

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
MINAS**



**Evaluación Geomecánica para proponer el método de minado en la
Mina Sumaq Rumi 2022**

PRESENTADO POR:

Bach. Kevin Anderson ALARCON ARANGO

ASESOR:

Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

AYACUCHO-PERÚ

2023

AGRADECIMIENTO

Gracias a dios por cuidarme y guiarme en este camino de la vida. Agradezco infinitamente a mi familia por el gran apoyo que siempre me brindan. Asimismo, agradezco al Ing. Jhonny Ccatamayo Barrios, quien fue un gran soporte en todo este proceso.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi Abuela, Clotilde Gutiérrez Alarcón, que en paz descansa, por haberme forjado con valores y reglas. A mis padres y hermanos, por haber tenido tanta paciencia en el camino de la vida universitaria, que siempre me brindaron su apoyo incondicional.

ÍNDICE

PORTADA.....	i
ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE.....	v
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	2
1.1. Planteamiento y formulación del problema	2
1.1.1. Realidad problemática	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación en importancia.....	4
Justificación teórica.....	4
Justificación práctica.....	4
Justificación metodológica.....	4
Importancia.....	4
1.5. Hipótesis y descripción de variables	5
1.5.1. Hipótesis	5
1.5.2. Identificación de variables.....	5
CAPITULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Generalidades	7

2.1.1. Ubicación.....	7
2.1.2. Accesibilidad	7
2.1.3. Clima y vegetación	8
2.1.4. Geología.....	8
Geología regional	8
Geología estructural	10
Geología local	10
2.2. Antecedentes de la investigación	11
2.3. Bases teóricas	13
2.3.1. Mecánica de rocas.	13
2.3.2. La mecánica de rocas en la ingeniería de minas.....	13
2.3.3. Geomecánica	13
2.3.4. Criterios geomecánicos.....	14
2.3.5. Caracterización geomecánica de los macizos rocosos	15
2.3.6. Meteorización de las rocas	16
2.3.7. Resistencia de las rocas	17
2.3.8. Propiedades físico mecánicas del macizo rocoso	18
2.3.9. Clasificación RQD – Deere	20
2.3.10. Clasificación de Bieniawski (RMR).....	21
2.4. Definición de términos básicos	22
CAPITULO III.....	24
METODOLOGÍA.....	24
3.1. Método y alcance de la investigación	24
3.2. Tipo de investigación	25
3.3. Nivel de la investigación	25
3.4. Método de investigación	25
3.5. Diseño de la investigación.....	26
3.6. Población y muestra	26
3.6.1. Población	26
3.6.2. Muestra	26
3.6.3. Muestreo	27
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.7.1. Técnicas de recolección de datos.....	27

3.7.2.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos.....	28
3.7.3.	Procesamientos de datos.....	28
3.8.	Desarrollo de la investigación.....	28
3.8.1.	Descripción del modelo geomecánico.....	29
3.8.2.	Caracterización del macizo rocoso.....	31
3.8.3.	Evaluación de las propiedades de comportamiento del terreno en la mina Sumaq Rumi. 33	
3.8.4.	Clasificación geomecánica de la masa rocosa en la mina Sumaq Rumi.	33
3.8.5.1.	Método de minado.....	33
CAPITULO IV.....		50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		50
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	50
4.1.1.	Caracterización del macizo rocoso.....	50
4.1.2.	Aspectos litológicos.....	51
4.1.3.	Distribución de discontinuidades.....	52
4.2.	Evaluación de las propiedades de comportamiento del terreno en la mina Sumaq Rumi. 55	
4.2.1.	Características Físicas y Mecánicas de la roca intacta y macizo rocoso.....	56
4.2.2.	Resistencia de las discontinuidades.....	56
4.2.3.	Condiciones especiales de la masa rocosa.....	57
4.2.4.	Condiciones del agua subterránea.....	57
4.2.5.	Esfuerzos.....	58
4.3.	Clasificación geomecánica de la masa rocosa en la mina Sumaq Rumi.....	59
4.3.1.	Zonificación geomecánica de la masa rocosa.....	61
4.3.2.	Evaluación geomecánica del macizo rocoso.....	62
4.3.3.	Donimios estructurales.....	63
4.4.	Método de explotación propuesto.....	64
4.4.1.	Dilución.....	66
4.4.2.	Configuración del método de minado.....	66
4.4.3.	Incorporación de relleno al método de minado.....	67
4.4.4.	Evaluación de las condiciones de estabilidad.....	67
CONCLUSIONES.....		69
RECOMENDACIONES.....		72

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	74
Anexo 2: Analisis y resumen de resultados	75
Anexo 3: Ensayos de mecánica de rocas	80
Anexo 4: Clasificación geomecánica del macizo rocoso.....	91
Anexo 5: Analisis estructural.....	96
Anexo 6: Resultados del método grafico de estabilidad de Mathews	102
Anexo 7: Resultados del método de estabilidad de Pilares.....	106

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Correccion por índice de rebote del martillo	18
Tabla 2: Clasificación de las rocas según el índice RQD de Deere.....	21
Tabla 3: Métodos de minado subterráneo en orden de costos	35
Tabla 4: Características geométricas para el método de minada SCL.....	44
Tabla 3: Relacion de los ensayos de resistencia a la compresión simple	50
Tabla 4: Propiedades de la roca intacta	51
Tabla 5: Propiedades del macizo rocoso.....	51
Tabla 6: Propiedades del macizo rocoso.....	57
Tabla 9: Calculo de esfuerzo vertical y horizontal	59
Tabla 10: Criterios de clasificación de la masa rocosa.....	60
Tabla 11: Zonificación Geomecánica del Yacimiento Sumaq Rumi	62
Tabla 12: Numero de estaciones de mapeo geomecanico	63
Tabla 13: Clasificacion geomecánica por sectores de diseño.....	64
Tabla 14: % de la dilución en función de la recuperación.....	66
Tabla 15: Metodo de explotación por banqueo y relleno	66
Tabla 16: Propiedades in situ de compositos de rellenos	67
Tabla 17: Requerimiento de cemento en peso por m3 de relleno.....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la Compañía Minera Sumaq Rumi.....	7
Figura 2: Plano geológico regional.....	11
Figura 3: Esquema de clasificación de las rocas simplificado	16
Figura 4: Factores geológicos del macizo rocoso.....	19
Figura 3: Proyección de falla predominante en roca arenisca.	30
Figura 4: Proyección de falla predominante en zona de mineral	31
Figura 5: Proyección de falla predominante en roca caliza.....	31
Figura 8: Esquema de ubicación y dimensiones del método Sublevel Caving para Mina Sumaq Rumi.....	45
Figura 9: Secuencia de minado en el Subnivel. Sección Este de la estructura.....	47
Figura 10: Secuencia de minado en el Subnivel. Se extrae el primer nivel. Los colores rojos indican falla en el macizo. Sección Este de la estructura.	48
Figura 11: Secuencia de minado en el Subnivel. Se extrae el segundo nivel. Las cajas comienzan a colapsar. Sección Este de la estructura.	48
Figura 12: Secuencia de minado en el Subnivel. Se extrae el tercer nivel. Las cajas continúan colapsando. Sección Este de la estructura.....	49
Figura 13: Secuencia de minado en el Subnivel. Se extrae el cuarto nivel. Las cajas comienzan a colapsar, afectando la parte baja. Sección al Este.....	49
Figura 14: Sistemas de fracturas en caja piso (dominio DM-IVB)	53
Figura 15: Sistemas de fracturas en Mineral (dominio DM-IVB).....	53
Figura 16: Sistemas de fracturas en Caja Techo (dominio DM-V).....	54

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.....	74
Anexo 2: Analisis y resumen de resultados	75
Anexo 3: Ensayos de mecánica de rocas	80
Anexo 4: Clasificación geomecánica del macizo rocoso.....	91
Anexo 5: Analisis estructural.....	96
Anexo 6: Resultados del método grafico de estabilidad de Mathews	102
Anexo 7: Resultados del método de estabilidad de Pilares.....	106

RESUMEN

Esta investigación denominada “EVALUACION GEOMECANICA PARA PROPONER EL METODO DE MINADO EN LA MINA SUMAQ RUMI - 2022”. Tiene como objeto realizar una evaluación geomecánica de la masa rocosa involucrada con el Cuerpo de la Mina Sumaq Rumi, para determinar el método de minado subterráneos que podrían aplicarse a este yacimiento. De acuerdo con el propósito previsto, se presentan los resultados de estudios geomecánicos, factores de corrección de estabilidad y estimaciones de parámetros geomecánicos básicos. También se presentan los resultados de la evaluación de las condiciones de severidad minera relacionadas con la minería. Con base en esta evaluación, se encontraron condiciones geomecánicas del macizo rocoso muy desfavorables en el cuerpo de la mina Sumaq Rumi. De acuerdo con los criterios de clasificación geomecánica de Bieniawski (1989), la roca del cuerpo mineralizado y caja superior inmediata es de muy baja ley (clase V), caja superior intermedia, ley baja (clase IVAB) y base inmediata. caja, mala calidad (Clase IVAB), caja base media Normal B (Clase III AB) y caja base distal es de buena calidad (Clase II), estructura mineralizada es de mala calidad (Clase IVAB). Estas condiciones geomecánicas dificultan la explotación de la mina con cualquier método de minado.

Palabras clave: Clasificación geomecánica; propiedades del macizo rocoso; método de minado

INTRODUCCIÓN

Sumaq Rumi Mining SA es una empresa dedicada a la explotación de recursos minerales en la mina Sumaq Rumi, ubicada en la provincia de Yauyos. Los elementos mineros más importantes son el zinc, la plata y el plomo. La evaluación geomecánica para determinar los métodos de explotación que podrían aplicarse a un yacimiento caracterizado por una muy mala calidad del macizo rocoso. Es bien sabido que el éxito de una mina depende del nivel de información geológica y geomecánica disponible y de la utilidad de esta información, entonces la selección del método de funcionamiento a utilizar, el tipo de soporte de montaje, la apertura máxima, etc, dependen de la estabilidad de la excavación en relación con la minería se basa en la información del proyecto disponible en la etapa actual. . Como resultado de esta evaluación, se definió el método de minería. Este es un informe sobre los resultados del trabajo realizado y presentado a la dirección de Sumaq Rumi para su consideración.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Realidad problemática

Para realizar una minería eficiente es necesario llevar a cabo los planes desarrollados en estudios previos, considerando la mejor alternativa para el tipo de yacimiento de que se trate. Se diseña y planifica el método de excavación, dimensiones del tajo, dimensiones del equipo, tipo de apoyo, estructura de relleno, recuperación metalúrgica, entre otros.

La minería es una actividad extractiva cuyo desarrollo sustenta gran parte de la industria manufacturera y es una importante fuente de crecimiento económico en los países en desarrollo. Perú es uno de los mayores productores del metal en el mundo, como lo demuestra su presencia entre los productores de oro del mundo y uno de los primeros en América Latina.

Fruto del análisis de la importancia que tienen ciertos factores que condicionan la actividad minera, surge la necesidad de desarrollar la ingeniería geotécnica a nivel de minas, en este aspecto en la Empresa Sumaq Rumi, es necesario determinar el método o métodos de minería subterránea que podrían aplicarse al yacimiento con base en la información obtenida del mapa geotécnico de los trabajos preliminares del yacimiento en curso. También quieren conocer las condiciones de estabilidad de la minería relacionadas con la minería y así determinar los parámetros del método de minería con mayor probabilidad de uso.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo la evaluación geomecánica influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ❖ ¿De qué manera la evaluación de las condiciones naturales del yacimiento o ambiente geomecánico influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?
- ❖ ¿Cómo la caracterización geomecánica de la masa rocosa influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?
- ❖ ¿En qué medida la determinación de las propiedades de comportamiento del terreno influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?
- ❖ ¿Cómo la clasificación geomecánica de la masa rocosa influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar la evaluación geomecánica para proponer el método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Conocer de qué manera la evaluación de las condiciones naturales del yacimiento o ambiente geomecánico influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.

- ❖ Establecer como la caracterización geomecánica de la masa rocosa influye en la propuesta del metodo de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.
- ❖ Determinar en que medida la determinación de las propiedades de comportamiento del terreno influye en la propuesta del metodo de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.
- ❖ Evaluar como la clasificación geomecánica de la masa rocosa influye en la propuesta del metodo de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.

1.4. Justificación en importancia

Justificación teórica

El fundamento detrás de este estudio es que ayudará no solo en la ingeniería geotécnica, sino también en la prevención de accidentes e incidentes y en la toma de decisiones de la alta gerencia, ayudará a justificar los temas discutidos y creará un flujo de conocimiento para futuras investigaciones y referencias. material para otros investigadores.

Justificación práctica

Este proyecto de investigación posee una justificación práctica debido a que en su desarrollo se fortaleciera temas ligados a la mecánica de rocas y por ende al desarrollo de actividades de explotación en la mina .

Justificación metodológica

El presente estudio tiene una justificación metodológica, pues su fin es dar solución a los objetivos planteados; para lo cual se realiza un seguimiento de los trabajos de campo para conocer los componentes geomecánicos de la mina. Para ello se ha elaborado un formulario de registro, en el que se han registrado y tratado los datos.

Importancia

La importancia de esta investigación radica en que contribuirá a dar continuidad a la explotación minera. Asimismo, servirá como fuente de referencia para otras investigaciones semejantes.

1.5. Hipótesis y descripción de variables

1.5.1. Hipótesis

1.5.1.1. Hipótesis general

La evaluación geomecánica influye significativamente en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.

1.5.1.2. Hipótesis específicas

- ❖ La evaluación de las condiciones naturales del yacimiento o ambiente geomecánico influye de manera positiva en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.
- ❖ La caracterización geomecánica de la masa rocosa influye significativamente en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.
- ❖ La determinación de las propiedades de comportamiento del terreno influye en gran medida en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.
- ❖ La clasificación geomecánica de la masa rocosa influye positivamente en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.

1.5.2. Identificación de variables

1.5.2.1. Variable dependiente

- ❖ Método de minado

Indicadores

- Selección del metodo de minado
- Parametros estimados del metodo de minado

1.5.2.2. Variable independiente

- Evaluacion geomecanica

Indicadores

- condiciones naturales del yacimiento
- caracterización geomecánica de la masa rocosa
- propiedades de comportamiento del terreno
- clasificación geomecánica de la masa rocosa

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

2.1.1. Ubicación

La mina Sierra Sumaq Rumi está ubicada en el distrito de Tomas de la provincia de Yauyos en el departamento de Lima (colindante con el distrito de Junín). Las coordenadas UTM de referencia son: 8'666.500-N; 26 500-E. Se encuentra a una altitud de 4400 metros sobre el nivel del mar.

2.1.2. Accesibilidad

Las vías de acceso son:

Desde Lima

Lima-La Oroya-Pachacayo-mina Sumaq Rumi, con un total de 270 km

Lima-Cañete-Lunahuaná-Yauricocha-mina Sumaq Rumi, con un total de 370 km

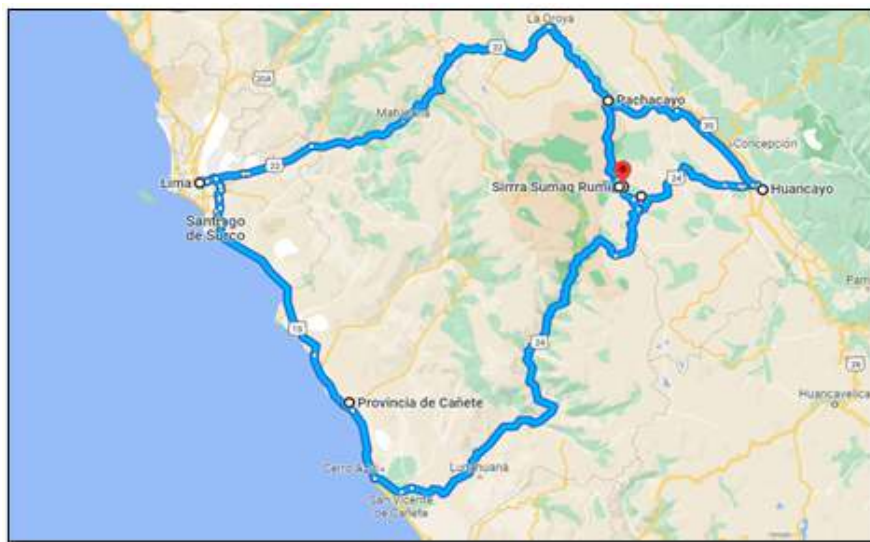


Figura 1: Ubicación de la Compañía Minera Sumaq Rumi.

2.1.3. Clima y vegetación

El clima en la zona minera es seco y frío. La temporada de lluvias dura de noviembre a marzo con poca o ninguna nieve. En cuanto a las plantas, solo hay ichu, una especie endémica local, a una altitud de 4.600 metros.

2.1.4. Recursos

Recursos hídricos

El agua para el campamento y las operaciones mineras se abastece por tubería desde la Laguna Sumaq Rumi, ubicada a 1 km del campamento ya menos de 2 km de la mina.

Recursos humanos

Sierra Sumaq Rumi cuenta con más de 350 empleados, entre ellos empleados de diversos contratos de operación y servicios.

2.1.5. Geología

Geología regional

La mina de estudio, posee una amplia distribución de rocas sedimentarias que pertenecen al Miogeosinclinal del Mesozoico, y a la vez éstas comprenden desde la edad del Jurásico Inferior que pertenecen a la formación del grupo Pucará hasta el Cretáceo que pertenecen a la formación Jumasha.

De manera similar, los sedimentos forman diques irregulares de composición andesítica, pero son menos comunes y pueden verse al sur de la mina de Sierra Sumaq y en los trabajos subterráneos de la mina.

Rocas sedimentarias

Formación Condorsinga (grupo Pucará)

Esta formación está compuesta principalmente de caliza. Además, la cantidad de pedernal disminuye a medida que uno avanza en la secuencia, diferenciándola de la formación Chambará de América del Norte en términos de contenido de pedernal. Aunque no se han medido otras secciones debido a su monótona litología y, lo que es más importante, al hecho de que su piso rara vez está expuesto, es claro que su espesor es al menos constante en la dirección suroeste. El metalotecto principal en el área, donde se encuentra el cuerpo mineralizado de la mina Sierra Sumaq Rumi, es la formación Condorsinga.

Formación Cercapuquio

Se distinguen cuatro períodos de hundimiento, pero los sedimentos observados a escala de formación aumentan en la parte superior. Las principales partículas maleables de grano fino son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y restos de rocas volcánicas.

Grupo Goyllarisquizga (Machay y otros)

El Grupo Goyllarisquizga se compone principalmente de arenisca gris claro, formas menores de arenisca y microconglomerado, y capas de carbón ocasionales, que subyacen a las calizas y margas del Grupo Machay del Cretácico Medio (Albiano Inferior a Medio). Este contacto es transitorio y representa un cambio gradual de facies de un ambiente litoral marino-continental (Goyllarisquizga) a uno de facies sublitoral (Formación Chulec).

Formación Casapalca

Al norte y este de Sierra Sumaq Rumi, los lechos rojos de la Formación Kasapalka (Terciario Inferior) se encuentran con las fallas descritas de la secuencia Mesozoica. Consiste en lutita roja, arenisca y conglomerado, ocasionalmente interrumpida por lentes de yeso y caliza lacustre.

Geología local

Las rocas más antiguas presentes son de la Formación Condorsing perteneciente a la Formación Pucara y son rocas carbonatadas. La litología expuesta en la propiedad rumi Sierra Sumaq también incluye areniscas de la Formación Condorsing del Jurásico Inferior de la Formación Pucara y la Formación Goyllarisquizga con variaciones de vetas de composición andesita. La piedra caliza de la Formación Condorsing se superpone a la Arenisca Goyllarisquizga con una falla inversa.

El bloque de falla del norte está compuesto principalmente de arenisca gris claro rojo-amarilla masiva interrumpida por capas de lutita y arenisca roja. Al oeste de la Sierra Sumaq Rumi, en la región de Pozo cancha, las fallas de contacto de la infra arenisca Cercapuquio Superior y la piritita en la arenisca del Grupo Goyllarisquizga. Toda esta secuencia clásica desarrolla un sinclinal N-S y una leve tendencia a la flexión en ambos lados. Al norte del eje del campamento cambia gradualmente de rumbo a N45°W, luego A-R y finalmente S80°W.

Geología estructural

Las principales características estructurales de la Meseta Andina consisten en una secuencia sedimentaria fallada altamente plegada del Mesozoico, a veces indicada por litis, Huacravilca, Chuquipite, Caja Real, etc.)

El eje de pliegue regional N45° - 60° buza bruscamente hacia el oeste en Sierra Sumaq rumi hasta que alcanza un curso S65° - S80° cerca del depósito de Chuquipite. Este típico evento de inyección forzada intrusiva se puede observar cerca de Laguna Cantagallo, Leoncocha y Huichaca. En estos lugares, los estratos de las formaciones Cercapuquio, Goyllarisquizga y Machay se arquean para ser paralelos al curso del contacto intrusivo y casi limitarlo. Las depresiones de las formaciones son suaves y están separadas de las rocas intrusivas (30oE en Cantagallo, 65oS en Leoncocha y 36oSO en Huichaca), lo que indica que los contactos de la

reserva buzanan en estas direcciones. El contacto norte, probablemente la proyección occidental de la falla de Gran Bretaña, es casi recto, con tendencia E-0, con buzamiento casi vertical. En algunos casos, como el prospecto de Waie, la superficie de contacto mira hacia el sur.

Geología económica

Tipo de yacimiento

La mina Sierra Sumaq Rumi tiene un depósito donde el zinc es el principal mineral extraído y su pozo tiene un espesor de 3-10 metros, Sierra Sumaq Rumi es una de las muchas minas en los Andes centrales del Perú, mencionan las siguientes importantes unidades productoras de zinc, cobre, oro y plata, y tramos mineros polimetálicos subterráneos y subterráneos: Yauricocha, junto a la mina de ron Sierra Sumaq, Raura; Colquijirca-St. Gregorio - Sede; Huarón; San Vicente; Casapalca; Marruecos - Toromocho; ucchuchacua; Izcaycruz; Ataque; Milpo

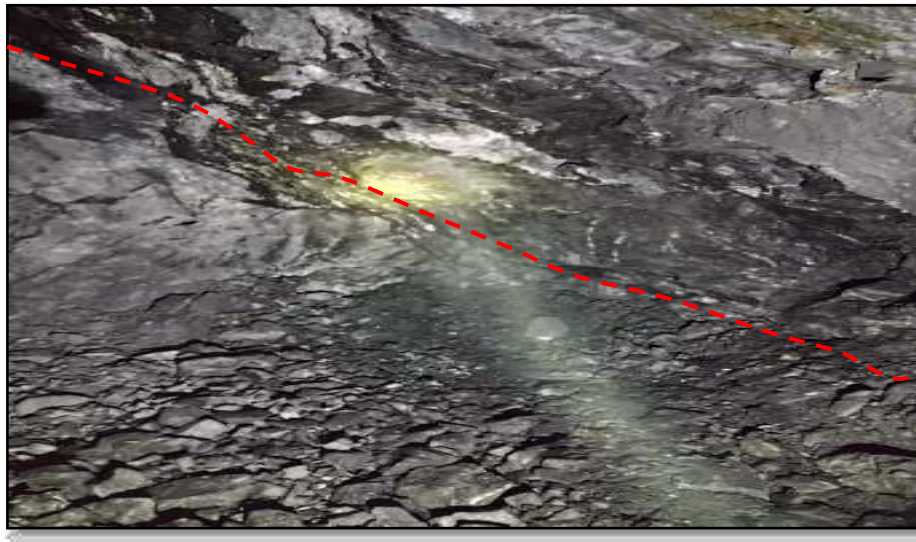


Figura 2: Estructura en mina Sierra Sumaq Rumi

2.2. Antecedentes de la investigación

Según, Rivero (2008). Evaluación Geomecánica de Estrategias de Socavación en Minería Subterránea. Tesis de la Universidad de Chile, cuyo objetivo general es realizar una evaluación comparativa relativa de diferentes estrategias de limpieza desde el punto de vista geotécnico. Fue

desarrollado como parte del Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea, que actualmente se encuentra en etapa de ingeniería conceptual.

Según, Reveron H., (2013), nos demuestra que la minería subterránea utiliza el método de cámara y columna para caracterizar y evaluar geomecánicamente el macizo rocoso mencionado en la mina Columbia. En este caso mencionan la implementación y plan de minado utilizado como proceso de planificación para la minería subterránea, donde se relacionan las fuerzas presentes en el macizo rocoso no perturbado con el factor de seguridad que tienen, para ello estudian diferentes posibilidades de falla. procesos que pueden ocurrir alrededor de la excavación y los pasos a seguir para elegir el método óptimo correcto.

Según, Córdova R. N., (2008), presentado en su artículo “Geomecánica en la Minería Subterránea de Constable Mining”, se refiere a la evaluación de los estudios geomecánicos y su aplicación en Constable Mining. Durante los últimos 20 años, se han desarrollado una serie de técnicas para estimar o medir varios esfuerzos máximos y mínimos in situ, donde la distribución de esfuerzos se aplica a la pared de roca debilitada y los límites de excavación. puede causar inestabilidad en la excavación, las funciones geomecánicas investigadas en excavación deben realizarse en un ambiente donde es necesario comprender todos los conceptos de esfuerzo y resistencia de los trabajadores del área. de explotación.

Según, Hernández V. (2013), la importancia de la geotecnia en el desarrollo de proyectos mineros subterráneos. Enfoque en la sustentabilidad El Congreso Iberoamericano de Minería Sustentable de Santiago en Chile los días 13, 14 y 15 de noviembre de 2013 menciona: considera que la mayoría de los diferentes métodos de diseño de esfuerzos, en diferentes excavaciones subterráneas, deben ser aplicados en casos prácticos, implementados en diferentes casos . de empresas mineras, donde en algunos casos la clasificación debe ser revisada varias veces, depende

del tipo de roca presente en las diferentes unidades mineras. También se consideran las fuerzas naturales y las fuerzas inducidas resultantes del desarrollo de la minería subterránea o minería subterránea, lo que da solución al problema de la posible inestabilidad de las obras subterráneas.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Mecánica de rocas.

Es una ciencia teórica y aplicada que se ocupa del comportamiento mecánico de las rocas, estudia el comportamiento mecánico de los macizos rocosos bajo la influencia de fenómenos naturales o fuerzas creadas por el hombre. •Búsqueda cualitativa y cuantitativa de los fenómenos naturales y su relación con el comportamiento de los materiales. Un problema de ingeniería mecánica en todos los proyectos estructurales es predecir el comportamiento de una estructura bajo cargas aplicadas o durante su vida útil. El tema de práctica de un ingeniero mecánico de rocas como ingeniero de minas se refiere a la aplicación de los principios de ingeniería mecánica en el diseño de estructuras rocosas que surgen durante la minería.

2.3.2. Geomecánica

Es una combinación de varias disciplinas (geología, mecánica de rocas, hidrogeología, etc.) encargadas del estudio de los macizos rocosos y su uso para resolver problemas de construcción en este medio (minas subterráneas, minas a cielo abierto, túneles, centrales eléctricas, etc.) . Las principales funciones de la geomecánica son: Determinar el tipo de soportes a instalar en el proyecto, para ello determinar los indicadores geomecánicos del macizo rocoso, por ejemplo:

- ❖ Índice Q.
- ❖ Índice RMR.

- ❖ Índice MRMR.
- ❖ Índice GSI.

2.3.3. Criterios geomecánicos

Los propietarios de minas subterráneas y los altos directivos esperan sistemas de minería que satisfagan necesidades básicas como la estabilidad, la recuperación de minerales, el rendimiento del capital y la responsabilidad ambiental y social. Por lo tanto, los estándares geomecánicos que se utilicen en el desarrollo de las minas subterráneas serán fundamentales y sus necesidades deberán quedar reflejadas en la política de la empresa. En otras palabras, deben cumplir con criterios geomecánicos específicos para el diseño, la operación y el cierre antes de que se pueda aprobar un proyecto de desarrollo.

Los criterios geomecánicos a considerar al desarrollar un plan de mina son los siguientes.

✓ **Criterios geomecánicos para el diseño**

- Uso de la excavación minera
- Factor de seguridad y/o probabilidad de falla.
- Área de influencia
- Normas técnicas aplicables

✓ **Criterios geomecánicos durante la construcción y operación**

- Estándares constructivos
- Especificaciones técnicas.
- Técnicas de construcción y explotación.
- Mapeo, instrumentación y monitoreo.

Criterios geomecánicos para el cierre de minas

- Durabilidad, monitoreo y mantenimiento

2.3.4. Caracterización geomecánica de los macizos rocosos

Las rocas pueden ser pensadas como agregados o grupos de uno o más minerales que forman masas que ocupan extensiones gigantescas de la corteza terrestre, o que son lo mismo que el bloque de construcción principal de la litosfera. La edad geoquímica de las rocas se indica indicando la proporción de formación de la corteza terrestre rocosa; Los materiales líquidos de las regiones profundas siguieron y actualmente están moviendo su camino ascendente hacia la expansión de la Tierra. Estos materiales, que consisten en una masa rocosa dinámica en la que pueden coexistir las fases sólida, líquida y gaseosa, se denominan magmas.

A medida que los magmas ascienden a mejores zonas, se solidifican, lo que puede ocurrir en la misma zona o a cierta profundidad. Si la solidificación ocurre en un área, es momentánea y por lo tanto no se forman cristales monumentales; por lo que tienden a formar vasos. Así es como se forman las rocas volcánicas. Si se ha producido condensación en profundidad, los cristales tienen la posibilidad de desarrollarse debido al enfriamiento lento; las rocas intrusivas se forman de esta manera. las venas que se elevan hacia el área se llaman piedras de vena. Las rocas ígneas consisten en rocas volcánicas, vetas e intrusivas. Las piedras están expuestas a la intemperie; sus elementos han sido eliminados físicamente y la diagénesis consiste en rocas sedimentarias. En ciertas áreas, a medida que se acumulan los sedimentos, el lecho marino se hunde o se hunde, sometiendo los paquetes de sedimentos a las presiones y temperaturas apropiadas que crean el sitio para la formación química y las rocas metamórficas que son típicamente características. con su follaje. De esta forma, debido al periodo geoquímico presentado, las rocas pueden ser de origen ígneo, sedimentario y metamórfico.



Figura 3: Esquema de clasificación de las rocas simplificado

2.3.5. Meteorización de las rocas

Desde el punto de vista de la mecánica de rocas, los cambios experimentados durante su desintegración se denominan desintegración de las rocas, porque provoca cambios profundos en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales rocosos. dos tipos de resistencia a la intemperie: física y química.

- La meteorización física incluye las siguientes acciones
 - Arranque directo de partículas por erosión.
 - Acción destructora debida a la congelación del agua en grietas y fisuras.
 - Modificaciones producidas por los cambios de volumen de la roca debidos a variaciones de temperatura.
 - Acción de las plantas, especialmente de las raíces de los árboles.

2.3.6. Resistencia de las rocas

“Aunque esta sección se trata principalmente de evaluar la resistencia a la compresión de las rocas en el campo, también se aplica a los suelos cohesivos, ya que a menudo se encuentran rellenando discontinuidades en el macizo rocoso. La resistencia a la compresión de las rocas se puede estimar por la dureza de la superficie, con el apoyo de un dispositivo que registra el rebote de un cilindro de roca. El martillo tipo L permite una fácil medición de los valores de resistencia a la compresión de la roca, que es una fórmula para calcular la resistencia de la roca basada en el índice de rebote del martillo Schmidt”.

$$\text{LOG}(\sigma_c) = 0,00088\gamma R + 1,01$$

Donde:

σ_c =resistencia a compresión simple de la capa superficial de la roca (MPa)

γ = peso específico de la roca (kN/m³)

R = Índice de rebote

Ecuación 1: fórmula para calcular la resistencia de la roca partiendo del índice de rebote del martillo de Schmidt.

Para usar la fórmula anterior directamente, el martillo debe colocarse verticalmente hacia abajo en el área horizontal, es decir, con un retroceso mínimo. Las tasas de rechazo son en realidad entre 10 y 60. El índice más bajo corresponde a la roca más débil (resistencia a la compresión simple de 150 MPa). Las piedras completamente quebradizas no deben probarse con el martillo L-Schmidt.

Dependiendo del ángulo α que forme el martillo con la vertical, se debe utilizar una reducción en el índice de retroceso del martillo si el martillo no está apuntando verticalmente hacia abajo, como se muestra en la tabla.

Tabla 1: Correccion por índice de rebote del martillo

Rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha=-90^\circ$	$\alpha=-45^\circ$	$\alpha=+90^\circ$	$\alpha=+45^\circ$	$\alpha=0^\circ$
10	0	-0,8	---	---	-3,2
20	0	-0,9	-8,8	-6,9	-3,4
30	0	-0,8	-7,8	-6,2	-3,1
40	0	-0,7	-6,6	-5,3	-2,7
50	0	-0,6	-5,3	-4,3	-2,2
60	0	-0,4	-4,0	-3,3	-1,7

2.3.7. Propiedades físico mecánicas del macizo rocoso

El comportamiento de un macizo rocoso (bloques de matriz rocosa más discontinuidades) está determinado por las propiedades del macizo rocoso que lo compone; su resistencia y configuración, como los cambios que afectan a la piedra o la intemperie, son poco duraderos en el tiempo y la exposición a factores ambientales que le envejecen; además, la frecuencia y el tipo de discontinuidades en el macizo rocoso determinan en gran medida el comportamiento general del macizo rocoso, a pesar de otros factores como la estructura tectónica (plegamiento, tensiones naturales, condiciones hidrogeológicas y factores geoambientales) que en conjunto influyen en su comportamiento mecánico). Se conocen como factores geológicos el comportamiento y las propiedades mecánicas del macizo rocoso.

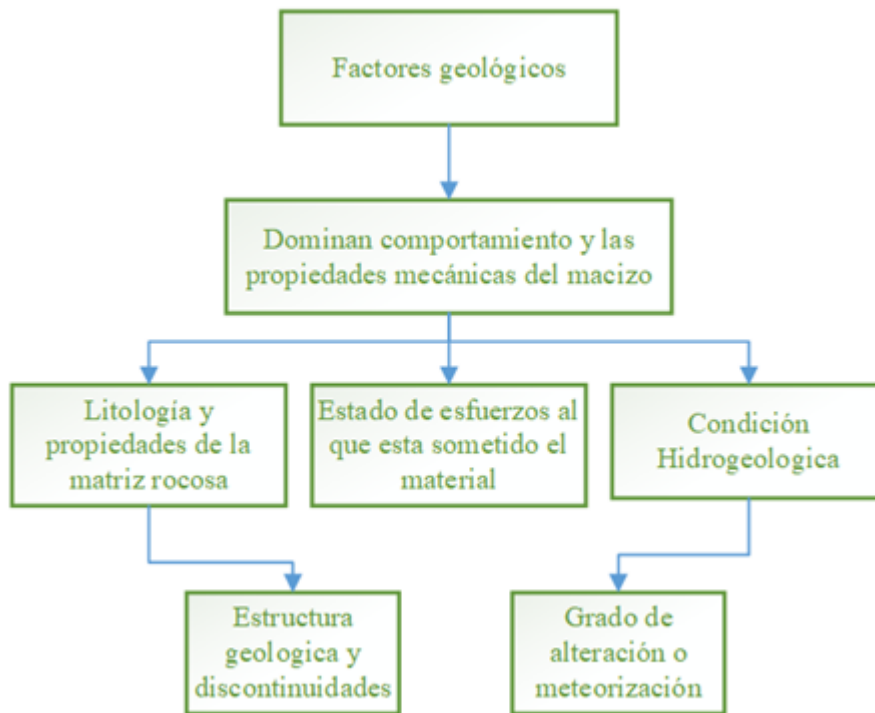


Figura 4: Factores geológicos del macizo rocoso

Los esfuerzos que actúan sobre la roca determinan los patrones de deformación y el comportamiento mecánico del macizo rocoso en su conjunto, una clasificación geotécnica o geomecánica general para los diferentes tipos de rocas fue difícil de determinar debido a la variabilidad, discontinuidad y naturaleza isotrópica de las mismas. factores Naturaleza de las tablas. (González de Vallejo, 2002). Las clasificaciones más útiles en mecánica de rocas son las denominadas clasificaciones geomecánicas, de las cuales las más utilizadas son la RMR de Bieniawski y la Q de Barton (Gonzales de Vallejo, 2002); definen diferentes clases de macizos rocosos en función de las características de la matriz rocosa y las discontinuidades, que dan una estimación de sus propiedades resistivas globales. Hay otras clasificaciones basadas en diferentes parámetros de las propiedades del macizo rocoso, como Therzagui 19 6, Roman 1985, Índice de resistencia geológica (GSI). (Salcedo SGC, 2019).

Estas clasificaciones definen diferentes grados de calidad del macizo rocoso con base en parámetros de evaluación de las propiedades del macizo rocoso que componen el macizo rocoso, así como discontinuidades para que se pueda determinar una calificación basada en la resistividad total del macizo rocoso. Este artículo proporciona una lista de clasificaciones geomecánicas de rocas basadas en las referencias referenciadas. Sin embargo, se ha creado una descripción más detallada de las categorías anteriores.

2.3.8. Clasificación RQD – Deere

Este índice RQD, propuesto por Deere en 1964, significa Rock Quality Designatio, que cuantifica la resistividad de un bloque con base en una corrección por el porcentaje de recuperación del núcleo (Salcedo, 2019).

Se obtiene mediante ensayos de laboratorio a partir de muestras de material rocoso con un diámetro de núcleo de al menos 50 mm y un porcentaje de núcleo recuperado en estudio superior a 1 cm. Para obtener mejores resultados de la prueba, se recomienda que los valores RQD de longitud variable se determinen en posiciones fijas en el sentido de que se pueden determinar en capas individuales y puntos débiles. La estimación del índice RQD básico en un pozo se basa en la siguiente ecuación:

$$RQD = \frac{\sum LONGITUD\ DEL\ TESTIGO\ \geq\ 10CM}{LONGITUD\ DEL\ TALADRO\ UTILIZADO} \times 100\%$$

Si no hay núcleos de perforación disponibles y el índice de ley de la roca se debe encontrar a partir de los datos de afloramiento, se puede estimar a partir de la relación de Palmstrom (2005); donde J_v sigue a la suma de roturas por unidad de longitud o la densidad de roturas (Ramirez y Oyangure, 2007) y/o para valores de $J_v \geq ,5$, el valor de RQD se determina según la ecuación número 3.

$$RQD = 1,15 - 3.3J_V$$

Según el valor porcentual obtenido, Deere clasifica los macizos rocosos según la tabla adjunta.

Tabla 2: Clasificación de las rocas según el índice RQD de Deere

RQD%	Calidad
>25	Muy malo
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

2.3.9. Clasificación de Bieniawski (RMR)

Esta clasificación fue desarrollada por Bieniawski en 1973, a partir de datos obtenidos por los mismos autores en 45 túneles, actualizados en 1979 y 1989 (Gonzales de Vallejo, 2002). Es un sistema de clasificación de macizos rocosos que relaciona indicadores de calidad con parámetros estructurales y de soporte. La clasificación RMR de Bieniawski tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa
- Grado de fracturación en términos del RQD
- Espaciado de las discontinuidades
- Condiciones de las discontinuidades, en las que se deben considerar los siguientes parámetros:
 - Aberturas de las caras de las discontinuidades

- Continuidad o persistencia de la discontinuidad
 - Rugosidad
 - Alteración de la discontinuidad
 - Relleno de la discontinuidad
- Condiciones hidrogeológicas
 - Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

La distribución de estos parámetros con los macizos rocosos se expresa en el índice de calidad RMR; Las propiedades del macizo rocoso van de 0 a 100. Básicamente, el concepto de índice RMR es una valoración de los valores o fracciones de diferentes propiedades del macizo rocoso, divididas en áreas o secciones más o menos homogéneas, cuya suma se determina como índice.

2.4. Definición de términos básicos

Riesgo: La posibilidad de que suceda algo que afecte el objetivo. Por lo general, se mide por la probabilidad de eventos y consecuencias. Minería: Toda excavación que se hace para extraer un yacimiento mineral.

Tabla de geomecánica GSI: Este es un libro introductorio al índice de resistividad geológica GSI. Mediante la identificación visual del grado de fractura del macizo rocoso, la resistencia y otras propiedades geológicas en campo, se realiza la evaluación cualitativa y caracterización geomecánica de las rocas.

El grado de cambio en su ruptura. Se utiliza para estimar el tipo de soporte a utilizar en una mina en base a tipos de roca calificados.

Control de calidad de sujetadores: Estas son varias pruebas realizadas en ingeniería para verificar que los sujetadores estén correctamente instalados y cumplan con las especificaciones de diseño.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

El estudio fue desarrollado siguiendo una secuencia de tareas, que se iniciaron con reuniones de coordinación con los ingenieros de la mina Sumaq Rumi y termino con la preparación del presente documento. Las principales actividades desarrolladas, tanto en campo como en gabinete fueron las siguientes:

- ❖ Recopilación y revisión de la información disponible
- ❖ Investigaciones geotecnicas de campo y de laboratorio
- ❖ Dimensionamiento de los tajeos y análisis de estabilidad de los mismos

Sánchez, H., Reyes, C. y Mejía, K. (2018) asumen que el método científico se basa en un grupo de conjeturas desde la percepción adoptada por una o unas teorías científicas y para su desarrollo se aplica procedimientos instaurados por los investigadores. En este sentido, la presente investigación corresponde al método científico. Puesto, que buscará establecer la relación que exista entre sus variables. De acuerdo, a caracterizar los aspectos geomecánicos de la mina Sumaq Rumi a través de fichas de recojo de información y procesamiento de ensayos de laboratorio en la mina para establecer el mejor método de minado, que se obtuvieron los datos de la fuente principal para la caracterización de la masa rocosa, fueron los labores mineras rehabilitadas llevadas a cabo por la empresa Sumaq Rumi. Sobre estas labores se llevó a cabo un registro lineal extrayéndose muestras de roca en bloques para enviar al laboratorio de Mecánica de Rocas.

3.2. Tipo de investigación

Ñaupas, H., Valdivia, R., Palacios, J y Romero, H. (2018) afirman que de acuerdo a múltiples autores y hasta el momento el tipo de investigación se limita a dos, tales como: la investigación básica, pura o fundamental y la investigación aplicada.

De acuerdo, a lo señalado la tesis pertenece a la investigación aplicada. Porque, busca establecer estrategias que resuelvan la problemática sobre la evaluación geomecánica para proponer el método de minado en la mina Sumaq Rumi

3.3. Nivel de la investigación

Sánchez, H., Reyes, C. y Mejía, K. (2018) indican que es un primer acercamiento del investigador al problema o fenómeno a estudiar, con el objetivo de realizar un análisis pormenorizado del mismo para tener más elementos al momento de plantear el problema y concretar las hipótesis. Este primer contacto se puede realizar por diversas vías: observación directa o indirecta, entrevista a informantes clave, o por medio de análisis documental. Es un sondeo preliminar; su objetivo es ayudar al investigador a definir el problema, establecer hipótesis y definir la metodología para formular un estudio de investigación definitivo.

Es por ello, que el nivel de investigación es de tipo exploratorio, puesto que las primeras indagaciones se realizan sobre la caracterización de la masa rocosa de la mina Sumaq Rumi, las cuales permitirán inferir el método de minado más adecuado

3.4. Método de investigación

Dado que los datos y resultados obtenidos son datos numéricos basados en la recolección de datos con instrumentos estandarizados, el método de investigación es un método científico con enfoque cuantitativo que permite medir y demostrar su validez y confiabilidad.

3.5. Diseño de la investigación

Es bien sabido que la indagación es un proceso de conocimiento planificado, deliberado, racional y crítico mediante el cual se controlan las variables de la indagación a medida que avanza hacia nuestros objetivos de manera lógica y sistemática. Una vez determinado el planteamiento del problema y el alcance del estudio, es necesario imaginar la forma más precisa de responder las preguntas de manera que cubran los objetivos de la investigación.

El diseño metodológico en el cual se basa este trabajo es el experimental, que busca recoger información para posteriormente realizar manipulación de la variable independiente para conseguir los propósitos planteados en la investigación.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

La población representa al conjunto de elementos que comparten por lo menos una característica”. (HERNÁNDEZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010). La población de la investigación comprende el macizo rocoso que pertenece a todas las labores mineras de la Mina Sumaq Rumi – 2022.

3.6.2. Muestra

La muestra, parte representante de la población, de tal manera que los resultados que se obtienen en la muestra logren generalizar los elementos que conforman la población. (HERNÁNDEZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

Para el presente estudio la muestra es no probabilística, son datos geomecánicos de las labores conformada por galerías y Cruceros, Chimeneas desarrolladas en la mina Sumaq Rumi, 2022.

3.6.3. Muestreo

Es probabilístico porque la probabilidad de que todos los miembros de la población sean seleccionados de la muestra es mayor que 0. Se utiliza como método el muestreo estratificado, ya que la población se reagrupa por tipo de cada característica del macizo rocoso. (HERNANDÉZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recopilación de datos se refieren a los métodos utilizados para recoger y analizar diferentes formas de datos. Las técnicas habituales de recogida de datos incluyen el examen de documentos relacionados con un tema, así como la realización de entrevistas y observaciones.

En la presente investigación las técnicas utilizadas son las siguientes:

- ❖ La recopilación documental y bibliográfica: La técnica de recolección de información, consiste en detectar, obtener y consultar bibliografía y otros materiales que parten de otros conocimientos y/o informaciones recogidas moderadamente de cualquier realidad, de modo que puedan ser útiles para los propósitos del estudio. Esta modalidad de recolección de información parte de las fuentes secundarias de datos; es decir, aquella obtenida indirectamente a través de documentos que son testimonios de hechos pasados o históricos.

- ❖ La observación. Consiste en observar el proceso de dosificación del aditivo natural en el hormigón para su posterior análisis en laboratorio. (HERNANDEZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010). Es una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre el objeto de investigación que tiene relación con el problema en cuestión. La observación permite obtener de datos próximos a cómo está funcionando el objeto de investigación en el presente.

3.7.2. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Se debe recopilar todos los datos de información, y una vez recopiladas la información de procederá al análisis de los datos obtenidos en campo, para confeccionar el modelo geomecánico.

3.7.3. Procesamientos de datos

Primero proponemos una prueba de hipótesis para iniciar un análisis estadístico, seguido de una prueba de normalidad de los resultados, estos fueron Shapiro Wilk, utilizada para pequeñas muestras con menos de 50 datos, o la prueba de Kolmogorv-Smirnov, aplicada para muestras grandes bajo los criterios de aceptación de la hipótesis nula. El valor p es inferior a 0,05.

3.8. Desarrollo de la investigación

El estudio combinó observaciones y levantamiento de información de campo y en laboratorio y trabajos de gabinete, utilizando técnicas adecuadas, seleccionadas entre las alternativas disponibles.

Las actividades realizadas fueron:

En campo:

Reconocimiento geológico de la zona.

Revisión de los testigos de las perforaciones diamantinas.

Mapeo de labores mineras del Nv. -40 y cero, utilizando el Índice GSI de Hoek & Marinos.

Recopilación de información adicional (planos, informes, etc.), de interés para el estudio.

Recopilación de muestras para ser enviadas al laboratorio de Mecánica de Rocas.

En laboratorio:

Se realizaron ensayos de laboratorio de mecánica de rocas, determinándose las propiedades físicas y mecánicas hasta donde fue posible, ya que la roca al ser de muy mala calidad en muchos casos no fue posible extraer testigos.

3.8.1. Descripción del modelo geomecánico

Geología

La geología regional en los alrededores de la mina azul cocha se caracteriza por la amplia distribución de rocas sedimentarias (calizas areniscas y lutitas) del miogesimal mesozoico. Estas comprenden unidad desde el Jurásico inferior hasta el Cretácico medio ya han sido fuertemente plegadas durante la orogénesis Andina.

Estructuras

La falla cochas Gran Bretaña define a regionalmente como una falla transcurrente de rumbo lateral derecho (N45° - 89°W) se caracteriza en azul cocha por un movimiento inverso de bajo ángulo (30° 50° SE) con características propias de un sobre escurrimiento.

El movimiento relativo parece haber sido en dirección S-N y el desplazamiento a lo largo del buzamiento tiende a 800 m de profundidad. El fallecimiento ha tenido un desarrollo

intermitente y complejo acompañado con fallas inversas subsidiarias que se entrelazan cortan y desplazan entre sí a lo largo del rumbo y buzamiento.

Los trabajos subterráneos exponen una falla principal de 1 a 5 m de ancho fuertemente milonitizada y brecha de forma cóncava hacia el sur acompañado de fallas subsidiarias que apartándose de la principal se hacen más paradas y afectan las calizas Córdorsinga de grupo pucará. Este fallecimiento se manifiesta como estructuras tubulares y ver echadas en muchos casos pre minerales las cuales han sido principales y en otros casos totalmente reemplazadas por esfalerita rodocrosita oropimente rejalgar baritina etc.

Algunas de estas fallas muestra una actividad pos mineral y desplazan diagonalmente a los cuerpos brecha dos y a las estructuras mineralizadas.

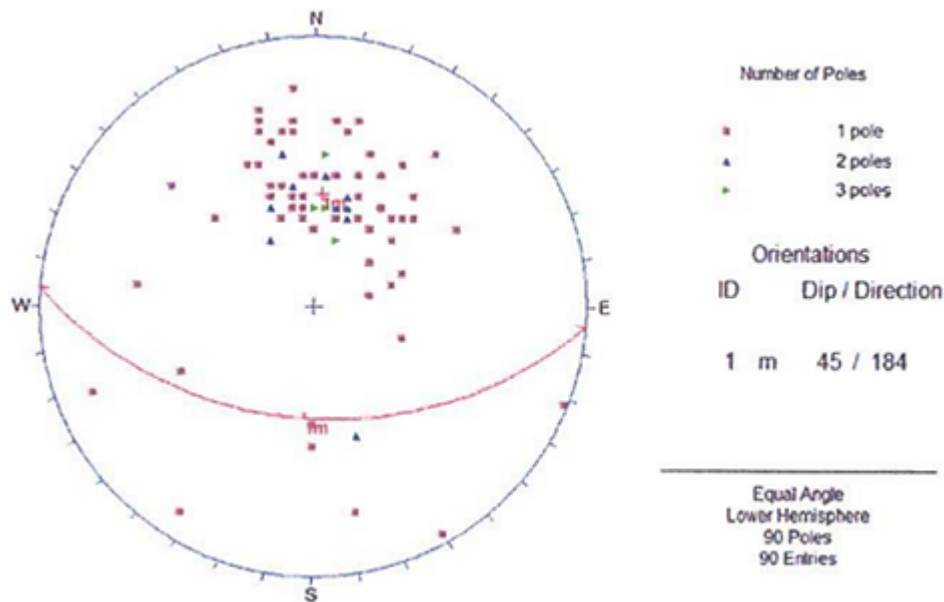


Figura 5: Proyeccion de falla predominate en roca arenisca.

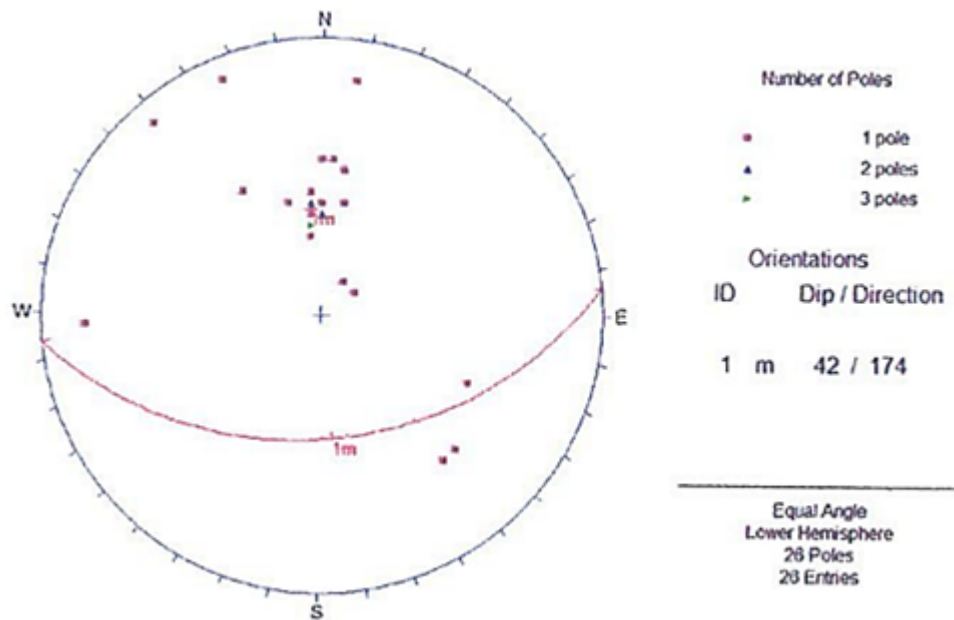


Figura 6: Proyeccion de falla predominate en zona de mineral

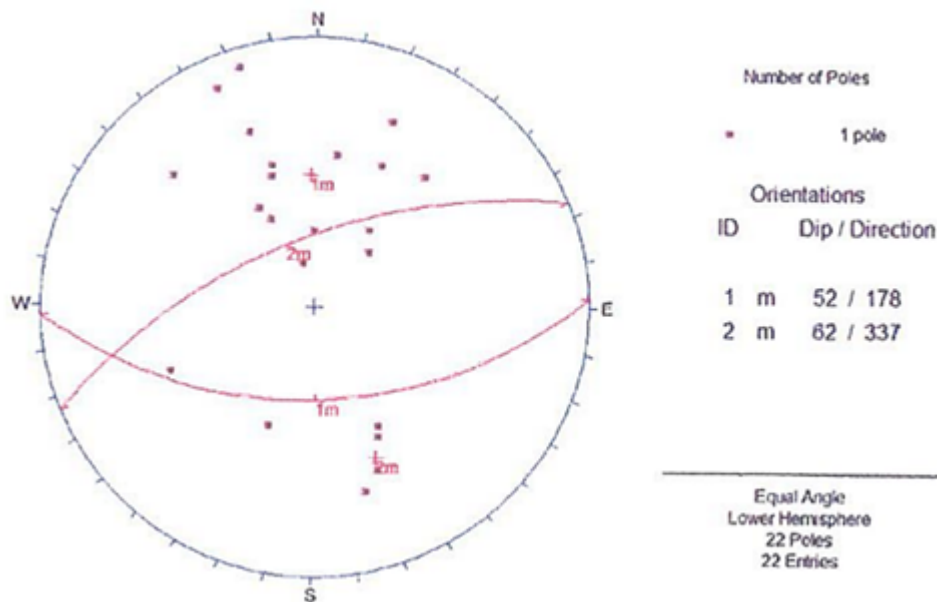


Figura 7: Proyeccion de falla predominate en roca caliza

3.8.2. Caracterizacion del maciso rocoso

A fin de caracterizar el macizo rocoso para el presente estudio se realizaron investigaciones de campo mediante 24 estación de geomecánica distribuidas en los dos niveles de exploración,

recopilándose datos de la litología características de las discontinuidades además de un muestreo de fragmentos y bloques de rocas representativas de las diferentes labores estudiadas para posteriormente realizar los ensayos de mecánica de rocas para determinar las propiedades físicas de resistencia y deformabilidad de la masa rocosa.

Registro de datos

La principal fuente de datos de caracterización del macizo rocoso es el trabajo de recuperación llevado a cabo en Sumaq Rumi. Durante estas misiones se realizaron registros lineales y se tomaron muestras de rocas en bloques para su envío al Laboratorio de Mecánica de Rocas. Las observaciones y los parámetros de medición se obtuvieron en un formato de registro desarrollado por el consultor para esta evaluación y corregido de acuerdo con los estándares recomendados por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM), consulte el Anexo 1 para el formato de mapeo geotécnico y los datos básicos. Estos parámetros son: tipo de roca, tipo de sistema de fractura, orientación, espaciamiento, persistencia, aperturas, rugosidad, tipo de relleno, espesor de relleno, meteorización y presencia de agua. Además, se registraron datos sobre la resistencia de la roca y la frecuencia de agrietamiento. El registro geotécnico para la perforación diamantina no fue posible debido a las condiciones desfavorables y fuertes fracturas de las rocas, por lo que no se pudieron realizar registros relevantes.

Distribución de discontinuidades

Para establecer las características de la distribución de discontinuidades, el procesamiento de los datos orientacionales se realizó mediante técnicas de proyección estereográfica equiangular, utilizando el programa de cómputo DIPS.

Aspectos estructurales

Para establecer las características estructurales de la masa rocosa, nos referimos al arreglo estructural de la masa rocosa en la caja techo, en el mineral y en la caja piso.

3.8.3. Evaluación de las propiedades de comportamiento del terreno en la mina Sumaq Rumi.

Uno de los parámetros más importantes del comportamiento mecánico del macizo rocoso es la resistencia a la compresión no confinada (c) de la roca intacta. Se hicieron intentos para obtener muestras de los núcleos para pruebas de laboratorio, pero debido a la severa fractura del macizo, no fue posible obtener suficientes muestras; las muestras de roca solo estaban disponibles en piezas, que tenían que ser embebidas en cemento para mantener sus propiedades lo más intactas posible, ya que podían romperse durante el transporte al laboratorio de mecánica de rocas. Estas muestras fueron sometidas a algunos ensayos de laboratorio de mecánica de rocas.

3.8.4. Clasificación geomecánica de la masa rocosa en la mina Sumaq Rumi.

Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, fueron obtenidos conforme a los procedimientos señalados en el capítulo de resultados. Los valores del índice de calidad de la roca (RQD) fueron determinados por medición directa de las labores mediante el registro lineal de discontinuidades, utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1986), teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal.

3.8.5.1. Método de minado

Selección del método de minado

Para seleccionar el método de minado, es importante definir claramente las condiciones naturales del yacimiento, es decir:

- ❖ La geología local del yacimiento
- ❖ La forma de las estructuras mineralizadas
- ❖ Las reservas y distribución de leyes
- ❖ Las condiciones geomecánicas del macizo rocoso del yacimiento
- ❖ Las condiciones hidrogeológicas del yacimiento

“El método (o métodos) de minado debe(n) estar aparejado(s) a todas estas condiciones naturales del yacimiento, de tal manera que el minado sea técnicamente factible. La factibilidad técnica debe ser complementada con una evaluación económica del método (o métodos) de minado, para asegurar una factibilidad técnica – económica óptima”.

En tal sentido, el objetivo del presente estudio es determinar las condiciones geomecánicas del yacimiento y definir los métodos de explotación posibles con los se podría trabajar el yacimiento de Sumaq Rumi. Tomando en cuenta la información concerniente a las condiciones naturales del yacimiento, se han aplicado diversas técnicas de selección del método de minado, como las de Morrison (1976), Laubscher (1981) y Nicholas (1981).

El proceso de jerarquización de los diferentes factores asociados a los diferentes métodos de minado subterráneo, indicó que entre los métodos de hundimiento, el Hundimiento por Subniveles (Sublevel caving – SLC) es el método preferido; entre los métodos de minado con sostenimiento, los preferidos son el corte y relleno descendente (cut and fill – C&F) y el Square set (SQS), estos métodos son los que se adaptan mejor a las condiciones naturales encontradas en el yacimiento. Desde el punto de vista económico, en la tabla 3 se presenta en forma ordenada, de menos a más, los costos de minado correspondientes a los principales métodos subterráneos. En líneas generales se debe tratar de buscar la aplicabilidad de los métodos a un cuerpo en el orden enumerado, e ir descartando hasta encontrar el método aplicable más económico.

Tabla 3: Métodos de minado subterráneo en orden de costos

Orden	Método de minado	Abreviación	US\$/TM
1	Block ó Panel Caving	BC	2.5 a 8
2	Room and Pillar	R&P	4 a 10
3	Sub Level Stopping	SLS	5 a 10
4	Sub Level Caving	SLC	6 a 12
5	Under Cut and Fill Stopping	C&F	15 a 35
6	Vertical Crater Retreat	VCR	20 a 25
7	Top Slicing	TS	25 a 35
8	Shrinkage Stopping	SHS	30 a 40
9	Square Set Stopping	SQS	> 35

Por las condiciones naturales del Cuerpo de Mina Sumaq Rumi, inmediatamente se descarta la aplicabilidad del BC, debido a la poca potencia de la mineralización y por el buzamiento del cuerpo que se desvía mucho de la vertical. El R&P se descarta por la forma del cuerpo y por la mala calidad de las rocas. También se descarta el método SLS por la mala calidad de la masa rocosa tanto mineralizado como de las cajas. Llegamos entonces al método SLC, cuya aplicabilidad se presta para las condiciones naturales encontradas en el yacimiento.

El SLC es indudablemente de menor costo que los otros dos métodos de minado nombrados. El C&F queda en segundo lugar con mayor costo que el SLC y el SQS queda en tercer lugar con mayor costo que el C&F. A continuación, se ampliarán conceptos sobre estos métodos de minado.

Hundimiento por subniveles - SLC

De acuerdo a las conclusiones del proceso de jerarquización de los métodos de minado, se concluye que este es el método de minado a donde se debe apuntar. En tal sentido, más adelante se brindan detalles del mismo.

Corte y relleno Descendente – C&F

Como resultado directo de la minería selectiva, el método de corte y relleno tiene un amplio rango de variación, buena recuperación y trabajabilidad en condiciones montañosas débiles e impredecibles y facilita la minería mecanizada. Las tecnologías de relleno actualmente disponibles pueden mejorar los aspectos técnicos y económicos de este método de minería, que a menudo reemplaza a otros métodos de minería. Hay varias formas de cortar y rellenar. Cortar y rellenar es el método más probable para el cuerpo mineralizado de Sumaq Rumi, pero dadas las condiciones geomecánicas desfavorables del macizo rocoso del cuerpo mineralizado, el soporte en la caja del rebaje es muy rígido, lo que permite solo un tiempo muy limitado para la estabilidad automática. Pequeñas aberturas, alrededor de unas pocas horas. Esto lógicamente aumentaría los costos de extracción y reduciría la productividad de SLC. Además, se debe implementar un sistema de llenado de cemento. De esta manera, los costos de minería serán más altos y la productividad será mucho menor que la minería SLC. Posteriormente se presentó una evaluación geomecánica del método para 2 alturas diferentes (3.5 y 7.0 m) y se debía realizar su evaluación económica.

Conjunto de cuadros - SQS

Este método de minería tradicional tiene una relevancia limitada en la actualidad. La principal ventaja es que se puede aplicar a casi todas las capas y condiciones del fondo, pero requiere mucha mano de obra y requiere un suministro constante de madera. El método consiste en un sistema de soporte de madera donde las piezas precortadas se ensamblan en un patrón cuadrado regular en toda el área a explotar. El espacio entre las cámaras suele llenarse con material estéril, dejando solo ciertas partes que funcionan como galerías, caminos y presas de mineral. La eliminación es completamente manual, la carpintería y la construcción de marcos requieren mucha mano de obra.

El conjunto de cuadros, es apropiado para pequeños cuerpos de mineral de alta ley, donde la buena recuperación es importante y donde la ley justifique los altos costos de operación. El Cuerpo Mina Sumaq Rumi no es un yacimiento de alta ley. Si bien es cierto que desde el punto de vista de las condiciones del terreno este método de minado podría ser aplicado al Cuerpo Mina Sumaq Rumi, sin embargo, por las características señaladas y por las características de la operación y producción minera, este método de minado tiene muy pocas probabilidades de aplicación.

Generalidades del método de minado SLC

Ventajas y desventajas

El hundimiento por subniveles es un método de minado masivo basado en la utilización del flujo gravitacional del mineral fragmentado mediante perforación y voladura y el hundimiento de la roca estéril principalmente de la caja techo. Como cualquier otro método de minado, tiene ventajas y desventajas.

Ventajas:

1° Seguridad: “Todas las actividades mineras son ejecutadas en o desde aberturas relativamente pequeñas, proporcionando buenas condiciones para prevenir los accidentes, de esta manera se constituye en uno de los métodos de minado más seguros. Normalmente las máximas dimensiones de las galerías de extracción son de 3.5 m de ancho por 3 m de altura. En roca competente, la seguridad y estabilidad de tales galerías puede ser fácilmente lograda con voladuras controladas o por combinación de las mismas con el sostenimiento (shotcrete). En rocas menos competentes, la estabilidad puede ser lograda por la combinación de voladura controlada y el sostenimiento mediante pernos, malla y shotcrete. En rocas incompetentes, la estabilidad debe lograrse con arcos metálicos y planchas acanaladas”.

2° “Mecanización: Las operaciones mineras puede comprender 4 grupos de operaciones unitarias: 1) desarrollo de las galerías o cruceros y su sostenimiento, 2) perforación en abanico, 3) voladura de producción (fragmentación), y 4) flujo de mineral, carguío y transporte. A causa de la naturaleza repetitiva de este sistema de minado, casi todas las actividades pueden ser estandarizadas. Esto significa un alto grado de mecanización. Las secciones de las labores mineras permiten el uso de equipo trackless”.

Desventajas:

1° “Hay una dilución relativamente alta del mineral por el hundimiento del desmonte, especialmente cuando se requiere alta recuperación”.

2° “Todo el mineral debe ser fragmentado mediante perforación y voladura, a fin de obtener un “material grueso” adecuado para ser extraído mediante flujo gravitacional”.

3° “Pueden ocurrir diversos tipos de pérdidas de mineral, por ejemplo, cuando se ha alcanzado el límite de extracción, el mineral remanente altamente diluido representa una pérdida de mineral; o en las zonas pasivas del nivel de extracción, localizado entre las zonas activas del flujo gravitacional, se pierde algo de mineral. En general estas pérdidas pueden ser grandes, cuando el buzamiento del cuerpo mineral es cada vez menor”.

4° “Se requiere una cantidad relativamente grande de desarrollos: galerías de transporte, generalmente ubicadas en la caja piso, en desmonte, en cada nivel; galerías de subniveles, que conectan el minado activo en el cuerpo con las galerías de transporte, estas galerías están parcialmente en desmonte y parcialmente en mineral, y a medida que el buzamiento del cuerpo sea menor, aumenta la longitud de estas galerías; también se requiere orepasses y un nivel de transporte principal, ubicado en desmonte. En adición se requieren uno o dos sistemas de rampas para

proporcionar acceso a los equipos trackless a los varios subniveles. Todas estas labores tienen un alto costo, particularmente cuando se utiliza el sostenimiento intensivo en rocas de mala calidad”.

5° “El minado genera hundimiento progresivo de la roca sobreyacente, resultando en subsidencia y daños a la superficie”.

Parámetros del método de minado

a) Esquemas transversal y longitudinal

La literatura refiere que para cuerpos mineralizados anchos, el esquema transversal es el más indicado, pero cuando la potencia del cuerpo mineralizado está debajo de 15 m, el esquema transversal es impráctico, en este caso el esquema longitudinal es el más adecuado, construyendo galerías de producción a lo largo del rumbo de la estructura, pudiendo ser una sola galería o varias según el ancho de la estructura, pero esto es aplicable cuando el mineral es de calidad regular, caso que no se tiene en Sumaq Rumi. Por lo general, no siempre, la recuperación es mejor con el esquema transversal que con el esquema longitudinal, debido que en este último hay una tendencia de quedarse el mineral en cuerpos mineralizados de geometría irregular. El cuerpo en Mina Sumaq Rumi es de forma regular tabloide, por lo que la dilución sería menor. En el esquema transversal, la galería de transporte o denominada también by pass, es ubicada en el desmonte, preferentemente en la caja piso, más o menos entre 10 a 25 m del contacto con el mineral. Aquí, ésta tendrá mínimo daño por la voladura. En el esquema longitudinal, las galerías de producción tienen que estar también en desmonte, donde estarán situados los orepasses a intervalos convenientes.

b) Altura de subniveles

En teoría la altura entre los subniveles tiene que ser tanto como sea posible. En la práctica muchos factores gobiernan su dimensionamiento. Uno de estos factores es el buzamiento de cuerpo. Cuando el buzamiento es vertical, no hay restricciones, pero si el buzamiento es bajo, la altura tiene que ser reducida para evitar el jale del desmante de la caja techo. Otro factor es la habilidad para perforar, cargar, y romper la roca para una fragmentación satisfactoria y el costo de hacer esto. La desviación de los taladros y los costos se incrementan rápidamente con la longitud del taladro. Si el mineral es débil, puede ser difícil mantener los taladros abiertos para su carguío. Si el mineral no es bien fragmentado, la recuperación y dilución serán seriamente afectadas. Alturas entre subniveles de 9 a 13 m son bastante comunes con longitud máxima de taladros de 15 a 18 m., existen muchos ejemplos con este dimensionamiento sin embargo para aplicar alturas mayores se deben de realizar pruebas de campo en forma progresiva, es decir subiendo la altura poco a poco estudiando el comportamiento en cada caso, hasta llegar al límite que el terreno soporta.

c) Espaciamiento de las galerías de producción y ancho de pilares

Hay distintas relaciones para establecer estos parámetros. La excentricidad del hundimiento puede ser estimada a partir de ensayos sobre modelos con los cuales se determinará el espaciamiento de las galerías y ancho de los pilares. El espaciamiento centro a centro de las galerías de producción varía de 8 m a 12 m, lo común es 11 m. Con estas medidas, el ancho del pilar ubicado entre las galerías es de 5.5 m a 8 m, dependiendo del tamaño de la sección de las galerías de producción. Para el esquema longitudinal, la dimensión más común del ancho del pilar entre las galerías es de 6 m.

d) Tamaño y forma de la galería de producción

Esto tiene mucha importancia para el flujo del mineral. La galería tiene que ser tan ancha como sea posible, dando buen sostenimiento al techo y al frente. Para un flujo óptimo el techo de la galería debe ser plano, de esta manera el mineral fluirá en todo el ancho del techo. Si la galería fuera arqueada, el flujo de mineral solo se produciría en el centro del techo, y no en los costados, en este caso el desmonte será jalado hacia abajo en el centro, antes que todo el mineral haya sido recuperado. Si por razones de sostenimiento los techos fueran arqueados, entonces las galerías deberán estar lo más cercanas posibles. Las dimensiones más utilizadas de la galería de producción son: ancho de 3.5 m a 5 m, altura de 3 m a 4 m. Las dimensiones más comunes son de 4 m x 3.5 m.

e) Perforación y voladura en abanico

Las prácticas actuales comprenden, perforar tanto como sea posible, taladros en abanico para conformarse a la elipsoide de movimiento. Los taladros deben ser cuidadosamente alineados y perforados, para lo cual deberán adoptarse las medidas necesarias. Asimismo el carguío y la voladura deben ser realizados cuidadosamente.

f) Sostenimiento del frente

Este es un factor crítico en el rendimiento del hundimiento por subniveles. Todas las actividades del desarrollo de la perforación y voladura, son preparaciones necesarias para el adecuado flujo de mineral desde detrás del frente. Si el frente fuera fuerte e intacto, la recuperación será máxima y la dilución será minimizada. Los efectos del colapso del frente son adversos, principalmente se podrían perder hasta la fila de taladros perforados, este es un problema común en rocas de mala calidad. El sostenimiento utilizado en el frente de las galerías de producción es

generalmente con shotcrete, en algunos casos se utiliza pernos y shotcrete, reforzado con malla o fibras de acero. En algunas minas, donde la roca es incompetente se usan pernos, malla, shotcrete y cimbras para el sostenimiento. Es necesario señalar que también se debe instalar un buen sostenimiento en las intersecciones de las excavaciones y donde sea requerido.

g) Control del flujo de mineral

El control del flujo está asociado con la identificación del punto en el cual debe cesar la extracción del mineral y disparar los siguientes taladros perforados. Este es uno de los aspectos más críticos, para controlar la recuperación y la dilución. El control puede realizarse mediante el método visual o mediante el método de muestreo y ensayos, cuando es difícil distinguir el mineral del desmonte.

Parámetros estimados para el SLC del Cuerpo Mina Sumaq Rumi

A fin de que Sumaq Rumi Mining SA pueda realizar un estimado del costo de minado del Cuerpo Mina Sumaq Rumi, se presenta aquí una estimación de los parámetros del método de minado SLC para este cuerpo, ésta estimación está basada en casos históricos y en la experiencia del autor de este trabajo en este método de minado.

Minado transversal o longitudinal

La modalidad de SLC transversal obliga a tener más desarrollos pero es más flexible para la producción por el gran número de frentes que se tienen, también las distancias de acarreo son más cortas y las condiciones de ventilación que se pueden lograr son mejores que la modalidad longitudinal. Los problemas de inestabilidad pueden minimizarse conformando frentes en retirada en etapas de paneles de 5 o 6 cruceros cada uno.

Ubicación de las labores de acceso y servicios

El zoneamiento geomecánico realizado, ha indicado que las condiciones de la caja piso son mejores que las de la caja techo por lo que se debe de ubicar la rampa, las chimeneas de ventilación, los by passes y las galerías o cruceros de producción en la caja piso, a una distancia no menor de 20 m. del contacto arenisca-mineral. Es necesario tener en cuenta que la mayoría de estas labores se irán perdiendo por la influencia del avance del minado, por lo que estas deben ser cuidadosamente planificadas, por lo que si se planea realizar labores permanentes de profundización se recomienda realizar un estudio específico para este fin.

Parámetros del método de minado

En el método de minado “SLC tradicional”, la altura entre los subniveles y el espaciamiento entre cruceros es calculada a partir de lo siguiente:

$$hS = (2/3) * hT \text{ (Para cruceros de 3.3 m x 3 m) (1)}$$

$$\text{Para } hS \leq 18 \text{ m : (a) } SD = WT/1 \text{ (b) } WT = W'' + a - 1.8 \text{ (2)}$$

$$\text{Para } hS > 18 \text{ m : (a) } SD = WT/0.65 \text{ (b) } WT = W'' + a - 1.8 \text{ (3)}$$

Dónde: hS = Altura entre subniveles – piso a piso

SD = Espaciamiento entre cruceros – centro a centro

hT = Altura total del elipsoide de extracción

WT = Ancho total aproximado del elipsoide de extracción

W'' = Ancho teórico aproximado del elipsoide de extracción.

a = Ancho efectivo de la abertura de extracción en el techo del drawpoint

Para el caso de Mina Sumaq Rumi se han realizado varias corridas, teniéndose como resultado la tabla 4 que a continuación se presenta:

Tabla 4: Características geométricas para el método de minada SCL

Exentricidad	Altura entre sub Niveles	Altura de Elipsoide	Forma de Galería	Ancho de galería de produccion	Ancho teorico de elipsoide de extraccion	Ancho efectivo de extraccion (depende de forma de techo)	Ancho maximo de elipsoide de extraccion	Espesor de tajada	Distancia entre ejes de cruceros
E	hnsn	ht	ft	Wd	W'	a	Wt	dt	Sd
1.05	10.0	15.0	100%	3.5	3.00	3.5	4.70	2.35	4.70
1.06	11.0	16.5	100%	3.5	4.00	3.5	5.70	2.85	5.70
1.07	12.0	18.0	100%	3.5	5.00	3.5	6.70	3.35	6.70
1.08	13.3	20.0	100%	3.5	6.50	3.5	8.20	4.10	8.20

De los 4 casos tratados se ha determinado que el mas conveniente es el porque se tiene menos preparación y el pilar entre subniveles es estable. En la figura 6.1 se aprecia un esquema de las aberturas y ubicación de las labores mineras para este método de explotación.

DIMENSIONES GEOMETRICAS DEL SUBLEVEL CAVING

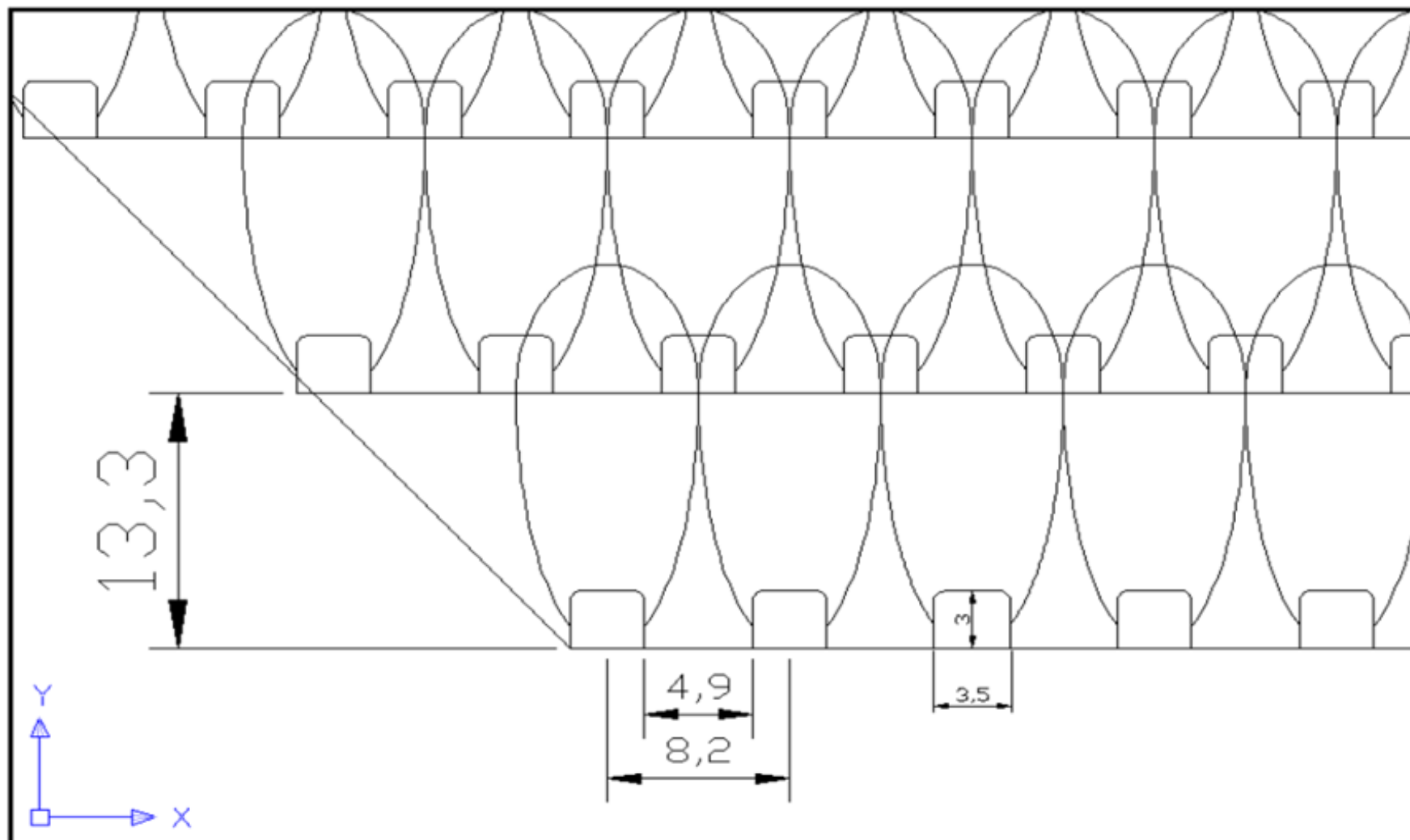


Figura 8: Esquema de ubicación y dimensiones del método Sublevel Caving para Mina Sumaq Rumi

Se recomienda realizar pruebas piloto al inicio de la operación minera, a fin de obtener información sobre el elipsoide de extracción. Según ello, se puede establecerán la dimensiones definitivas de diseño, siendo las dadas en este estudio un punto de partida. En el método de minado “SLC mejorado”, “el flujo interactivo es el factor más significativo que influye en el rendimiento del SLC, a través de este se puede retardar el ingreso de la dilución promoviendo las condiciones de flujo ideal, de esta manera se logra mejorar la dilución y la recuperación. En las Figuras 2 a 5, se pueden observar algunas de las diferencias más importantes entre el SLC tradicional y el SLC mejorado. La diferencia más notable es que en el esquema tradicional no es posible el flujo interactivo, mientras que en el esquema mejorado esto es posible. El flujo interactivo está asociado a varios factores, dentro de los cuales tiene primera importancia las técnicas de perforación y voladura. Para el SLC transversal, asegurando el flujo interactivo se puede tener una cobertura completa del flujo con anchos efectivos de pilares de 4.7 m, lo cual significaría para el Cuerpo Mina Sumaq Rumi espaciamientos centro a centro entre cruceros de 8.2 m, con galerías o cruceros de extracción de 3.5 m x 3.5 m. La diferencia entre subniveles debe ser de 10 m. a 13 m, siendo el primero más recomendable”.

“Cabe señalar que la literatura técnica reporta los siguientes datos generales sobre los parámetros de perforación y voladura: factor de potencia entre 0.9 – 1.1 kg/m³, burden hasta 3 m, diámetro de taladros hasta 115 mm, espaciamiento de taladros mayor que el burden en la relación 1.3:1, inclinación de la fila de taladros 10° a 20°.

6.3.4 Secuencias de avance del minado

Para una mayor tasa de producción es recomendable que se vaya a la práctica del minado por bloques, lo cual permitirá minar en varios niveles en simultáneo, con ello, se tendría mayores ventajas, entre otras: mejores condiciones de estabilidad, adecuado blending y mejor productividad. Para el SLC transversal el minado recomendable es en retirada desde uno de los extremos. En el SLC, las gradas

deben tener aproximadamente una distancia horizontal de 30 a 40 m. El minado debe proceder simultáneamente en 4 o 5 niveles. Dentro de cada subnivel a su vez debe de existir una secuencia de minado, debido al bajo buzamiento de la estructura no se puede vaciar todo el mineral, ya que la dilución aumentaría considerablemente. En las figuras 9 a 13 se propone una secuencia de minado, la que tiene como base principal el extraer en mineral en forma continua entre los subpaneles del subnivel. Esta sección corresponde a la zona este de la mina, en al que la caja techo tiene mejores condiciones de estabilidad”.

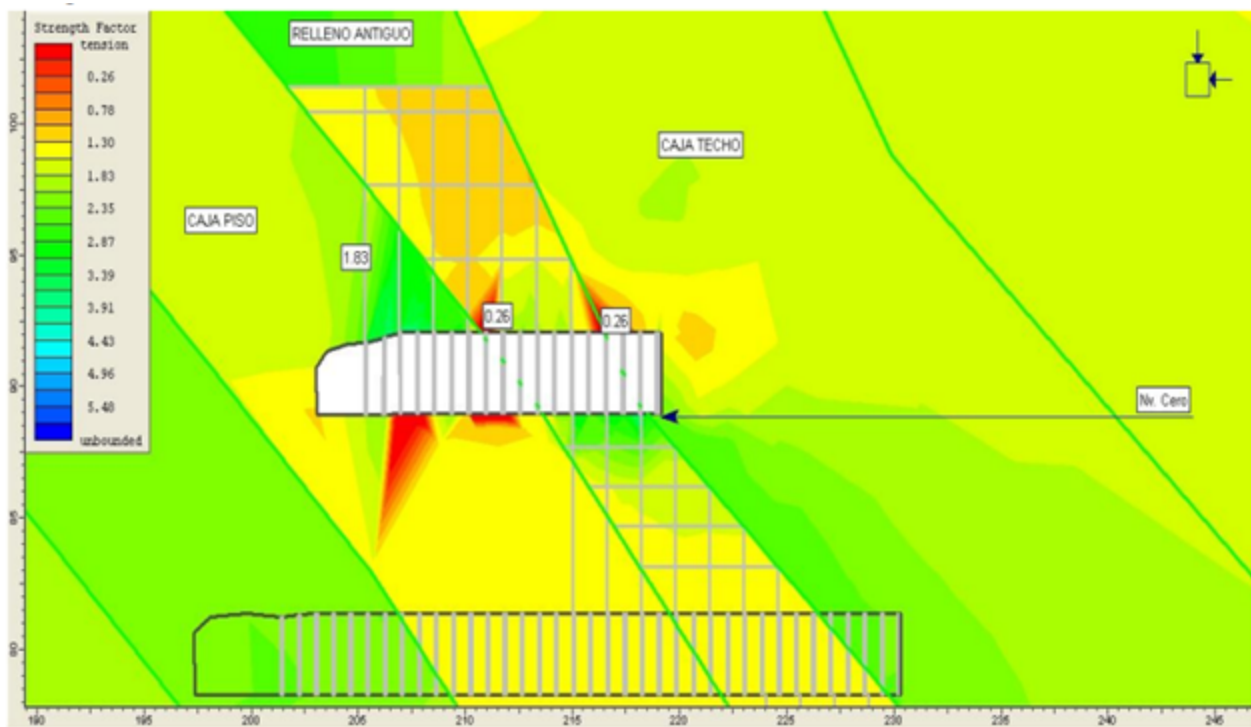


Figura 9: Secuencia de minado en el Subnivel. Sección Este de la estructura

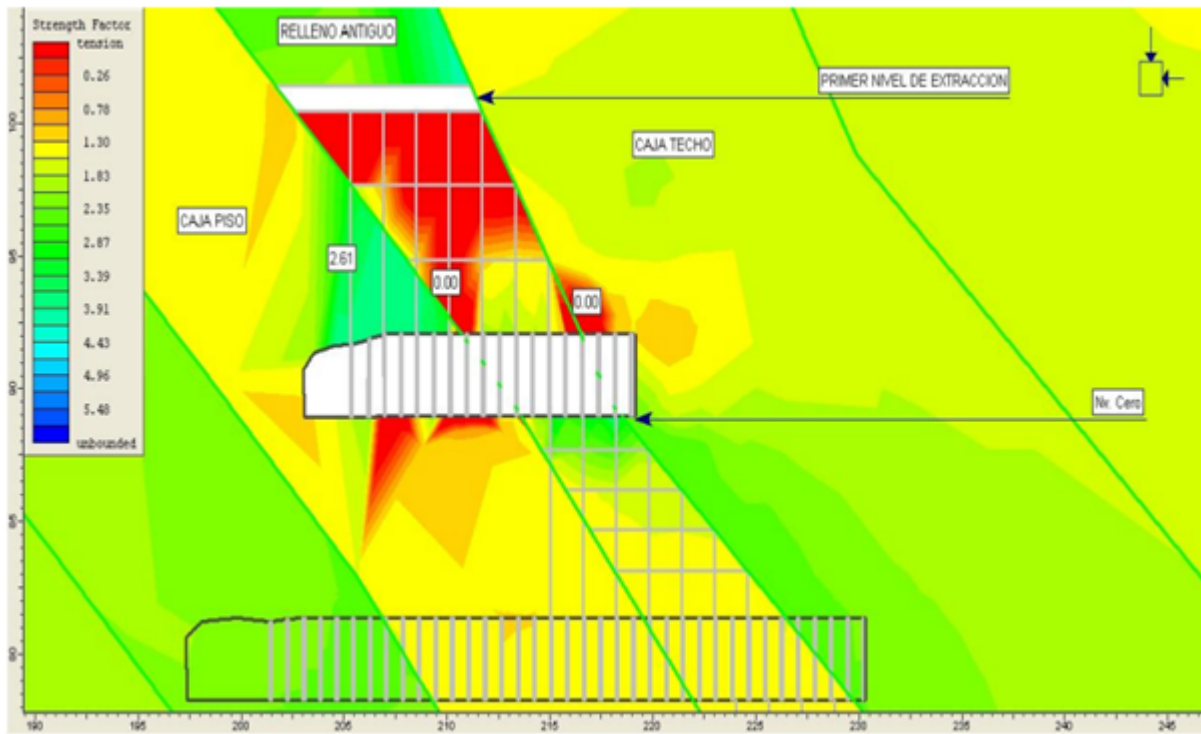


Figura 10: Secuencia de minado en el Subnivel. Se extrae el primer nivel. Los colores rojos indican falla en el macizo. Sección Este de la estructura.

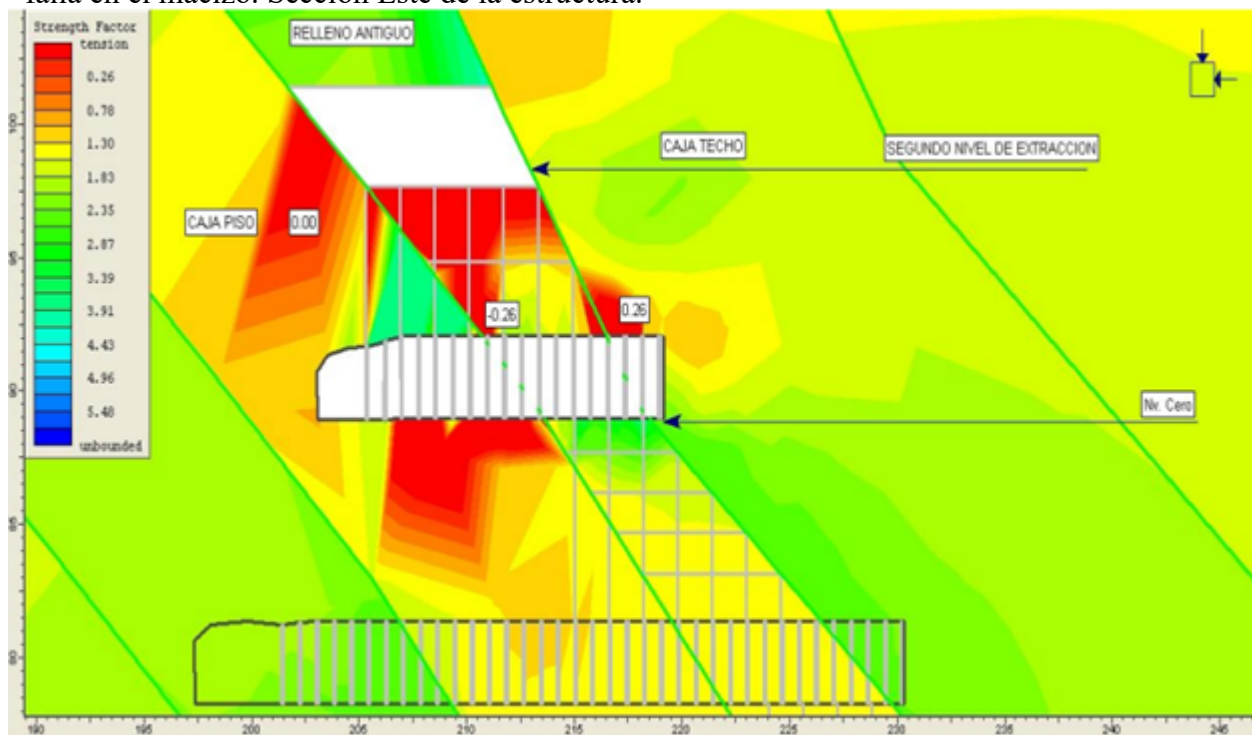


Figura 11: Secuencia de minado en el Subnivel. Se extrae el segundo nivel. Las cajas comienzan a colapsar. Sección Este de la estructura.

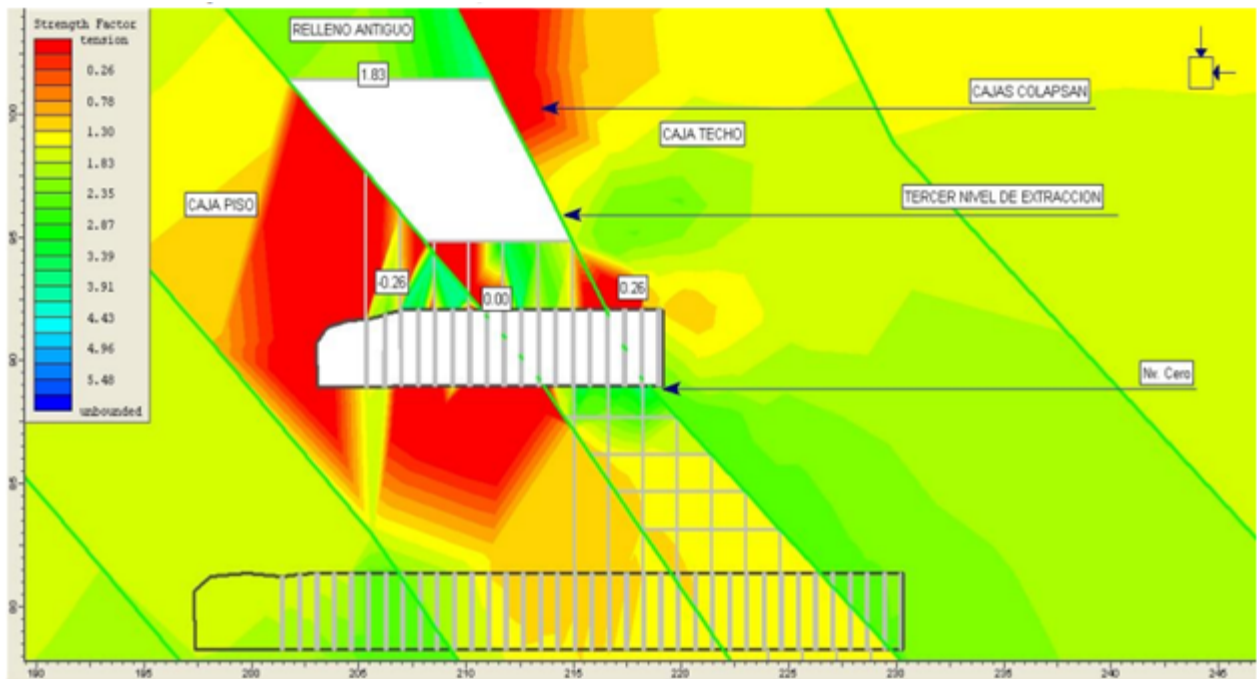


Figura 12: Secuencia de minado en el Subnivel. Se extrae el tercer nivel. Las cajas continúan colapsando. Sección Este de la estructura.

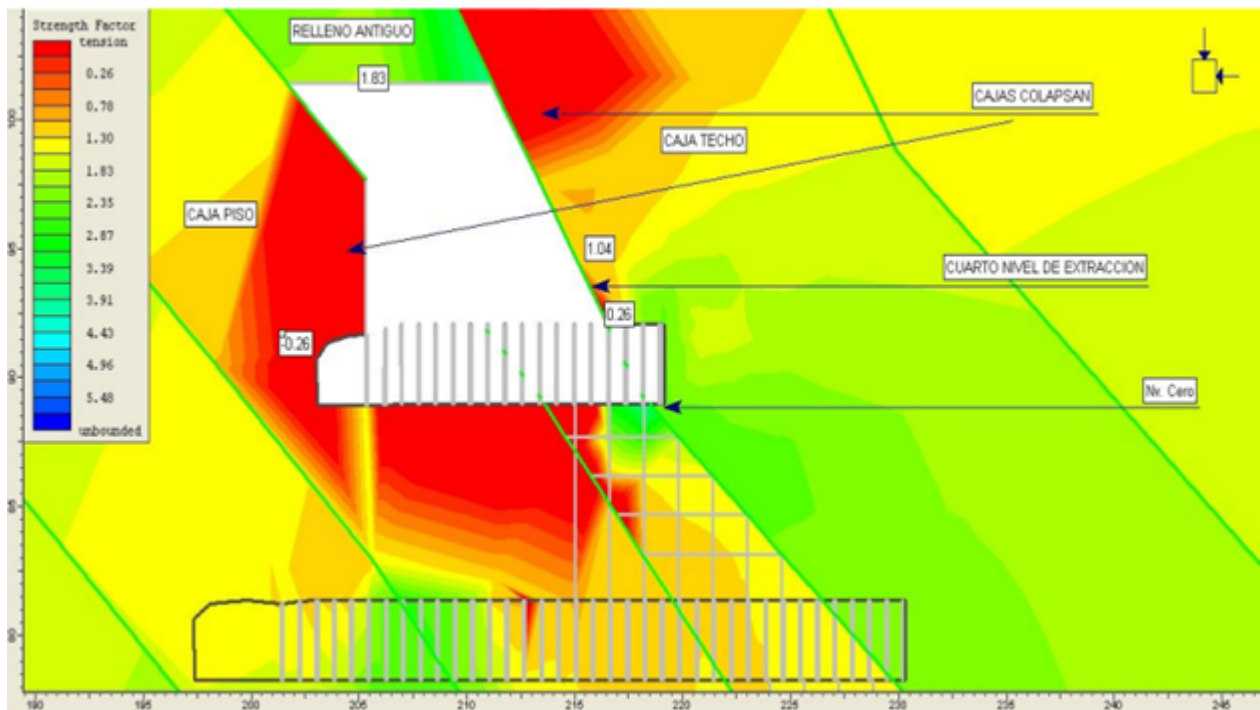


Figura 13: Secuencia de minado en el Subnivel. Se extrae el cuarto nivel. Las cajas comienzan a colapsar, afectando la parte baja. Sección al Este

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

Se llevaron a cabo diversas actividades basadas en la ingeniería geotécnica de la mina Sumaq Rumi, para posteriormente establecer el método de minado adecuado según las recomendaciones de la mecánica de rocas y las directrices del reglamento de seguridad e higiene de minería.

4.1.1. Caracterización del macizo rocoso

A fin de caracterizar el macizo rocoso para el presente estudio se realizaron investigaciones de campo mediante 24 estación de geomecánica distribuidas en los dos niveles de exploración, recopilándose datos de la litología características de las discontinuidades además de un muestreo de fragmentos y bloques de rocas representativas de las diferentes labores estudiadas para posteriormente realizar los ensayos de mecánica de rocas para determinar las propiedades físicas de resistencia y deformabilidad de la masa rocosa.

Las muestras recogidas de las diferentes labores fueron sometidas a diversos ensayos a fin de determinar las propiedades físicas de resistencia y deformabilidad. Fueron realizados ensayos de resistencia a la compresión simple resistencia a la tracción indirecta compresión triaxial corte directo y determinación de las propiedades físicas y elásticas.

Asimismo fueron realizados 71 ensayos de carga puntual o compresión simple en muestras provenientes de la caja techo caja piso y mineral cuyos resultados de valores de resistencia a la compresión simple se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5: Relacion de los ensayos de resistencia a la compresión simple

Tipo de roca	N° de ensayos	Medioa (Mpa)	Maximo (Mpa)	Minimo (Mpa)	Factor de conversión
Mineral	35	37	81	4	22.8
Arenisca					
Cuarzosa	5	135	202	91	26.8
Arenisca Fina	9	121	152	83	25.5
Caliza	22	91	137	29	26.6

Del análisis de resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se pueden determinar las propiedades de la roca intacta las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6: Propiedades de la roca intacta

Litología	Dominio estructural	P.U. (Kn/m3)	σ_c (MPa)	E(GPa)	μ	m_b
Mineral	DE-5	32.07	37	2.08	0.27	16.02
Arenisca Cuarzosa	DE-1 y DE-2	25.02	135	10.7	0.16	18.14
Arenisca Fina	DE-3	24.82	121	6.23	0.18	15.26
Caliza	DE-6 y DE-7	25.8	91	9.7	0.26	15.51

Tabla 7: Propiedades del macizo rocoso

Zona	E(MPa)	mb	s	a
Mineral	152	0.9608	0.0003	0.514
Arenisca Cuarzosa Masiva	2023	1.907	0.0026	0.503
Arenisca Cuarzosa Fracturada	1572	1.6643	0.0012	0.506
Arenisca Fina	863	1.219	0.0013	0.504
Caliza Masiva	1521	1.5516	0.0014	0.505

4.1.2. Aspectos litológicos

En la caja techo del Cuerpo, predominan la caliza gris a negra con alto contenido de materia orgánica. En la estructura mineralizada, predominan los sulfuros semi-masivos, formados por minerales de esfalerita, y plomo. En la caja piso, se presentan areniscas cuarzosas intensamente fracturadas.

4.1.3. Distribución de discontinuidades

Los resultados de las características de distribución de los sistemas de discontinuidades estructurales se muestran en las figuras 8, 9 y 10. A partir de esta información se concluye en lo siguiente:

En la caja piso se presentan 4 sistemas de fracturas (3 principales y un aleatorio), siendo los siguientes:

- N 45° W / 37° NE
- N 17° W / 43° SW
- N 65° E / 62° SE
- N 17° E / 81° NW

En el mineral se presentan 4 sistemas de fracturas (3 principales y un aleatorio) siendo la estratificación el aleatorio, estos son los siguientes:

- N 75° E / 70° NW
- N 40° W / 68° NE
- N 09° W / 74° SW
- N 76° W / 75° SW

En la caja techo se presentan 5 sistemas de fracturas (3 principales y dos aleatorio), siendo los siguientes:

- N 08° E / 77° SE
- N 87° W / 72° NE
- N 40° W / 34° NE
- N 03° W / 79° SW

○ N 85° E / 66° SE

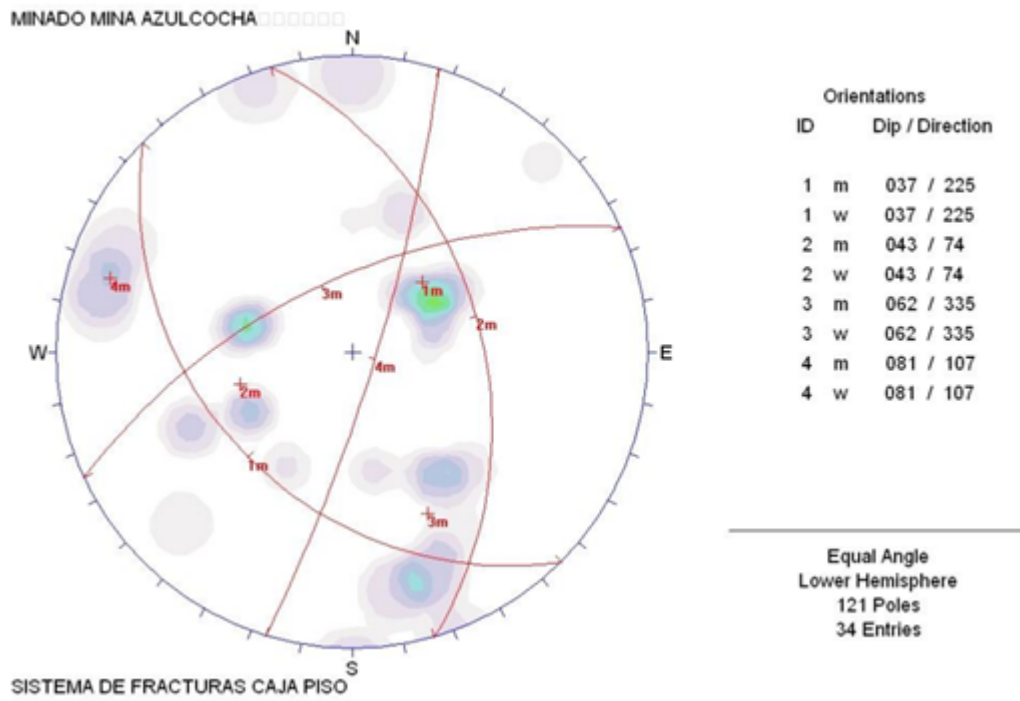


Figura 14: Sistemas de fracturas en caja piso (dominio DM-IVB)

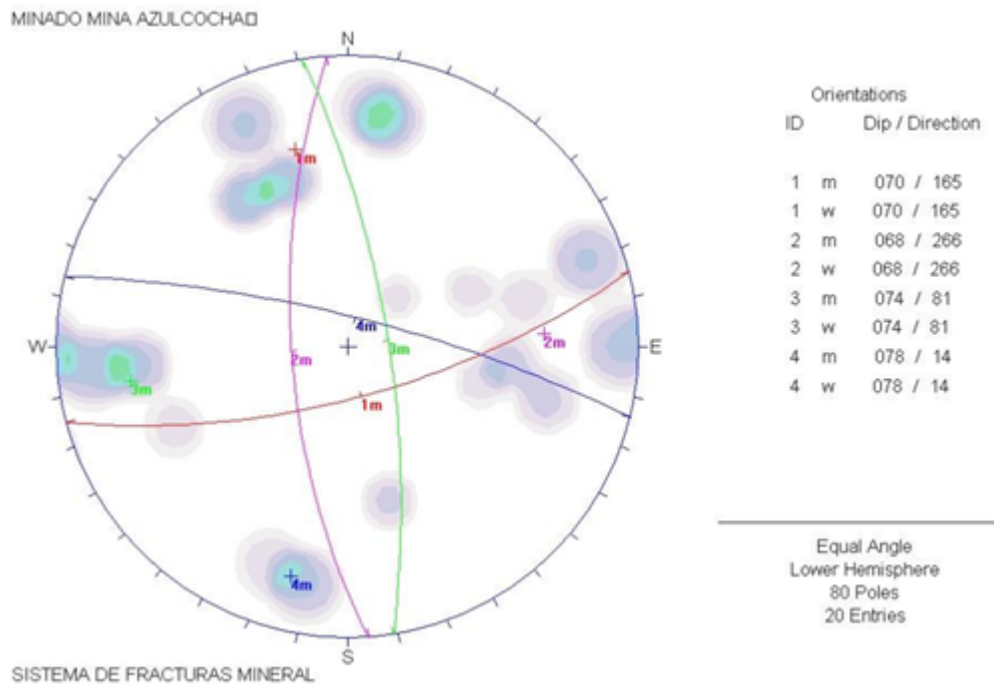


Figura 15: Sistemas de fracturas en Mineral (dominio DM-IVB)

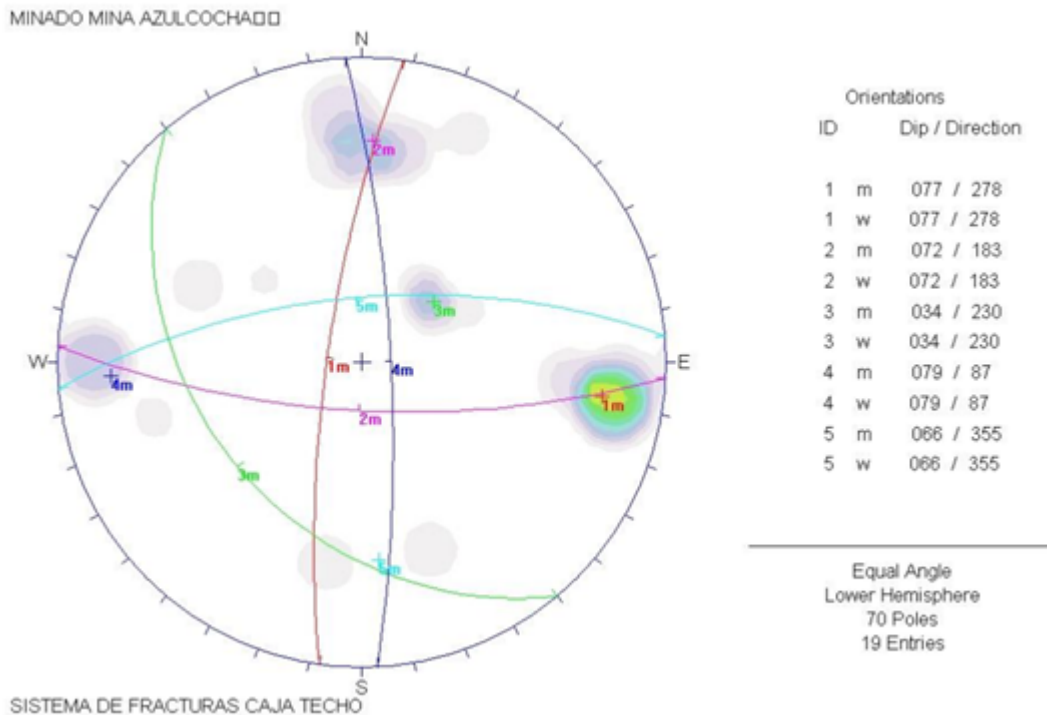


Figura 16: Sistemas de fracturas en Caja Techo (dominio DM-V)

Aspectos estructurales

Para establecer las características estructurales de la masa rocosa, nos referimos al arreglo estructural de la masa rocosa en la caja techo, en el mineral y en la caja piso.

Caja Piso

La arenisca cuarzosa presenta por lo general las siguientes características: espaciamiento de 4 a 15 cm., persistencia mayor a 1 m, apertura de 0.1 a 3 mm., rugosidad liza a planar, relleno suave, mayormente de arcillas y óxidos, y mediana alteración. El macizo presenta condiciones húmedas a mojadas.

Mineral

El mineral presenta una estructura triturada con presencia de arcilla. Por lo general presenta las siguientes características: espaciamiento de 2 a 5 cm., persistencia mayor a 1 m., apertura de

0.1 a 3 mm., rugosidad liza a planar, relleno blando, mayormente de arcillas y óxidos, y alta alteración. El macizo presenta condiciones mojadas (goteo).

Caja Techo

La caliza negra presenta dos áreas bien marcadas dentro del yacimiento:

- Zona centro y Este: Esta zona es la mas crítica del yacimiento ya que al ser intersectada por lo general se presentan flujos de suelo, esto se debe a que tiene agua acumulada. No es posible determinar las características de las fracturas del macizo en dicha zona.
- Zona Oeste. Por lo general presenta las siguientes características: espaciamiento de 10 a 25 cm., persistencia mayor a 1 m, apertura de 0.1 a 2 mm., rugosidad planar, relleno calcita a suave, mayormente de arcillas y óxidos, y baja alteración. El macizo presenta condiciones húmedas a mojadas.

4.2. Evaluacion de las propiedades de comportamiento del terreno en la mina Sumaq Rumi.

Uno de los parámetros más importantes del comportamiento mecánico del macizo rocoso es la resistencia a la compresión no confinada (c) de la roca intacta. Se hicieron intentos para obtener muestras de los núcleos para pruebas de laboratorio, pero debido a la severa fractura del macizo, no fue posible obtener suficientes muestras; las muestras de roca solo estaban disponibles en piezas, que tenían que ser embebidas en cemento para mantener sus propiedades lo más intactas posible, ya que podían romperse durante el transporte al laboratorio de mecánica de rocas. Estas muestras fueron sometidas a algunos ensayos de laboratorio de mecánica de rocas.

4.2.1. Características Físicas y Mecánicas de la roca intacta y macizo rocoso

Uno de los parámetros más importantes del comportamiento mecánico de las rocas es la resistencia a la compresión no confinada (σ_c) de la roca intacta. Se hicieron intentos para obtener muestras de los núcleos para pruebas de laboratorio, pero debido a la severa fractura del macizo, no fue posible obtener suficientes muestras; las muestras de roca solo estaban disponibles en piezas, que tenían que ser embebidas en cemento para mantener sus propiedades lo más intactas posible, ya que podían romperse durante el transporte al laboratorio de mecánica de rocas. Estas muestras fueron sometidas a una serie de pruebas de laboratorio de mecánica de rocas (ver Apéndice 3). Las diversas propiedades físicas y mecánicas de la piedra intacta, la masa de piedra y el relleno de pasta se muestran en 4.3. en la mesa. Los valores en rojo se calcularon con el software RocLab, ya que no se pudieron obtener testigos comprobables debido a la mala calidad de la muestra.

4.2.2. Resistencia de las discontinuidades

Desde el punto de vista de la estabilidad estructuralmente controlada, es importante conocer las características de resistencia al corte de las discontinuidades, puesto que estas constituyen superficies de debilidad de la masa rocosa y por tanto planos potenciales de falla. La resistencia al corte en este caso está regida por los parámetros de fricción y cohesión de los criterios de falla Mohr-Coulomb. Por los diferentes aspectos señalados anteriormente en el Acápite 4.3 (Zonificación geomecánica), la estabilidad estructuralmente controlada pasa a segundo plano, siendo de mayor importancia la resistencia de la roca intacta y de la masa rocosa; sin embargo, se ha estimado empíricamente los valores de ángulos residuales de las fracturas en las rocas de la caja techo oeste (calizas), siendo de 25° a 28°.

4.2.3. Condiciones especiales de la masa rocosa

Estas condiciones se relacionan con las propiedades de expansión en presencia de agua (roca que se expande) y la naturaleza altamente deformable del macizo rocoso (roca en extrusión) que puede existir dentro del cuerpo mineralizado en la mina Sumaq Rumi. Las propiedades de hinchamiento de las rocas se deben a la presencia de arcillas como la montmorillonita, que puede contener contenido de almidón o minerales de anhidrita. Con base en la información disponible, se ha observado alguna alteración alcalina en el depósito, pero no anhidrita. Por lo tanto, se espera que la roca pueda mostrar alguna actividad de expansión y se recomienda que las investigaciones futuras se dirijan hacia esto.

Tabla 8: Propiedades del macizo rocoso

DOMINIO ESTRUCTURAL	ROCA	RMR ₍₉₅₎	Q	GSI	GRAVEDAD ESPECIFICA (MN/M ³)	COMPRESION SIMPLE (Mpa)	FRICCION (°)	COHESION (Mpa)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	MODULO DE POISSON	RESISTENCIA A LA TRACCION (Mpa)
DE-IV A	ARENISCA PISO INTERMEDIO	33	0.30	IF/R	0.0259	77.33	35	0.764	3800		5.1
DE-IV B	ARENISCA PISO INMEDIATO	25	0.12	IF/P	0.0247	24.29	29.94	0.078	2400	0.3	8.17
DE-V	CALIZA CENTRO-OESTE INMEDIATO	10	0.03	T/MP	0.023	5.00	4.48	0.037	950	0.33	
DE-IV B	CALIZA CENTRO-OESTE INTERMEDIA	25	0.12	IF/P	0.023	22.00	17.3	0.236	2400		
DE-III B	CALIZA CENTRO-ESTE INMEDIATA	42	0.80	MF/P	0.023	25.00	26.65	0.457	6300		
DE-III A	CALIZA CENTRO-ESTE INTERMEDIA	52	2.50	MF/R	0.023	45.00	34	0.706	11000	0.27	
DE-IV B	MINERAL	25	0.12	IF/P	0.034	36.79	23.12	0.115	1700	0.33	5.88
DE-III A	ARENISCA PISO INTERMEDIO	51	2.20	MF/R	0.0251	51.00	28.8	0.096			10.82
DE-II	ARENISCA PISO LEJANO	63	8.30	F/R	0.0246	65.51	28.14	0.093	5340	0.21	4.62
	RELLENO CEMENTADO ANTIGUO				0.023	7	24	0.222	750		
	RELLENO CEMENTADO PROYECTADO				0.023	10	26	0.357	1000		

Las rocas de alta deformabilidad son aquellas que muestran deformaciones en función del tiempo; aquí, los esfuerzos exceden a la resistencia de la masa rocosa o el límite de fluencia, ocurriendo entonces que esta se deforme plásticamente. Estas características podrían estar presentes en la masa rocosa mineralizada y cajas inmediatas.

4.2.4. Condiciones del agua subterránea

El agua juega un factor muy importante en la estabilidad del macizo rocoso, y más si se trata de materiales de baja calidad geotécnica, por lo que es primordial el estudio del agua

subterránea determinando su origen y control. En la mina Sumaq Rumi se observa una gran influencia del agua subterránea sobre la estabilidad del macizo rocoso, ya que se tienen zonas de intenso goteo, observándose agua acumulada en la caja techo de la estructura. El agua puede provenir de una o más de las siguientes fuentes:

- ❖ Por la infiltración del agua proveniente de las lluvias, las cuales filtran a través de las estructuras principales llegando a las labores mineras.
- ❖ En la parte alta de la mina se encuentra la Laguna Sumaq Rumi, la cual podría alimentar en forma importante al acuífero intersectado por la mina.
- ❖ Agua acumulada en los niveles superiores antiguos, los cuales contribuyen a una constante filtración en los niveles más bajos y que son motivo del presente estudio.

Para poder cumplir con las recomendaciones dadas en el presente estudio se requiere que el agua subterránea sea drenada en forma continua, para lo cual se recomienda realizar un estudio Hidrogeológico, con la finalidad de determinar la procedencia del agua y poder analizar como drenar dicha agua. En primera instancia se recomienda lo siguiente:

- ❖ Realizar una rampa por debajo del Nivel -40 con la finalidad de deprimir el nivel freático a una cota inferior al actual y secar la zona de explotación.
- ❖ Revisar los niveles superiores en busca de zonas con agua acumulada en las labores, para poder desaguarlas.

4.2.5. Esfuerzos

La mineralización del Cuerpo Sumaq Rumi conocida hasta el momento llega hasta los 280 m de profundidad respecto a la superficie del terreno, por lo que se esperaría que los esfuerzos sean de baja a mediana magnitud. Se ha estimado el esfuerzo vertical a partir del criterio de carga

litostática (Hoek & Brown, 1978), considerando profundidades de excavaciones de hasta 280 m, que es la profundidad conocida de la mineralización a partir de la superficie del terreno; según este criterio, el esfuerzo vertical in-situ resulta aproximadamente 7.8 MPa. La constante “k” (relación de los esfuerzos horizontal a vertical) para determinar el esfuerzo in-situ horizontal, fue estimado utilizando el criterio de Sheorey (1994), según esto k sería aproximadamente 0.29, con el que se obtiene un esfuerzo horizontal in-situ de aproximadamente 2.3 MPa. En la tabla 7 se observa el cálculo respectivo.

Tabla 9: Calculo de esfuerzo vertical y horizontal

DENSIDAD (δ)	ALTURA (z)	MOD. DE DEF. HOR. (Eh)	CONSTANTE DE SHEOREY (k)	ESFUERZO VERTICAL (σ_v)	ESFUERZO HORIZONTAL (σ_h)
0.028	280	1.33	0.292672686	7.84	2.29

Teniendo en cuenta los valores de tensión dados y la resistencia de la roca intacta, el factor de competencia = resistencia a la compresión uniaxial / tensión vertical del mineral y cajas de piso > 2, por lo que la deformación se produce después de la extracción si es de muy baja calidad. valor de piedra caliza kajlt; 2, indicando que estas actividades provocarán una sobrecarga inmediata luego de finalizada la excavación, requiriendo apoyo inmediato y permanente.

4.3. Clasificación geomecánica de la masa rocosa en la mina Sumaq Rumi.

Clasificación del macizo rocoso Criterios de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR - Rock Mass Valuation - 1989), Barton et al. (Q System - 197) y Marinos y Hoek (GSI - Geological Strength Index - 2002) se utilizan para la clasificación geomecánica de rocas. masa) se utilizó. Los valores de resistencia a la compresión de la roca entera se obtuvieron como se describe en el Capítulo 3. Los valores del Índice de Calidad de la Roca (RQD) se determinaron por medición directa con un registro de discontinuidad lineal operacional. utilizando la relación

propuesta por Priest y Hudson (1986) con la frecuencia de refracción por metro lineal como principal parámetro de entrada. Los criterios utilizados en la clasificación del macizo rocoso se dan en la tabla 10.

Tabla 10: Criterios de clasificación de la masa rocosa

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR
II	> 60	> 6.0	Buena
IIIA	51 – 60	2.0 – 6.0	Regular A
IIIB	41 – 50	0.65 – 2.0	Regular B
IVA	31 – 40	0.2 – 0.65	Mala A
IVB	21 – 30	0.07 – 0.2	Mala B
V	< 20	<0.07	Muy Mala

El mapeo geomecánico y clasificación de dominios estructurales se presenta en el anexo 2.

A partir de estos resultados podemos concluir lo siguiente:

- ❖ En la caja techo zona este y centro inmediato se presentan mayormente masas rocosas de calidad Muy Mala (Clase V). Después siguen masas rocosas de calidad Mala B (Clase IVB), pero también con presencia de masas rocosas de calidad Mala A (Clase IVA), pero en menor proporción.
- ❖ En la caja techo zona oeste inmediata se presentan mayormente masas rocosas de calidad regular (Clase IIIB). Después siguen masas rocosas de calidad regular (Clase IIIA).
- ❖ En el cuerpo mineralizado, predominan masas rocosas de calidad Mala (Clase IVB).

- ❖ En la caja Piso inmediata se presentan mayormente masas rocosas de calidad Mala (Clase IVA-IVB). Después siguen masas rocosas de calidad regular (Clase IIIA-III B) generalmente. A partir de 35 m. del contacto mineral-arenisca el macizo rocoso presenta calidad buena (Clase II).

4.3.1. Zonificación geomecánica de la masa rocosa

Para utilizar racionalmente diferentes métodos computacionales de mecánica de rocas, es necesario dividir el macizo rocoso estudiado en regiones con propiedades estructurales y mecánicas similares, ya que los criterios de análisis y diseño obtenidos son válidos. Sustancias con propiedades físicas y mecánicas similares.

Entre estos atributos, el arreglo o patrón estructural del macizo rocoso y su calidad son factores importantes a considerar cuando se definen dominios estructurales. En nuestro caso, la calidad de la roca fue más importante que el modelo estructural porque el macizo rocoso alrededor de la mina es generalmente de mala calidad. Bajo tales condiciones, el mecanismo de fractura o estabilidad de la roca estará relacionado principalmente con la calidad de la roca pobre más que con la disposición estructural del macizo rocoso.

De acuerdo a lo indicado, se ha llevado a cabo la zonificación geomecánica de la estructura de la Mina Sumaq Rumi, basada en toda la información que se ha tenido disponible como producto del presente estudio. En el anexo 2, las Láminas 3 y 4 se presentan dos secciones típicas como resultado de la zonificación geomecánica efectuada. En el siguiente cuadro un resumen de las zonas geomecánicas o dominios estructurales en términos de calidad de la masa rocosa, utilizando diferentes criterios de clasificación.

Como se puede ver en las Láminas 3 y 4, el dominio estructural DE-V de la caja techo inmediata forma un paquete de hasta 10 m, no teniéndose una información muy exacta de la continuación del mismo ya que no hay sondajes largos que se puedan analizar.

Tabla 11: Zonificación Geomecánica del Yacimiento Sumaq Rumi

Ubicación	Dominio Estructural	Clasificación RMR	Sistema Q	GSI
Caja techo Centro-Oeste inmediata	DE-V	< 21	< 0.08	T/MP
Caja techo Centro-Oeste intermedia	DE-IVB	21 – 30	0.08 – 0.21	IF/MP-P
Caja techo Este Inmediata	DE-IIIB	40 – 50	0.64 – 1.95	MF/P
Caja techo Este intermedia	DE-IIIA	50 – 60	1.95 – 5.92	MF/R
Zona Mineralizada	DE-IVA-B	21 - 40	0.08 – 0.64	IF/MP-P
Caja piso inmediato	DE-IVA	31 - 40	0.24 - 0.64	IF/ R
Caja piso inmediato	DE-IVB	21 - 30	0.08 - 0.21	IF/ P
Caja piso intermedio	DE-IIIA-B	40 - 60	0.64 – 5.92	MF/R-P
Caja piso lejano	DE-II	> 60	> 5.92	F/R-B

El mineral y la caja piso inmediata forman un dominio estructural DE-IV. La extensión de este dominio en la caja piso corresponde a la información que se tiene disponible a través de las labores mineras actuales, el paquete tiene aproximadamente 15 a 20 m. Luego de esta distancia se presenta un dominio estructural DE-IIIA-B que tiene una potencia de 10 a 15 m. A continuación se presenta un dominio estructural DE-II con una potencia mayor a 400 m.

4.3.2. Evaluación geomecánica del macizo rocoso

La evaluación geomecánica para la determinación de los dominios estructurales de las diferentes estaciones estudiadas se realizó mediante las clasificaciones geomecánicas RMR de Bieniawski y

Q de Bartn, determinándose para cada litología resistencia a la compresión simple de la roca y las características de las discontinuidades.

Net siguiente tabla se resume el número de estaciones de Mateo mecánicos y mapeos por línea de detalle. La ubicación de estas estaciones geomecánica sí líneas de detalle se muestran en los planos 2 a 5.

Tabla 12: Numero de estaciones de mapeo geomecanico

Nivel	Estaciones Geotecnicas
Nv 0	15
Nv-40	9
Total	24

El mapeo mecánico se realizó para la zona de la caja techo de la caja piso y del cuerpo mineral, en general estas presentan características similares que se describen a continuación.

4.3.3. Dominios estructurales

La caracterización y clasificación geomecánica del macizo rocoso del mineral, de la caja de techo y de la caja piso del yacimiento permitió diferenciar tramos con características litológicas semi homogéneas patrones geo estructurales similares a los cuales se les ha dado la denominación de dominios estructurales (DE). Estos dominios estructurales fueron obtenidos a partir de la clasificación del macizo rocoso de las 24 estaciones geo mecánicas (EG) y el loguep de las perforaciones diamantinas.

La base del análisis estructural y de la clasificación geomecánica del macizo rocoso se determinaron 7 dominios estructurales representativos definido según su valoración di RMR YQ de Barton que se muestran a continuación.

Como resultado del análisis estructural y geo mecánico se determinó que el macizo rocoso presentaba comportamiento bien definido tanto en la caja techo la caja piso y el cuerpo mineralizado independientemente de su nivel.

Tabla 13: Clasificación geomecánica por sectores de diseño

Dominio Estructural	Litología	RMR	Q	Q'	Calidad de Roca
DE-1	Arenisca Cuarzosa Masiva	64	14	14	Buena
DE-2	Arenisca Cuarzosa Fracturada	55	5.1	5.1	Regular
DE-3	Arenisca Fina	59	6.7	6.7	Regular - Buena
DE-4	Falla	>20			Muy Mala
DE-5	Mineral	42	3.7	11.3	Mala - Regular
DE-6	Caliza Brechosa Mineralizada	48	4.2	4.2	Regular
DE-7	Caliza	56	5.3	6.5	Regular-Buena

4.4. Metodo de explotación propuesto

La tendencia para la explotación de cuerpos mineralizados inclinados es mediante trajeados explotación con dimensiones óptimas y teniendo en cuenta lo siguiente:

- ❖ Acceso racional para el personal de explotación y equipos
- ❖ Concentración de la producción en un mínimo de tajeos
- ❖ Asegurar la ventilación y accesos de evacuación para situaciones de emergencia
- ❖ Asegurar la realización de las operaciones unitarias en condiciones óptimas
- ❖ Asegurar un mínimo de labores preparatorias

Recuerdo la evaluación de las condiciones geológicas y geo mecánicas del cuerpo mineralizado y con el propósito de optimizar el minado a través de la mecanización de la mina con el uso de equipos adecuados y una mejor disposición de las labores de extracción, el método de

minado más apropiado para la explotación corresponde al método sub niveles adecuado para cuerpos inclinados. En ambos métodos la altura de corte o la altura de tajeó corresponden a la distancia entre los subniveles estando en función de las condiciones geo mecánicas de la roca, del equipo empleado y el sistema de explotación.

El método de explotación por subniveles considera los siguientes aspectos

- ❖ Paredes de excavación estables durante la extracción (con o sin refuerzo)
- ❖ La explotación no considera el ingreso del personal o equipos a los tajeos
- ❖ Cavidades explotadas con o sin relleno
- ❖ Acceso de rampas entre subniveles
- ❖ Dimensiones de tajeos que permitan flexibilidad operacional

Los principales etapas de acondicionamiento para la explotación del cuerpo por el metodo de subniveles son:

- ❖ Se delimitan tajeos con alturas de niveles entre 16 u 19.
- ❖ Se construye u By pass en esteril para la extracción del mineral
- ❖ Se construye labores en la caja techo para techo para reforzar el techo del tajo con cable bolting y realizar la perforación en abanico para voludara.
- ❖ Se contruye una rampa en esteril para acceder a los subniveles de perforación.
- ❖ Se contruyen chimeneas en la arte central del block para ventilación y extracción del material de preparación.
- ❖ En el método de explotación por subniveles los cruceros de extracción de mineral se construyen cada 10m de eje a eje entre ellos en el nivel de extracción.

- ❖ La perforación de taladros largos se realiza desde el nivel superior y nivel inferior en abanico y longitudes menor a 18m (de acuerdo a la malla de perforación).

4.4.1. Dilucion

Es importante conocer el valor promedio de dilución del yacimiento el cual debe ser estimado a partir de los registros y controles de geología y minas para nuestro caso estimaremos el valor a partir de experiencias de yacimientos mineros similares que se han desarrollado en el Perú.

Tabla 14: % de la dilución en función de la recuperación

H	W	% de Recuperación	%Dilución
10.0	4.70	90	25
11.0	5.70	90	25
12.0	6.70	85	20
13.3	8.20	85	20

4.4.2. Configuración del método de minado

De los resultados obtenidos unos análisis de estabilidad en el dimensionamiento de las aberturas de explotación y pilares mineros se plantea que el método explotación por su niveles, cuyas configuraciones geométricas son las indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 15: Metodo de explotación por banqueo y relleno

Dimensionamiento de Cámaras Tajeos			Dimensionamiento de Pilares	
Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)	Pilar Costilla (m)	Pilar Puente (m)
20	45	20	20	12

4.4.3. Incorporación de relleno al método de minado

Para la explotación del yacimiento se requerirá el uso de relleno estructural para lograr una máxima recuperación de los pilares costilla y eventualmente los pilares puente, manteniendo la estabilidad y el restablecimiento del equilibrio del macizo rocoso en este contexto se plantea el uso del relleno sementado de roca.

Tabla 16: Propiedades in situ de compositos de rellenos

Tipo de relleno	c (MPa)	ϕ (°)
Compósito 8% RAC	0.22	35
Compósito 8% RRC	0.60	35.4

Como se puede apreciar en ella, la adición de roca (desmonte) más arena con cemento al 8% genera un fuerte aumento de la cohesión in situ del relleno resultante, de 0.22MPa a 0.60MPa, es decir prácticamente triplicándose. Al mismo tiempo la reducción en consumo de cemento es también significativa, el contenido global de cemento disminuyen 71%.

Tabla 17: Requerimiento de cemento en peso por m3 de relleno.

Tipo Relleno	Contenido Cemento / M3 de Relleno (kgs)				
	8%	9%	10%	11%	12%
Relleno de Roca Cementado (RRC)	37.6	42.3	47.0	51.7	56.4
Relleno de Roca Cementado (RAC)	131.2	147.6	164.0	180.4	196.8
Reducción de Cemento (RRC vs RAC)	71%	71%	71%	71%	71%

4.4.4. Evaluación de las condiciones de estabilidad

Un anexo 6 se presentan los resultados de la evaluación de estabilidad los mismos que tuvieron como objetivo el de realizar un análisis tenso – deformacional de las diferentes etapas de excavación y corroborar los resultados de los análisis empíricos de dimensionamiento de aberturas para los traques de explotación.

Top los resultados muestran factores de seguridad por encima de la unidad en todas las etapas de excavación simuladas de acuerdo a las dimensiones establecidas en los planos.

Las deformaciones máximas alcanzadas en las paredes colgantes, yacentes y techo están en el orden de 0.5 a 2% indicando niveles de daño poco significantes a moderados según la clasificación. Para minimizar el daño por efecto de las deformaciones se implementará el refuerzo del cable bolting en la caja techo del Tajo de forma sistemática.

Del análisis se concluye que los factores de seguridad hallados están escasamente por encima de la unidad lo cual significa que están en el límite de estabilidad con posibilidad de falla menor afectado por los esfuerzos inducidos de las zonas explotadas.

Cabe indicar que para mayores alturas de tajeos el grado de inestabilidad y probabilidades de falla aumentan, por lo mismo es recomendable utilizar el sostenimiento de los tajeos con cable bolting oportunamente, de tal manera de no ceder de los radios hidráulicos o áreas de abertura recomendados.

CONCLUSIONES

- ❖ la evaluación de las condiciones naturales del yacimiento o ambiente geomecánico muestra que la masa rocosa mineralizada del Cuerpo de la Mina Sumaq Rumi es muy incompetente ($RMR < 25$), toda vez que tiene aspecto brechado terroso con abundante presencia de sulfuros (pirita – esfalerita – cobres grises, etc.). Esta característica influirá en forma adversa en el minado de este yacimiento, por mayores costos de sostenimiento, por lo tanto la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi se ajusta a los parámetros de explotación por subniveles.
- ❖ Según la caracterización geomecánica de la masa rocosa se obtuvieron los siguientes indicadores:

Los resultados del análisis de distribución de los sistemas de discontinuidades estructurales, han indicado lo siguiente: En la caja piso se presentan 4 sistemas de fracturas (3 principales y un aleatorio), siendo los siguientes:

- N 45° W / 37° NE
- N 17° W / 43° SW
- N 65° E / 62° SE
- N 17° E / 81° NW

En el mineral se presentan 4 sistemas de fracturas (3 principales y un aleatorio) siendo la estratificación el aleatorio, estos son los siguientes:

- N 75° E / 70° NW
- N 40° W / 68° NE

- N 09° W / 74° SW
- N 76° W / 75° SW

En la caja techo se presentan 5 sistemas de fracturas (3 principales y dos aleatorio), siendo los siguientes:

- N 08° E / 77° SE
- N 87° W / 72° NE
- N 40° W / 34° NE
- N 03° W / 79° SW
- N 85° E / 66° SE 5.

En la caja piso se presenta una falla importante que a triturado la arenisca, llegando su influencia hasta la zona mineralizada, en la zona centro-oeste de la estructura su influencia es marcada, mientras que hacia la zona este de la mineralización la falla ha influenciado la caja piso y el mineral.

- ❖ La determinación de las propiedades de comportamiento del terreno han contribuido en brindar los parámetros de entrada que permiten determinar el comportamiento de la masa rocosa estudiada, siendo fuente principal del diseño de minado según el comportamiento de la roca.
- ❖ Según el criterio de clasificación geomecánica adoptado (Bieniawski, 1989) la masa rocosa del yacimiento de la Mina Sumaq Rumi se clasifica de la siguiente manera:

En la caja techo inmediato se presentan mayormente masas rocosas de calidad Muy Mala (Clase V).

Después siguen masas rocosas de calidad Mala B (Clase IVB) generalmente, pero también con presencia de masas rocosas de calidad Mala A (Clase IVA), pero en menor proporción.

En el cuerpo mineralizado, predominan masas rocosas de calidad Mala (Clase IV B). En la caja piso inmediato se presentan mayormente masas rocosas de calidad Mala (Clase IV B).

Después siguen masas rocosas de calidad Regular (Clase III A-B) generalmente, pero también con presencia de masas rocosas de calidad.

En la zona alejada de la caja piso la calidad de la roca es buena (Clase II)

La zonificación geomecánica efectuada, ha indicado la presencia de cuatro dominios estructurales: DE-V (RMR < 21), DE-IVAB (RMR 21–40), DE-III AB (RMR 40–60) y DE-II (RMR > 60). El primero involucra a la caja techo, el segundo a la caja techo intermedia, a la caja piso inmediata, el tercero a la caja piso intermedia, la cuarta involucra a la caja piso alejada y el último a la caja piso mas alejada. El primero, forma un paquete de 10 a 15 m en la caja techo inmediata. El segundo, forma un paquete también de 10 a 20 m.

RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda aplicar los parámetros de ingeniería considerados en la presente tesis de tal forma de garantizar la estabilidad de tajeos explotados en la mina Sumaq Rumi.
- ❖ Se recomienda un mantenimiento adecuado y regular utilizando herramientas de última generación para que pueda sacar más provecho de su sistema de monitoreo geomecánico.
- ❖ Promover la investigación de topografía y resolución de investigaciones geotécnicas utilizando diversos métodos para crear modelos válidos y garantizar un trabajo seguro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bieniawski Z.T. Engineering Rock Mass Clasification Wiley – Interscience Publication – 1989.
- Brady B.H.G. & Brown E.T. “Rock Mechanics for Underground Mining” George Allen & Unwin – London – 1985.
- Brown E.T. “Rock Characterization Testing and Monitoring” ISRM Suggested Methods – Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics – 1981.
- Bull G. and Page C.H. “Sublevel Caving – Today’s Dependable Low – Cost „Ore Factory”” Páginas 537 – 556 – MASSMIN 2000 – Oct.-Nov. 2000.
- Hoek E., Kaiser P., Bawden W. “Support of Underground Excavations in Hard Rock” A.A. Balkema 1995.
- Hoek E. “Practical rock engineering” Rocscience, 2002.
- Hudson J.A. Ed. “Comprehensive Rock Engineering – Principles, Practice & Projects”. Volúmenes 3 y 4, Pergamon Press 1993.
- Hustrulid W.A. and Bullock R.L. “Underground Mining Methods: Fundamentals and International Case Studies” SME – 2001.
- Kvapil Rudolf “Sublevel caving” Cap. 20.2 – Páginas 1789 – 1814 – Mining Engineering Handbook – SME – 1992.
- Informe Geológico de Mina Sumaq Rumi. 2006.
- Weiss F. y Córdova D. “Influencia de las condiciones naturales en la selección del método de explotación en minería subterránea”, Informe INGEMMET – 1991.
- Krzyszton, D. and Carvajal A., 2007. Susceptibility of rocks bumps. The results of simples investigation in a staff-testing machina. Fundacja Nauta I traducie Górnice 102p. Yacimiento Uchucchacua.
- Universidad Nacional de Ingeniería, Pruebas de Laboratorio de Mecánica de Rocas. Agosto 2012.
- Bath, C., y S. Duda. 1968. Secular Seismic Energy release in the circum pacific belt.
- Bernal, I. 2001. Características y evaluación de la energía sísmica liberada. Univ. Nac. San Agustín. 170p.
- Bernal, I., y H. Tavera. 2005. Evaluación de la sismicidad y distribución de la energía sísmica en Perú. IGP Boletín de la Sec. Geológica del Perú V 92 p 67-78
- Carmona, J., y J. Castano. 1970. Distribución temporal de la energía liberada al sur de los 20° en el intervalo 1920-1970. Inst. de Inv. Antisísmica de Argentina. 25p

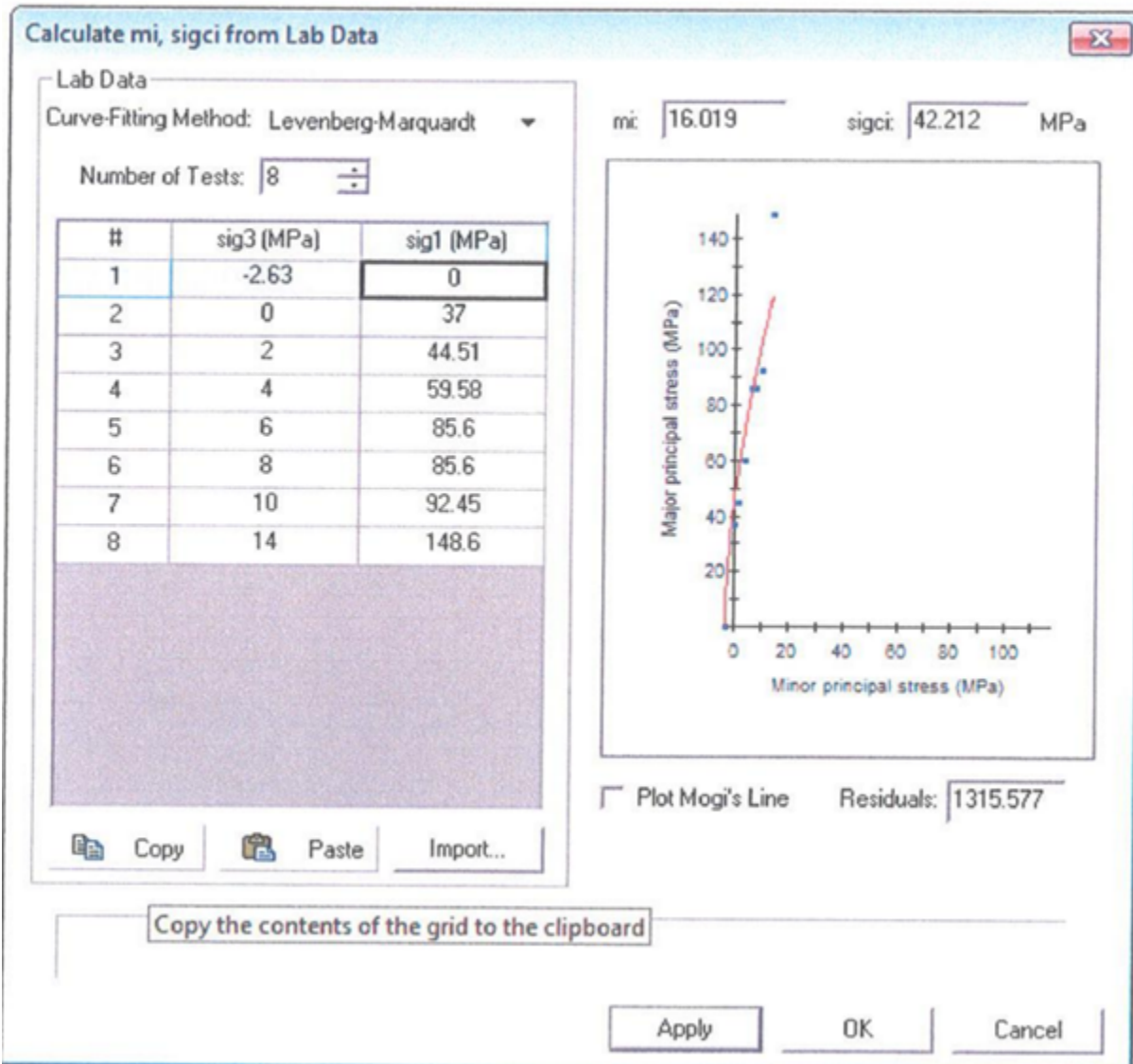
Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE	➤ condiciones naturales del yacimiento ➤ caracterización geomecánica de la masa rocosa ➤ propiedades de comportamiento del terreno ➤ clasificación geomecánica de la masa rocosa	Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo - Explicativo Método: Científico - Deductivo Diseño: Experimental de tipo cuasi experimental Población: Mina Sumaq Rumi Muestra: Macizo rocoso Mina Sumaq Rumi
¿Cómo la evaluación geomecánica influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?	Realizar la evaluación geomecánica para proponer el método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.	La evaluación geomecánica influye significativamente en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.	Evaluación geomecánica		
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE	➤ Selección del método de minado ➤ Parámetros estimados del método de minado	
¿De qué manera la evaluación de las condiciones naturales del yacimiento o ambiente geomecánico influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?	Conocer de qué manera la evaluación de las condiciones naturales del yacimiento o ambiente geomecánico influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.	La evaluación de las condiciones naturales del yacimiento o ambiente geomecánico influye de manera positiva en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.	Método de minado		
¿Como la caracterización geomecánica de la masa rocosa influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?	Establecer como la caracterización geomecánica de la masa rocosa influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.	La caracterización geomecánica de la masa rocosa influye significativamente en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.			
¿En que medida la determinación de las propiedades de comportamiento del terreno influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?	Determinar en que medida la determinación de las propiedades de comportamiento del terreno influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.	La determinación de las propiedades de comportamiento del terreno influye en gran medida en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.			
¿Como la clasificación geomecánica de la masa rocosa influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022?	Evaluar como la clasificación geomecánica de la masa rocosa influye en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.	La clasificación geomecánica de la masa rocosa influye positivamente en la propuesta del método de minado en la mina Sumaq Rumi 2022.			

Anexo 2: Analisis y resumen de resultados

ANALISIS DE ENAYOS DE COMPRESION TRIAXIAL

MINERAL



ARENISCA CUARZOSA

Calculate m_i , $sigci$ from Lab Data

Lab Data

Curve-Fitting Method: Levenberg-Marquardt

Number of Tests: 2

#	sig3 (MPa)	sig1 (MPa)
1	-7.42	0
2	0	135

mi: 18.139 sigci: 135.000 MPa

Plot Mogi's Line Residuals: 0.000

Copy Paste Import...

Apply OK Cancel

ARENISCA FINA

Calculate m_i , $sigci$ from Lab Data X

Lab Data

Curve-Fitting Method: Levenberg-Marquardt ▾

Number of Tests:

#	sig3 (MPa)	sig1 (MPa)
1	-7.44	0
2	0	121
3	3	149.29
4	8	167.16
5	12	188.17

m_i : $sigci$: MPa

Plot Mogi's Line Residuals:

CALIZA

Calculate m_i , $sigci$ from Lab Data

Lab Data
Curve-Fitting Method: Levenberg-Marquardt

Number of Tests: 6

#	sig3 (MPa)	sig1 (MPa)
1	-7.18	0
2	0	91
3	4	186.97
4	8	153.94
5	10	198.84
6	12	173.53

m_i : 15.511 $sigci$: 111.832 MPa

Plot Mogi's Line Residuals: 3299.801

Copy Paste Import...

Apply OK Cancel

CALIZA ARENOSA

Calculate m_i , $sigci$ from Lab Data

Lab Data
Curve-Fitting Method: Levenberg-Marquardt

Number of Tests:

#	sig3 (MPa)	sig1 (MPa)
1	-3.61	0
2	0	46.33
3	4	50.99
4	12	90.78

mi: sigci: MPa

Plot Mogi's Line Residuals:

Copy Paste Import...

Apply OK Cancel

Anexo 3: Ensayos de mecánica de rocas

PROPIEDADES ELASTICAS

PROYECTO: ESTUDIO GEOMECÁNICO DEL MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA		HOJA:
CLIENTE: AZULCOCHA MINING S.A.		HECHO: I.P.
SONDEO:		REVISADO: I.P.
COORDENADA:		FECHA: OCT. 2011

Perforación	Profundidad	Nivel	Muestra	Módulo de Elasticidad GPa	Coefficiente de Poisson	Resistencia Última MPa
DDHM 10 002	1.85 – 2.00			10.70	0.16	135.53
DDHM 10 005	58.65 – 58.82			8.78	0.16	93.68
DDHM 10 009	52.02 – 52.25			5.94	0.28	36.26
DDHM 10 010	57.05 – 57.30			14.38	0.35	131.09
DDHM 10 013	72.55 – 72.85			7.17	0.25	120.94
DDHM 10 017	12.90 – 13.20			5.29	0.11	152.21
		Nv - 40	M - 1	2.50	0.40	36.98
		Nv - 40	M - 2	1.66	0.13	22.26

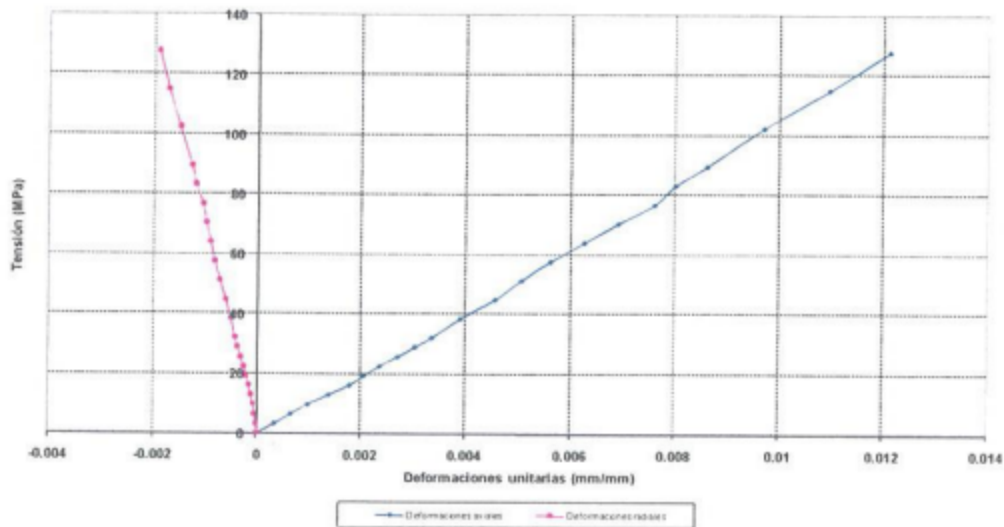
Perforación	DDHM 10 002
Profundidad	1.85 - 2.00

Carga	42400	kg
Diametro	6.25	cm
Longitud	12.56	cm
	30.6796875	

Esfuerzo	1382.0219	Kg/cm ²
Esfuerzo	135.5293506	MPa
0.1	138.20219	
0.5	691.0109498	

1 kg/cm ²	
Poisson	0.16
E = 10.7	GPa

Ensayo de Propiedades Elásticas
DDHM 10 002 Prof. 1.85 - 2.00

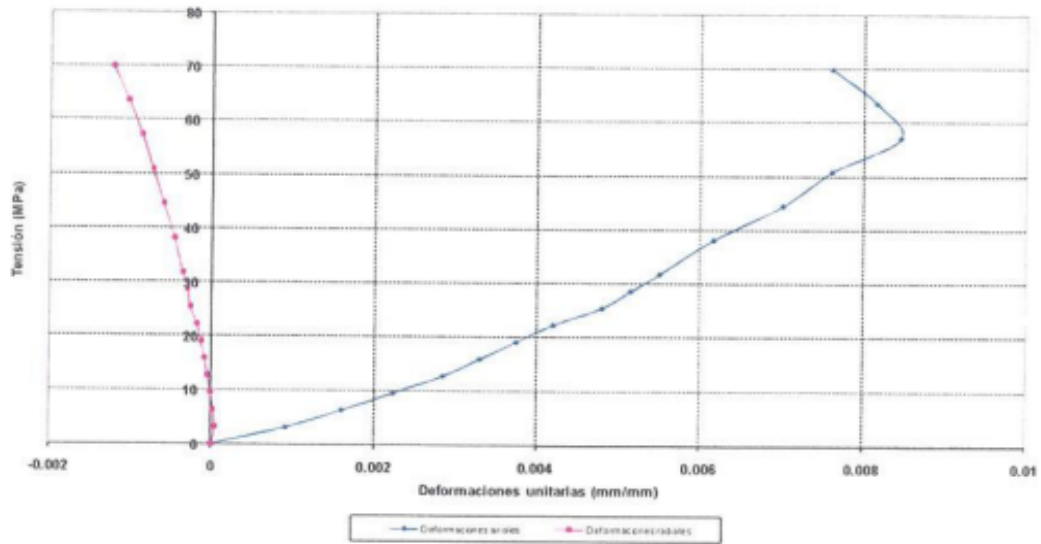


Perforación	DDHM 10 005
Profundidad	58.65 - 58.82

Carga	29400	kg
Diametro	6.26	cm
Longitud	11.31	cm
	30.77794104	

Esfuerzo	955.22959	Kg/cm ²		
Esfuerzo	93.67554497	MPa	1	kg/cm ²
0.1	95.522959			Poisson 0.16
0.5	477.614795			E= 8.78 GPa

Ensayo de Propiedades Elásticas
DDHM10 005 Prof. 58.65 - 58.82

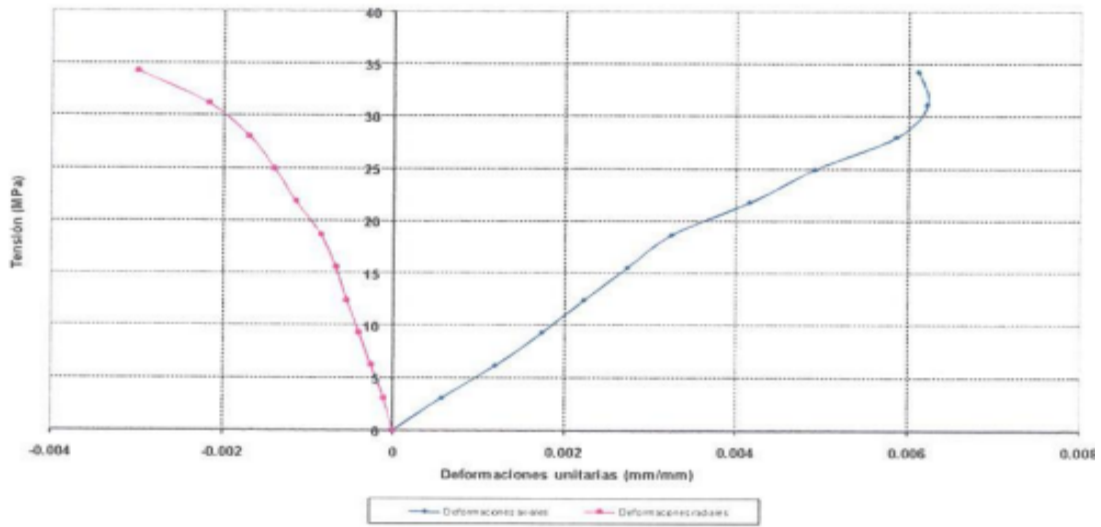


Perforación	DDHM 10 009
Profundidad	52.02 - 52.25

Carga	11600	kg
Diametro	6.32	cm
Longitud	12.94	cm
	31.37078096	

Esfuerzo	369.7710749	Kg/cm ²		
Esfuerzo	36.26197023	MPa	1	kg/cm ²
0.1	36.97710749			Poisson 0.28
0.5	184.8855374			E= 5.94 GPa

Ensayo de Propiedades Elásticas
DDHM 10 009 Prof. 52.02 - 52.25



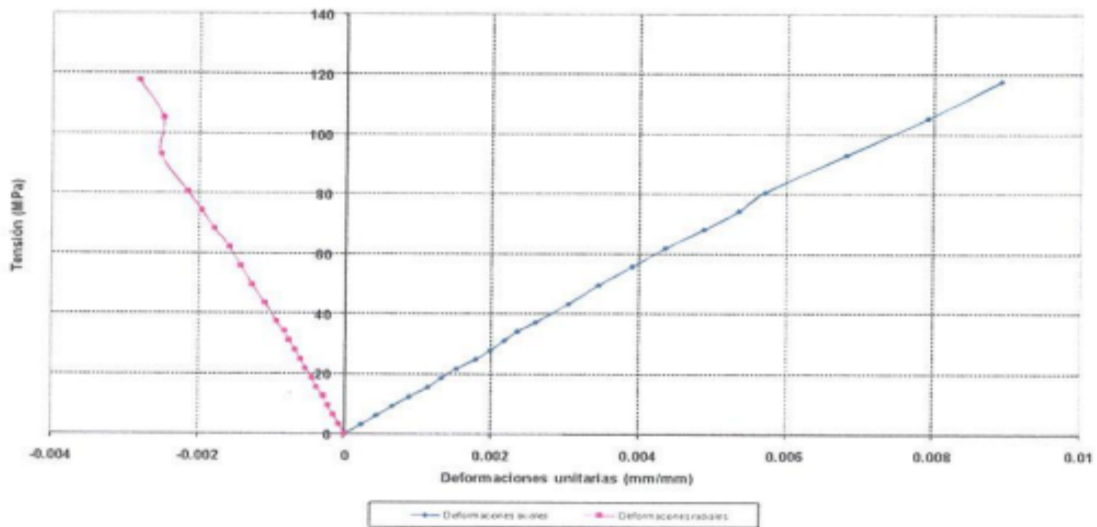
Perforación	DDHM 10 010
Profundidad	57.05 - 57.30

Carga	42200	kg
Diametro	6.34	cm
Longitud	13.10	cm
	31.56962424	

Esfuerzo	1336.727979	Kg/cm ²
Esfuerzo	131.087566	MPa
0.1	133.6727979	
0.5	668.3639894	

1 kg/cm ²	
Poisson	0.1
E= 14.38	GPa

Ensayo de Propiedades Elásticas
DDHM 10 010 Prof. 57.05 - 57.30



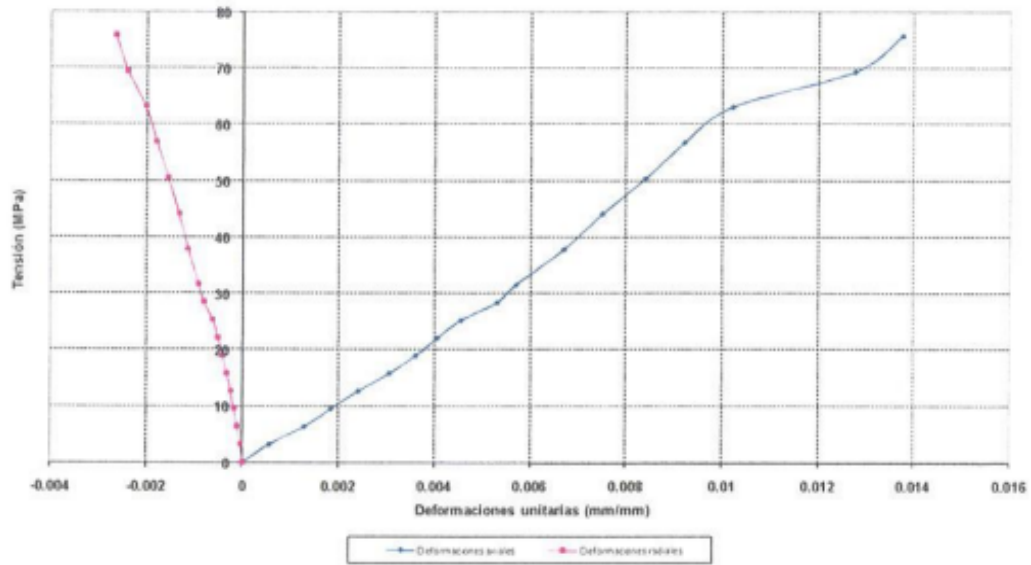
Perforación	DDHM 10 013
Profundidad	72.55 - 72.85

Carga	38200	kg
Diametro	6.28	cm
Longitud	12.59	cm
	30.97491936	

Esfuerzo	1233.255834	Kg/cm ²
Esfuerzo	120.9404688	MPa
0.1	123.3255834	
0.5	616.6279189	

1	kg/cm ²	
Poisson		0.25
E=	7.17	GPa

Ensayo de Propiedades Elásticas
DDHM 10 013 Prof. 72.55 - 72.85



Perforación	DDHM 10 017
Profundidad	12.90 - 13.20

Carga	49000	kg
Diametro	6.34	cm
Longitud	12.84	cm
	31.56982424	

Esfuerzo	1552.124904	Kg/cm ²
Esfuerzo	152.2106809	MPa
0.1	155.2124904	
0.5	776.0624521	

1	kg/cm ²	
Poisson		0.11
E=	5.29	GPa

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL - AXIALES

PROYECTO: ESTUDIO GEOMECANICO DEL MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA
 CLIENTE: AZULCOCHA MINING S.A.
 SONDEO:
 COORDENADA:

HOJA:
 HECHO: I.P.
 REVISADO: I.P.
 FECHA: OCT. 2011

Sondaje	Profundidad (m)	Muestra	Espesor D (mm)	Ancho W (mm)	Carga P (kN)	De (mm)	Is (50) (MPa)	Observaciones
DDHM 10 001	2.45 - 2.55	A	32.9	60.2	19.00	50.22	7.55	
		B	34	60.2	13.00	51.05	5.04	
DDHM 10 009	118.55 - 118.70	A	25.2	63.5	9.00	45.14	4.22	
		B	24	63.5	7.00	44.05	3.41	
DDHM 10 013	72.55 - 72.85	A	18.1	62.5	8.00	37.95	4.91	
DDHM 10 013	70.45 - 70.65	A	27.7	63.1	10.00	47.17	4.38	
		B	24.4	63.1	11.00	44.28	5.31	
		C	24	63.1	9.00	43.91	4.40	
DDHM 10 001	55.40 - 55.55	A	30.4	60.5	11.00	48.39	4.63	
		B	30.2	60.5	6.00	48.23	2.54	
		C	32.5	60.5	9.00	50.04	3.60	
DDHM 10 001	56.45 - 56.60	A	34.5	62	2.90	52.19	1.09	
		B	33.6	62	3.90	51.50	1.49	
DDHM 10 005	69.35 - 69.45	A	32.5	62.6	8.00	50.90	3.11	
		B	33.2	62.6	8.00	51.44	3.06	
		C	36.3	62.6	7.00	53.79	2.50	
DDHM 10 006	33.55 - 33.75	A	25	62.7	8.00	44.67	3.81	
		B	26.9	62.7	9.00	46.34	4.05	
DDHM 10 014	71.00 - 71.20	A	30.6	63.3	10.00	49.66	4.04	
		B	30.1	63.3	11.00	49.25	4.50	
		C	28.4	63.3	12.00	47.84	5.14	
NV-40 M-2		A	29.8	42.7	1.40	40.25	0.78	
		B	30	42.7	1.20	40.39	0.67	
		C	29.2	42.7	2.30	39.84	1.31	
NV-40 M-3		A	29.9	42.7	1.60	40.32	0.89	
		B	29.6	42.7	1.70	40.12	0.96	
NV-40 M-4		A	29.5	42.7	3.20	40.05	1.81	
		B	29.3	42.7	4.40	39.91	2.50	

$$D_e = \sqrt{\frac{4WD}{\pi}}$$

$$I_{s(50)} = \left(\frac{D_e}{50}\right)^{0.45} \left(\frac{P}{D_e^2}\right)$$

$$\sigma_c = F I_{s(50)}$$

r^2 = Factor de correlación

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL								
PROYECTO: ESTUDIO GEOMECANICO DEL MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA							HOJA:	
CLIENTE: AZULCOCHA MINING S.A.							HECHO: I.P.	
SONDEO:							REVISADO: I.P.	
COORDENADA:							FECHA: OCT. 2011	
Sondaje	Profundidad	Probeta	Dist. Entre Conos D	Ancho W	Carga P	De	Is (50)	Observaciones
			(mm)	(mm)	(KN)	(mm)	(MPa)	
DDHM 10 004	40.60 - 40.85	A	29.6	32.8	0.4	35.16	0.28	
		B	29.6	32.8	0.5	35.16	0.35	
		C	29.6	32.8	0.3	35.16	0.21	
DDHM 10 001	23.35 - 23.49	A	29.4	33.25	4.5	35.28	3.09	
		B	29.4	33.25	4.2	35.28	2.88	
DDHM 10 001	26.50 - 26.62	A	29.3	33.5	3.5	35.35	2.40	
		B	29.3	33.5	No salio	35.35	-	
DDHM 10 001	36.10 - 36.33	A	29	33.6	2.3	35.22	1.58	
		B	29	33.6	1.4	35.22	0.96	
		C	29	33.6	3.7	35.22	2.55	
DDHM 10 002	17.05 - 17.25	A	29.1	33.4	4.8	35.18	3.31	
		B	29.1	33.4	6	35.18	4.14	
		C	29.1	33.4	7	35.18	4.83	
DDHM 10 002	33.05 - 33.27	A	30.1	33.3	4.8	35.72	3.23	
		B	30.1	33.3	3.7	35.72	2.49	
		C	30.1	33.3	3.2	35.72	2.16	
DDHM 10 003	13.00 - 13.25	A	30.6	34.8	2.2	36.82	1.41	
		B	30.6	34.8	1.8	36.82	1.16	
		C	30.6	34.8	2.2	36.82	1.41	
DDHM 10 003	26.35 - 26.55	A	29	33.95	3.5	35.41	2.39	
DDHM 10 004	14.20 - 14.45	A	28.2	33.3	6	34.58	4.25	
		B	28.2	33.3	4.8	34.58	3.40	
		C	28.2	33.3	6	34.58	4.25	

$$D_e = \sqrt{\frac{4WD}{\pi}}$$

$$I_{s(50)} = \left(\frac{D_e}{50}\right)^{0.45} \left(\frac{P}{D_e^2}\right)$$

$$\sigma_c = \frac{PI_{s(50)}}{A}$$

I^s = Factor de correlación

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE										
PROYECTO: ESTUDIO GEOMECÁNICO DEL MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA/ HOJA:										
CLIENTE: AZULCOCHA MINING S.A.										
SONDEO:										
COORDENADA:										
HECHO: I.P.										
REVISADO: I.P.										
FECHA: OCT. 2011										
Nº	Perforación	Tramo	Diámetro	Longitud	L/D	Area	Carga	Resistencia a la Compresión Simple	Resistencia a la Compresión Simple	Resistencia a la Compresión Simple corregida
			(cm)	(cm)		(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(MPa)	(MPa)
8	DDHM 10 013	70.45 - 70.65	6.32	12.44	1.97	31.37	46800.00	1491.84	146.30	146.02
10	DDHM 10 017	12.90 - 13.20	6.32	12.70	2.01	31.37	26400.00	841.55	82.53	
11	DDHM 10 018	4.80 - 5.10	6.34	12.99	2.05	31.57	38000.00	1203.69	118.04	
15	DDHM 10 003	58.75 - 59.10	6.32	12.91	2.04	31.37	28400.00	905.30	88.78	
16	DDHM 10 003	66.70 - 66.88	6.32	12.94	2.05	31.37	24600.00	784.17	76.90	
19	DDHM 10 005	69.75 - 69.95	6.24	10.92	1.75	30.58	13000.00	425.09	41.69	40.98
22	DDHM 10 006	33.55 - 33.75	6.26	12.53	2.00	30.78	34600.00	1124.18	110.24	
23	DDHM 10 009	53.90 - 54.08	6.34	12.52	1.97	31.57	11800.00	373.78	36.66	36.60
26	DDHM 10 010	89.05 - 89.25	6.34	12.44	1.96	31.57	30400.00	962.95	94.43	94.22
30	DDHM 10 005	32.75 - 32.95	6.23	12.56	2.02	30.48	14400.00	472.38	46.33	
41	NV-40 M-1		4.27	8.64	2.02	14.32	3800.00	265.36	26.02	
42	NV-40 M-2		4.27	8.93	2.09	14.32	4700.00	328.21	32.19	
43	NV-40 M-3		5.50	10.75	1.95	23.76	3000.00	126.27	12.38	12.35
44	NV 00 M-4		4.27	9.10	2.13	14.32	5700.00	398.04	39.03	

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO: ESTUDIO GEOMECÁNICO DEL MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOC

CLIENTE: AZULCOCHA MINING S.A.

SONDEO:

COORDENADA:

HOJA:

HECHO: LP.

REVISADO: LP.

FECHA: OCT. 2011

Nº	Perforación	Tramo	Probeta	Díámetro	Longitud	L/D	Area	Carga	Sigma 1	Sigma 1	Sigma 1	Sigma 3
				cm	cm		cm ²	kg	kg/cm ²	MPa	MPa	MPa
3	DDHM 10 006	6.35 - 6.62	A	6.27	12.30	1.96	30.88	35200.00	1140.03	111.80	111.54	8.00
			B	6.27	12.14	1.94	30.88	29800.00	965.14	94.65	94.28	3.00
7	DDHM 10 013	72.55 - 72.85	A	6.25	12.29	1.97	30.68	46800.00	1525.44	149.59	149.29	3.00
9	DDHM 10 013	77.70 - 77.90	A	6.28	12.65	2.01	30.97	52800.00	1704.60	167.16		8.00
11	DDHM 10 018	4.80 - 5.10	A	6.34	12.93	2.04	31.57	60800.00	1925.90	188.87		12.00
14	DDHM 10 003	57.73 - 57.88	A	6.33	12.95	2.05	31.47	60000.00	1906.57	186.97		4.00
15	DDHM 10 003	58.75 - 59.10	A	6.33	12.99	2.05	31.47	49400.00	1569.74	153.94		8.00
18	DDHM 10 005	68.65 - 68.80	A	6.22	11.24	1.81	30.39	62400.00	2053.59	201.39	198.84	10.00
20	DDHM 10 005	70.75 - 70.95	A	6.26	12.26	1.96	30.78	54600.00	1774.00	173.97	173.53	12.00
29	DDHM 010 005	31.05 - 31.20	A	6.22	13.01	2.09	30.39	15800.00	519.98	50.99		4.00
31	DDHM 010 005	35.45 - 35.65	A	6.25	12.90	2.06	30.68	28400.00	925.69	90.78		12.00
41	NV-40 M-1		A	4.27	8.92	2.09	14.32	6500.00	453.91	44.31		2.00
			B	4.27	9.07	2.12	14.32	8700.00	607.54	59.58		4.00
42	NV-40 M-2		A	4.27	9.10	2.13	14.32	12500.00	872.90	85.60		6.00
			B	4.27	8.86	2.07	14.32	12500.00	872.90	85.60		8.00
43	NV-40 M-3		A	4.27	9.04	2.12	14.32	13500.00	942.73	92.45		10.00
44	NV-00 M-4		A	4.27	9.08	2.13	14.32	15400.00	1075.41	105.46		12.00
			B	4.27	9.03	2.11	14.32	21700.00	1515.35	148.61		14.00

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA									
PROYECTO: ESTUDIO GEOMECANICO DEL METODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA					HOJA:				
CLIENTE: AZULCOCHA MINING S.A.					HECHO: I.P.				
SONDEO:					REVISADO: I.P.				
COORDENADA:					FECHA: OCT. 2011				
Nº	Perforación	Tramo	Probeta	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Area (cm2)	Carga (kg)	Sigma t (kg/cm2)	Sigma t (MPa)
4	DDHM 10 009	114.70 - 114.85	A	6.35	2.36	31.67	2000.00	84.96	8.33
5	DDHM 10 009	118.55 - 118.70	A	6.35	2.41	31.67	2400.00	99.84	9.79
			B	6.35	2.45	31.67	1850.00	75.70	7.42
10	DDHM 10 017	12.90 - 13.20	A	6.32	2.79	31.37	2100.00	75.82	7.44
15	DDHM 10 003	58.75 - 59.10	A	6.33	2.13	31.47	1550.00	73.19	7.18
			B	6.33	2.10	31.47	1500.00	71.84	7.04
			C	6.33	2.68	31.47	1350.00	50.66	4.97
20	DDHM 10 005	70.75 - 70.95	A	6.26	1.86	30.78	600.00	32.81	3.22
25	DDHM 10 010	57.05 - 57.30	A	6.33	2.86	31.47	2350.00	82.64	8.10
			B	6.33	2.93	31.47	2450.00	84.10	8.25
			C	6.33	1.95	31.47	2150.00	110.89	10.87
31	DDHM 10 005	35.45 - 35.65	A	6.24	2.77	30.58	1000.00	36.83	3.61
42	NV-40 M-2		A	4.27	2.21	14.32	250.00	16.87	1.65
			B	4.27	2.30	14.32	350.00	22.69	2.22
44	NV-40 M-4		A	4.27	2.28	14.32	600.00	39.23	3.85
			B	4.27	2.41	14.32	500.00	30.93	3.03

ENSAYO DE PROPIEDADES FISICAS

PROYECTO: ESTUDIO GEOMECANICO DEL METODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA
 CLIENTE: AZULCOCHA MINING S.A.
 SONDEO:
 COORDENADA:

HUAJA:
 HECHO: LP.
 REVISADO: LP.
 FECHA: OCT. 2011

N°	Perforación	Tramo	Muestra	Peso saturado		Peso seco		Volumen cm ³	Densidad Seca gr/cm ³	Densidad Saturada (gr/cm ³)	Vol Foccos	Porosidad		Absorción %
				gr	gr	gr	gr					gr	gr	
2	DDHM 10 002	1.85 - 2.00	A	151.65	92.67	150.21	58.98	2.571	2.571	1.440	2.442	0.959		
			B	86.80	53.86	83.91	33.94	2.531	2.537	0.890	2.622	1.036		
			C	64.07	39.26	63.43	24.81	2.557	2.582	0.620	2.499	0.977		
			Promedio					2.545	2.576	2.521	0.991			
3	DDHM 10 006	6.35 - 6.62	A	127.77	78.37	125.61	69.20	2.553	2.597	2.160	4.390	1.720		
			B	64.81	39.87	63.42	24.94	2.543	2.599	1.390	3.373	2.192		
			Promedio				2.548	2.598	4.982	1.956				
9	DDHM 10 013	77.76 - 77.90	A	132.93	83.56	130.71	50.37	2.503	2.639	2.220	4.407	1.698		
			B	108.79	67.15	106.31	41.64	2.553	2.613	2.480	5.956	2.333		
			C	100.74	62.56	98.89	38.18	2.590	2.639	1.850	4.845	1.871		
			Promedio				2.579	2.630	4.570	1.967				
11	DDHM 10 018	4.80 - 5.10	A	180.61	109.88	176.16	70.73	2.491	2.554	4.450	6.292	2.526		
			B	116.94	71.31	114.24	45.63	2.504	2.563	2.700	5.917	2.563		
			C	83.13	50.32	81.08	32.61	2.486	2.549	2.050	6.286	2.538		
			Promedio				2.494	2.555	6.165	2.473				
19	DDHM 10 005	69.75 - 69.95	A	125.56	79.30	125.18	46.26	2.706	2.714	0.380	0.821	0.304		
			B	106.34	63.12	105.98	39.22	2.702	2.711	0.360	0.918	0.340		
			C	94.69	59.67	94.41	35.02	2.696	2.704	0.280	0.800	0.297		
			Promedio				2.701	2.710	0.846	0.313				
23	DDHM 10 009	53.90 - 54.08	A	93.22	57.20	91.48	36.02	2.540	2.588	1.740	4.831	1.902		
			B	80.18	49.25	78.77	30.93	2.547	2.592	1.410	4.559	1.790		
			Promedio				2.543	2.590	4.695	1.846				
27	DDHM 10 014	71.00 - 71.20	A	136.94	83.53	135.70	51.59	2.630	2.654	1.240	2.404	0.914		
			B	119.19	74.16	118.10	45.03	2.623	2.647	1.090	2.421	0.923		
			C	94.10	58.38	93.02	35.72	2.604	2.634	1.080	3.024	1.161		
			Promedio				2.619	2.645	2.616	0.999				
34	DDHM 10 001	26.30 - 26.62	A	139.66	93.10	134.54	44.56	3.019	3.134	3.120	11.490	3.806		
			B	171.99	115.97	164.97	36.02	2.945	3.070	7.020	12.531	4.255		
			C	150.19	102.43	145.16	47.76	3.039	3.145	5.030	10.532	3.465		
			Promedio				3.001	3.116	11.518	3.842				
36	DDHM 10 002	17.65 - 17.25	A	221.31	158.21	217.09	63.10	3.440	3.307	4.250	6.688	1.944		
			B	200.51	142.94	194.76	57.57	3.383	3.483	5.750	9.988	2.952		

Nº	Porfomecida	Tramo	Muestra	Peso saturado	Peso suspendido	Peso seco	Volumen	Densidad Secca	Densidad Saturada	Vol Vacios	Porosidad Absorcida	Absorcida
			C	242.32	173.69	238.85	68.63	3.489	3.511	3.470	3.056	1.433
						Promedio		3.435	3.507		3.244	2.116
40	ENCINA 10 004	14.20 - 14.45	A	328.62	248.97	323.44	79.63	4.086	4.126	3.180	3.992	0.977
			B	326.62	246.80	323.30	79.82	4.053	4.092	3.120	3.909	0.964
			C	327.16	247.91	323.74	80.15	4.039	4.082	3.420	4.267	1.056
						Promedio		4.059	4.100		4.056	0.999
43	N7-40 M-3		A	180.77	124.00	174.31	56.77	3.074	3.184	6.260	11.027	3.587
			B	213.10	146.84	203.88	65.36	3.133	3.250	6.220	9.531	3.031
			C	141.31	97.32	137.48	44.19	3.111	3.202	4.030	9.120	2.931
						Promedio		3.113	3.212		9.893	3.180

Anexo 4: Clasificación geomecánica del macizo rocoso

CLASIFICACIONES GEOMECHANICAS DEL MACIZO ROCOSO									
PROYECTO: ESTUDIO GEOMECANICO Y METODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA		REGISTRADO: JLU/02L		REVISTADO: ALV		FECHA: SET 2011		HOJA: 1/9	
MINA: AZULCOCHA MINING S.A.		UNIDAD: UNIDAD MINERA AZULCOCHA		LITOLOGIA: CALIZA		MINERAL			
NIVEL: Nivel 40		LABOR: Nv 40		ESTACION GEOMECANICA: EG-2		EO-3			
				DOMINIO ESTRUCTURAL: DE-7		DE-8			
				LABOR: Nv 40		Nv 40			
CLASIFICACION RMR (ROCK MASS RATING)-BIENIAWski (1989)									
PARAMETROS									
1	Resistencia a la compresión Uniaxial (N/m ²)	90	9	9	90	9	9	40	5
2	UCS (N)	60	14	11	56	11	10	50	10
3	Espesamiento (mm)	500	7	8	220	8	8	250	8
4	Persistencia (h)	3 - 10 m	2	2	3 - 10 m	2	2	3 - 10 m	2
		< 0.1 mm	5	5	< 0.1 mm	5	5	Ninguna	6
		Uq. Rugosa	3	19	Uq. Rugosa	3	19	Uq. Rugosa	3
		Diámetro	4	4	Diámetro < 5 mm	4	4	Diámetro < 5 mm	2
5	Áreas subverticales	Uq. regularizada	5	5	Uq. regularizada	5	5	Mostr. regularizada	3
		Migabó	7	7	Migabó	7	7	Migabó	7
RMR _{int} (Escala 1-20) = 40		RMR _{int} (Escala 1-20) = 40		RMR _{int} (Escala 1-20) = 40		RMR _{int} (Escala 1-20) = 40		RMR _{int} (Escala 1-20) = 40	
Ajuste por Orientación de Discontinuidades		Muy favorable		Muy favorable		Muy favorable		Muy favorable	
RMR Total		54		54		54		48	
CORRELACION									
Clasificación del macizo rocoso		Barton, 1974 (RMR=100-2.5Q)		Barton, 1974 (RMR=100-2.5Q)		Barton, 1974 (RMR=100-2.5Q)		Barton, 1974 (RMR=100-2.5Q)	
CORRELACION CON Q									
CORRELACION Q (ROCK TUNNELLING QUALITY INDEX) - BARTON, 1974		3.75		3.02		3.02		3.28	
		2.47		1.8		1.8		0.8	
CORRELACION Q									
1	Construcción de la calidad de roca	60	60	56	56	56	50	50	50
2	Número de juntas	4	4	6	6	6	2	6	2
3	Número de juntas de juntas	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4	Número de juntas de juntas	2	2	2	2	2	2	2	2
5	Factor de reducción por juntas	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
6	Factor de reducción de esfuerzos	1	1	1	1	1	1	1	1
Q _{RODUR} (Juntas)		12.9	12.9	7.8	7.8	7.8	12.5	12.5	12.5
Q _{RODUR} (Esfuerzos)		8.5	8.5	4.8	4.8	4.8	4.1	4.1	4.1
CORRELACION CON RMR		63.3		57.7		54.8		54.8	
		64.0		55.9		55.2		55.2	
CORRELACION CON RMR									
Barton, 1974 (RMR=100-2.5Q)		Barton, 1974 (RMR=100-2.5Q)		Barton, 1974 (RMR=100-2.5Q)		Barton, 1974 (RMR=100-2.5Q)		Barton, 1974 (RMR=100-2.5Q)	
INDICE OSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX), HOEK - KARER, 2004									
10	Combinación de las discontinuidades	16 - 16		16 - 16		16 - 16		16 - 16	
	Transmisión de las discontinuidades	Espesado de fracturas 15 cm		Espesado de fracturas 22 cm		Espesado de fracturas 22 cm		Espesado de fracturas 20 cm	
OBSERVACIONES									

CLASIFICACIONES GEOMECAICAS DEL MACIZO ROCOSO

PROYECTO: ESTUDIO GEOMECÁNICO Y MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA MINA: AZULCOCHA MINING S.A. NIVEL: Nivel -40 VETA:		UNIDAD: UNIDAD MINERA AZULCOCHA LABOR:		REGISTRADO: JCL/DOL REVISADO: ALV FECHA: SET 2011 HOJA: 2/9				
LITOLOGÍA: ESTACION GEOMECÁNICA DOMINIO ESTRUCTURAL NIVEL LABOR		MINERAL EG-4 DE-1 Nv-40		MINERAL EG-4 DE-6 Nv-40				
CLASIFICACION RMR (ROCK MASS RATING)-BIENIAWSKA, 1989								
PARAMETROS								
Sistema RMR	1	Resistencia a la compresión Uniaxial (N/m ²)	4	170	13	40	5	
	2	ROQ (%)	10	37	13,39	50	10	
	3	Espesamiento (mm)	12	220	8	700	12	
	4	Fracturación (n)	1	3 - 10 m	2	3 - 10 m	2	15
		Separación (mm)	5	< 0.1 mm	5	< 0.1 mm	5	
5	Rugosidad	3	Lig. Rugosa	3	Lig. Rugosa	3	17	
	Referencia	2	Banda < 5 mm	2	Banda < 5 mm	2		
	Metamorfosis	3	Lig. metamorfosis	3	Lig. metamorfosis	3		
RMR89 (suma: 17+10+12+5)		GOBRO		GOBRO		GOBRO		
Ajuste por Orientación de Discontinuidades -J0		Muy favorable		Muy favorable		Muy favorable		
RMR Total		40		64		64		
Clases del macizo rocoso		1.10		8.64		1.30		
CORRELACION CON Q		0.46		8.1		0.6		
Referencias: González (1994-6/6) Sarasa G. (1994-5/170)								
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELLING QUALITY INDEX) - BARTON, 1974								
Sistema Q	1	Degradación de la calidad de roca	50	77	77	50	50	
	2	Número de aberturas de juntas	2	Des. lín. de juntas	4	Una lín. de juntas	2	
	3	Número de rugosidad de juntas	1.5	Rugosidad o irregular, aberturas	1.5	Rugosidad o irregular, aberturas	1.5	
	4	Número de aberturas de juntas	3	Presión lig. abert.	2	Presión lig. abert.	3	
	5	Factor de reducción por agua en artesa	0.95	Discontinuidades	1	Plata con lechada ocasional de ml	0.95	
	6	Factor de reducción de esfuerzo	2	Estado de juntas	1	Estado de juntas	2	
Q _{REDUCIDA}		13.5		14.5		13.5		
Q _{REGULAR}		4.1		14.5		4.1		
CORRELACION CON RMR		56.8		56.1		56.8		
Referencias: Bieniawski (1973-2/20) Barton (1974-5/20)		59.2		67.4		59.2		
INDICE OSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX), HOEK - KAISER, 2004								
Corrección de las discontinuidades						66 - 80		
Troncho del bloque a separación de discontinuidades						Espaciado de fracturas 22 cm		
OBSERVACIONES						Espaciado de fracturas 70 cm		
Ligeros agujeros, pluma, roca metamorfosis						Espaciado de fracturas 70 cm		
Ligeros agujeros, pluma, roca metamorfosis						Espaciado de fracturas 70 cm		

CLASIFICACIONES GEOMECAICAS DEL MACIZO ROCOSO

PROYECTO: ESTUDIO GEOMECÁNICO Y MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA MINA: AZULCOCHA MINING S.A. NIVEL: Nivel -40 VETA:		UNIDAD: UNIDAD MINERA AZULCOCHA LABOR:		REGISTRADO: JCL/DOL REVISADO: ALV FECHA: SET 2011 HOJA: 2/9				
LITOLOGÍA: ESTACION GEOMECÁNICA DOMINIO ESTRUCTURAL NIVEL LABOR		MINERAL EG-4 DE-1 Nv-40		MINERAL EG-4 DE-6 Nv-40				
CLASIFICACION RMR (ROCK MASS RATING)-BIENIAWSKA, 1989								
PARAMETROS								
Sistema RMR	1	Resistencia a la compresión Uniaxial (N/m ²)	4	170	13	40	5	
	2	ROQ (%)	10	37	13,39	50	10	
	3	Espesamiento (mm) J _h	12	220	8	700	12	
	4	Fracturación (n)	1	3 - 10 m	2	3 - 10 m	2	15
		Separación (mm)	5	< 0.1 mm	5	< 0.1 mm	5	
5	Rugosidad	3	Lig. Rugosa	3	Lig. Rugosa	3	17	
	Referencia	2	Banda < 5 mm	2	Banda < 5 mm	2		
	Metamorfosis	3	Nada metamorfosis	3	Lig. metamorfosis	3		
RMR ₀ (suma: 17+10+12+1+5+3+2+3)		GOBRO		GOBRO		GOBRO		
Ajuste por Orientación de Discontinuidades J _D		Muy favorable		Muy favorable		Muy favorable		
RMR Total		40		64		46		
Clasificación del macizo rocoso		40		64		46		
CORRELACION CON Q		1.10 0.46		8.64 8.1		1.30 0.6		
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELLING QUALITY INDEX) - BARTON, 1974								
Sistema Q	1	Degradación de la calidad de roca ROQ	50	77	77	50	50	
	2	Número de aberturas de juntas J _n	2	Una fm. de juntas	4	Una fm. de juntas	2	
	3	Número de rugosidad de juntas J _r	1.5	Rugosa o irregular, aberturas	1.5	Rugosa o irregular, aberturas	1.5	
	4	Número de separación de juntas J _s	3	Referencia, juntas	2	Referencia, juntas	3	
	5	Factor de reducción por agua en j _{ar} W _{ar}	0.95	Discontinuidades	1	Página con leídas ocasionales de tel.	0.95	
	6	Factor de reducción de esfuerzo S _{RF}	2	Estructuras existentes	1	Estructuras existentes	2	
Q ₀ (ROQ) J _n J _r J _s W _{ar} S _{RF}		GOBRO		GOBRO		GOBRO		
CORRELACION CON RMR		56.8 59.2		14.5 67.4		14.5 56.8 59.2		
Fuente: Bieniawski, 1989; Barton, 1974; Hoek & Kaiser, 2004		Fuente: Bieniawski, 1989; Barton, 1974; Hoek & Kaiser, 2004		Fuente: Bieniawski, 1989; Barton, 1974; Hoek & Kaiser, 2004		Fuente: Bieniawski, 1989; Barton, 1974; Hoek & Kaiser, 2004		
INDICE OSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX), HOEK - KAISER, 2004								
Correlación de las discontinuidades						66 - 80		
Troncho del bloque a separación de discontinuidades						Espaciado de fracturas 22 cm		
OBSERVACIONES						Espaciado de fracturas 70 cm		
El macizo rocoso está alterado con ROQ abastado al 55%						Espaciado de fracturas 70 cm		

CLASIFICACIONES GEOMECHANICAS DEL MACIZO ROCOSO

PROYECTO: ESTUDIO GEOMECANICO Y MÉTODO DE MINADO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA MINA: AZULCOCHA MININO S.A. NIVEL: Nivel -40 VETA:	UNIDAD: UNIDAD MINERA AZULCOCHA LABOR:	REGISTRADO: REVISADO: FECHA: HOJA:	JCOOL ALV SET 2011 3/9		
LITOLOGÍA: ARENOSA GRUESA MASIVA ESTACION GEOMECÁNICA: EG-8 DOMINIO ESTRUCTURAL: DE-1 NIVEL: Nv-40 LABOR:		ARENOSA EG-8 DE-1 Nv-40			
CLASIFICACION RMR (ROCK MASS RATING)-BIENIAWSKI, 1989					
PARAMETROS					
1	Resistencia a la compresión Uniaxial (Mpa)	170	170	100	10
2	ROD (N)	100	81	70	14
3	Esqueletado (mm) - Jn	300	220	200	6
4	Separación (m) Rugosidad Superficie Meteorización	3 - 10 m < 0.1 mm Lig. Rugosa (Banda < 5 mm) Lig. meteorizada	3 - 10 m < 0.1 mm Lig. Rugosa (Banda < 5 mm) Lig. meteorizada	2 5 3 2 5	2 5 3 2 5
5	Agua subterránea - Qw	Migajo	Lig. húmedo	Lig. húmedo	5
RMR89 (suma: 143-144+5)		79	64	50	10
Ajuste por Orientación de Discontinuidades - Jo		0	Muy favorable	Muy favorable	0
RMR Total		79	64	50	10
Clases del macizo rocoso		17-31	9-30	8-9	4-81
CORRELACION CON Q		17-31	9-30	8-9	3-5
Referencia: Bieniawski (1989)					
Referencia: Bieniawski (1989)					
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELLING QUALITY INDEX) - BARTON, 1974					
1	Designación de la calidad de roca - ROD	100	81	70	70
2	Número de esteras de juntas - Jn	4	4	6	6
3	Número de esteras de juntas - Jr	1.5	1.5	1.5	1.5
4	Número de alteración de juntas - Ja	2	2	2	2
5	Factor de reducción por agua en arroyos - Wp	1	1	1	1
6	Factor de reducción de esfuerzo - RRF	1	1	1	1
Q = ROD/Jn/Jr/Ja/Wp/RRF		18.8	16.1	16.1	5.8
CORRELACION CON RMR		18.8	16.1	16.1	5.8
Referencia: Barton (1974)		70-4	64-8	64-8	50-8
Referencia: Barton (1974)		69.1	65.1	65.1	61.4
INDICE OSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX), HOEK - KARSER, 2004					
50	Fractura de las discontinuidades Forma del Macizo y espesormente de discontinuidades	15 - 18	15-60	15-60	15-40
OBSERVACIONES					
		15-60	15-60	15-60	15-40
		Ligera a moderada rugosa, plana, lig. meteorizada Espacado de fracturas 22 cm			
		Ligera a moderada rugosa, plana, lig. meteorizada Espacado de fracturas 19 cm			

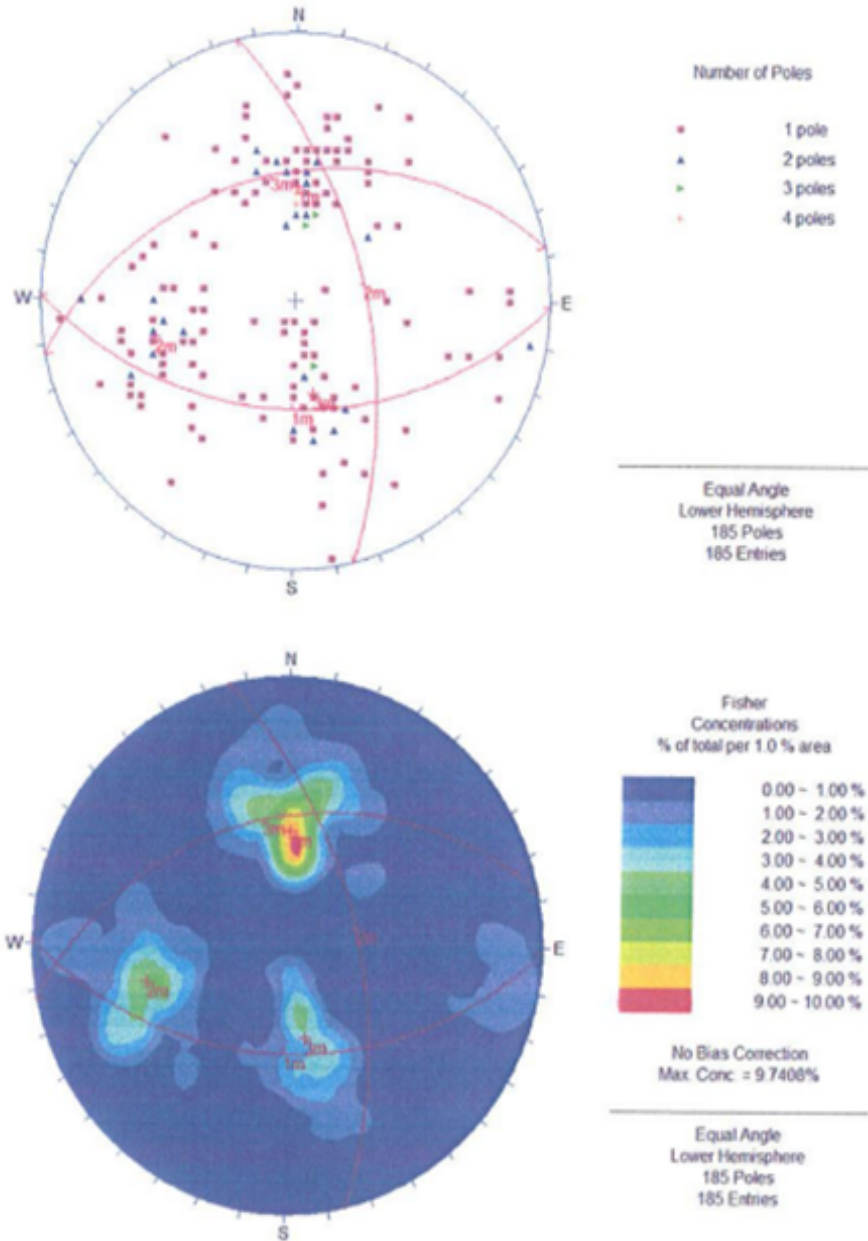
CLASIFICACIONES GEOMECANICAS DEL MACIZO ROCOSO

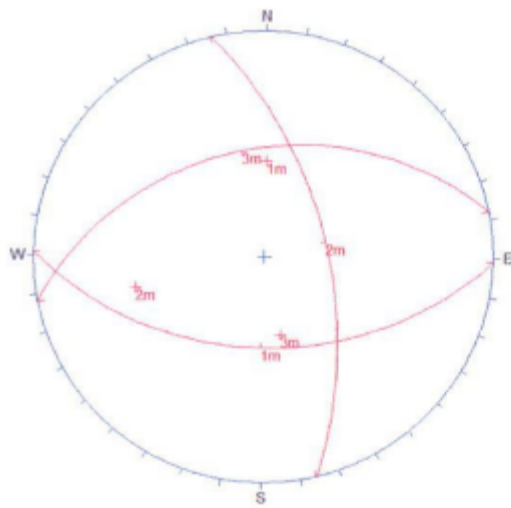
PROYECTO: ESTUDIO GEOMECÁNICO Y MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA		REGISTRADO:	JLJ/DCL
MINA: AZULCOCHA MINING S.A.		REVISADO:	ALV
NIVEL: Nivel -40		FECHA:	SET 2011
META:		HOJA:	6/9
LITOLÓGIA:		ARENISCA	
ESTACION GEOMECÁNICA		EG-17	
DOMINIO ESTRUCTURAL		DE-2	
NIVEL		Nv 0	
LABOR		Nv 0	
CLASIFICACION RMR (ROCK MASS RATINO)-BIENIAWISKA, 1989		ARENISCA	
PARAMETROS			
1	Resistencia a la compresión Unif. (MPa)	13	11
2	RQD (%)	17	7
3	Esqueleto (mm) -J _h	60	30
4	Separación (m)	3-10 m	2
	Separación (m)	< 0.1 mm	5
	Rugosidad	Lig. Rugosa	3
	Reflejo	Blanco < 5 mm	2
5	Mediocrisis	Lig. medocrisis	5
6	Lig. húmedo	Lig. húmedo	10
SARAB (Base: 1450-1445)		51	51
Ajuste por Orientación de discontinuidades -J _b		0	0
RMR Total		51	51
Clases del macizo rocoso		Muy favorable	Muy favorable
CORRELACION CON O		2.25	2.27
Bibliografía: Bieniawski (1989), Hoek & Bray (1981)		1.22	1.2
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX) - BARTON, 1974			
1	Designación de la calidad de roca -RQD	10	34
2	Número de juntas de juntas -J _n	8	6
3	Número de juntas de juntas -J _s	1.5	1.5
4	Número de juntas de juntas -J _h	2	2
5	Factor de reducción por agua en arroyos	1	1
6	Factor de reducción de esfuerzo -SRF	1	1
Q = RQD * J _n * J _s * J _h * SRF		6.8	4.3
CORRELACION CON RMR		6.8	4.3
Bibliografía: Bieniawski (1989), Hoek & Bray (1981)		42.4	37.1
CORRELACION CON RMR		46.9	39.5
INDICE GSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX), HOEK - KAIBER, 2004			
15	Calidad de las discontinuidades	40-45	45-50
16	Factor de reducción de esfuerzo de discontinuidades	Espaciado de fracturas 5 cm	Espaciado de fracturas 8 cm
OBSERVACIONES		Ligamiento roca-placa, lig. medocrisis	
		Espaciado de fracturas 5 cm	
		Espaciado de fracturas 8 cm	

Anexo 5: Analisis estructural

ANALISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES

DOMINIO ESTRUCTURAL 1 Y 2 (ROCA ARENISCA)





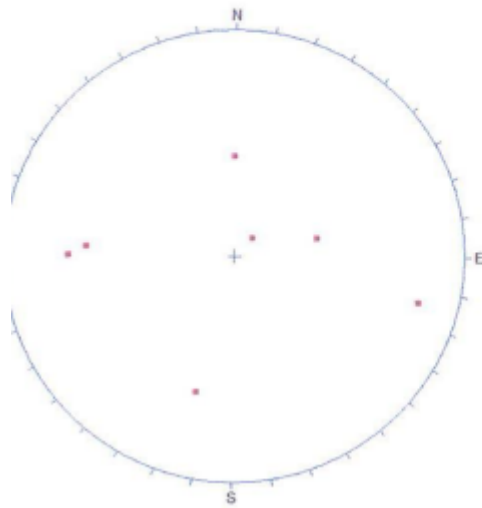
Orientations

ID	Dip / Direction
1 m	46 / 181
2 m	59 / 076
3 m	39 / 348

Equal Angle
Lower Hemisphere
185 Poles
185 Entries

DOMINIO ESTRUCTURAL 5 (MINERAL)

La roca es predominantemente masiva, con discontinuidades muy aleatorias.

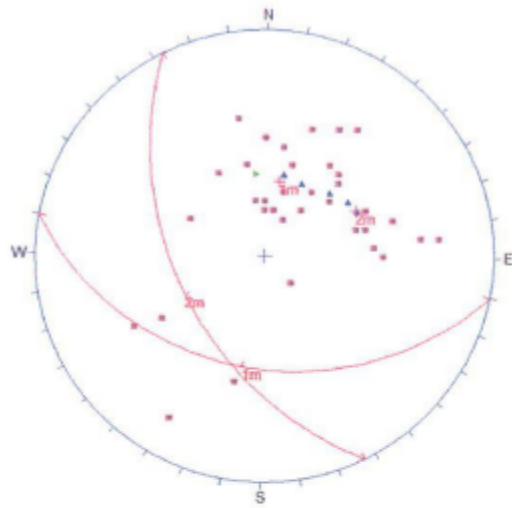


Number of Poles

■ 1 pole

Equal Angle
Lower Hemisphere
7 Poles
7 Entries

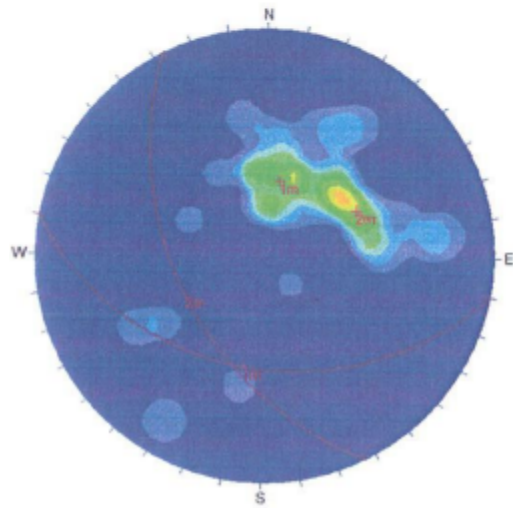
DOMINIO ESTRUCTURAL 6 Y 7 (CALIZA)



Number of Poles

- 1 pole
- ▲ 2 poles
- ◆ 3 poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
48 Poles
48 Entries

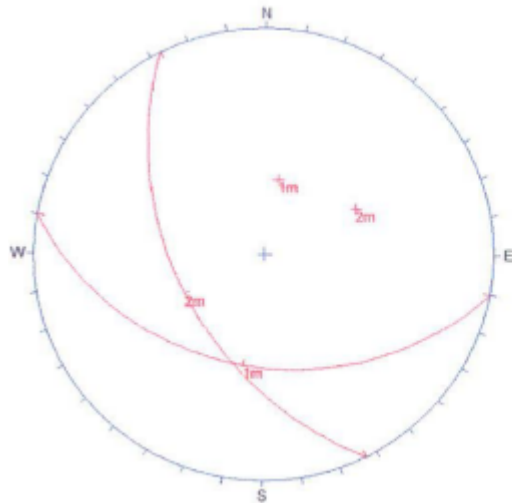


Fisher Concentrations
% of total per 1.0% area

0.00 - 1.50 %
1.50 - 3.00 %
3.00 - 4.50 %
4.50 - 6.00 %
6.00 - 7.50 %
7.50 - 9.00 %
9.00 - 10.50 %
10.50 - 12.00 %
12.00 - 13.50 %
13.50 - 15.00 %

No Bias Correction
Max. Conc. = 12.9439%

Equal Angle
Lower Hemisphere
48 Poles
48 Entries



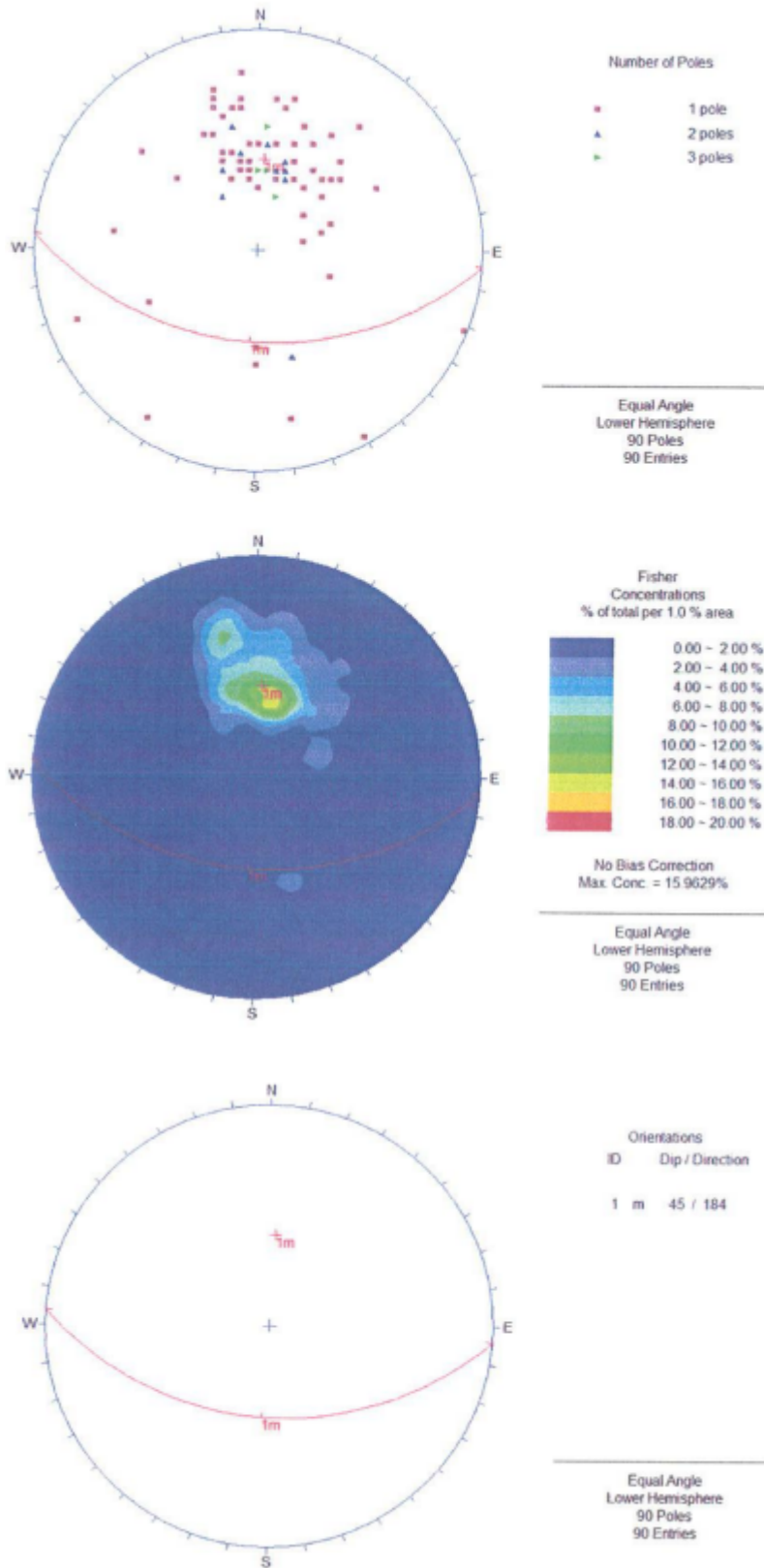
Orientations

ID	Dip / Direction
1 m	37 / 190
2 m	48 / 243

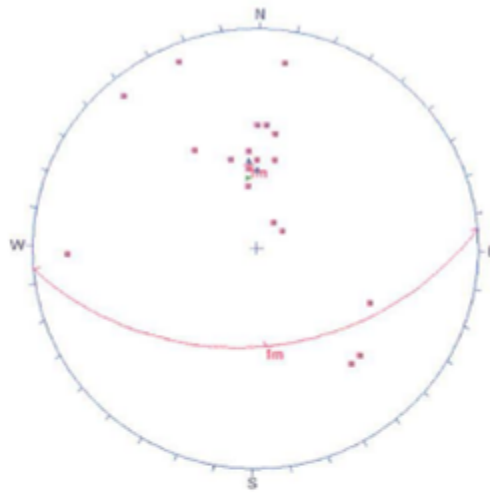
Equal Angle
Lower Hemisphere
48 Poles
48 Entries

ANALISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS

DOMINIO ESTRUCTURAL 1 Y 2 (ROCA ARENISCA)



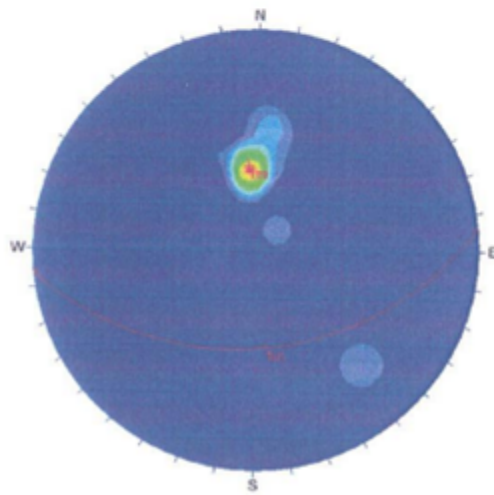
DOMINIO ESTRUCTURAL 5 (MINERAL)



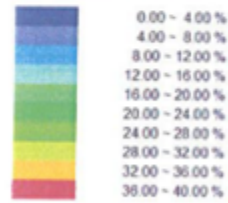
Number of Poles

- 1 pole
- 2 poles
- 3 poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries

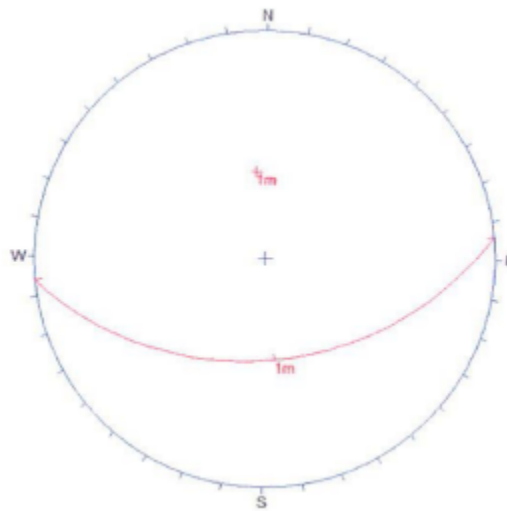


Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area



No Bias Correction
Max. Conc. = 38.8664%

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries



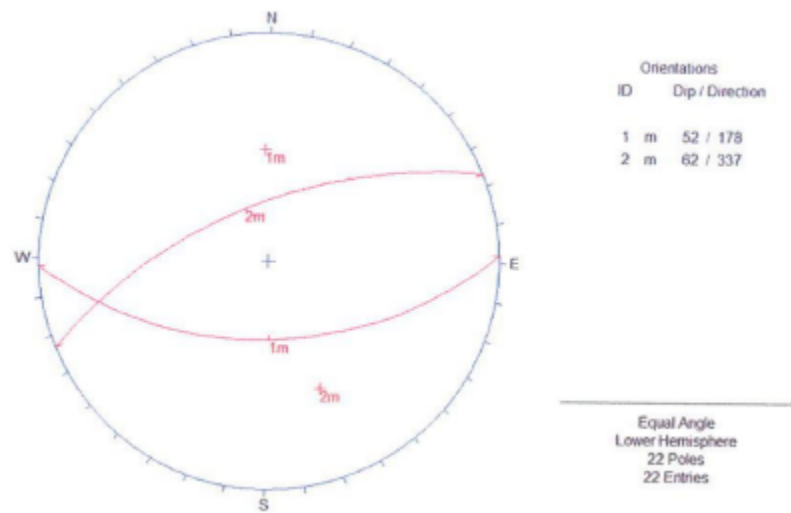
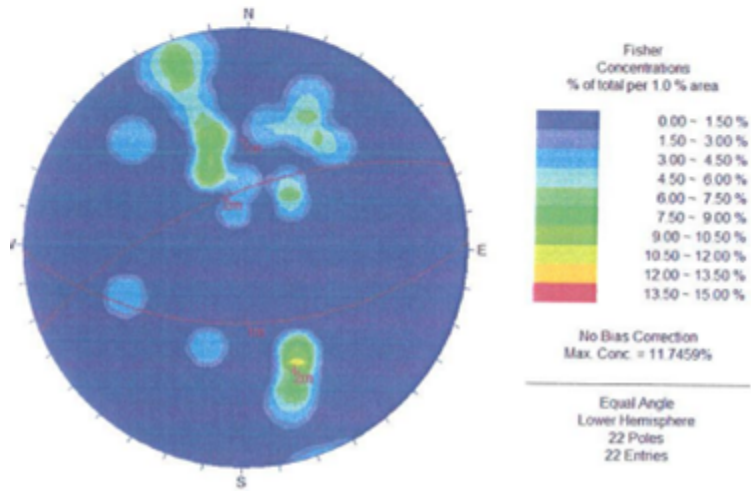
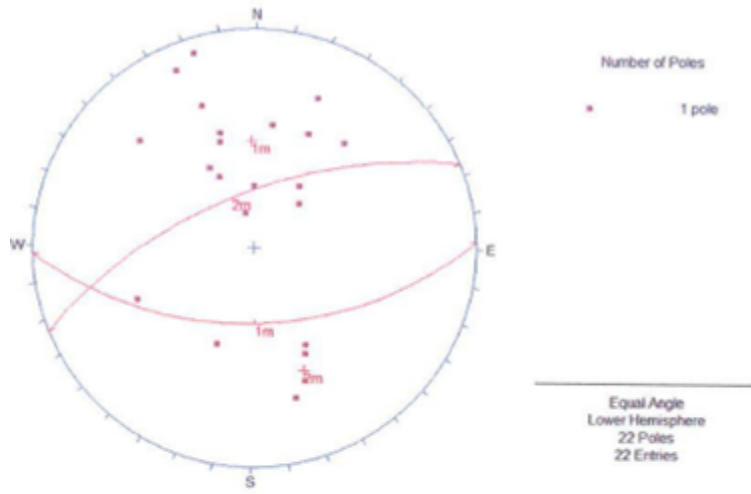
Orientations

ID Dip / Direction

1 m 42 / 174

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries

DOMINIO ESTRUCTURAL 6 Y 7 (CALIZA)



Anexo 6: Resultados del método gráfico de estabilidad de Mathews

ESTABILIDAD DE TAJEOS METODO MATHEWS

Proyecto: Estudio Geomecánico del Método de Minado
Mina Azulcocha
Zona: seccion 1W

Usuario: J. Cabrera
Fecha: 19/10/2011

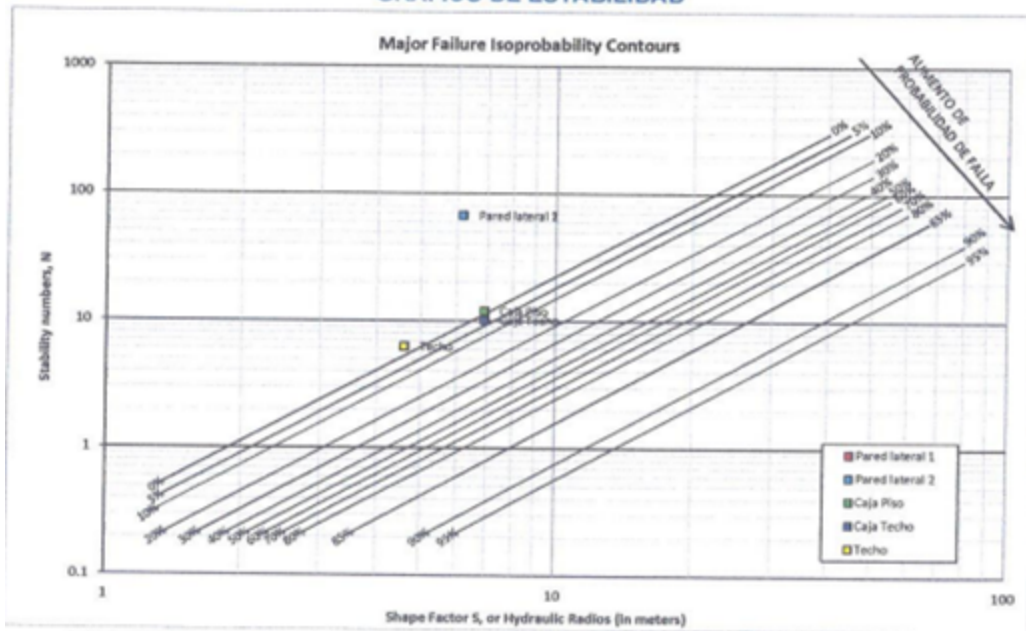
DATOS DE ENTRADA

Esfuerzos y tensiones		Tipo de roca		CT	CP	M
Profundidad (m)	300	RQD (%)		50	50	60
Peso específico (KN/m3)	26	Número de familias disc.		1	3	1
Esfuerzo vertical (Mpa)	7.80	Índice Q'		5	5	11
Constante K	0.6	Resist. compres. (Mpa)		60	60	37
Esfuerzo horizontal (Mpa)	5					
Geometría de Tajeo (m)		Tajeo				
Ancho (m)	17	Angulo Buz (°)		50		
Altura (m)	45	Direcc. Buz (°)		180		
Longitud (m)	20	Junta Principal				
Modo de Falla	Gravit.	Angulo Buz (°)		45		
		Direcc. Buz (°)		180		

DATOS DE SALIDA

Pared	A	B	C	RH	N'	Prob. Falla	Grad. Estab
Pared lateral 1	0.77	1	8	6.17	67.43	0.00	Estable
Pared lateral 2	0.77	1	8	6.17	67.43	0.00	Estable
Caja Piso	1.00	0.3	8	6.92	12.00	1.00	Estable
Caja Techo	1.00	0.3	6.78	6.92	10.18	4.00	Estable
Techo	0.59	0.87	1.11	4.59	6.26	0.00	Estable

GRAFICO DE ESTABILIDAD



ESTABILIDAD DE TAJEOS METODO MATHEWS

Proyecto: Estudio Geomecánico de Método de Minado
 de la Mina Azulcocha
Zona: Sección 1E

Usuario: J. Cabrera
Fecha: 19/10/2011

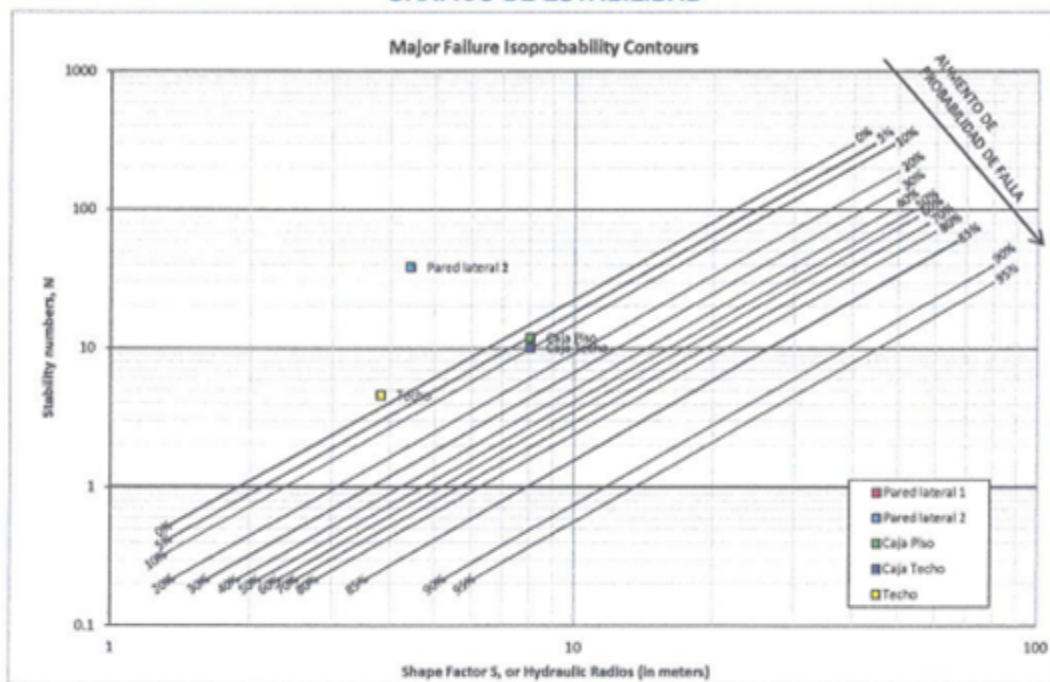
DATOS DE ENTRADA

Esfuerzos y tensiones		Tipo de roca		CT	CP	M
Profundidad (m)	300	RQD (%)	50	50	55	
Peso específico (KN/m3)	26	Número de familias disc.	1	3	1	
Esfuerzo vertical (Mpa)	7.80	Índice Q'	5	5	11	
Constante K	0.6	Resist. compres. (Mpa)	50	50	35	
Esfuerzo horizontal (Mpa)	5					
Geometría de Tajeo (m)		Tajeo				
Ancho (m)	11	Angulo Buz (°)	50			
Altura (m)	45	Direcc. Buz (°)	180			
Longitud (m)	25	Junta Principal				
Modo de Falla	Gravit.	Angulo Buz (°)	50			
		Direcc. Buz (°)	175			

DATOS DE SALIDA

Pared	A	B	C	RH	N'	Prob. Falla	Grad. Estab
Pared lateral 1	0.44	1	8	4.42	38.63	0.00	Estable
Pared lateral 2	0.44	1	8	4.42	38.63	0.00	Estable
Caja Piso	1.00	0.3	8	8.04	12.00	7.00	Estable
Caja Techo	1.00	0.3	6.78	8.04	10.18	10.00	Estable
Techo	0.38	1	1.11	3.82	4.60	0.00	Estable

GRAFICO DE ESTABILIDAD



ESTABILIDAD DE TAJEOS METODO MATHEWS

Proyecto: Estudio Geomecánico de Método de Minado
de la Mina Azulcocha
Zona: Sección 3E

Usuario: J. Cabrera
Fecha: 19/10/2011

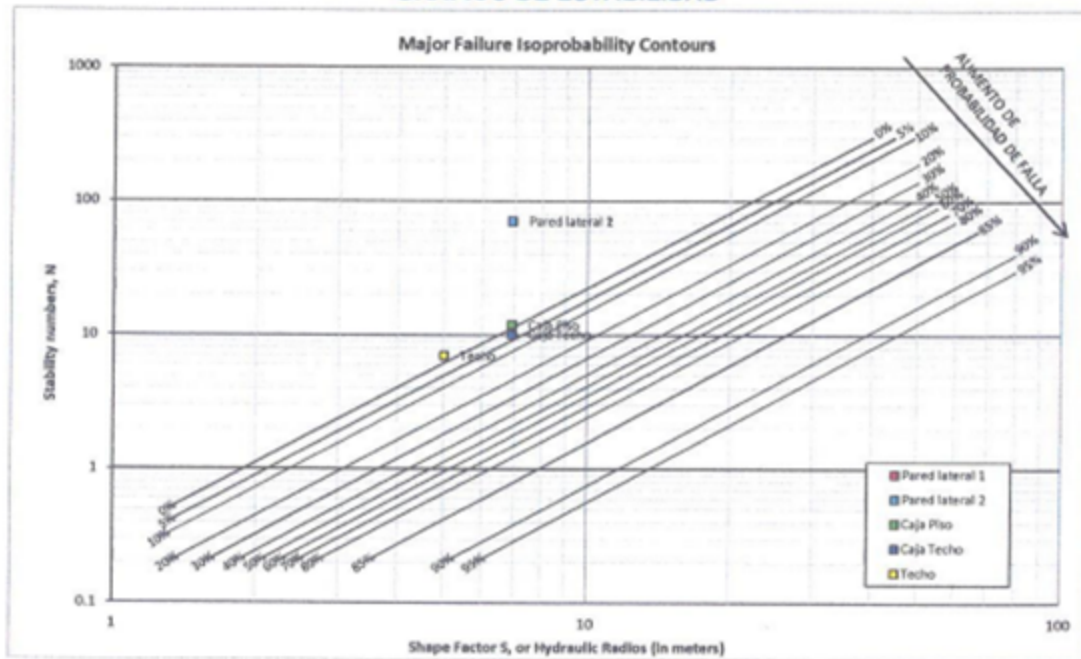
DATOS DE ENTRADA

Esfuerzos y tensiones		Tipo de roca		CT	CP	M
Profundidad (m)	300	RQD (%)	50	50	55	
Peso específico (KN/m3)	26	Número de familias disc.	3	3	1	
Esfuerzo vertical (Mpa)	7.80	Índice Q'	5	5	11	
Constante K	0.6	Resist. compres. (Mpa)	60	60	35	
Esfuerzo horizontal (Mpa)	5					
Geometría de Tajeo (m)		Tajeo				
Ancho (m)	20	Angulo Buz (*)	47			
Altura (m)	45	Direcc. Buz (*)	180			
Longitud (m)	20	Junta Principal				
Modo de Falla	Gravit.	Angulo Buz (*)	46			
		Direcc. Buz (*)	180			

DATOS DE SALIDA

Pared	A	B	C	RH	N'	Prob. Falla	Grad. Estab
Pared lateral 1	0.81	1	8	6.92	71.09	0.00	Estable
Pared lateral 2	0.81	1	8	6.92	71.09	0.00	Estable
Caja Piso	1.00	0.3	8	6.92	12.00	1.00	Estable
Caja Techo	1.00	0.3	6.78	6.92	10.18	4.00	Estable
Techo	0.66	0.87	1.11	5.00	7.00	0.00	Estable

GRAFICO DE ESTABILIDAD



ESTABILIDAD DE TAJEOS METODO MATHEWS

Proyecto: Estudio Geomecánico de Método de Minado
 de la Mina Azulcocha
Zona: Sección 5E

Usuario: J. Cabrera
Fecha: 19/10/2011

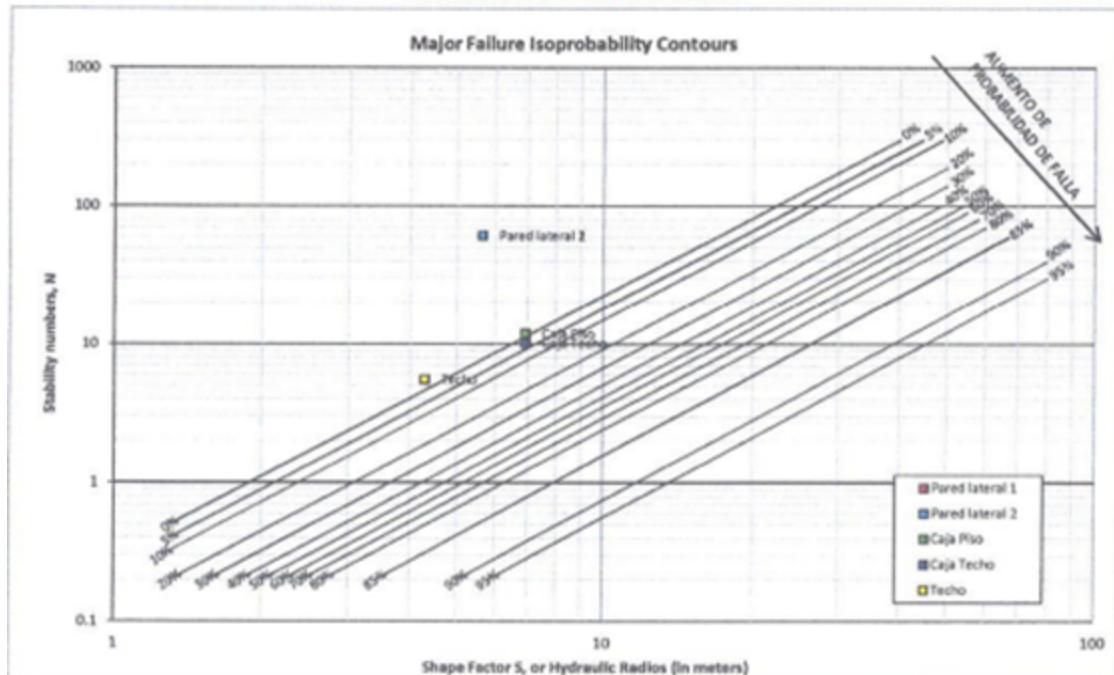
DATOS DE ENTRADA

Esfuerzos y tensiones		Tipo de roca		CT	CP	M
Profundidad (m)	300	RQD (%)	50	50	55	
Peso específico (KN/m ³)	26	Número de familias disc.	3	3	1	
Esfuerzo vertical (Mpa)	7.80	Índice Q'	5	5	11	
Constante K	0.6	Resist. compres. (Mpa)	60	60	37	
Esfuerzo horizontal (Mpa)	5					
Geometría de Tajeo (m)		Tajeo				
Ancho (m)	15	Angulo Buz (°)	45			
Altura (m)	45	Direcc. Buz (°)	180			
Longitud (m)	20	Junta Principal				
Modo de Falla	Gravit.	Angulo Buz (°)	50			
		Direcc. Buz (°)	180			

DATOS DE SALIDA

Pared	A	B	C	RH	N'	Prob. Falla	Grad. Estab
Pared lateral 1	0.70	1	8	5.63	61.54	0.00	Estable
Pared lateral 2	0.70	1	8	5.63	61.54	0.00	Estable
Caja Piso	1.00	0.3	8	6.92	12.00	1.00	Estable
Caja Techo	1.00	0.3	6.78	6.92	10.18	4.00	Estable
Techo	0.53	0.87	1.11	4.29	5.54	0.00	Estable

GRAFICO DE ESTABILIDAD

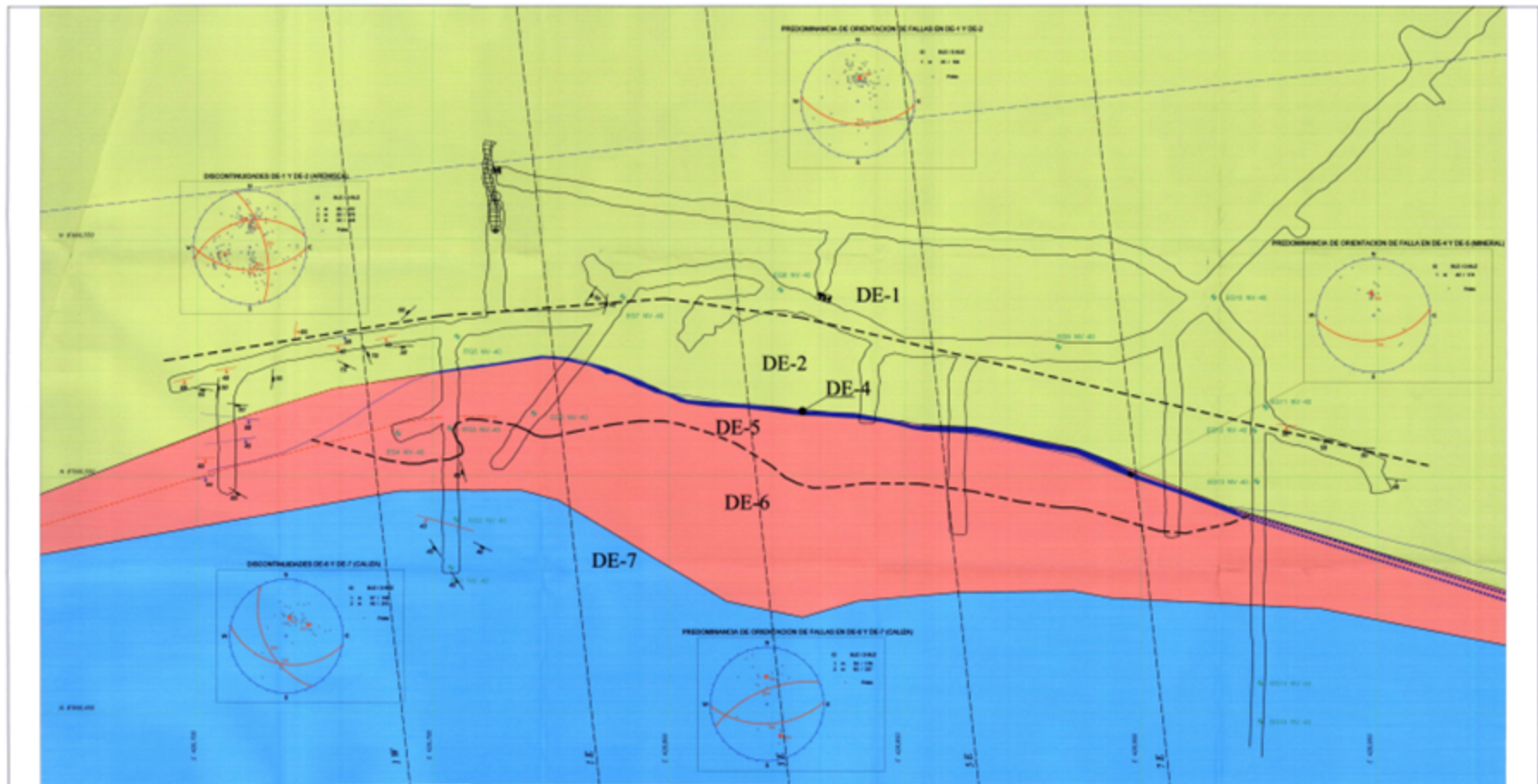


Anexo 7: Resultados del método de estabilidad de Pilares

ESFUERZOS INDUCIDOS					
Wp	Hp	Wo	sp/sz	Esfuerzo inducido	Esfuerzo Inclinado
Ancho pilar	Altura pilar	Ancho cámara	σp/sz	σp	σp
m	m	m	adim	Mpa	Mpa
12.00	20	20	7.11	54.4	15.62
20.00	20	15	3.06	23.4	10.25
25.00	20	15	2.56	19.6	9.37
16.00	20	20	5.06	38.7	13.18
16.00	20	20	5.06	38.7	13.18
25.00	20	20	3.24	24.8	10.54
15.00	20	25	7.11	54.4	15.62
20.00	20	20	4.00	30.6	11.71
25.00	20	25	4.00	30.6	11.71
15.00	20	30	9.00	68.9	17.57
20.00	20	30	6.25	47.8	14.64
25.00	20	30	4.84	37.0	12.88
30.00	20	30	4.00	30.6	11.71

Lunder y Pakalnis								Recuperación %
Wp	Hp	W/H	Cpav	k	Sp	Sp/UCS	FS	
m	m	adim	adim	adim	Mpa	adim	adim	
12.00	20	0.60	0.00	0.13	12	0.33	0.78	86%
20.00	20	1.00	0.06	0.54	16	0.42	1.52	67%
25.00	20	1.25	0.12	0.79	18	0.48	1.89	61%
16.00	20	0.80	0.03	0.33	14	0.37	1.05	80%
16.00	20	0.80	0.03	0.33	14	0.37	1.05	80%
25.00	20	1.25	0.12	0.79	18	0.48	1.68	69%
15.00	20	0.75	0.02	0.27	13	0.36	0.86	86%
20.00	20	1.00	0.06	0.54	16	0.42	1.33	75%
25.00	20	1.25	0.12	0.79	18	0.48	1.51	75%
15.00	20	0.75	0.02	0.27	13	0.36	0.76	89%
20.00	20	1.00	0.06	0.54	16	0.42	1.07	84%
25.00	20	1.25	0.12	0.79	18	0.48	1.38	79%
30.00	20	1.50	0.17	1.01	20	0.53	1.67	75%

Obert & Duvall						
Wp	Hp	W/H	Sp	Sp/UCS	FS	
m	m	adim	Mpa	adim	adim	
12.00	20	0.6	14	0.38	0.91	
20.00	20	1	16	0.42	1.52	
25.00	20	1.25	16	0.44	1.75	
16.00	20	0.8	15	0.40	1.13	
16.00	20	0.8	15	0.40	1.13	
25.00	20	1.25	16	0.44	1.56	
15.00	20	0.75	15	0.40	0.94	
20.00	20	1	16	0.42	1.33	
25.00	20	1.25	16	0.44	1.40	
15.00	20	0.75	15	0.40	0.84	
20.00	20	1	16	0.42	1.06	
25.00	20	1.25	16	0.44	1.27	
30.00	20	1.5	17	0.47	1.47	



LEYENDA

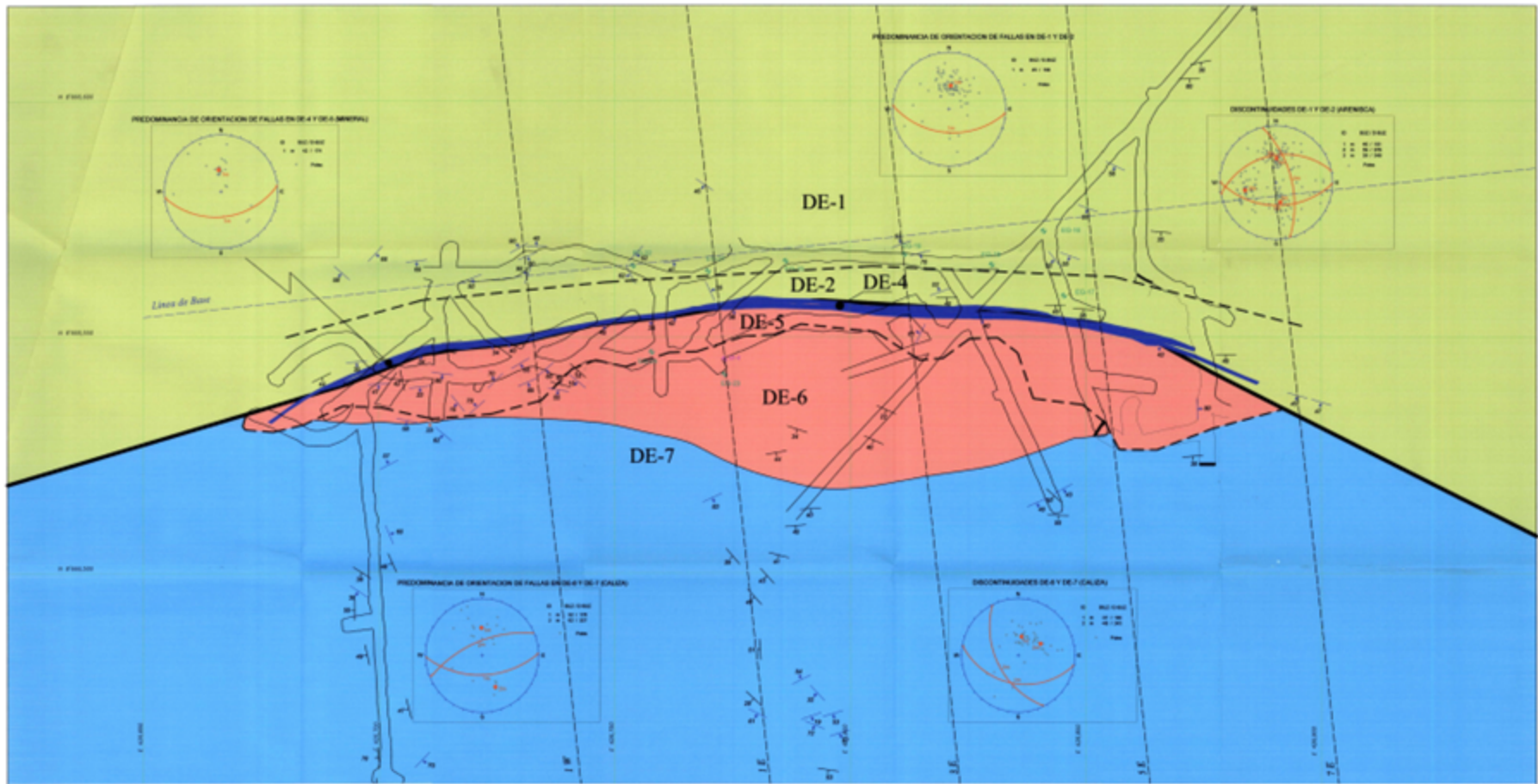
- FALLA (DOMINIO ESTRUCTURAL DE-7)
- AREA Y SALIDA BROMEA MINERALIZA DOMINIO ESTRUCTURALES DE-5 Y DE-7
- ZONA TENDIDA DE FALLA (DOMINIO ESTRUCTURAL DE-4)
- AREA DE CANGUZA DE GRANO GRUESO (DOMINIO ESTRUCTURALES DE-1 Y DE-2)
- AREA DE GRANO FINO (DOMINIO ESTRUCTURAL DE-3)
- LINEA DE DOMINIO ESTRUCTURAL
- ECUACION ESTRUCTURAL
- ORIENTACION DE FALLA
- ESTRUCTO
- HORIZONTAL ESTRUCTURAL

CLASIFICACION QUIMICA

Mineral	Indicador	SiMH	Q	Cantidad de Bares
DE-1	Amoroso Carbono	50	10	Medio
DE-2	Amoroso Carbono	30	3.3	Regular
DE-3	Amoroso Carbono	30	0.7	Regular (Medio)
DE-4	Falla	10	0.2	Muy Mala
DE-5	Amoroso	20	0.2	Mala Regular
DE-6	Cales Resaca	40	0.2	Regular
DE-7	Falla	10	0.2	Regular/Mala



	AZULCOCHA MINING S.A. ESTUDIO GEOMECÁNICO DEL MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA GEOLOGIA Y GEOMECANICA DEL MV-40
	 1:500 PROYECTO AZULCOCHA



LEYENDA

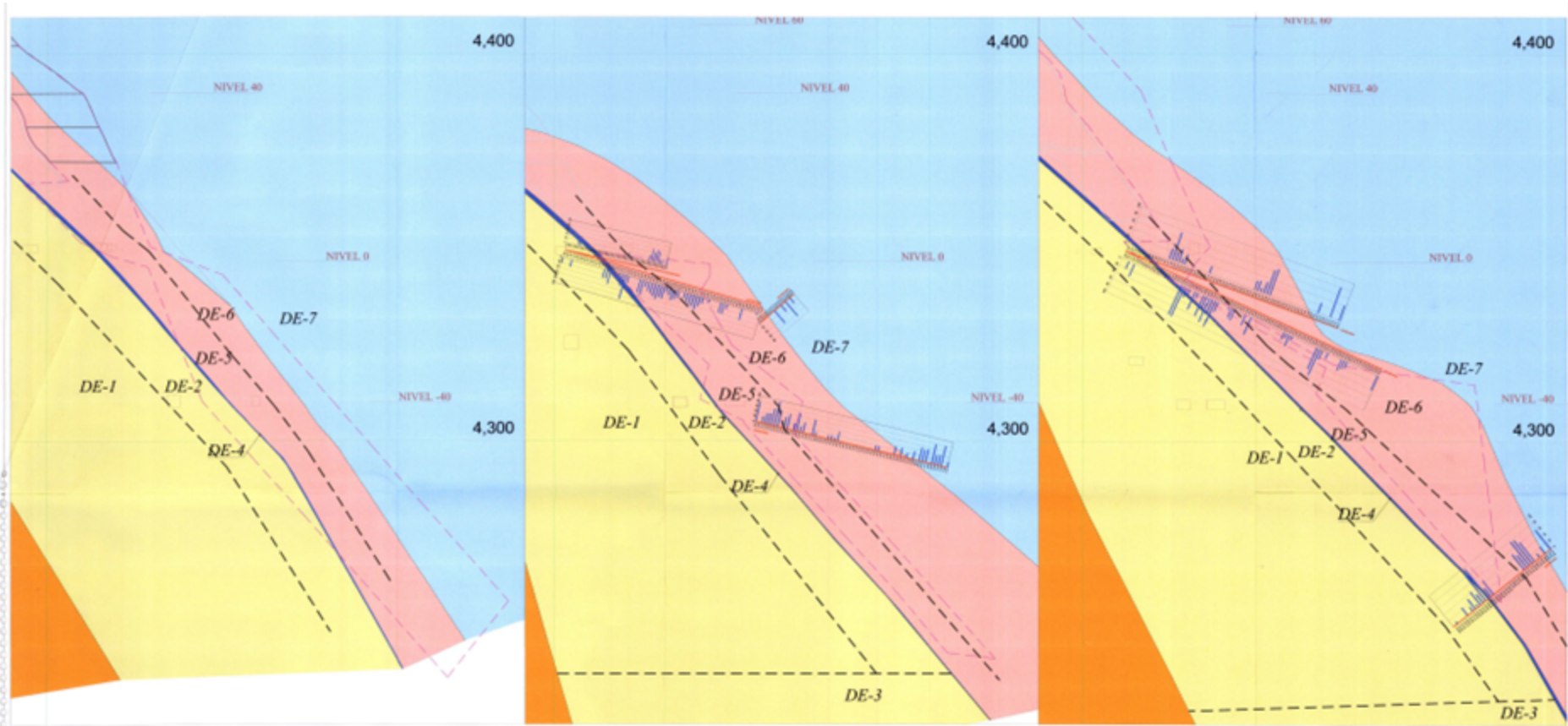
- OJAL (ZONAS ESTRUCTURALES DE-1)
- MINERAL Y OJAL PRECISO MINERALIZADO (ZONAS ESTRUCTURALES DE-5 Y DE-6)
- ZONA TRANSICIÓN DE TALLA (ZONAS ESTRUCTURALES DE-2)
- MINERALIZADO DE OJAL PRECISO (ZONAS ESTRUCTURALES DE-4 Y DE-7)
- MINERALIZADO DE OJAL PRECISO (ZONAS ESTRUCTURALES DE-1 Y DE-2)
- MINERALIZADO DE OJAL PRECISO (ZONAS ESTRUCTURALES DE-5)
- LINEA DE BARRERA ESTRUCTURAL
- ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA
- DIRECCIÓN DE TALLA
- ESTRUCTURA
- PREVISIÓN ESTEREOGRÁFICA

CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

Proyecto	Ubicación	Área (m ²)	Clase	Características
DE-1	Mineralizaciones	100	10	Regular
DE-2	Mineralizaciones	100	10	Regular
DE-3	Mineralizaciones	100	10	Regular
DE-4	Mineralizaciones	100	10	Regular
DE-5	Mineralizaciones	100	10	Regular
DE-6	Mineralizaciones	100	10	Regular
DE-7	Mineralizaciones	100	10	Regular



	<p>AZULCOCHA MINING S.A.</p> <p>ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DEL METODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA</p> <p>GEOLÓGIA Y GEOMORFOLÓGICA NV 0</p> <p>148 PROYECTO AZULCOCHA-MINING</p>
--	--



SECCIÓN 1W

SECCIÓN 1E

SECCIÓN 3E

LEYENDA

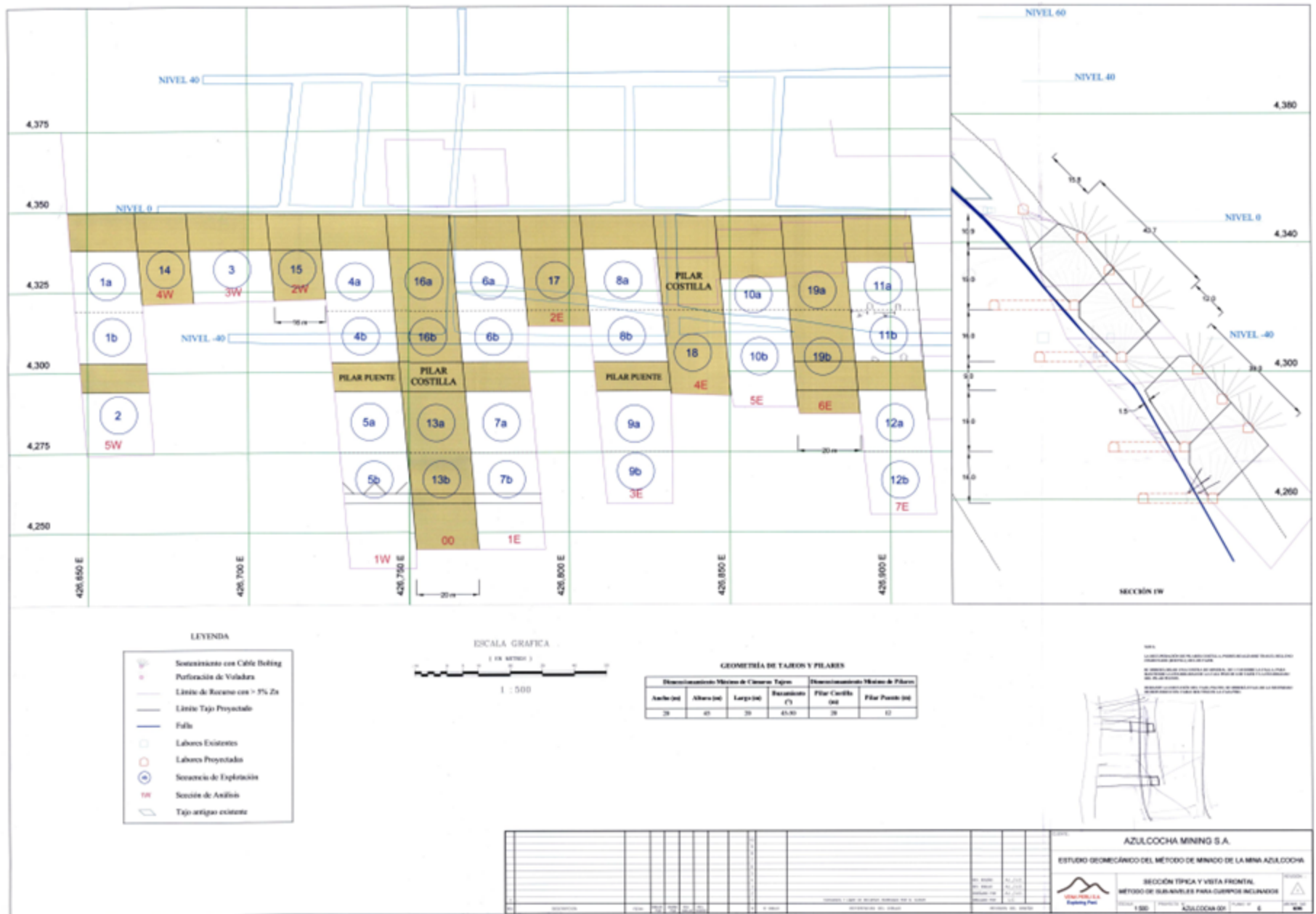
- DUNA (DOMINIO ESTRUCTURAL DE-5)
- MATERIAL Y DUNA SECUNDA MINERALIZADA (DOMINIO ESTRUCTURAL DE-6 Y DE-6)
- ZONA TRANSICIÓN DE DUNA (DOMINIO ESTRUCTURAL DE-4)
- ARENISCA CARBONÍFERA DE DUNA CRUDA (DOMINIO ESTRUCTURAL DE-1 Y DE-2)
- LÍNEA DE SOMBRAS ESTRUCTURALES
- PERFORACIONES SIMPLEMENTES QUE INTERSECA LA SECCIÓN (TRINCHAS 1/2-10 H)
- (M) S DE TRINCHAS MAYOR A 10 CM / SOMBRAS
- MARCOS DE EXPANSIÓN EXISTENTES
- LÍNEA DE RECUPERACIÓN DE UNO (1) H

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

Descripción Estructural	Entelexión	SIEM	Q	Calidad de Rocca
DE-1	Transición / Arenisca	18	11	Buena
DE-2	Transición / Arenisca	18	11	Buena
DE-3	Material / Duna	20	17	Buena / Buena
DE-4	Duna	18	11	Mala / Buena
DE-5	Material	12	7	Mala / Buena
DE-6	Carbo / Carbonífera	18	11	Buena
DE-7	Carbo	18	11	Buena / Buena



AZULCOCHA MINING S.A.			
ESTUDIO GEOMECÁNICO DEL MÉTODO DE MINADO DE LA MINA AZULCOCHA			
SECCIONES GEOMECANICAS 1W, 1E Y 3E			
1:500		AZULCOCHA SP	





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 038-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 224-2023-FIMGC-D**, siendo los doce días del mes de junio del 2023, a horas 9:30 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **Mg. Ing. Jaime PALOMINO CLAUDIO**, Jurado el **MSc. Ing. Amilcar TACURI GAMBOA**, Jurado - Asesor el **Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada titulado: **“EVALUACION GEOMECANICA PARA PROPONER EL METODO DE MINADO EN LA MINA SUMAQ RUMI 2022”**, presentado por el/la Sr./Srta., **Kevin Anderson ALARCÓN ARANGO**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Minas**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **16 (dieciséis)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por
Efraín Elías Porras Flores
Fecha: 2023.06.17
13:00:13 -05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente



Firmado digitalmente
por JAIME PALOMINO
CLAUDIO
Fecha: 2023.06.12
12:32:24 -05'00'

Mg. Ing. Jaime PALOMINO CLAUDIO
Jurado



Firmado digitalmente
por Dr. Johnny Henry
Ccatamayo Barrios
Fecha: 2023.06.14
20:53:08 -05'00'

Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS
Jurado Asesor



Firmado digitalmente
por Ing. Amilcar
Tacuri Gamboa
Fecha: 2023.06.14
19:25:47 -05'00'

MSc. Ing. Amilcar TACURI GAMBOA
Jurado

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso

C.c.:
Bach. Kevin Anderson ALARCÓN ARANGO
Jurados (4)
Archivo



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 037-2023-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 281-2022-FIMGC- UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : ALARCÓN ARANGO, Kevin Anderson
Escuela Profesional : INGENIERÍA DE MINAS
Título de la Tesis : “EVALUACION GEOMECANICA PARA PROPONER EL METODO DE MINADO EN LA MINA SUMAQ RUMI 2022”
Evaluación de la Originalidad : 30 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2105028157

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 03 de junio del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR

Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Departamento Académicos de Matemática y Física

Con depósito para Sustentación y Tramites
Cc. Archivo

EVALUACION GEOMECANICA PARA PROPONER EL METODO DE MINADO EN LA MINA SUMAQ RUMI 2022

por Kevin Anderson Alarcon Arango

Fecha de entrega: 30-may-2023 12:28a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2105028157

Nombre del archivo: TESIS_ALARCON_ARANGO_KEVIN_ANDERSON_EPIM.pdf (4.14M)

Total de palabras: 15357

Total de caracteres: 91856

EVALUACION GEOMECANICA PARA PROPONER EL METODO DE MINADO EN LA MINA SUMAQ RUMI 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

30%

INDICE DE SIMILITUD

28%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

16%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	6%
2	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	kupdf.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
7	vsip.info Fuente de Internet	2%
8	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	2%

9	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	TECNOLOGIA XXI S A. "Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Pallancata-IGA0004154", R.D. N° 342-2009-MEM/AAM, 2020 Publicación	1 %
11	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	1 %
13	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
14	es.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
15	doku.pub Fuente de Internet	1 %
16	www.dominiodelasciencias.com Fuente de Internet	<1 %
17	geomecanicaabcchile.com Fuente de Internet	<1 %
18	1library.co Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad San Marcos Trabajo del estudiante	<1 %

20	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
25	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
26	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words