALREDEDORES

FUNDAMENTO TEORICO

Sismicidad por esfuerzo inducido en minería

Una mina subterránea está formada por diferentes tipos de excavaciones, alterando el campo de esfuerzos llamados esfuerzos inducidos que son el resultado de la redistribución de los esfuerzos in-situ debido a una perturbación o alteración natural alrededor de una excavación (Herget, 1988).



Esfuerzos inducidos alrededor de las excavaciones (Hoek y Brown, 1982).

FUENTE DE MECANISMO DE SISMICIDAD EN EL TAJO 927

Son dos tipos generales de eventos sísmicos; aquellos directamente asociados con los tajeos y asociados con el movimiento de estructuras geológicas (Gibowicz y Kijko, 1994).

En este caso según se pudo apreciar in-situ el origen de la sismicidad en el tajo 927 y alrededores si cumple con estas condiciones.

Evento sísmico asociado a Gina Socorro

La Falla en mención está en constante movimiento aportando en la redistribución de esfuerzos a medida que se explote los tajeos alrededor de esta estructura en este caso el tajo

927 y 926-4 y otros casos como los tajeos que ya fueron explotados (tajo 826, 926, 827) donde al concluir se dejó aberturas sin relleno.



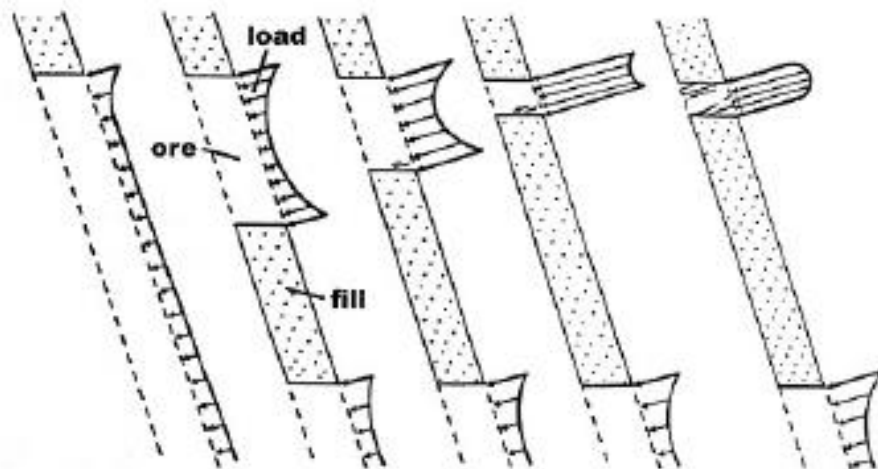
Nv 4060

Falla Gina Socorro

Evento sísmico asociado al tajeo 927

Se produjo en las proximidades de las excavaciones, (Gal. 926 Nv. 4060) como resultado directo de los altos esfuerzos inducidos alrededor de la excavación, expresando un fallamiento o fracaso del pilar corona (puente).

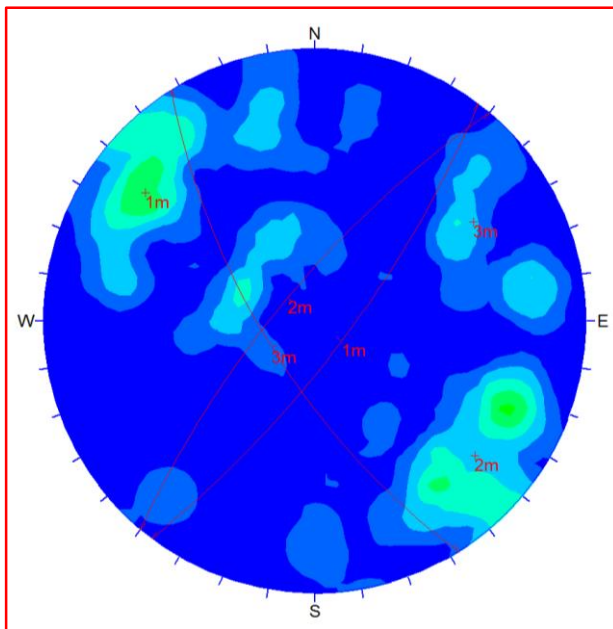
Este tipo de eventos no pueden ocurrir si no hay abertura (Ortlepp, 1997).



Analogía comparativa entre el fundamento teórico y las condiciones como se presentan in-situ los tajos dentro de Gina Socorro. **A medida que se va explotando los tajos los esfuerzos inducidos en el techo o puente se incrementan, creando probabilidades a que este puente falle.**

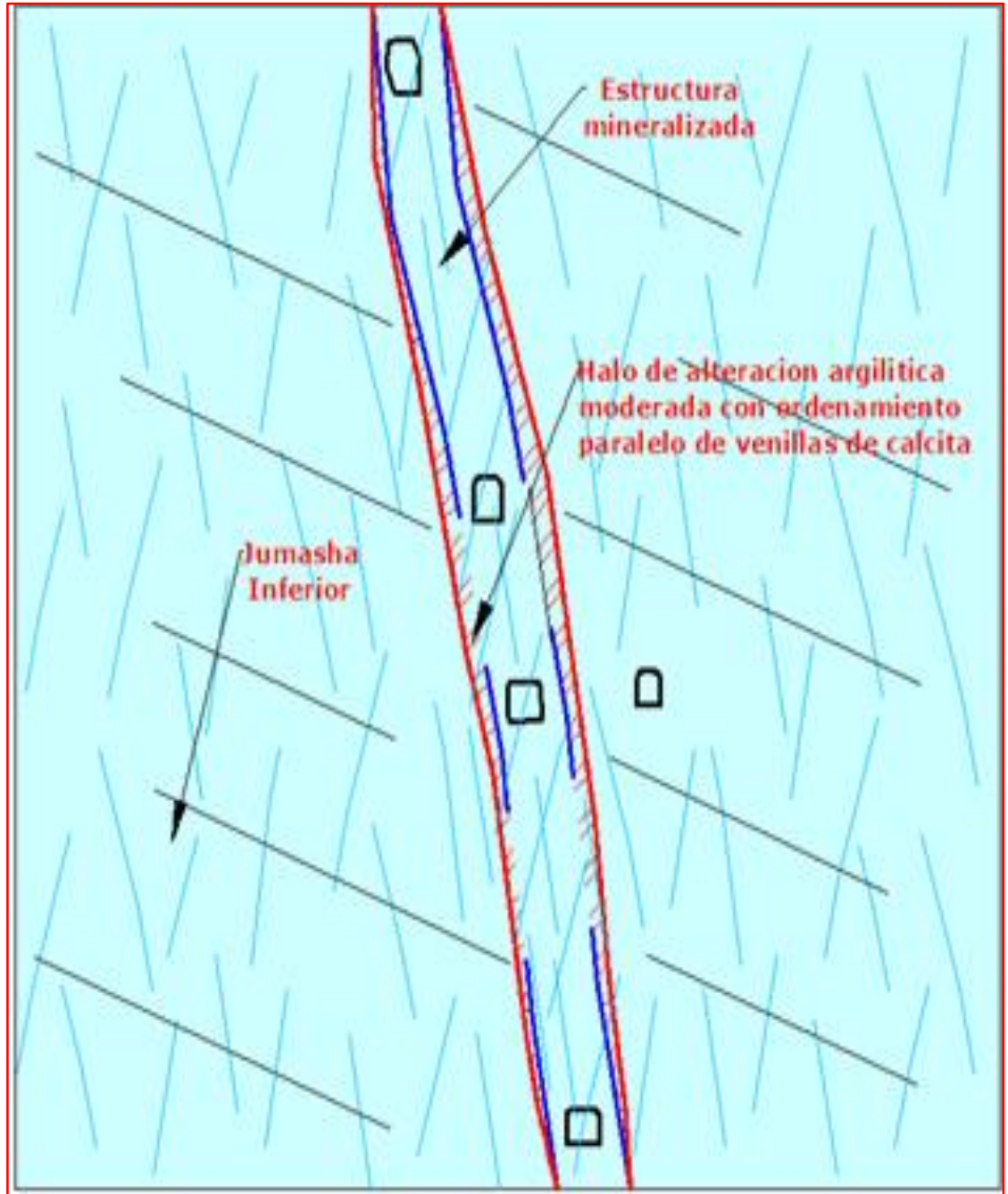
Krauland y Söder (1989).

Modelo geomecánico estructural Gina Socorro



Modelo estructural formado por diaclasas que buzcan con más de 80° hacia el Este y Oeste los que coinciden con el alineamiento de la veta.

- Los planos de las discontinuidades tienen superficies: Onduladas rugosas a planas rugosas.
- Relleno de capas delgadas de calcita menor a 1 mm
- Sana a ligeramente meteorizadas.



Roca sedimentaria jumasha inferior de regular a buena calidad geotécnica

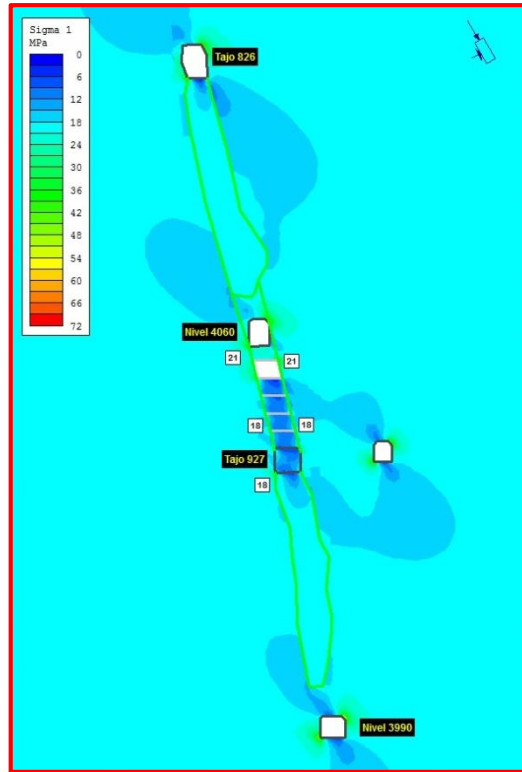
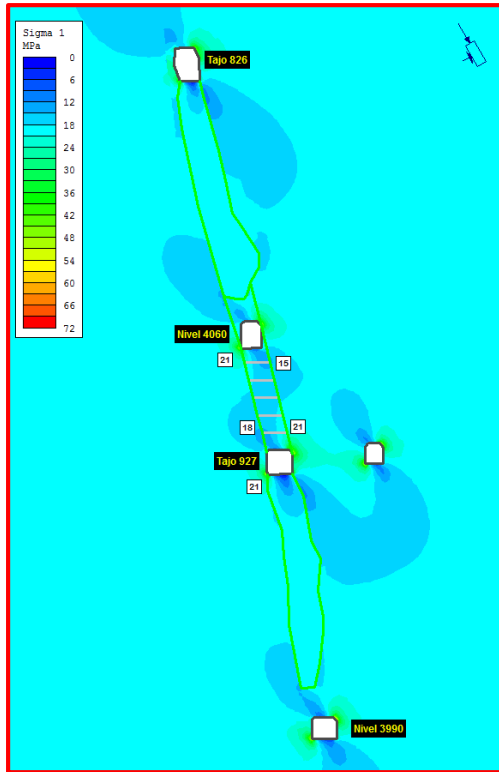
Análisis de esfuerzos Gina Socorro

Los parámetros de roca intacta y macizo rocoso para este caso se obtuvieron con la ayuda del software Roclab (roscience), estos resultados se resumen en los siguientes cuadros:

Propiedades físicas, Mecánicas de resistencia de la roca intacta				
Tipo Litolog.	γ Tn/m ³	ϕ (°)	c (Mpa)	UCS (Mpa)
Caja Techo	2.7	32	10	100
Mineral	2.7	32	12	90
Caja Piso	2.7	32	12	100

Propiedades elásticas y de deformación de roca intacta			
Tipo Litolog.	E (Gpa)	v	mi
Caja Techo	8.6	0.3	12
Mineral	7.5	0.3	12
Caja Piso	7.2	0.25	12

Propiedades del macizo rocoso			
Item	Caja Techo	Caja Piso	Mineral
M. Young (Mpa)	7700	7210	7790
Cohesion (Mpa)	15.7	15	14.3
Ang. Fricción (°)	32	32	32
mb	1	1	1
s	0.001	0.001	0.001
a	0.5	0.5	0.5

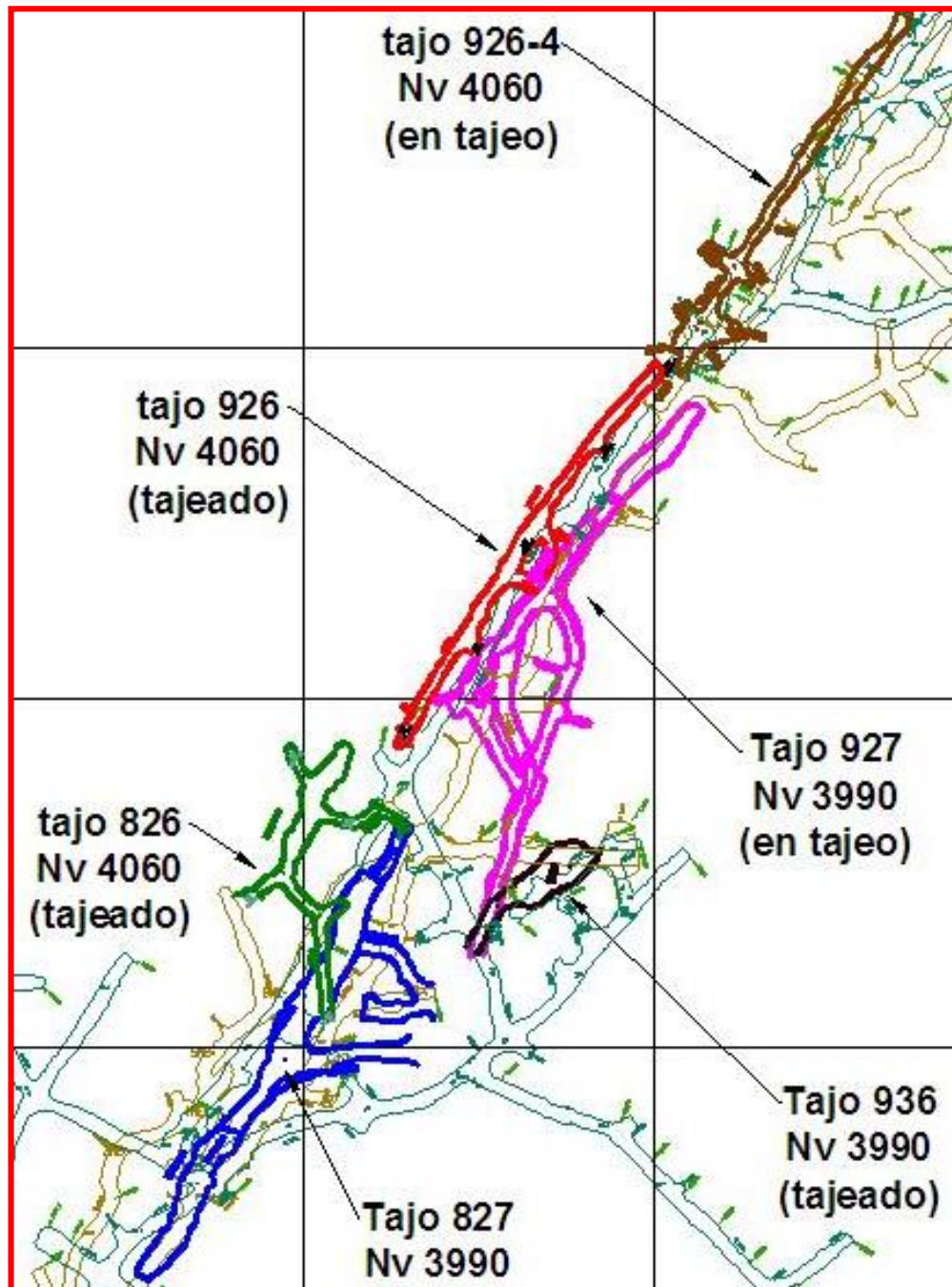


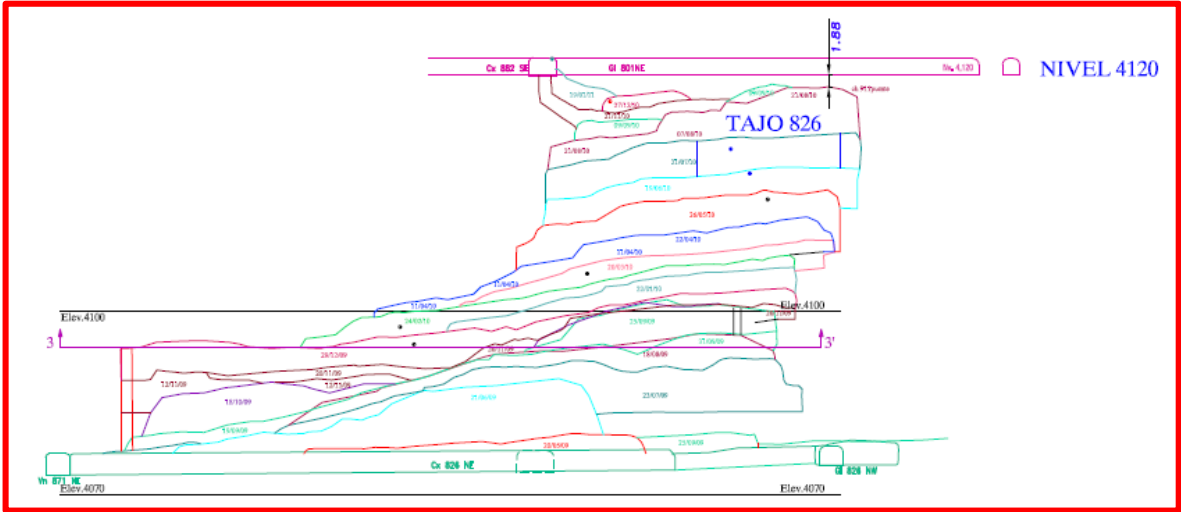
Simulación con Phase2 muestra acumulación de esfuerzos inducidos que van desde **18 Mpa** a **21 Mpa** incrementándose a medida que se va explotando lo que confirma la teoría de **Krauland y Söder**.

CONCLUSIONES

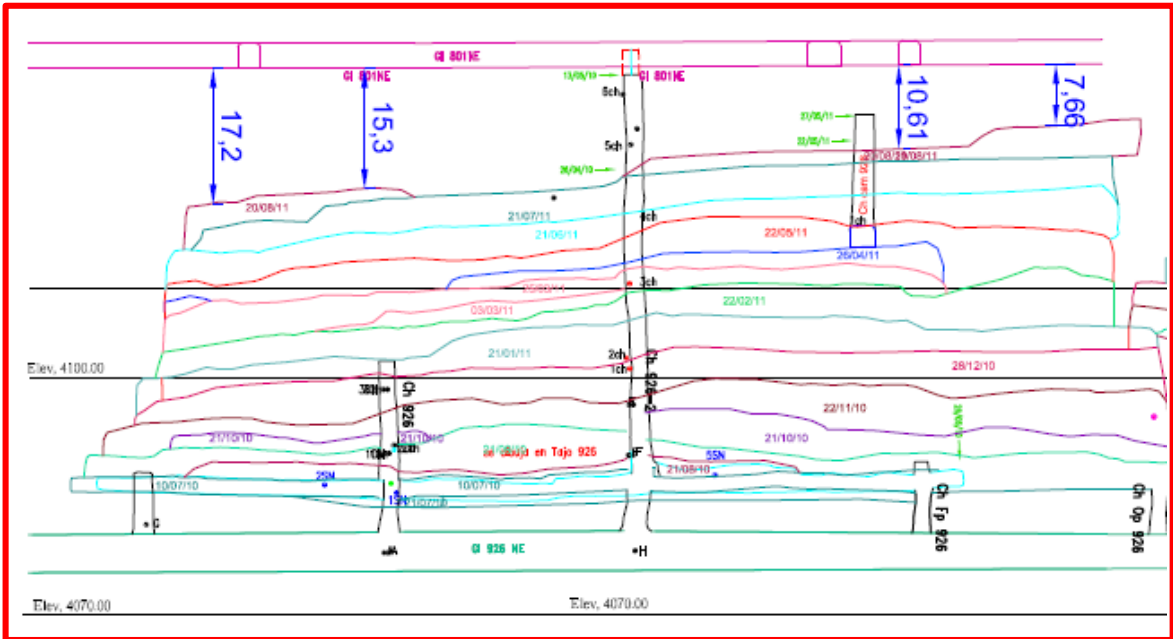
De los análisis descritos se puede concluir que estas actividades sísmicas son inducidos por las aberturas que se dejaron al concluir un tajeo. Relacionados con la remoción del mineral los cuales generan tensiones en el macizo rocoso que se deforma, liberando energía que se representa a partir de ruido. Este ruido muchas veces también está representado por ondas mecánicas que viajan a través del macizo rocoso.

UBICACIÓN DE TAJEOS EN GINA SOCORRO

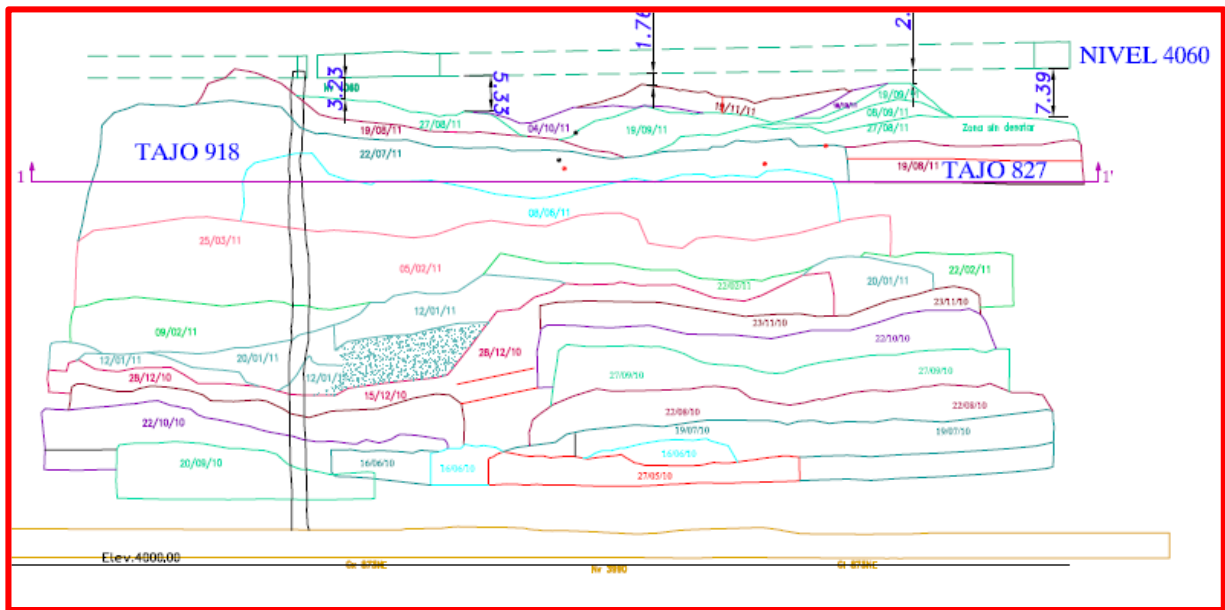




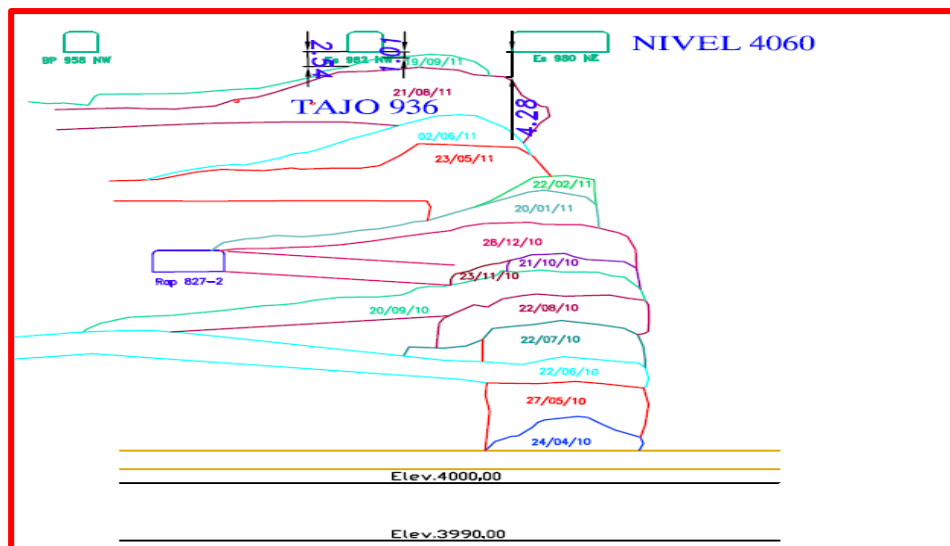
Tajo 826 se culminó la explotación con espacio abierto aproximadamente 2.0 m. respecto al nivel 4120



Tajo 926-4 en proceso de explotación

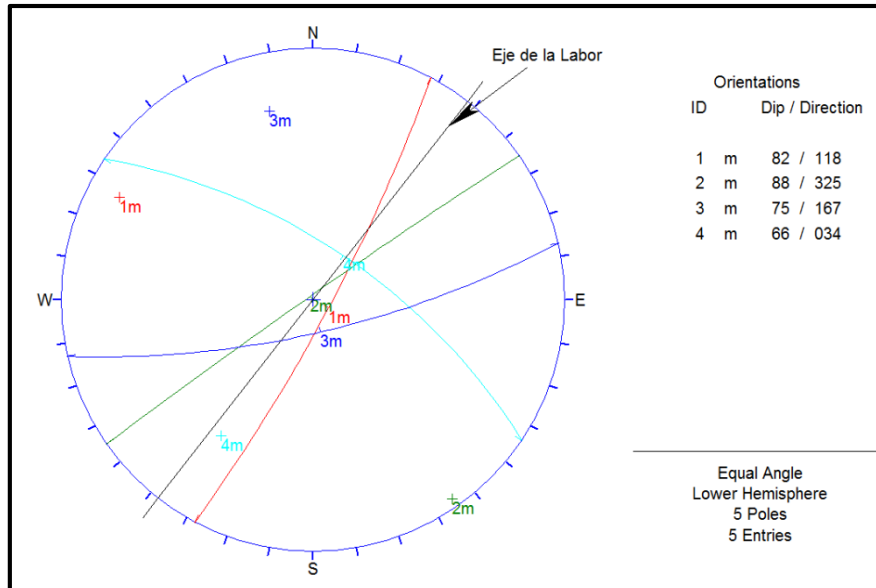


Tajo 827 se culminó la explotación con espacio abierto 5.0 m. aproximadamente respecto al nivel 4060

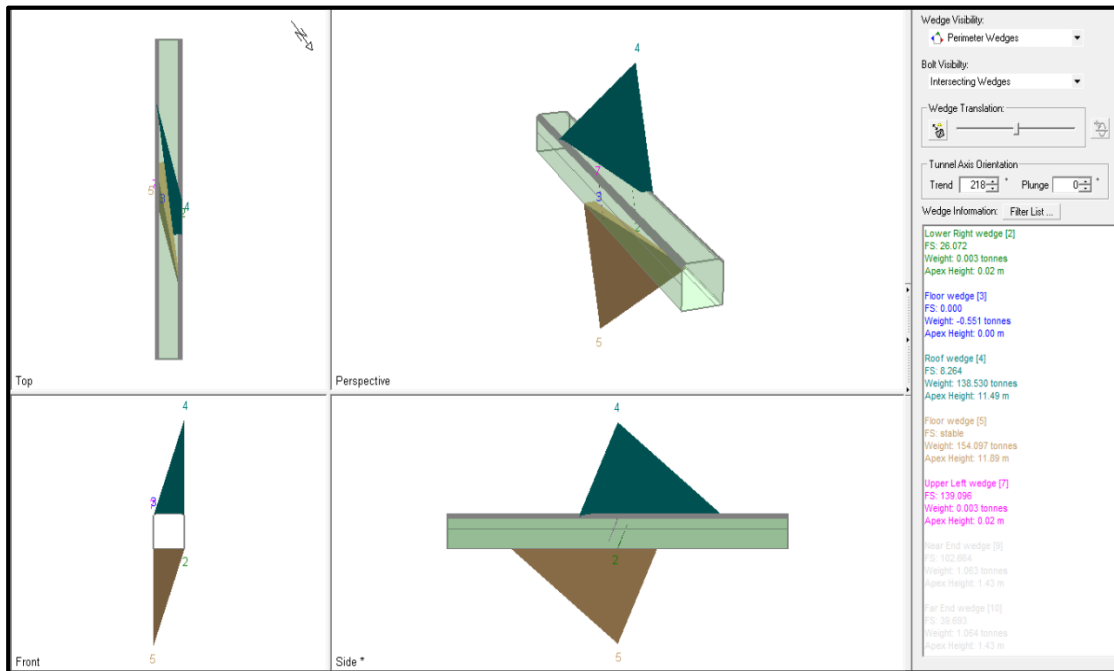


Tajo 936 se culminó la explotación con espacio abierto aproximadamente 2.0 m. respecto al nivel 4060

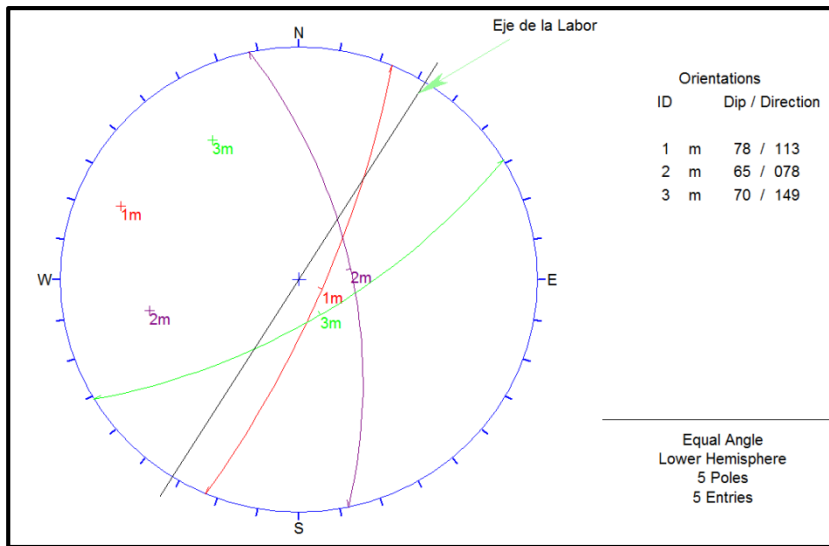
EVALUACIÓN DE CUÑAS PARA SOSTENIMIENTO



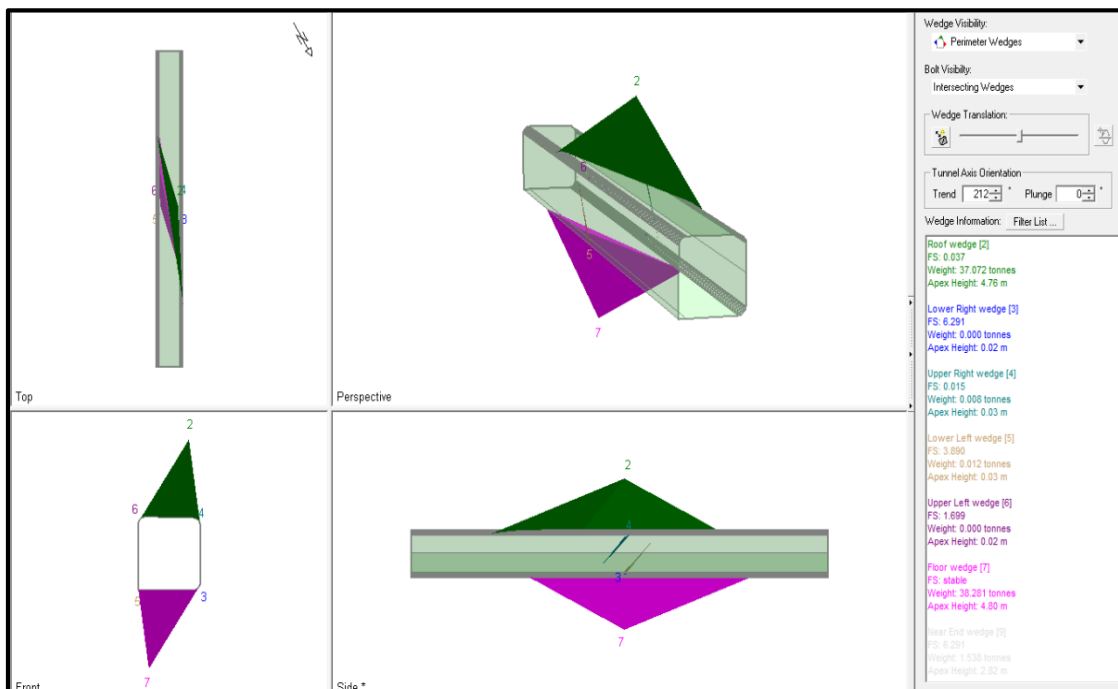
Análisis Estructural Galería 657-2 _ Nv. 3920



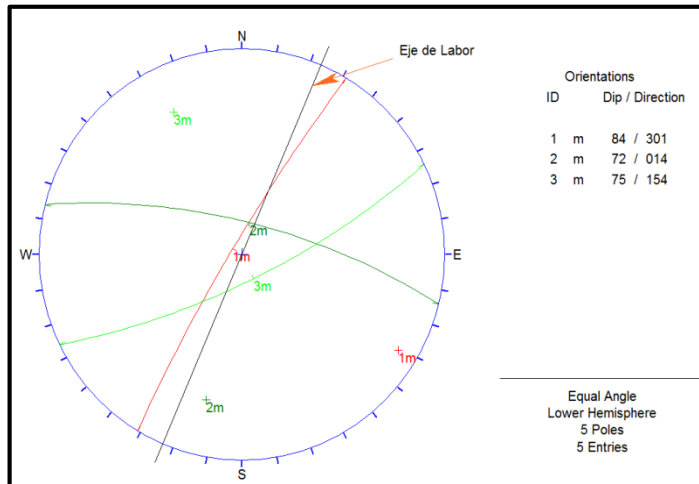
Análisis de Cuñas Galería 657-2 _ Nv. 3920



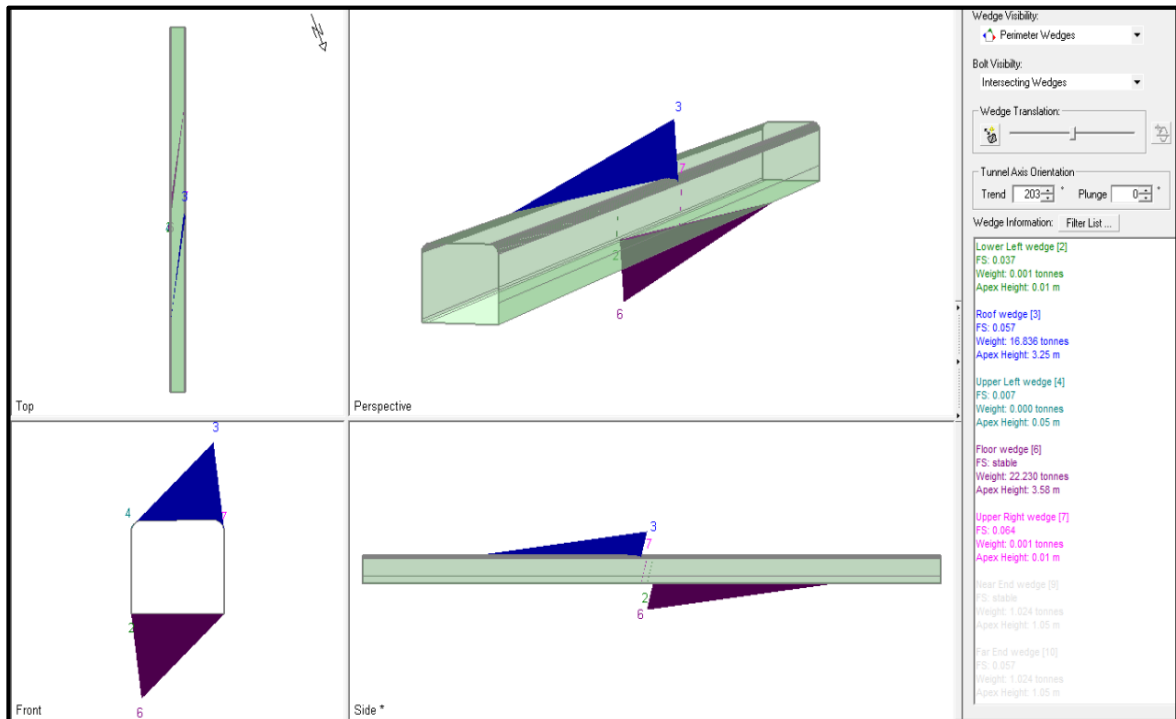
Análisis Estructural Galería 665-1 _ Nv. 3850_Mina Socorro



Análisis de Cuñas Galería 665-1 _ Nv. 3850_Mina Socorro



Análisis Estructural Galería 661 _ Nv. 3780_Mina Socorro



Análisis de Cuñas Galería 661 _ Nv. 3780_Mina Socorro