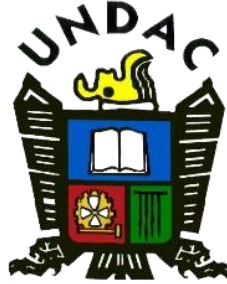


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
MINAS



T E S I S

Evaluación geomecánica para el minado subterráneo
de la Zona Marcapunta Norte – Sociedad Minera El
Brocal S.A.A.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Julber Ever PAREDES SALDIVAR

Asesor:

Mg. Vicente César DÁVILA CÓRDOVA

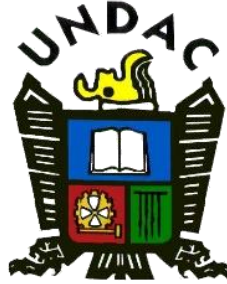
Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE

MINAS



T E S I S

Evaluación geomecánica para el minado subterráneo

de la Zona Marcapunta Norte – Sociedad Minera El

Brocal S.A.A.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
PRESIDENTE

Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 104-2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Julber Ever PAREDES SALDIVAR

Escuela de Formación Profesional
MINAS

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo

**“Evaluación geomecánica para el minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte -
Sociedad Minera El Brocal S.A.A.”**

Asesor:

Mg. Vicente César DÁVILA CórDOVA

Índice de Similitud: **26%**

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 12 de agosto del 2023.

Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA MINAS

DEDICATORIA

Al todo poderoso, nuestro Señor Dios, quien me da fuerza y luz en mi camino para concretizar mis objetivos trazados; a mis señores docentes, quienes son guía en mi camino y me plasmaron sus enseñanzas, y a mis padres por su gran apoyo y respaldo para mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Al todo poderoso, nuestro Señor Dios, quien me da fuerza y luz en mi camino para concretizar mis objetivos trazados; a mis señores docentes, quienes son guía en mi camino y me plasmaron sus enseñanzas, y a mis padres por su gran apoyo y respaldo para mi formación profesional.

RESUMEN

Sociedad Minera El Brocal S.A.A., solicita la ejecución de la “Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de Marcapunta Norte”, con el objetivo de dimensionar el minado en esta nueva zona de la mina, para aumentar la producción y mejorar la eficiencia en el minado, manteniendo condiciones seguras en la operación minera. Para cumplir con el objetivo mencionado, en una primera fase el estudio fue orientado al desarrollo del modelo geomecánico, con el fin de obtener la información necesaria que permita evaluar los factores principales del control de la estabilidad, y estimar los parámetros geomecánicos básicos. En una segunda fase, se integró la información del modelo geomecánico, con el fin de evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones subterráneas asociadas con el minado de la zona de evaluación. Según los resultados que se obtuvieron en las dos fases indicadas, se han definido alternativas de nuevas dimensiones de cámaras y pilares. En resumen, en la Zona Norte, la roca mineralizada está directamente relacionada a la caliza, la roca del techo a la caliza y dolomía y la roca del piso a areniscas. En la estructura mineralizada, la calidad de la masa rocosa por lo general pertenece al dominio Mala A (DE-IVA), y la caja techo pertenece al dominio Mala B (DE-IVB). El dimensionamiento de cámaras y pilares para la Zona Norte ha indicado que hay posibilidades de incrementar el ancho de los pilares respecto al ancho que actualmente se utiliza, pero en el caso de las cámaras no sería recomendable incrementar su ancho dada la mala calidad de la masa rocosa mineralizada y las dificultades que se tendrían para controlar la estabilidad del techo, sin embargo, aún hay un rango para optimizar el diseño de cámaras y pilares.

Palabras claves: Evaluación Geomecánica, Estabilidad, Minado Subterráneo.

ABSTRACT

Sociedad Minera El Brocal S.A.A., requests the execution of the "Geomechanical Evaluation of the Underground Mining of Marcapunta Norte", with the objective of sizing the mining in this new area of the mine, to increase production and improve mining efficiency, maintaining safe conditions in the mining operation. In order to meet the aforementioned objective, in a first phase the study was oriented to the development of the geomechanical model, in order to obtain the necessary information that allows evaluating the main factors of stability control, and estimating the basic geomechanical parameters. In a second phase, the information from the geomechanical model was integrated, in order to evaluate the stability conditions of the underground excavations associated with the mining of the evaluation area. According to the results obtained in the two indicated phases, alternatives of new dimensions of chambers and pillars have been defined. In summary, in the Northern Zone, the mineralized rock is directly related to limestone, the top rock to limestone and dolomite, and the bottom rock to sandstone. In the mineralized structure, the quality of the rock mass generally belongs to the Mala A (DE-IVA) domain, and the top box belongs to the Mala B (DE-IVB) domain. The sizing of chambers and pillars for the North Zone has indicated that there are possibilities of increasing the width of the pillars with respect to the width that is currently used, but in the case of the chambers it would not be advisable to increase their width given the poor quality of the mass. mineralized rock and the difficulties one would have to control the stability of the roof, however, there is still a range to optimize the design of chambers and pillars.

Keywords: Geomechanical Evaluation, Stability, Underground Mining.

INTRODUCCION

Como parte de su programa de aumento de la producción y mejora en la eficiencia del minado subterráneo, manteniendo condiciones seguras en la operación minera, Sociedad Minera El Brocal S.A. a proyectado la Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de Mina Marcapunta: Zona Norte, con el fin de dimensionar el minado de esta zona, para aumentar la producción y mejorar la eficiencia y para mejorar la seguridad en la operaciones mineras, por lo tanto los alcances relacionados con el objetivo planteado son:

- Desarrollar el modelo geomecánico.
- Evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado.
- Dimensionar geomecánicamente el minado subterráneo.

Para cumplir con el objetivo mencionado, en una primera fase el estudio fue orientado al desarrollo del modelo geomecánico, con el fin de obtener la información necesaria que permita evaluar los factores principales del control de la estabilidad, y estimar los parámetros geomecánicos básicos. En una segunda fase, se integró la información del modelo geomecánico, con el fin de evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones subterráneas asociadas con el minado de las zonas de estudio. Según los resultados que se obtuvieron en las dos fases precedentes, se han definido alternativas de nuevas dimensiones de cámaras y pilares para la zona de estudio.

Los aspectos técnicos materia fueron definir las condiciones naturales del yacimiento, en base al trabajo de campo y la información proporcionada por Brocal, para ello se utilizaron las normas ISRM (International Society for Rock Mechanics – Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas).

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la Investigación.....	2
1.3. Formulación del Problema	13
1.3.1. Problema General	13
1.3.2. Problemas Específicos.....	13
1.4. Formulación de Objetivos	14
1.4.1. Objetivo General	14
1.4.2. Objetivos Específicos	14
1.5. Justificación de la investigación	14
1.6. Limitaciones de la Investigación	14

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	16
2.2. Bases Teóricas - Científicas	20
2.3. Definición de términos básicos	23
2.4. Formulación de Hipótesis	28
2.4.1. Hipótesis General.....	28
2.4.2. Hipótesis Específicos	28
2.5. Identificación de Variables.....	28

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores.....	29
---	----

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.....	30
3.2. Nivel de investigación.....	30
3.3. Métodos de la Investigación.	30
3.4. Diseño de la Investigación.....	31
3.5. Población y muestra.....	31
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	31
3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	32
3.8. Tratamiento Estadístico.....	32
3.9. Orientación ética, filosófica y epistémica.....	33

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de Campo.....	34
4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.....	48
4.3. Prueba de Hipótesis.....	59
4.4. Discusión de Resultados.....	59

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación Mina Marcapunta.	2
Ilustración 2. Vista Panorámica de la Mina Marcapunta.	3
Ilustración 3. Mapa Geológico de la mina Marcapunta	7
Ilustración 4. Diagrama estereográfico de contornos Zona N.	36
Ilustración 5. Estereografía de planos principales Zona N.	36
Ilustración 6. Diagrama de roseta Zona N	37
Ilustración 7. Zonificación geomecánica en planta de la cota 4300 de Marcapunta Norte.	40
Ilustración 8. Vista esquemática MineSight de la Zona Norte en evaluación.	41
Ilustración 9. Zonificación geomecánica transversal en la Zona N (vista mirando al N).	42
Ilustración 10. Guía para el sostenimiento de excavaciones permanentes (Según Grimstad y Barton, 1993)	51
Ilustración 11. Gráfico de estabilidad. Según Potvin (1988) y Nickson (1992).	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables.	29
Tabla 2. Sistemas de discontinuidades estructurales (Data rescatada – Fallas, diaclasas y estratificación)	36
Tabla 3. Criterio para la clasificación de la masa rocosa	39
Tabla 4. Zonificación geomecánica y calidades de masa rocosa	42
Tabla 5. Resultados de ensayos de compresión uniaxial	44
Tabla 6. Resultados de ensayos de compresión triaxial	45
Tabla 7. Resultados de ensayos tracción indirecta (Determinados con ensayos por método brasileño)	45
Tabla 8. Resultados de ensayos de constantes elásticas	45
Tabla 9. Propiedades físicas de la roca intacta	45
Tabla 10. Resultados de ensayos de corte directo	46
Tabla 11. Parámetros de resistencia de la masa rocosa	47
Tabla 12. Aberturas máximas de las excavaciones permanentes	50
Tabla 13. Sostenimiento para labores de avance permanentes	51
Tabla 14. Aberturas máximas de las excavaciones temporales	52
Tabla 15. Sostenimiento para labores de avance temporales	53
Tabla 16. Dimensionamiento de tajeos - Longitud (m)	56
Tabla 17. Dimensiones iniciales de cámaras y pilares corridos	61
Tabla 18. Alternativas de dimensiones de cámaras y pilares corridos	62
Tabla 19. Alternativas de dimensiones de cámaras y pilares corridos (Altura 24 m)	64

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (El Brocal), requiere la ejecución de una Evaluación Geomecánica para el Minado Subterráneo de Marcapunta Norte.

La Zona Norte está comprendida entre las coordenadas Este 360850 a 361320 y Norte 8809900 a 8810700, en esta zona están involucrados los Niveles 4220, 4200, 4180 y 4160. La mineralización que se presenta en esta zona pertenece al Manto Superior.

Esta zona ha sido priorizada por el personal de Planeamiento y Operaciones Mina de El Brocal, para la evaluación que se presenta en este proyecto, según los planes de minado que se tienen para Mina Marcapunta.

Para este propósito, los parámetros de observación y medición serán adecuados a las normas sugeridas por la International Society for Rock Mechanics (ISRM), las cuales estarán contenidas en los formatos de registro de las mediciones efectuadas en las estaciones rocosas.

Los parámetros a tomarse en cuenta son: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo

de relleno, espesor del relleno, intemperización y presencia de agua. Adicionalmente se registraron datos sobre la resistencia de la roca y la frecuencia de fracturamiento.

1.2. Delimitación de la Investigación

1.2.1 Ubicación

La Mina Marcapunta, está ubicada en el distrito minero de Colquijirca, entre los yacimientos de Colquijirca y San Gregorio. Políticamente se encuentra en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Cerro de Pasco, departamento de Pasco, entre las coordenadas (UTM): 8'809,200-N a 8'810,000-N y 361,100-E a 361,500-E, a una altitud de 4,180 a 4,500 msnm.

1.2.2 Accesibilidad.

El acceso a la Mina es por la carretera Lima – La Oroya – Colquijirca, con una distancia de 310 Km y Lima – Canta – Colquijirca que se cubre en seis horas aproximadamente.

Ilustración 1.

Ubicación Mina Marcapunta.

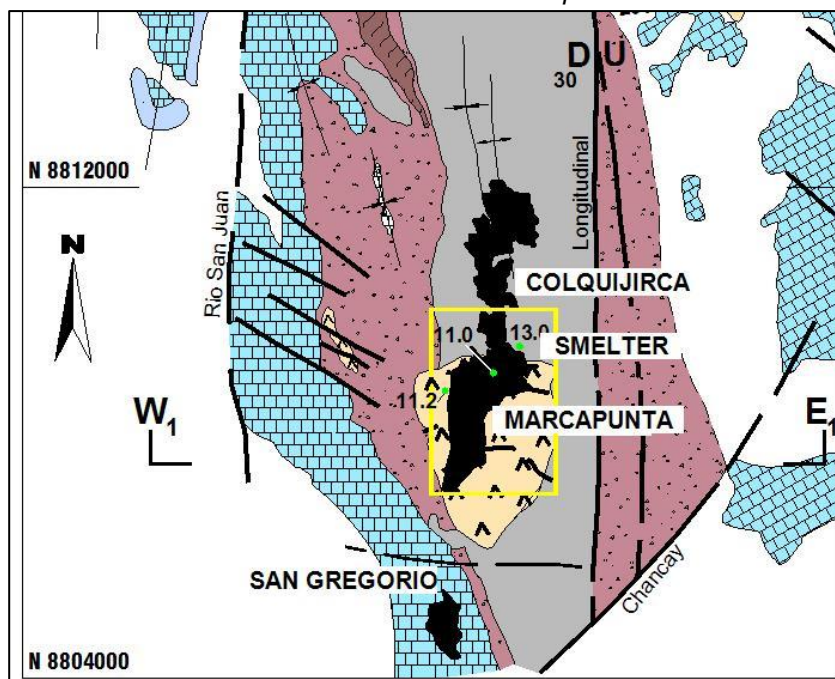
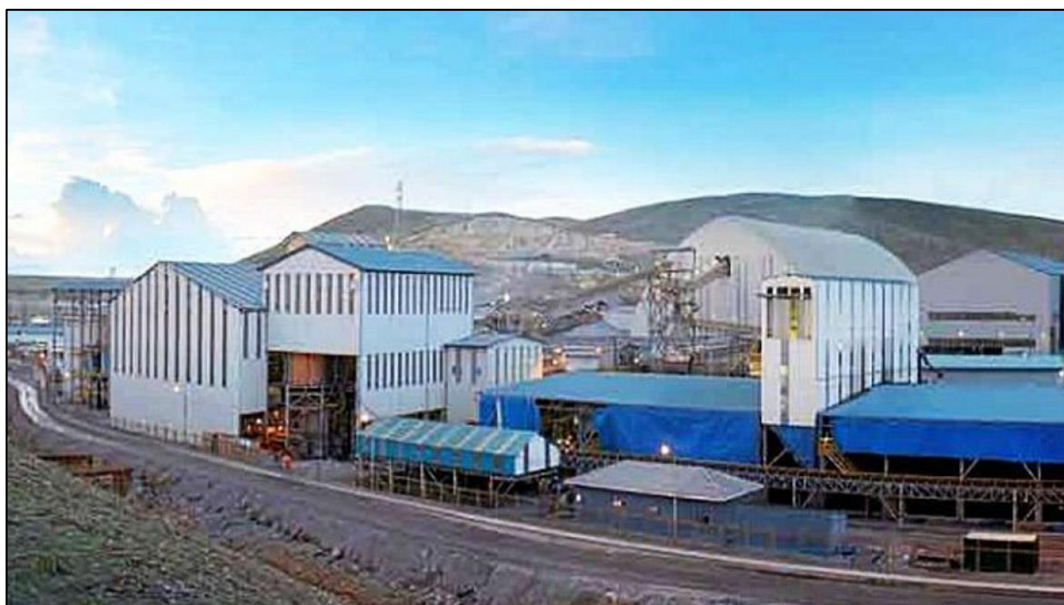


Ilustración 2.
Vista Panorámica de la Mina Marcapunta.



1.2.3 Geología regional

En la clásica zonación morfoestructural de los Andes del Perú Central, la región de estudio forma parte de las Altiplanicies, situándose hacia la terminación septentrional de las mismas. Morfológicamente las Altiplanicies se distinguen por una topografía relativamente suave a una altura promedio de 4,000 m.s.n.m, en comparación con la Cordillera Occidental y Oriental que la flanquean, entre las cotas 3,800 y 4,500 m.s.n.m.

Las rocas más antiguas en la región (mapa geológico, figura 3) corresponden al complejo del Marañón. Está constituida por micaesquistos y gneis de edad

Precámbrica (Dalmayrac, 1970). Luego en discordancia ocurren rocas del Paleozoico inferior donde resalta el Grupo Excelsior. En efecto este Grupo aflora principalmente en la región de Cerro de Pasco; litológicamente está conformado por filitas y pizarras de probable edad Ordovícica. Seguidamente se tiene a los Grupos Ambo y Tarma que afloran extensamente en los bordes de

las altiplanicies y en la Cordillera Oriental. El Grupo Ambo este compuesto por sedimentos detríticos como areniscas y lutitas de edad Mississippiana (Newell, et al, 1949). El Grupo Tarma se caracteriza por calizas y lutitas negras de edad Pensilvaniana (Dumbar y Newell, 1946). El Grupo Mitu es muy importante en la región, aflora al Norte de Pasco y Este de Carhuamayo; está conformado por areniscas, conglomerados rojos continentales y rocas volcánicas, asumidas al Permico superior - Triásico inferior (Megard, 1979).

Estas tres últimas series pre-andinas están restringidas a los núcleos de grandes braquianticlinales como Cerro de Pasco, Malpaso y Domo de Yauli. En discordancia aparece el Grupo Pucará. Aflora extensamente en las altiplanicies de los Andes del Perú Central. Esta conformado por las Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga. La Formación Chambará se extiende ampliamente en la región. Litologicamente esta compuesto por calizas y dolomías marinas de edad Triásico superior – Liásico. El Cretácico esta constituido por las Formaciones Gollarisquizca y Pariahuanca. Afloran en la parte Norte y Noroeste de Cerro de Pasco. Litológicamente esta conformado por areniscas blanquecinas y subordinados niveles de carbón.

Las cuencas terciarias se extienden ampliamente en la región de Cerro de Pasco - Colquijirca y hacia el Oeste de la laguna de Junín. Se le denomina Formación Pocobamba y Formación Calera (Mc. Laughlin, 1924) a una serie de conglomerados, sedimentos volcanoclásticos y lacustres del Paleógeno. En la Parte central y occidental de las altiplanicies, principalmente en la región afloran múltiples complejos volcánicos principalmente de composición dacítica, correspondientes al Mioceno, por ejemplo, Cerro de Pasco, Marcapunta, Yanamate, Quicay, etc.

Estructuralmente las altiplanicies han sido divididas en dos sectores limitados

por el Alto Mantaro (Megard, 1979). El sector Suroeste, donde las estructuras son abiertas, sencillas y el sector Noreste, donde los pliegues son apretados y ocurren numerosas fallas longitudinales de dirección NO-SE y NNO-SSE. En las altiplanicies del Perú Central, la región de Cerro de Pasco - Colquijirca se ubica en este último sector. En este contexto la Falla Longitudinal Mayor de Cerro de Pasco es un notable ejemplo; donde se ha definido dos dominios estructurales, uno Occidental y otro Oriental (Angeles, 1993). En adición, las fallas longitudinales mayores han canalizado la ascensión del magmatismo andino en el Oligoceno y el Mioceno (Soler and Bonhomme, 1988).

1.2.4 Geología económica

Los depósitos minerales del distrito de Colquijirca pertenecen a un miembro de la familia de los yacimientos relacionados a pórfidos de cobre (Cu) conocida como depósitos Cordilleranos. Este tipo de depósitos, los cuales se forman en general en las partes altas de un pórfido de Cu, se caracterizan fundamentalmente por un prominente zonamiento con partes internas dominadas por Cu y zonas externas donde Zn, Pb y Ag son los principales elementos económicamente interesantes.

En el caso particular del distrito de Colquijirca, más precisamente entre los sectores de Marcapunta Norte y Colquijirca, dicho zonamiento consta a manera general de tres zonas, las cuales mineralógicamente consisten fundamentalmente de enargita en las partes internas, calcopirita en partes intermedias y esfalerita y galena en las partes externas.

El depósito de Colquijirca (parte sur del Tajo Norte) expone estas tres zonas. La parte más profunda del sector suroeste del Tajo Norte (antes Tajo Principal) muestra un núcleo de forma tubular esencialmente constituido por enargita además de cantidades variables de pirita y cuarzo. Este núcleo presenta una envolvente básicamente compuesta por calcopirita y cantidades

variables de tenantita además de esfalerita y galena. A su vez esta envolvente está rodeada por una zona relativamente extensa, compuesta esencialmente por esfalerita y galena. Es esta última zona, la cual está desarrollada en su mayor extensión hacia el norte del distrito, la que constituye el grueso del depósito de Colquijirca (Tajo Norte) actualmente en explotación.

Hacia el sur del Tajo Norte el núcleo de enargita se prolonga por más de 2 km haciéndose más potente y ancho a medida que éste se aproxima hacia el complejo volcánico de Marcapunta. Del mismo modo la envolvente de este núcleo de enargita, y compuesto por calcopirita, tenantita, esfalerita y galena, se extiende también hacia el sur del Tajo Norte, aunque en mucho menor medida, hasta en unos 400 m a partir de la pared sur del mismo.

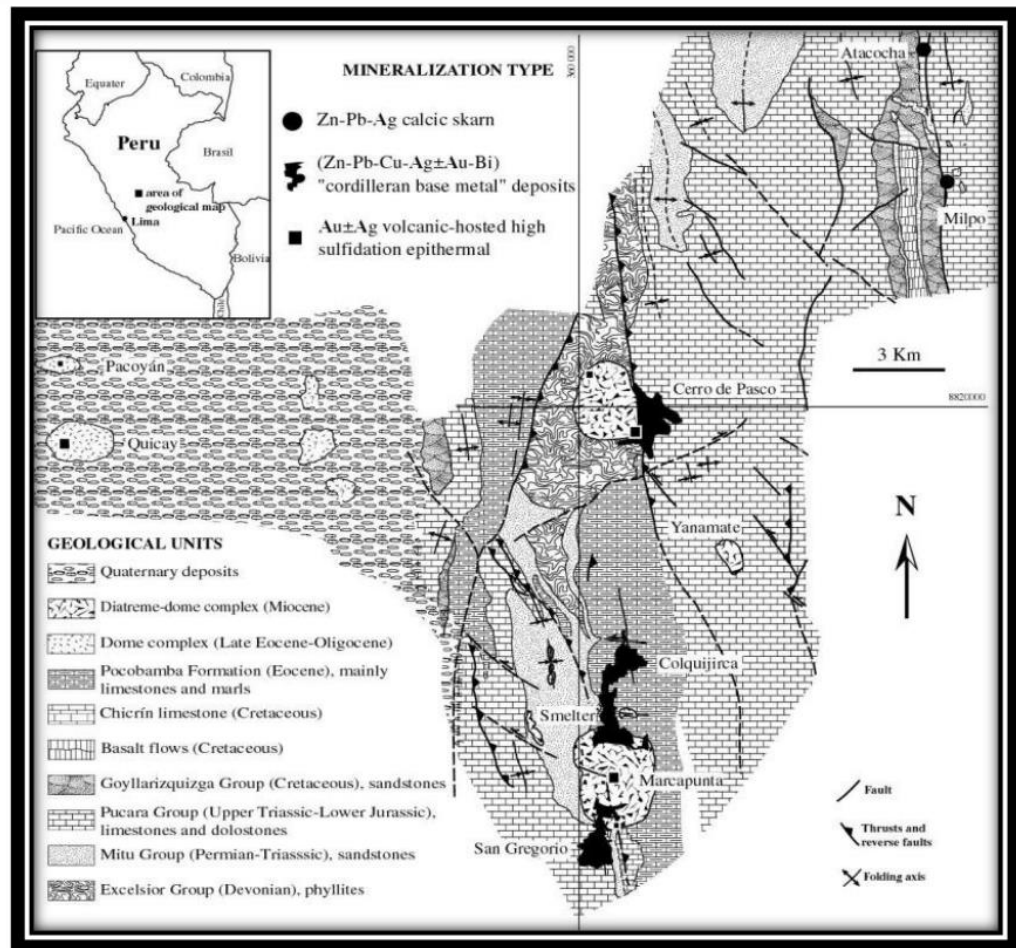
El sector denominado Marcapunta Norte, localizado inmediatamente al sur del Tajo Norte, constituye la extensión del depósito de Colquijirca. Este sector está compuesto por las dos zonas internas, esto es, por aquella conformada por enargita y por aquella de carácter polimetálico, es decir, de calcopirita, tenantita, esfalerita y galena. A diferencia de sectores ubicados más al sur, el sector de Marcapunta Norte se caracteriza por haber experimentado un proceso de enriquecimiento supérgeno. Este proceso ha generado cuerpos de calcosita, los cuales se han superpuesto a la zona de enargita y en menor grado a aquella polimetálica compuesta por calcopirita, tenantita, esfalerita y galena, conformando un sector de relativa complejidad mineralógica en términos sobre todo de intercrecimientos.

La estructura mineralizada del Manto Superior Central está alojada en rocas carbonatadas del Miembro Medio de la Formación Calera y configura una geometría estratiforme sub horizontal de rumbo Norte 160o y buzamiento de 6o Norte. La estructura tiene una longitud aproximada de 520 m por un ancho de

270 m y una potencia promedio de 21 m. La ocurrencia de estructuras secantes a la estratificación como cuerpos de brechas y vetas es menos común.

Ilustración 3.

Mapa Geológico de la mina Marcapunta



1.2.5 Geología local

El Distrito Minero de Colquijirca está conformada por las filitas Excelsior, areniscas y conglomerados rojos del Grupo Mitu seguidas por calizas marinas del Grupo Pucará y finalmente por conglomerados, facies continentales de brechas y carbonatos de la Formación Calera de edad Eoceno superior. Estas unidades son intruídas por el complejo volcanico de Marcapunta del Miocen medio. La Falla Longitudinal Mayor de dirección N-S y evolución polifásica, es la estructura más importante en la región, ya que ha controlado la sedimentación

desde el Triásico, el emplazamiento de las diatremas de Marcapunta y Cerro de Pasco y sus yacimientos minerales asociados.

Para este acápite tomaremos como referencia los trabajos de Angeles. (1993, 1999).

Sedimentos pre Cenozoicos

1.2.5.1 Grupo Excelsior

“Series de Excelsior” fue como Mc Lauhglin (1924), denomino a la unidad que constituye el basamento rocoso de la región. Aflora alrededores de la ciudad de Cerro de Pasco y hacia el Noroeste de Colquijirca. Está constituido por filitas y pizarras de color gris a gris verdoso y subordinadamente niveles delgados de cuarcitas, algunos con laminación oblicua. Presenta un metamorfismo de bajo grado con sericita–clorita y vetillas de cuarzo a manera de segregación magmática. Su espesor es superior a los 300 m.

Un paquete afín a éste, reposa en discordancia angular sobre sericitoesquistos precámbricos en Huachar, 6 Km al Suroeste de Ambo, en el Valle de Chaupihuaranga. (Dalmayrac, 1978), contiene graptolites del Ordovícico, conocidos ya desde Steinmann (1929).

1.2.5.2 Grupo Mitu

Descansa en discordancia angular sobre el Grupo Excelsior. Se trata de areniscas, limos y conglomerados de color rojo. En el área de Colquijirca se distinguen dos unidades.

La unidad inferior, esencialmente conglomerádica, de color gris oscuro a gris brunáceo, con clastos redondeados a subangulares de cuarcita y cuarzo blanco, de hasta 20 cm de diámetro, con pobre selección; se puede observar algunos canales, probablemente de origen fluvial; hacia el tope se intercalan con sedimentos finos. Su potencia se

estima en 400 m. La unidad superior, se trata de areniscas rojas con lentes de conglomerados subordinados de origen fluvial; su paso desde la unidad infrayacente no es claramente expuesta. Su espesor estimado es de 200 m.

No se conoce con precisión la edad del Grupo Mitu. Cerca de Colquijirca y Carhuamayo, Boit (1962) encontró rodados de calizas con fósiles del Carbonífero y Pérmico Inferior. Esta unidad se habría depositado entre el Pérmico Superior y el Triásico Inferior (Megard, 1979).

En la zona de Bohórquez se expone como el núcleo del anticlinal del mismo nombre. En Marcapunta, constituye el substrato sobre el cual se emplazan en discordancia erosional los depósitos terciarios de la Formación Calera en un contexto de pliegues y altos estructurales.

1.2.5.3 Grupo Pucará

El Grupo Pucará aflora ampliamente en la parte occidental y en la parte oriental. El análisis de facies muestra cambios importantes entre estas dos zonas y separados por la Falla Longitudinal Mayor, denominados Pucará Occidental y Pucará Oriental, al Oeste y Este de la falla respectivamente. El Pucará Occidental, en leve discordancia angular sobre el Grupo Mitu, comienza por una brecha basal de color gris verdoso con clastos de filita y cuarzo que suprayacen a las areniscas del Grupo Mitu; es seguido por dolomías con fina laminación, presentan concreciones de sílex o chert y niveles de cineritas, con figuras sedimentarias, fósiles y pseudomorfos de evaporitas.

Las facies sugieren un ambiente muy somero, de baja energía en la parte interna de una plataforma carbonatada (Angeles, 1993). Su espesor medido es de 360 m aproximadamente. En el límite Sur del área

de estudio, en la zona de Bohórquez, afloran sutilmente delgados niveles de brecha basal y dolomías atribuidas al Pucará Occidental, descansando sobre areniscas del Grupo Mitu. El Grupo Pucará Occidental es huésped de la mineralización en el yacimiento epitermal polimetálico de San Gregorio.

El Pucará Oriental o Formación Chambará, no tiene una base aflorante; se compone de más de 1,500 m de calizas con sílex e incluye masas estratiformes recristalizadas posteriormente; son depósitos de plataforma carbonatada externa.

En el Pucará Occidental, Boit (1940, in Boit, 1949) encontró *Entomonotis ochotica* (Ahora llamada *Monotis subcircularis* (Villavicencio y Chalcaltana, 1991)) en los afloramientos totalmente silicificados de San Gregorio. El mismo autor (Boit, 1966) reporta *Myophorias* en la falda Oeste del cerro Puca Ingenio.

Estos bivalvos indican una edad Noriano a Rhetiano (Triásico Superior). En el Pucará Oriental la misma fauna ha sido reconocida, además del braquiópodo *Spondylospira*, y numerosos gasterópodos fueron recolectados en la vecindad de Cerro de Pasco (Steinman, 1929; Haas, 1953). Sin embargo, Johnson et al. (1955) reportaron además un *Arietites*, ammonoideo del Liásico, cerca al tope de las facies orientales de la región de Atacocha (NE de Cerro de Pasco). Podemos asumir una edad Triásico superior – Liásico inferior para el Grupo Pucará.

Existen diferencias en potencias y distribución de facies en la plataforma carbonatada del Pucará. El Pucará Occidental es un ambiente somero poco subsidente, mientras que el Pucará Oriental es mas profundo y mucho más subsidente. Las orientaciones de los sistemas de fallas pueden darnos idea de la dirección de extensión, de

acuerdo al principio de Anderson (1951). Esta dirección de extensión parece ser NO-SE a NNO-SSE, es decir ligeramente oblicua a subparalela a la Falla Longitudinal Mayor. Esto sugiere un funcionamiento transcurrente, con probablemente una componente en extensión de la estructura mayor, durante la sedimentación (Angeles, 1993).

Podemos concluir que la Falla Longitudinal Mayor de movimiento transtensivo durante el Triásico ha controlado la sedimentación del Grupo Pucará en la región en estudio.

Sedimentos Cenozoicos

En la zona de estudio, es decir Colquijirca y alrededores no se ha encontrado unidades pertenecientes al Cretáceo. Suprayaciendo en discordancia erosional fal Grupo Pucará o Mitu, se tiene al Terciario representado por la Formación Pocobamba y la Formación Calera.

1.2.5.4 Formación Pocobamba

La Formación Pocobamba está dividido en dos Miembros: Cacuán y Shuco.

a. Miembro Cacuán

Aflora únicamente a lo largo de una franja N-S, desde el cerro la Chipana hasta el extremo Norte del cerro Puca Ingenio. Descansan en discordancia angular sobre el Pucará Occidental y localmente sobre el conglomerado Mitu. Forma secuencias granocrecientes de 10 a 25 m de limonitas rojas laminadas, areniscas cuarzosas con laminación oblicua y niveles delgados de conglomerados con predominancia de clastos de caliza, con tosca estratificación de origen fluvial (Foto 5) con más de 100 m de espesor. La sedimentación testimonia un sistema predominantemente

canalizado, fluvial torrencial y aluvial, probablemente en la porción distal de abanicos aluviales. Pocas medidas de paleocorrientes en areniscas con laminación oblicua dan sentidos hacia el Suroeste y hacia el Oeste.

El Miembro C bacuán situado entre el bloque de la falla San Juan Venenococha y la Falla Longitudinal Mayor está ausente hacia el Este. Posiblemente por onlap proximal contra el paleorelieve; o por erosión previa a contemporánea con el depósito del Miembro Shuco (Jenks, 1951).

b. Conglomerado Shuco

Afloran al Oeste y Sur de Cerro de Pasco y al Noroeste de Colquijirca. Esta unidad se compone de conglomerados y brechas sedimentarias con escasos lentes de limolitas y areniscas; la mayor parte de los clastos son de caliza y sílex de la Formación Chambará, con diámetros de 2 a 30 cm, en general se incrementan cuanto más próximos se encuentren a la Falla Longitudinal Mayor (Jenks, 1951).

El depósito es muy heterométrico, con bloques que excepcionalmente pueden alcanzar los 6 m. (Sureste de laguna Quiulacocha). Es de origen aluvial y sintectónico, constituye un prisma con su espesor mayor de más de 150 m adosado a la Falla Longitudinal Mayor. Las facies Shuco no están restringidas exclusivamente al bloque Occidental de la Falla Longitudinal Mayor. Al Este de esta falla a la altura de la laguna Chaquicocha. Ver figura 4. Afloran brechas homométricas con clastos de la Formación Chambará de pocos centímetros de diámetro. Esta exposición podría pertenecer a la transición de una torrentera hacia la parte superior de un abanico aluvial.

Su depósito es probablemente contemporáneo con el evento Eoceno de deformación en la Cordillera Occidental, al pie de un sistema de fallas que delimitaban altos estructurales.

1.2.5.5 Formación Calera

Afloran principalmente alrededores de Colquijirca y cercanías de la laguna Cuchis Grande. Se caracteriza por una predominancia de depósitos volcanoclásticos, conglomerados, brechas sedimentarias, margas, calizas, dolomías y chert con un mínimo espesor de 250 m; son de ambiente lacustre.

Peck y Rever en la Formación Calera encontraron carofitas, probablemente *Actochara mitella*, entonces atribuida al Cretácico superior – Cenozoico inferior, sin mayor precisión; una edad radiométrica de K/Ar sobre biotita en una toba ácida de la parte inferior dio entre 36 y 37 Ma. Subdivide esta Formación en tres miembros: Calera inferior, medio y superior. La Formación Calera constituye la roca huésped para la mineralización en Colquijirca y Marcapunta, tanto en el flanco Norte y parte del flanco Oeste.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Como efectuar la evaluación Geomecánica para el minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?

1.3.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo determinar los parámetros Geotécnicos para el minado subterráneo de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?

- b) ¿Como realizar la zonificación geomecánica para el minado subterráneo de la Zona de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Efectuar la evaluación Geomecánica para el minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar los parámetros Geotécnicos para el minado subterráneo de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
- b) Realizar la zonificación geomecánica para el minado subterráneo de la Zona de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

1.5. Justificación de la investigación

En las operaciones de explotación subterráneas se requieren efectuar la Evaluación Geomecánica, la cual permitirá determinar los parámetros de estabilidad y mediante este proceso que es muy importante ya que proporciona información útil para el diseño y dimensionamiento de la Mina. En este sentido es necesario realizar la Evaluación Geomecánica, cuyo desarrollo y resultados se muestran en el presente trabajo de investigación.

1.6. Limitaciones de la Investigación

Es importante conocer la magnitud de los esfuerzos in-situ, puesto que estos influirán directamente en las condiciones de estabilidad de cualquier excavación cuando es creada. Para conocer las magnitudes de los esfuerzos in-situ se ha considerado utilizar el concepto de carga litostática (Hoek & Brown, 1978) conjuntamente con el criterio de Sheorey 1994) y la información del Mapa Mundial de Esfuerzos (WSM), considerando este proceso como las limitaciones

en la investigación, ya que aún no se han hecho mediciones de esfuerzos in-situ en Mina Marcapunta, cosa que en el futuro es recomendable realizarlo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

a) Antecedentes nacionales.

Minaya, J. (2018), de la Universidad Nacional de Trujillo, desarrolla la tesis “Evaluación de Condiciones Geomecánicas y viabilidad técnica según metodología numérica D. Nicholas para selección del Método de Explotación en Veta Delia, Mina Colquirrumi”. La investigación se divide tres etapas. La primera etapa consiste en describir las condiciones geológicas (forma, potencia, buzamiento, profundidad y distribución de leyes) y geomecánicas (resistencia de la matriz rocosa, espaciamiento entre fracturas y resistencia de las discontinuidades) del macizo rocoso para roca de mineral, para roca caja techo y para roca caja piso. El segundo paso de la investigación es aplicar la metodología numérica de Nicholas (1981) y así obtener alternativas viables de explotación desde el punto de vista técnico. De este segundo paso, se obtiene posibles alternativas de método de explotación. Finalmente, el tercer paso consiste en evaluar criterios: económicos (reservas, tonelaje, ley, cantidad de producción, vida de la mina), tecnológicos (recuperación, dilución, flexibilidad y velocidad de

desarrollo) y ambientales (seguridad, salud y fuerza laboral); criterios que nos permitan establecer el método de explotación idóneo para el yacimiento. La evaluación y el cumplimiento de los pasos anteriormente mencionados, nos permite obtener un método de explotación adecuado para este tipo de yacimiento. Estableciendo así, un proceso de selección válido donde se evalúa aspectos, tales como: técnico, Palabras clave: condiciones geomecánicas, condiciones geológicas, metodología numérica, criterio técnico, económico, tecnológico, ambiental. económico, tecnológico y ambiental.

Reyes, S. (2017), de la Universidad Nacional de Ingeniería, presenta su tesis "Evaluación geomecánica para la ubicación del nuevo pique en mina Yauricocha asociada al minado hundimiento por subniveles (SLC)", En la presente tesis se trata de explicar desde un punto de vista geomecánico, los procedimientos que se ha seguido para buscar alternativas para la ubicación de un nuevo pique en mina Yauricocha. El tipo de método de explotación "Sublevel Caving - SLC" que se aplica actualmente en la mina genera perturbación en la masa rocosa circundante al área donde se realiza la explotación, principalmente en la parte superior de la misma, de allí la importancia de definir estratégicamente una correcta ubicación del nuevo pique a fin de que no vea comprometido su estabilidad en el tiempo o hasta el nivel proyectado de minado. En este caso, la evaluación está llevado a cabo en el año 2012 por lo que la información citada se refiere a ese año, además los resultados obtenidos que se propusieron pudieron haber estado sujeto a cambios futuros. En ese sentido, el aporte de la tesis nos facilita una guía a seguir para la evaluación geomecánica de un macizo rocoso asociado a la influencia del minado por hundimiento tipo SLC.

b) Antecedentes internacionales

Gómez, M. (2021), de la Universidad de Caldas - Colombia, presenta tesis de investigación “Caracterización, Zonificación Geomecánica y Recomendación del Sostenimiento Necesario Para la Estabilidad de Labores Temporales y Permanentes del Macizo Rocosos en el Nivel 1712 del Cuerpo Zeus de la Mina El Roble”. En este informe se estableció el diseño de sostenimiento a ejecutar en las labores temporales y permanentes del nivel 1712 del cuerpo Zeus en la mina El Roble siguiendo los criterios de calificación internacional de macizos rocosos, Rock Mass Rating (RMR) y Geological strength Index (GSI) (Bieniawski, 1989; Hoek y Marinos, 2000), a partir de sus valores calculados al techo de los túneles de avance dentro del nivel y posteriormente aplicando el estándar de sostenimiento elaborado por el área de geomecánica de la mina; lo que igualmente permitió generar una zonificación geomecánica en la cual se identifica la distribución de tres zonas geomecánicamente diferentes dentro del nivel. Con base en los dos criterios de clasificación mencionados, se encontraron dos tipos de macizo rocoso, los cuales, están representados por cuatro litologías presentes en el yacimiento (basalto, chert, andesita y sulfuro), que a su vez, se dividen en 9 tipos de unidades con características geomecánicas diferentes; cinco de ellas constituyen un macizo de mala calidad (RMR: 31 - 40 y GSI: IF/R - MF/R) y cuatro representan un macizo de calidad regular (RMR: 41 - 60 Y GSI: MF/R) que corresponde al macizo de mejor calidad en el nivel. Estos macizos de baja calidad hacen del nivel 1712 un nivel crítico altamente inestable, sin embargo, el diseño de sostenimiento ejecutado en cada uno de los avances permitió que la extracción de los tajos primarios se llevara a cabo de manera exitosa. Es decir, con cero accidentes por caída de roca, lo que indica que el diseño de

sostenimiento de la mina el Roble funciona de manera adecuada. Palabras clave: Geomecánica, macizo rocoso, Rock Mass Rating (RMR), Geological Strength Index (GSI), zonificación, discontinuidades.

Yucas, V. (2015), Universidad Central del Ecuador, desarrolla la tesis “Análisis geomecánico del macizo rocoso para la construcción de la chimenea Glory Hole mediante el sistema alimak”. Diseñar el sistema de excavación de una chimenea mediante el sistema de levantamiento mecánico Alimak, para el traspaso de material mineralizado, en el área minera “Selva Alegre 1”. Hipótesis: Cómo optimizar el trasiego del material de mina (caliza), tomando en cuenta todos los parámetros de seguridad que contempla la reglamentación interna de la Compañía. Problema: la no construcción de la chimenea en el proyecto en estudio, no permitirá mejorar la parte ambiental, las operaciones mineras de explotación y la rentabilidad de la concesión minera. Marco Referencial: El proyecto se encuentra ubicado en norte del Ecuador, al suroeste de Imbabura, cantón Otavalo, parroquia Selva Alegre. Marco Metodológico: Toma de datos geotécnicos en el tramo franqueado de la chimenea, ensayos de resistencia a la compresión, interpretación de resultados. Marco Teórico: Geología regional y local, génesis del de yacimiento, mineralización, propiedades físico-mecánicas de la roca, descripción del macizo rocoso, clasificación geomecánica RMR, forma y dimensiones de la chimenea, sistemas de fortificación y sostenimiento en base a la caracterización geomecánica, cálculo de los parámetros y x diagramas de perforación y voladura, organización de trabajos que conforman un ciclo de avance de la chimenea, cálculo del sistema de ventilación, consideraciones de desagüe, costos unitarios de las actividades que conforman un ciclo de avance. Conclusión General: Se refiere al conjunto de consideraciones, parámetros y

actividades que conforman el diseño de excavación de una labor subterránea. Recomendación General: Actualizar el mapeo geotécnico a medida que avanza la excavación para solventar las necesidades de sostenimiento que se presenten.

2.2. Bases Teóricas - Científicas.

2.2.1 Geomecánica

2.2.1.1 Perfiles o secciones geomecánicas

Los perfiles geomecánicos se desarrollan a partir de cortes o secciones sobre una zona determinada, en la cual se detalla la información geológica (litología, contactos, estructuras geológicas mayores y menores, etc.) y la calidad del macizo rocoso en base a la clasificación geomecánica establecida. Estas secciones geomecánicas tienen como objetivo mostrar, de manera clara, sencilla y esquemática, la variación del comportamiento del macizo rocoso en una zona dada; asimismo, pueden ser utilizadas en el proceso de zonificación geomecánica, donde se establecen las zonas con comportamiento y propiedades más o menos homogéneos. Además, las secciones geomecánicas suelen ser utilizadas como datos de entrada o "input" en las simulaciones de software (por ejemplo, Phase2), donde se analiza la estabilidad de las excavaciones y el efecto de minado. Para la realización de estas secciones, se recomienda contar con el apoyo del área de geología, ya que normalmente es la encargada de realizar los cortes y secciones esquemáticas de la mina.

2.2.1.2 Propiedades de roca intacta

El macizo rocoso está compuesto por roca intacta y estructuras geológicas. La respuesta de la roca intacta bajo condiciones de esfuerzos especialmente si se trata de roca masiva y rígida de alta

resistencia sujeta a altos esfuerzos (in situ o inducidos) puede conducir a condiciones de estallido de roca; mientras que una roca suave y altamente deformable puede conducir a un comportamiento elastoplástico de altas deformaciones que con el tiempo pueden cerrar la excavación o abertura. Las propiedades mecánicas de la roca intacta son: resistencia a la compresión simple, resistencia a la tracción, resistencia al corte, resistencia a prueba triaxial; la determinación de propiedades elásticas como: el módulo de elasticidad, relación de Poisson; y los ensayos para las propiedades físicas de la roca como son densidad, peso unitario, humedad, porosidad, absorción etc., están en su totalidad estandarizadas por las normas emitidas por la American Society for Testing and Materials (ASTM) o por aquellas propuestas por la ISRM. La preparación de las muestras para los ensayos de las propiedades mecánicas de rocas, sus dimensiones y el número de ensayos son puntos importantes que deben tomarse en cuenta al momento de recoger en el campo los bloques de roca que posteriormente serán remitidos al laboratorio. Cada tipo de ensayo tiene sus normas en cuanto a dimensiones, orientación de ensayo, etc., las cuales deben observarse cuidadosamente si deseamos obtener resultados que sean representativos y válidos para ser empleados en el diseño. A continuación, se listan y resumen brevemente los distintos tipos de ensayos que permiten determinar las propiedades de la roca intacta.

2.2.1.3 Ensayo de propiedades físicas

El principal objetivo de este ensayo es determinar las propiedades físicas de la roca, tales como la densidad (seca y saturada), porosidad aparente y absorción. Para esto, se emplearán los procedimientos establecidos por ASTM e ISRM.

2.2.1.4 Ensayo de compresión simple (UCS)

El ensayo de compresión simple tiene como objetivo determinar la resistencia máxima a la compresión de una muestra cilíndrica de testigo, la cual es sometida a una carga axial sin ninguna carga de confinamiento, que debe ser aplicada de manera continua e incrementada gradualmente hasta que la muestra falle. El esfuerzo normal vertical sobre el espécimen, cuando la falla ocurre, es conocido como la resistencia a la compresión simple o resistencia a la compresión no confinada. Además del ensayo de compresión simple propiamente dicho, existen otros ensayos que permiten estimar la resistencia obtenida del ensayo de compresión simple, estos son el ensayo de carga puntual y el ensayo con esclerómetro (martillo Schmidt).

2.2.2 Geomorfología

La morfología del área andina de la zona de estudio es el resultado de los efectos degradatorios causados por los agentes de meteorización que han actuado sobre las rocas existentes, habiendo tenido un papel preponderante en el modelo actual las temperaturas, las precipitaciones, las aguas de escorrentía tanto superficiales como subterráneas.

Se reconoce una superficie denominada Superficie Puna, siendo en el área de Cerro de Pasco más madura, con una morfología moderadamente plana y ondulada, pero sin lograr una planización completa, esta superficie se estableció truncando los pliegues de la tectónica Incaica que afectó a los estratos Paleozoico y Mesozoico.

2.2.3 Evaluación Geomecánica

La geomecánica, en concepto de Cook, es el estudio de las características mecánicas de los suelos y las rocas (denominados materiales geológicos), también sirve para determinar su comportamiento, en función a los

cambios de esfuerzos, presión, temperatura y otros parámetros ambientales. Así pues, como extiende su concepto el citado autor, la geomecánica es una ciencia relativamente nueva en tendencia.

La evaluación geomecánica del macizo rocoso influye significativamente en la elección del sostenimiento de las labores de explotación en la mina Marcapunta Zona Norte; asimismo, la aplicación de la evaluación geomecánica, determina los problemas de inestabilidad de la masa rocosa en la mina San Cristóbal y por lo mismo se han planteado alternativas de sostenimiento para garantizar la estabilidad de las labores. Se tiene mayor ocurrencia en forma de cuñas a lo largo de los subniveles, donde las excavaciones van paralelas al sistema principal de discontinuidad, todo esto de acuerdo al análisis de estabilidad estructuralmente controlado. El sostenimiento recomendado es con pernos helicoidales de 10 pies y shotcrete de 2 pulgadas para la primera etapa, en la segunda etapa el sostenimiento fue pesado con el uso de shotcrete, pernos helicoidales, malla electrosoldada y cimbras porque así lo requiere el terreno”.

2.3. Definición de términos básicos

- **Apertura.** Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presenta. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores ya mayor apertura, las condiciones serán más desfavorables.
- **Buzamiento (DIP).** Es el Angulo de la veta, estrato o manto que forma con respecto a la horizontal y se mide en un plano vertical.
- **Caballo.** Es la zona estéril de considerable tamaño que se presenta dentro de la veta generalmente del mismo material de las rocas encajonantes.
- **Caja Piso.** Es la roca que se encuentra debajo de la veta.
- **Caja Techo.** Es la roca sobre el lado superior de una veta inclinada.

- **Constituyentes esenciales de los criaderos.** la mena, la ganga y el estéril.
- **Contactos litológicos.** Que comúnmente forman, por ejemplo, la caja techo y caja piso de una veta.
- **Criadero, Yacimiento o Depósito Mineral.** Parte o fracción de la corteza terrestre donde por procesos geológicos se formaron o forman sustancias minerales útiles, que pueden ser explotadas con beneficio económico, con los medios técnicos disponibles.
- **Cuerpo (ORE BODY).** Son depósitos de minerales, grandes e irregulares sin forma, ni tamaño definido.
- **Depósitos primarios y secundarios.** Los primeros son los que están asociados al proceso de formación original de las rocas. Los segundos se forman por alteración de los primeros y en general suelen dar lugar a la formación de nuevos minerales.
- **Desmonte.** Es todo material estéril que no posee valor económico.
- **Diaclasas.** También denominadas juntas, son fracturas que no han tenido desplazamiento y las que comúnmente se presentan en la masa rocosa.
- **Diseminaciones.** Son yacimientos mineralizados donde los granos de mineral están dispersos dentro de la masa rocosa.
- **Espaciado.** Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.
- **Estratificación.** Es una superficie característica de rocas sedimentarias que separa capas de igual o diferente litología. Estas rocas también pueden estar presentes en rocas que hayan originado por metamorfismo de rocas sedimentarias.

- **Explotación.** Es un proceso de minado para extraer el mineral económico utilizando los diversos métodos de explotación para posteriormente ser beneficiado en la planta concentradora.
- **Fallas.** Son fracturas que han tenido desplazamiento. Estas son fracturas menores que representan en áreas locales de la mina o estructuras muy importantes que pueden atravesar toda la mina.
- **Ganga.** Zona no valiosa del mineral que está asociada a la parte con buena ley. Este concepto es relativo puesto que varía de acuerdo con el tiempo, las cotizaciones y la ley del mineral.
- **Hilos.** Vetillas de mineral muy delgadas que se cruzan entre sí.
- **Investigaciones Geotécnicas.** Es un programa de investigaciones geotécnicas por medio de perforaciones diamantinas, a fin de obtener parámetros y características hidrogeológicas de los materiales presentes en la zona de estudio.
- **Lentes.** Es el yacimiento de forma lenticular cuya potencia disminuye hacia su contorno. El largo de los lentes es de decenas de metros.
- **Mantos.** Cuerpo mineralizado en forma tabular, generalmente se encuentran en posición horizontal o ligeramente inclinado menor de 30°, relativamente de considerable potencia.
- **Masa Rocosa.** Es el medio in situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales.
- **Matriz rocosa.** Material rocoso sin discontinuidades o bloques de roca intacta entre discontinuidades (muestra de mano o mayor). A pesar de considerarse continua es heterogénea y anisótropa, ligada a la fábrica, textura y estructura, mineral.

- **Mena.** Parte más valiosa del mineral a partir del cual se puede obtener económicamente uno o más metales.
- **Mineral.** Materia inorgánica de origen natural que compone la corteza terrestre, posee un valor económico y constituido por 2 elementos: La mena y la ganga. También es una materia inorgánica.
- **Minería.** Parte de la industria que se ocupa de la búsqueda, extracción, beneficio y venta de los minerales y rocas de rendimiento económico.
- **Orientación.** Es la posición de la discontinuidad en el espacio y es descrito por su rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una “familia” de discontinuidades.
- **Perfil geotectónico.** Es el conjunto de actividades que comprende la investigación del subsuelo los análisis y recomendaciones para el diseño y construcción en el subsuelo.
- **Perfil litológico.** Es la parte de la geología que estudia la composición y estructura de las rocas, como su tamaño de grano, características físicas y químicas, estructuras metamórficas, etc. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante.
- **Perforación.** Es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca huecos cilíndricos denominados taladros y están destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores.
- **Persistencia.** Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea esta, será menos estable.

- **Pliegues.** Son estructuras en las cuales los estratos se presentan curvados., son intrusiones de roca ígnea de forma tabular, que se presentan generalmente empinadas o verticales.
- **Potencia.** Espesor o ancho de un yacimiento mineralizado que se mide perpendicular a las cajas.
- **Productividad.** Es la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.
- **Relleno:** Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando éstos son más duros, ésta es más competente.
- **Roca intacta.** Es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio.
- **Roca meteorizada.** Es la descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrósfera y la biósfera.
- **Rugosidad.** Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanta menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea ésta, la masa rocosa será más competente.
- **Rumbo (STRIKE).** Es la orientación de la veta, estrato o manto inclinado con relación al norte magnético y se mide en un plano horizontal.
- **Veta o Filon.** Son pequeñas ranuras de la corteza terrestre rellena con mineral, generalmente inclinada mayor a 30° con desarrollo regular en longitud, ancho y profundidad

- **Yacimiento de Mineral.** Compuesto de uno o más minerales que contiene sustancias metálicas aprovechables cualquiera que sea su tamaño o la forma que presenta el conjunto.
- **Zonas de corte.** Son bandas de material que pueden ser de varios metros de espesor, en donde ha ocurrido fallamiento de la roca.
- **Zonificación geomecánica.** Proceso de delimitación de zonas en donde la masa rocosa tiene condiciones geomecánicas similares y por lo tanto también comportamiento similar.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Con la evaluación Geomecánica se realizará el minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Si determinamos los parámetros Geotécnicos se efectuará el minado subterráneo de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
- b) Si realizamos la zonificación geomecánica se ejecutará el minado subterráneo de la Zona de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1 Variable Independiente:

X: Evaluación Geomecánico.

2.5.2. Variable Dependiente:

Y: Minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

Tabla 1.
Operacionalización de Variables.

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Evaluación Geomecánica.	En las operaciones de explotación subterráneas se requieren efectuar la Evaluación Geomecánica, la cual permitirá determinar los parámetros de estabilidad y mediante este proceso se proporciona información útil para el diseño y dimensionamiento de la Mina. En este sentido es necesario realizar la Evaluación Geomecánica, cuyo desarrollo y resultados se muestran en el presente trabajo de investigación.	Caracterización Geomecánica. Parámetros Geotécnicos	Tipo de roca Tiempo de Auto Soporte Zonificación
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte	Para cumplir con el objetivo mencionado, en una primera fase el estudio fue orientado al desarrollo del modelo geomecánico, con el fin de obtener la información necesaria que permita evaluar los factores principales del control de la estabilidad, y estimar los parámetros geomecánicos básicos. En una segunda fase, se integró la información del modelo geomecánico, con el fin de evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones subterráneas asociadas con el minado de las zonas de estudio.	Parámetros Geomecánicos	Tiempo de Auto Soporte Estabilidad Dimensionamiento o. de cámaras y pilares

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

Cuantitativa en función a la evaluación geomecánica para realizar el minado subterráneo de Marcapunta Norte.

- Aplicada: Fundamentalmente al minado subterráneo.
- Experimental: Análisis realizado a la Zona de Marcapunta Norte
- Documental: Información del antes y después de Marcapunta Norte.
- Campo y de laboratorio: Información in-situ y resultados de laboratorio.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de esta investigación es Aplicativa.

3.3. Métodos de la Investigación.

Los métodos utilizados fueron:

Método deductivo: Análisis de la base datos para definir y llegar a una determinación decisiva.

Método inductivo: Conclusiones a partir de los datos in-situ y los informes de Marcapunta Norte.

3.4. Diseño de la Investigación

El diseño corresponde a la investigación cuantitativa, para identificar predisposiciones, realizar predicciones, comprobar relaciones y obtener resultados generales para el minado de Marcapunta Norte.

3.5. Población y muestra

3.5.1 Población

La Zona de Marcapunta Norte, como referencia principal.

3.5.2 Muestra

Localmente, en la Zona Norte, la roca mineralizada está directamente relacionada a la caliza, la roca del techo a la caliza y dolomía y la roca del piso a areniscas.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1 Técnicas

Descripción de las técnicas empleadas

- **Recopilación de datos**

Las características estructurales de las discontinuidades se establecieron mediante tratamiento estadístico de la información registrada en el mapeo geomecánico.

- **Observación y caracterización.**

Compatibilizar los resultados con las observaciones in-situ en la Zona Norte, en la estructura mineralizada, la calidad de la masa rocosa por lo general pertenece al dominio Mala A (DE-IVA), y la caja techo pertenece al dominio Mala B (DE-IVB).

- **Búsqueda de información bibliográfica**

La información obtenida por internet, fue orientado al desarrollo del modelo geomecánico, con el fin de obtener la información necesaria que permita

evaluar los factores principales del control de la estabilidad, y estimar los parámetros geomecánicos básicos.

3.6.2 Instrumentos.

Instrumentos de recolección de datos.

- Materiales

- Planos Topográficos y Geológico.
- Mapeos geomecánicos Anteriores.
- Mapeos geomecánicos Actuales.
- Minado subterráneo (Archivo de la empresa).
- Picsa, brújula, wincha, flexómetro, mapeador.
- Equipos topográficos.
- Libreta de recolección de información.

3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.

La recopilación de datos para la caracterización del macizo rocoso en la Mina Marcapunta Zonas Norte, fue realizado a partir de los mapeos geomecánicos de las paredes rocosas en las distintas labores subterráneas existentes que forman parte de los desarrollos para la futura explotación,

Los trabajos del mapeo geomecánico de las labores mineras subterráneas, fueron realizadas con una adecuada técnica, para ello utilizó el "método directo por celdas de detalle" haciendo mediciones sistemáticas en distintos tramos y cuya información recopilada fue plasmada directamente en los planos topográficos.

3.8. Tratamiento Estadístico

Las cuantificaciones tomadas en cuenta fueron: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, intemperización y presencia de

agua. Adicionalmente se registraron datos sobre la resistencia de la roca y la frecuencia de fracturamiento. Procesos en base a detalles estadísticos para su adecuada performance.

3.9. Orientación ética, filosófica y epistémica

La ética profesional, fue establecida teniendo en cuenta los valores y principios de la elaboración de una investigación tomando como base los principios éticos básicos: Respeto a las personas, Búsqueda del bien y Justicia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de Campo.

4.1.1. Caracterización de la masa rocosa

El objetivo La recopilación de datos para la caracterización del macizo rocoso en la Mina Marcapunta Zonas Norte, fue realizado a partir de los mapeos geomecánicos de las paredes rocosas en las distintas labores subterráneas existentes que forman parte de los desarrollos para la futura explotación, así mismo, a partir del logueo geotécnico realizado en testigos rocosos de sondajes diamantinos que cruzan la zona en evaluación. Los trabajos del mapeo geomecánico de las labores mineras subterráneas, fueron realizadas por el personal de la mina, para ello utilizó el "método directo por celdas de detalle" haciendo mediciones sistemáticas en distintos tramos y cuya información recopilada fue plasmada directamente en los planos topográficos. Para este propósito, los parámetros de observación y medición fueron adecuados a las normas sugeridas por la International Society for Rock Mechanics (ISRM), las cuales están contenidas en los formatos de registro de las mediciones efectuadas en las estaciones rocosas como se puede ver en el Anexo 1. Los parámetros tomados en cuenta fueron: tipo de roca, tipo de sistema de

discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, intemperización y presencia de agua. Adicionalmente se registraron datos sobre la resistencia de la roca y la frecuencia de fracturamiento.

4.1.2. Aspectos litológicos

Las características litológicas simplificadas de la masa rocosa de la Zona Norte son las siguientes:

Zona Norte (N): Al techo está presente la caliza y dolomía. La caliza empaqueta el manto mineralizado, existen trazas de dolomía y limoarcilla. Finalmente, al piso se encuentra la arenisca.

4.1.3. Distribución de las discontinuidades

Para establecer las características de la distribución de discontinuidades se ha tenido como fuente los datos de orientación extraídos de los planos geomecánicos proporcionados por Brocal, conformados principalmente por fallas, diaclasas y estratificación (dirección de buzamiento y buzamiento).

Estos datos fueron procesados para conocer el arreglo estructural de la masa rocosa del área en estudio. El procesamiento se realizó mediante técnicas de proyección estereográficas, utilizando el software DIPS 6.008 de Rocscience Inc.

Para la Zona Norte se ha tenido información disponible en los Niveles 4200 y 4220, un resumen se presenta en la Tabla 2 y los estereogramas en las Ilustración 4, 5 y 6.

Tabla 2.
Sistemas de discontinuidades estructurales
(Data rescatada – Fallas, diaclasas y estratificación)

Zonas	Zonas	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
Norte	Rumbo/Buz.	N63°W/40°NE	N70°E/47°NW	---
	Dir. Buz./Buz.	027°/40°	340°/47°	---

Ilustración 4.
Diagrama estereográfico de contornos Zona N.

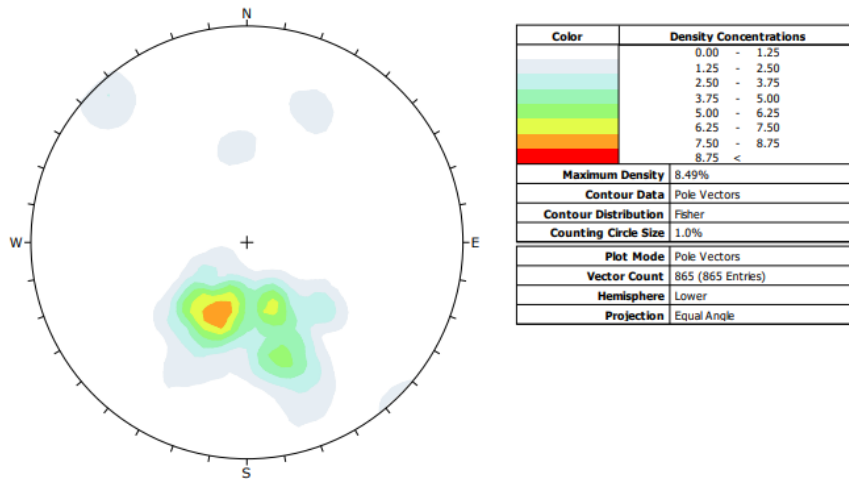


Ilustración 5.
Estereografía de planos principales Zona N.

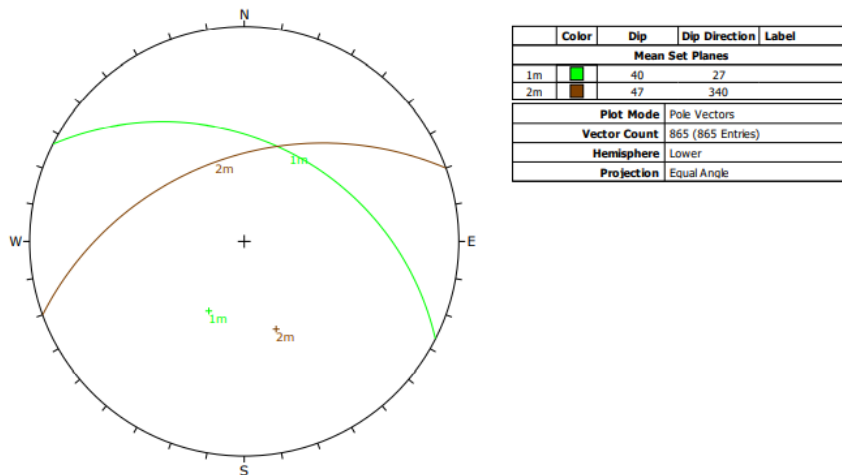
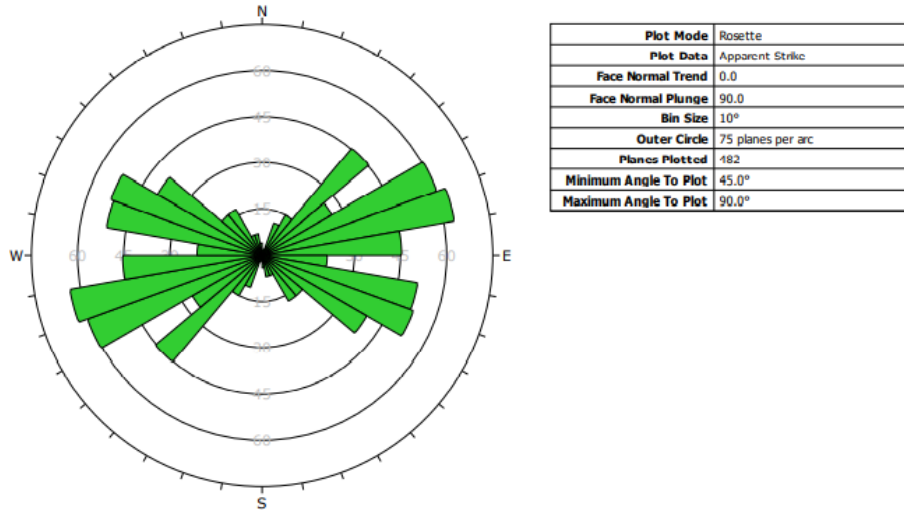


Ilustración 6.
Diagrama de roseta Zona N



De la información estructural recopilada y procesada, en la Tabla 2 y de las ilustraciones anteriores en resumen se puede mencionar lo siguiente:

- En la Zona N los sistemas principales son: el Sistema 1 con rumbo NWW y buzamiento medio al NE y el Sistema 2 con rumbo NEE y buzamiento medio al NW.

4.1.4. Aspectos estructurales

Las características estructurales de las discontinuidades se establecieron mediante tratamiento estadístico de la información registrada en el mapeo geomecánico del macizo rocoso en las labores subterráneas (ver Anexo 1), además, se ha complementado con la información del logueo geotécnico de testigos rocosos de los sondajes diamantinos elaborados como parte del presente estudio (ver Anexo 2). A partir de estos datos se ha podido resaltar las principales características estructurales generales de las discontinuidades asociadas a los cuerpos mineralizados y su entorno.

Fallas

Las fallas tienen espaciamientos por lo general mayores a 20 m, la persistencia es de decenas de metros, la apertura es de 1 a 5 mm, las superficies de las caras son lisas con ciertas ondulaciones. Estas estructuras están rellenas con materiales de panizo, brechas, materiales oxidados y arcillas, el espesor de estos rellenos varía entre 5 y 10 cm. El área de influencia de las fallas no es significativa. Las fallas ubicadas dentro de los cuerpos mineralizados constituyen conductos a través de los cuales se producen filtraciones de agua en forma de goteos.

Estratos

Sus características estructurales generales son: espaciamiento entre 20 a 60 cm y de 6 a 20 cm, persistencia de 10 a 20 m, apertura menor a 1 mm, las paredes son ligeramente rugosas a rugosas con ciertas ondulaciones, el relleno es suave y también hay relleno duro, menor a 5 mm, con presencia de óxidos, arcillas, carbonatos y pirita. Las paredes de los estratos por lo general están ligera a moderadamente intemperizadas. Las condiciones de presencia de agua subterránea corresponden mayormente a humedad.

Diaclasas

Sus características estructurales son: espaciamiento entre 20 a 60 cm y de 6 a 20 cm, persistencia de 3 a 10 m, apertura menor a 1 mm, las paredes son ligeramente rugosas a rugosas, el relleno es suave a medianamente duro siendo menor a 5 mm con presencia de arcillas, calcita y pirita. Las superficies de las diaclasas por lo general están sanas a ligeramente alteradas, con presencia de humedad en la mayor parte, seguido de algunas superficies mojadas de modo local a consecuencia de filtraciones de agua.

4.1.5. Clasificación de la masa rocosa

Para clasificar geomecánicamente a la masa rocosa, se utilizó el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR – Rock Mass Rating o Valoración de la Masa Rocosa – 1989). Los valores del índice de calidad de la roca (RQD), por un lado, fueron determinados 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, por otro lado, se utilizó la data de RQD registrada durante el logeo geotécnico de los testigos rocosos de los sondajes diamantinos.

El criterio de Bieniawski (1989) modificado para esta evaluación a fin de clasificar a la masa rocosa, se presenta en el siguiente cuadro:

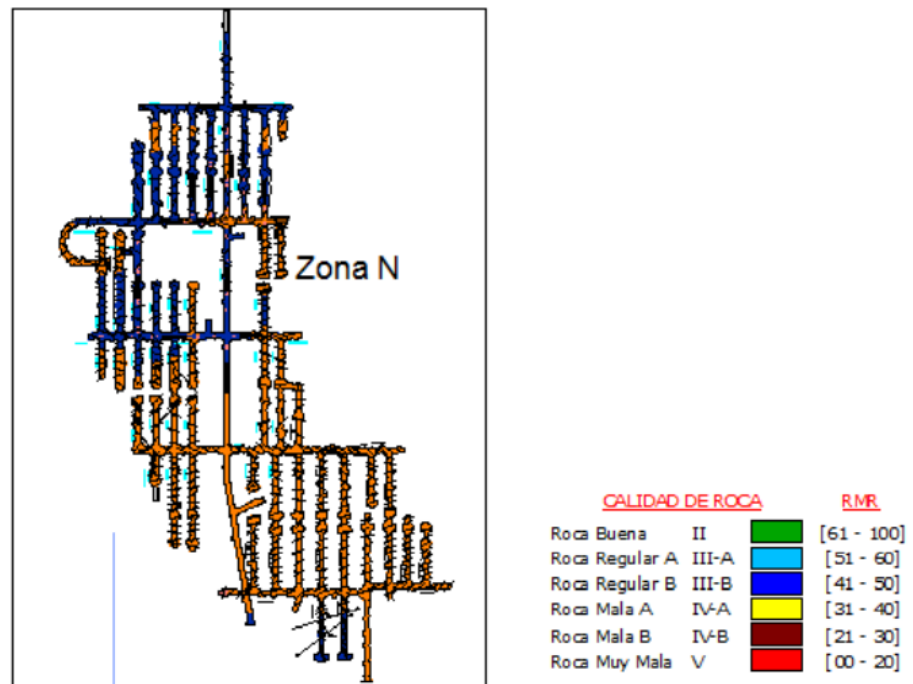
Tabla 3.
Criterio para la clasificación de la masa rocosa

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
IIIA	51 – 60	2.18 – 5.92	Regular A
IIIB	41 – 50	0.72 – 1.95	Regular B
IVA	31 – 40	0.24 – 0.64	Mala A
IVB	21 – 30	0.08 – 0.21	Mala B
V	< 21	<0.08	Muy Mala

Las fuentes de información para clasificar a la masa rocosa de la zona Norte a evaluar han sido el mapeo geomecánico en las labores subterráneas en los distintos niveles antes mencionados los cuales fueron realizados por el personal de Geomecánica de la Mina Marcapunta y de la información del logeo geotécnico de los testigos rocosos de los sondajes diamantinos realizado para la presente evaluación con la supervisión del Departamento de Geomecánica. En la Ilustración 7 se aprecia el mapeo de las labores de la Zona Norte.

Ilustración 7.

Zonificación geomecánica en planta de la cota 4300 de Marcapunta Norte.



Se ha observado en la clasificación que en los cuerpos mineralizados y su entorno se presentan calidades de masa rocosas que van desde Mala B (IVB) hasta calidad Buena (II), en toda la zona se observa la presencia de tramos menores con calidad Muy Mala (V) dentro de los cuerpos mineralizados, algunos de ellos se hallan asociados a contactos litológicos y presencia de fallas. En el plano de zonificación se puede observar estos aspectos.

4.1.6. Zonificación geomecánica de la masa rocosa

Para la aplicación racional de los diferentes métodos de cálculo de la mecánica de rocas, es necesario que la masa rocosa bajo estudio esté dividida en áreas de características estructurales y mecánicas similares, debido a que los criterios de diseño y el análisis de los resultados, serán válidos solo dentro de masas rocosas que presenten propiedades físicas y mecánicas similares. En ese sentido, se debe establecer una zonificación geomecánica dentro de cada

área de estudio, estas zonas geomecánicas son las que conformaran los dominios estructurales.

Para elaborar la zonificación geomecánica se ha utilizado la información de todos los sondajes logueados geotécnicamente para el presente estudio, además de contar con el mapeo geomecánico de todas las labores existentes. En la Ilustración 8 se muestra la ubicación espacial de la Zona Norte, además de los sondajes utilizados para la zonificación geomecánica realizada.

Según la información procesada y del modelamiento geotécnico realizado en MineSight, se ha establecido la calidad de la zona. Se han elaborado algunas secciones de la zona donde se ha tenido información geotécnica de los sondajes, y para una visualización de los resultados de la zonificación en MineSight se han aprovechado las mismas secciones para mostrar los resultados.

En la Ilustración 9 se muestra dos ejemplos de secciones de la zonificación geomecánica en la Zona Norte. En las secciones se observa los contornos de la calidad promedio que se puede estimar en distintos sectores. El interés nuestro esta direccionado a saber la calidad en el tramo mineralizado.

Ilustración 8.

Vista esquemática MineSight de la Zona Norte en evaluación.

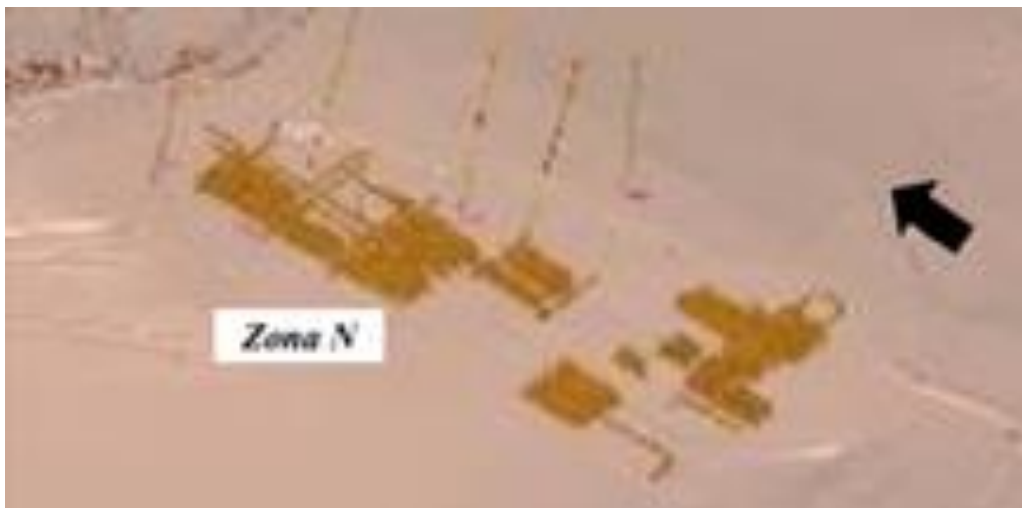
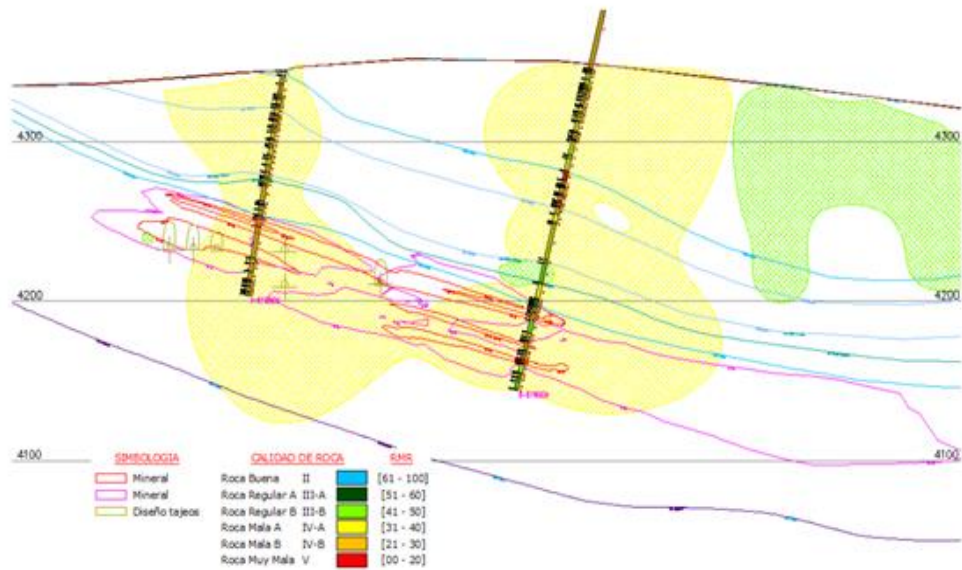


Ilustración 9.

Zonificación geomecánica transversal en la Zona N (vista mirando al N).



A partir de los planos de zonificación obtenidos podemos estimar la tendencia de la calidad RMR de la masa rocosa en las zonas mineralizadas. Revisando todas las secciones de zonificación geomecánica se ha realizado el siguiente cuadro donde se indica la calidad de la masa rocosa expresada en dominios estructurales para la Zona N.

Tabla 4.

Zonificación geomecánica y calidades de masa rocosa

Zona	Zona	Promedio RMR	Calidad RMR	Dominio Estructural
N	Caja techo	25	Mala B	DE-IVB
	Mineral	35	Mala A	DE-IVA
		25	Mala B	DE-IVB

A partir de este cuadro haremos algunas descripciones importantes para las zonas que nos llevarán a entender el comportamiento de la calidad de la masa rocosa.

Zona Norte (N):

En la Zona N hay una marcada diferencia de calidades, ya que según los datos en todo este sector la calidad es inferior a las otras zonas, estando el mineral entre Mala B (DE-IVB) y Mala A (DE-IVA). Según la zonificación geomecánica obtenida del modelo se observa que en promedio puede considerarse todo este sector con calidad del dominio Mala A (DE-IVA) con un promedio de RMR igual a 35. Respecto a la caja techo que se ubica en la parte superior del mineral, según la zonificación resulta en el dominio Mala B (DE-IVB), se menciona que, según la experiencia en las excavaciones existentes, la calidad en el contacto y en la caja techo es por lo general inferior respecto al mineral.

Otro aspecto importante a notar es que, al tener calidades diferentes en distintos tramos, el diseño de los tajeos puede que no mantengan una regularidad debido a los tramos de mala calidad. Esta cierta heterogeneidad de la calidad de la masa rocosa es más notoria a medida que avanzamos desde el Sur hacia el Norte.

4.1.7. Resistencia de la roca intacta

Uno de los parámetros más importantes del comportamiento mecánico de la masa rocosa, es la resistencia compresiva no confinada de la roca intacta (σ_c). Durante los trabajos de campo, en las estaciones geomecánicas de las labores mineras se realizaron golpes con el martillo de geólogo para estimar este parámetro, registrando los resultados directamente en los planos de zonificación. Similares procedimientos fueron realizados para la estimación de la resistencia en los testigos rocosos que fueron logueados geotécnicamente.

También durante la etapa de mapeo de campo se han realizado ensayos de rebote con el martillo Schmidt, siguiendo las normas sugeridas por la ISRM, para estimar la resistencia compresiva de la roca intacta. Los valores obtenidos

en mineral y calizas han indicado rebotes del martillo de 25 hasta 45 que representa valores de UCS de 45 hasta 155 MPa.

Para la estimación de los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, se ha utilizado también la información de resultados de ensayos que fueron parte de estudios geomecánicos de años anteriores pertenecientes a la zona de Marcapunta, teniendo en consideración que la masa rocosa es similar. Los ensayos realizados fueron compresión uniaxial, compresión triaxial, resistencia a la tracción y ensayo de constantes elásticas. Por la importancia de conocer la resistencia dentro de la zona mineralizada, es que los ensayos fueron direccionados a este tipo de muestras de bloques de roca. A continuación, se presentan en distintos cuadros dichos resultados de los ensayos realizados.

Tabla 5.
Resultados de ensayos de compresión uniaxial

Bloque	Descripción	σ_c (MPa)
M-2	Mineral	123.83
M-3	Mineral	178.35
M-6	Mineral	79.25
M-7	Mineral	52.83

Los ensayos de compresión triaxial se realizaron además para la determinación de la constante “mi” del criterio de falla de Hoek & Brown (2002-2006) y los parámetros de resistencia al corte tales como cohesión y el ángulo de fricción, ambos para la roca intacta, además los ensayos de tracción indirecta para determinar la resistencia a la tracción y ensayos de constantes elásticas para determinar el módulo de deformación y la relación de Poisson.

Tabla 6.

Resultados de ensayos de compresión triaxial

Bloque	Descripción	σ_c (MPa)	" m_i "	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción (°)
M-2	Mineral	107.5	50.00	7.376	44.45
M-4	Mineral	91.6	41.56	6.252	42.86
M-5	Mineral	82.0	38.18	7.996	42.13
M-5	Mineral	99.7	14.67	5.575	33.80

Tabla 7.

Resultados de ensayos tracción indirecta

(Determinados con ensayos por método brasilero)

Bloque	Descripción	Resistencia a la tracción " σ_t " (MPa)
M-2	Mineral	10.25
M-6	Mineral	6.78

Tabla 8.

Resultados de ensayos de constantes elásticas

Bloque	Descripción	σ_c (MPa)	Módulo de Elasticidad " E " (Kg/cm ²)	Constante de Poisson " ν "
M-2	Mineral	152.0	574253	0.15
M-5	Mineral	126.0	673790	0.13

Finalmente, respecto a la roca intacta, también se han llevado a cabo ensayos de propiedades físicas a fin de conocer los parámetros de densidad, absorción y porosidad de las muestras de mineral. En el Cuadro 4.8 se presenta el resumen de los resultados.

Tabla 9.

Propiedades físicas de la roca intacta

Bloque	Descripción	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Densidad seca (gr/cm ³)
M-3	Mineral	2.34	0.76	3.08
M-4	Mineral	1.76	0.51	3.50

4.1.8. Resistencia de las discontinuidades

Desde el punto de vista de la estabilidad controlada por las discontinuidades estructurales, es importante conocer las características de resistencia al corte de estas discontinuidades, ya que éstas 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 del criterio de falla Mohr-Coulomb. Estos parámetros fueron obtenidos también por ensayos de corte directo en superficies de discontinuidades en laboratorio de mecánica de rocas. En el Cuadro 4.9 se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 10.
Resultados de ensayos de corte directo

Bloque	Descripción	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción (°)
M-3	Mineral	0.15	42.61
M-7	Mineral	0.10	45.56

4.1.9. Resistencia de la masa rocosa

Para estimar los parámetros de resistencia de la masa rocosa, se utilizó el criterio de falla de Hoek & Brown (2002, 2007), mediante el programa RocLab de Rocscience Inc. (2013). Para ello se tomaron los valores más representativos de calidad de la masa rocosa como resultado de la zonificación geomecánica realizada, asimismo de la resistencia compresiva uniaxial y de la constante “mi” ambas de la roca intacta, descritos en el presente estudio. En el Cuadro 4.10 se presentan los parámetros de resistencia de la masa rocosa asociados al estudio.

Tabla 11.
Parámetros de resistencia de la masa rocosa

Zona	Sector	GSI	σ_c (MPa)	γ (MN/m ³)	"mi"	mb	s _{nr}	Emr MPa	Poisson "v"
N	Caja techo	25	10	0.026	10	0.687	0.000240	299	0.32
	Mineral	35	35	0.030	15	1.137	0.000436	1496	0.30
		25	25	0.030	15	0.765	0.000133	595	0.32
SW	Caja techo	35	20	0.026	10	0.758	0.000436	855	0.29
	Mineral	55	100	0.031	15	2.515	0.004714	15661	0.23
		45	70	0.031	15	1.691	0.001436	5833	0.25
SE	Caja techo	35	20	0.026	10	0.758	0.000436	855	0.29
	Mineral	55	90	0.031	15	2.515	0.004714	14095	0.24
		45	60	0.031	15	1.691	0.001436	5000	0.26
		35	35	0.031	15	1.137	0.000436	1496	0.28

Donde:

GSI : Geological Strength Index

σ_c : Resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta

γ : Densidad de la roca intacta

mi : Constante de la roca intacta

mb : Constante de la masa rocosa

s : Constante de la masa rocosa

Emr : Módulo de deformación de la masa rocosa

v : Relación de Poisson de la masa rocosa

4.1.10 Condiciones del agua subterránea

El efecto principal de la presencia del agua dentro de la masa rocosa es la presión que ejerce en las discontinuidades, disminuyendo la resistencia al corte y favoreciendo la inestabilidad, por lo que es importante evaluar las características de presencia del agua. En el área de estudio de Marcapunta Norte, en las labores existentes cercanas a las zona de evaluación, la presencia del agua subterránea no es muy significativa, lo que se ha observado durante los trabajos de campo en las labores donde se ha realizado el mapeo

geomecánico, han sido condiciones mayormente húmedas, en ciertos casos y en forma local se han observado condiciones de mojado a goteo, hasta pequeños flujos. Por estas características de presencia del agua subterránea, se espera que no haya influencia significativa sobre las condiciones de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado. Cabe señalar que las limoarcilitas que están presentes en la caja techo favorecen al bloqueo del agua ya que constituyen materiales impermeables, los cuales impiden las filtraciones del agua hacia la zona inferior. Por otro lado, en las labores mineras de la explotación antigua de Marcapunta Norte, se observan características de presencia del agua con condiciones o características descritas en el párrafo precedente. En el estudio del EIA de Marcapunta Norte, elaborado por la empresa consultora SVS, se anticipa que el caudal máximo de agua que sería evacuado por el Socavón Smelter es de 6.69 l/s. Este socavón constituye la labor minera de drenaje de Marcapunta Norte

4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1 Dimensionamiento del Minado

En este capítulo se desarrollan los “análisis de diseño” para evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado, integrando toda la información desarrollada durante las investigaciones básicas y considerando la geometría de las excavaciones. Los análisis de estabilidad involucraron la investigación de los posibles mecanismos de falla de la masa rocosa circundante a las excavaciones, tomando en cuenta la geometría de estas últimas, el arreglo estructural de la masa rocosa, las características de resistencia de la misma y la influencia de los esfuerzos.

4.2.2 Direcciones preferenciales de avance de las excavaciones

direcciones preferenciales en las cuales debe ser alineado el avance de las excavaciones, para lograr mejores condiciones de estabilidad de las mismas.

Las condiciones más favorables para la estabilidad ocurren cuando se avanzan las excavaciones en forma perpendicular a las estructuras principales; de manera contraria, las condiciones más desfavorables para la estabilidad ocurren cuando se avanzan las excavaciones en forma paralela a las estructuras principales. De acuerdo con el arreglo estructural que presenta la masa rocosa en las tres zonas en evaluación, la dirección preferencial de avance para las excavaciones es en la dirección NS o viceversa. Actualmente todos los tajeos están alineados con esta dirección y este hecho es favorable para la estabilidad de los tajeos. Por otro lado, es necesario acotar que la dirección menos favorable para la estabilidad de las excavaciones es cuando se avanza en la dirección EW ya que los principales sistemas de discontinuidades tienen rumbo con esta dirección.

4.2.3 Aberturas máximas de las excavaciones y sostenimiento

Para propósitos de esta evaluación, las excavaciones han sido divididas en tres categorías: excavaciones permanentes, excavaciones temporales y tajeos.

Excavaciones permanentes

Estas incluyen, por ejemplo: rampas, galerías de nivel, talleres de mantenimiento, estaciones de bombeo, comedores, polvorines, etc. En lo posible estas excavaciones deben ser orientadas según las direcciones preferenciales de avance mencionadas en el acápite anterior (4.2.2). Para tales orientaciones, se mejorará la velocidad de excavación y se disminuirán los requerimientos de sostenimiento, en general las condiciones de estabilidad de las excavaciones serán mejores.

Según los resultados de la clasificación de la masa rocosa y de la zonificación geomecánica del yacimiento, las excavaciones permanentes deben

ubicarse en la roca caliza por presentar mejor calidad respecto a los tramos estériles de dolomías o vulcanoclastos.

Si consideramos el criterio dado en el Cuadro 4.2 para clasificar a la masa rocosa del yacimiento, podemos establecer las siguientes aberturas máximas para las excavaciones permanentes considerando diferentes rangos de valores RMR.

Tabla 12.
Aberturas máximas de las excavaciones permanentes

Dominio	Rango RMR	Promedio RMR	Abertura máxima (m)
DE-II	> 60	65	8.1
DE-IIIA	51 – 60	55	5.2
DE-IIIB	41 – 50	45	3.3
DE-IVA	31 – 40	35	2.1

Las aberturas máximas mostradas en la Tabla 12 corresponden a excavaciones sin sostenimiento sistemático, es decir, por ejemplo, en el caso de una roca del DE-IIIA RMR 55, aberturas de 5.2 m o menores necesitarán solo sostenimiento esporádico según lo requiera la roca localmente. Esto puede ser verificado en la Ilustración 10, para $Q = 3.39$ ($RMR \approx 55$) y $ESR = 1.6$. El sostenimiento esporádico sería efectuado con pernos de roca tipo varilla corrugada o barra helicoidal, cementado o con resina de 7 a 8 pies de longitud y malla metálica de ser requerida. Cuando las excavaciones permanentes sean de mayor tamaño a las nombradas, en estas deberá instalarse un sostenimiento también permanente, que sea resistente a la corrosión y que sea capaz de soportar cargas adicionales debidas a los cambios de las condiciones de esfuerzos a lo largo de la vida de la mina. Para la aplicación del sostenimiento también se debe tomar en cuenta la formación de cuñas en el techo y paredes.

Cabe señalar que, en la minería subterránea del país, las labores mineras permanentes más comunes son aquellas que tienen entre 4 y 5 m de

abertura máxima (rampas y galerías de nivel), según esto, para el caso de la Zona Norte, de la Mina Marcapunta, en la Tabla 13 se presenta el sostenimiento recomendado para labores de avance permanentes en función de la calidad de la masa rocosa.

Ilustración 10.

Guía para el sostenimiento de excavaciones permanentes (Según Grimstad y Barton, 1993)

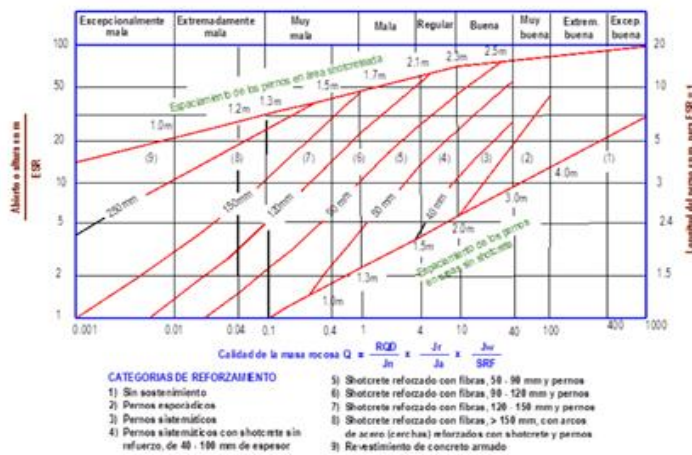


Tabla 13.

Sostenimiento para labores de avance permanentes

Dominio	Rango RMR	Sostenimiento
DE-II	> 60	No requiere sostenimiento sistemático, sino solo esporádico
DE-III A	51 - 60	No requiere sostenimiento sistemático, sino solo esporádico
DE-III B	41 - 50	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados cada 1.5 m. Malla metálica de ser requerida. Alternativamente una capa de shotcrete de 2" de espesor.
DE-IV A	31 - 40	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciado cada 1.0 m + malla metálica + 2" a 3" de shotcrete.
DE-IV B	21 - 30	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciado cada 1.0 m + malla metálica + shotcrete 4" a 5". Alternativamente, cimbras tipo 6W20 espaciadas cada 1.5 m, previamente una capa de shotcrete reforzado de 2" a 3" de espesor.
DE-V	< 21	Cimbras tipo 6W20 espaciadas cada 1.0 m, previamente una capa de shotcrete reforzado de 3" de espesor como preventivo. Avanzar el frente con spilling bar de fierro corrugado de 1" diámetro y/o de ser necesario avanzar con marchavantes.

En este caso, los pernos de roca recomendados deben ser de tipo varilla corrugada o barra helicoidal de 7 pies de longitud, cementado o con resina (cuando haya presencia del agua). Para excavaciones de mayor o menor

tamaño a lo mencionado, habrá necesidad de realizar nuevas estimaciones del sostenimiento, para ello entre otros es recomendable utilizar la guía de sostenimiento de la Ilustración 10.

El análisis hasta aquí presentado es válido solo si están ausentes las formaciones de cuñas en los techos y paredes de las excavaciones. Por tanto, hay necesidad de complementar este análisis con la evaluación de la estabilidad estructuralmente controlada que se presenta más adelante.

Excavaciones temporales

Estas incluyen las labores de avance asociadas al minado en los tajeos, como galerías y cruceros de acceso a los tajeos en roca estéril o en mineral, que son excavaciones temporales del tipo de ingreso de personal dentro de las mismas, de tamaño suficientemente pequeño para permitir realizar un buen desatado periódico o reforzarla adicionalmente.

Similar a lo señalado para las labores permanentes, en el caso de las labores temporales, considerando el criterio dado en la Tabla 3 para clasificar a la masa rocosa del yacimiento, podemos establecer las siguientes aberturas máximas para las excavaciones temporales considerando diferentes rangos de valores RMR.

Tabla 14.
Aberturas máximas de las excavaciones temporales

Dominio	Rango RMR	Promedio RMR	Abertura máxima (m)
DE-II	> 60	65	24.5
DE-IIIA	51 – 60	55	15.5
DE-IIIB	41 – 50	45	10.0
DE-IVA	31 – 40	35	6.5

Para el caso de la Zona Norte, la mayor cantidad de labores temporales son los subniveles, los cuales tienen dimensiones de 4 m x 4 m y que están

alineados NS. En el siguiente cuadro se presentan los estimados para el sostenimiento de estas labores temporales.

Tabla 15.
Sostenimiento para labores de avance temporales

Dominio	Rango RMR	Sostenimiento
DE-II	> 60	No requiere sostenimiento sistemático, sino solo esporádico
DE-III A	51 – 60	No requiere sostenimiento sistemático, sino solo esporádico
DE-III B	41 – 50	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados cada 1.5 m. Utilizar malla metálica de ser requerida. Alternativamente aplicar 2" de shotcrete reforzado con fibras de acero.
DE-IV A	31 – 40	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados cada 1.5 m + shotcrete de 2" de espesor. Utilizar malla metálica de ser requerida.
DE-IV B	21 – 30	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados cada 1.2 m + malla metálica + shotcrete 3" a 4" de espesor.

Para el caso de labores temporales, el sostenimiento recomendado es válido para anchos de excavaciones de alrededor de 4.5 m. Los pernos de roca a utilizarse en este caso deben ser del tipo split sets de 7 pies de longitud y en terrenos malos como DE-IV A y DE-IV B es recomendable el uso de los pernos tipo hydrabolts. En estos terrenos también es recomendable utilizar shotcrete reforzado con fibras de acero, si fuera este el caso ya no se usaría malla metálica. Para excavaciones de mayor o menor tamaño que el mencionado se deberá realizar nuevos estimados del sostenimiento.

Tajeos

Para estimar las dimensiones de los tajeos, utilizamos aquí el Método Gráfico de Estabilidad (MGE), tal como aparece en la publicación de Hoek, Kaiser y Bawden (1995) – Ref. 11. Este método fue desarrollado por Potvin (1988), Potvin y Milne (1992) y Nickson (1992), siguiendo los trabajos iniciados por Mathews et. al. (1981).

La versión actual del método, basado en el análisis de más de 350 casos históricos recolectados de minas subterráneas canadienses, toma en cuenta los

principales factores de influencia del diseño de tajeos. Información sobre la estructura y resistencia de la masa rocosa, los esfuerzos alrededor de la excavación, y el tamaño, forma y orientación de la excavación, es utilizada para determinar si el tajeo será estable sin sostenimiento, o con sostenimiento, o inestable aún con sostenimiento. El método también es adecuado para el dimensionamiento del sostenimiento con cablebolt asociado principalmente a métodos de minado masivos como el tajeo por subniveles con taladros largos.

En forma resumida, el procedimiento de diseño aplicando este método está basado en el cálculo de dos factores: N' y S. El primero es el número de estabilidad modificado y representa la habilidad del macizo rocoso para permanecer estable bajo una condición de esfuerzo dado. El segundo es el factor de forma o radio hidráulico que toma en cuenta el tamaño y forma del tajeo (ver Figura 5.2).

El número de estabilidad N' se define como: $N' = Q' \times A \times B \times C$

Donde:

Q' es el Índice de Calidad Tunelera Q modificado

A es el factor de esfuerzo en la roca

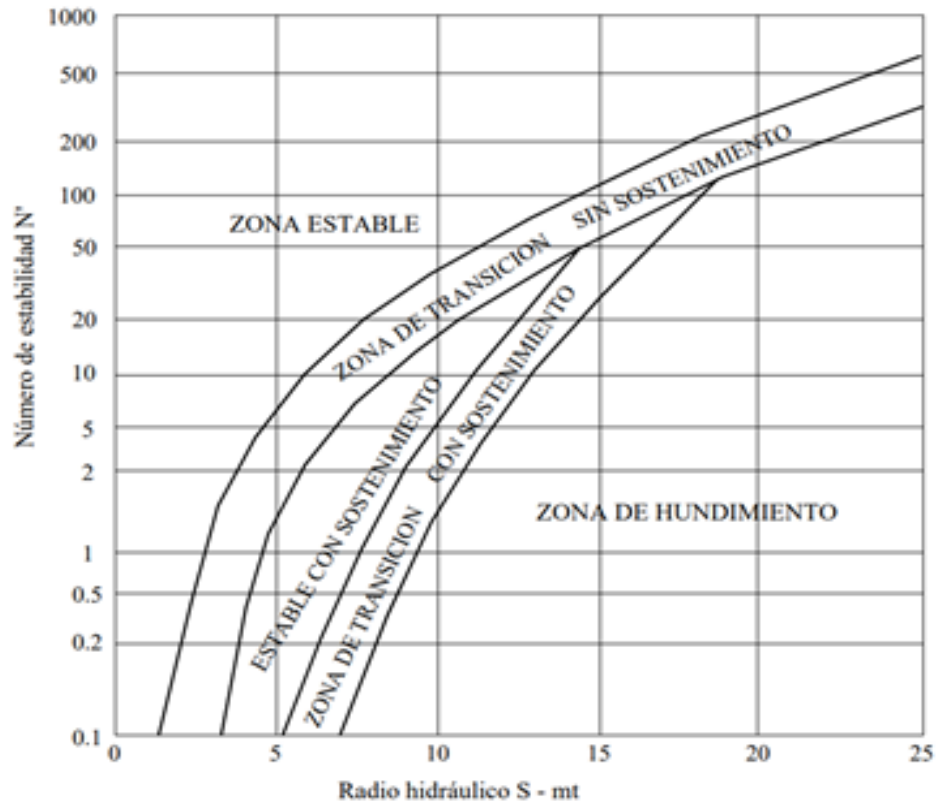
B es el factor de ajuste por orientación de las juntas

C es el factor de ajuste gravitacional

El factor de forma o radio hidráulico S, para la superficie del tajeo bajo consideración, se obtiene dividiendo el "área de la superficie analizada" entre el "perímetro de la superficie analizada". La superficie analizada puede ser el techo, la caja techo, la caja piso o las paredes laterales del tajeo o cámara.

Ilustración 11.

Gráfico de estabilidad. Según Potvin (1988) y Nickson (1992).



Usando los valores del número de estabilidad N' , y el radio hidráulico S , se puede estimar las dimensiones del tajeo, para determinadas condiciones de estabilidad, a partir del “gráfico de estabilidad”. Para todo esto se ha utilizado el software STOPESOFT desarrollado por Graeme Fitz (1999).

Para el caso de la mina Marcapunta, se tiene definido el método de minado: cámaras y pilares. En tal sentido, el análisis bajo esta metodología está orientado a estimar la estabilidad de las paredes de los tajeos y del techo.

La altura actual de los tajeos es por general 24 m y los anchos de los tajeos es de 8 y 10 m. Para estas dimensiones se analizarán su estabilidad, así mismo, en el techo complementándose los análisis para anchos de 12, 15 y 18 m y en el caso de las paredes, se complementará en análisis para 20, 28, 30 y 40 m de altura. Para todas estas dimensiones se evalúan varias longitudes de

tajeos y sus resultados son ploteados en el Gráfico de Estabilidad Modificado, a fin de observar si el diseño cae en la región “Estable Sin Sostenimiento - ESS”, o en la región “Estable con Sostenimiento Opcional - ESO” o “Estable Con Sostenimiento Obligado - ECS”, o en la región de “Hundimiento”. Introduciendo los datos de las variables geomecánicas descritas y desarrolladas en el capítulo anterior, además de las configuraciones geométricas señaladas, se han obtenido resultados para cada zona los cuales son mostrados en el siguiente Tabla.

Tabla 16.
Dimensionamiento de tajeos - Longitud (m)

Zona	Condic. estabilid.	Ancho de tajeos						Altura de tajeos				
		8 m	10 m	12 m	13 m	15 m	18 m	20 m	24 m	28 m	30 m	40 m
<i>Calidad DE-IVA</i>												
<i>Norte (N)</i>	ESS	8	7	6	-	5	-	14	13	12	11	-
	ESO	40	30	20	-	15	-	30	25	22	20	-
	ECS	80	55	32	-	23	-	45	36	30	26	-

Notas: ESS = Estable Sin Sostenimiento; ESO = Estable Sostenimiento Opcional; ECS = Estable Con Sostenimiento Obligado (sr) significa sin restricción de longitud en la superficie analizada para dicha condición de estabilidad.

Cabe señalar que los valores que se dan en el Tabla 16 corresponden a las dimensiones máximas recomendadas para los tajeos abiertos en la modalidad de “no ingreso del personal”.

Como se podrá observar, este análisis permite apreciar la estabilidad de los tajeos abiertos para distintas alternativas de dimensiones de los mismos, herramienta esta que es de mucha ayuda en el planeamiento y diseño del minado.

En los resultados de este análisis, un factor importante que define en gran medida los resultados de mayor o menor longitud es el aspecto estructural. Las menores longitudes se obtienen cuando hay la presencia de un sistema

subparalelo a la cara que se analiza, en este caso se debe notar que, si existe un sistema sub horizontal para ver la influencia en el techo, y un sistema subvertical con rumbo NS para ver la influencia en las paredes de los tajeos.

Según los resultados obtenidos con la utilización del MGE enseguida se hacen algunos comentarios relevantes para la Zona Norte.

Zona Norte (N)

Para el caso de esta zona, según los estereogramas se tienen dos sistemas con buzamiento moderado que elevan el número de estabilidad (N') en el techo y en consecuencia favorecen a obtener mayor longitud de tajeos. En esta misma zona, para el caso de las paredes de los tajeos o cámaras, los sistemas principales aparecen casi perpendiculares a las paredes lo que permite también elevar el N' y tener mayores longitudes de tajeos.

Para esta zona, hay que tener presente que estos resultados, principalmente en el techo son optimistas, en la práctica puede que se presente un sistema de bajo buzamiento, lo que haría que para la estabilización del techo se requiera obligatoriamente sostenimiento.

Finalmente, cabe señalar que las autoridades de fiscalización minera piden a Brocal información sobre el tiempo de autosostenimiento de los tajeos abiertos. En estos casos no funciona el gráfico de autosostenimiento (abierto máximo versus tiempo) de Bieniawski (1989) por ejemplo, que es aplicable generalmente a labores de avance como túneles, galerías, cruceros etc.

En el caso de tajeos de gran tamaño como es el minado por cámaras y pilares de Marcapunta, el concepto del Método Gráfico de Estabilidad está basado en la estructura y resistencia de la masa rocosa, los esfuerzos alrededor de la excavación, y el tamaño, forma y orientación de la excavación, y es utilizado para determinar si el tajeo será estable sin sostenimiento, o con

sostenimiento, o inestable aún con sostenimiento y todo es en la modalidad de no ingreso del personal dentro del tajeo. El concepto es la estabilidad.

Las discontinuidades estructurales como fallas, diaclasas, estratos y otros, constituyen planos de debilidad que al interceptarse podrían formar cuñas o bloques rocosos en el techo y/o paredes de la excavación, presentando libertad para descolgarse, rotar o deslizar. Por tanto, la estabilidad de las excavaciones rocosas estará condicionada por la presencia de estas cuñas o bloques, a esto es lo que se llama “estabilidad estructuralmente controlada”.

Adicionalmente se ha considerado una labor de avance de 5 m de ancho y 4 m de altura para el caso de los análisis de los desarrollos que incluyen cruceros, subniveles y otros. También se ha analizado la estabilidad bajo este criterio en los tajeos de 8 m de ancho y 24 m de altura.

La confiabilidad de los análisis bajo esta modalidad está condicionada a los resultados obtenidos de los sistemas de discontinuidades, que son resultados de la información estructural recopilada de los planos geológicos de la mina. Para el caso de la Zona N donde la masa rocosa es mayormente del dominio DE-IVA no es relevante el análisis estructuralmente controlado, en este caso la estabilidad de la masa rocosa está condicionada por la resistencia de la masa rocosa. Además, en esta zona se presentan solo dos sistemas de discontinuidades que no forman cuñas. Si bien no aparecen otros sistemas en cada zona, esto no significa que localmente pueden presentarse discontinuidades aleatorias que podría comprometer la estabilidad localmente. En tal sentido, la inspección visual durante la operación por parte de los operadores y supervisores de mina debe ser llevada continuamente y tomar las medidas correctivas de ser necesarias para minimizar o mitigar inestabilidades inesperadas.

4.3. Prueba de Hipótesis

Las variables Independiente y dependiente, que fue concluyente y mediante las cuales se realizan la prueba, comprobación y aceptación de la hipótesis por medio de la realización de la Evaluación Geomecánica para el minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte – Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

- **H0:** Evaluación Geomecánico de la Zona Marcapunta Norte
- **H1:** Minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte

4.4. Discusión de Resultados

4.4.1 Diseño convencional de cámaras y pilares corridos

En base Para este análisis es importante determinar la estabilidad de los pilares los cuales son los que mantendrán la estabilidad de los tajeos (cámaras) una vez que se encuentren vacíos. El método convencional de diseño de cámaras y pilares consiste en determinar dos parámetros críticos para los pilares, siendo uno de ellos los esfuerzos actuantes sobre los pilares y por otro lado la resistencia que ofrecen éstos.

La comparación de los esfuerzos actuantes y las resistencias disponibles, dan un factor denominado factor de seguridad. Este factor es la relación resistencia/esfuerzo, el cual deberá ser siempre mayor que la unidad para tener pilares estables, es decir, la resistencia de los pilares deberá ser siempre mayor que el esfuerzo actuante.

Para la estimación del esfuerzo actuante en el pilar, se ha utilizado el concepto de “teoría del área tributaria”, muy comúnmente usado en este tipo de estudios, lo cual depende de la geometría del pilar (ancho y altura), así como del ancho de las cámaras. Además, en este concepto interviene la carga litostática de la masa rocosa que depende del peso específico de la roca y de la profundidad a la que se encuentra la excavación (Ref. 2). Para la estimación de

la resistencia de los pilares, se ha utilizado el criterio de Lunder y Pakalnis (1997) tal como están expuestas en la Ref. 2 y 4. En base a una gran data de observaciones de comportamientos de pilares en minas canadienses en roca dura, estos autores propusieron un método de estimar la resistencia de los pilares integrando los resultados de la teoría del área tributaria y de un análisis de elementos de borde, lo cual define una fórmula de confinamiento en el pilar, que concilia las expresiones altamente empíricas de resistencia de los pilares con aquellas derivadas de principios más rigurosos, basados en criterios convencionales de resistencia de la roca y el estado de esfuerzos y confinamiento que se desarrollan en un pilar.

Según el criterio de Lunder y Pakalnis, la resistencia del pilar depende directamente de su tamaño y forma, y principalmente de la resistencia de la roca intacta (UCS) siendo este parámetro el más importante que define si el pilar será más robusto o viceversa.

Con los criterios señalados, se ha elaborado una hoja de cálculo con la cual se han analizado diferentes alternativas de dimensiones de cámaras y pilares. Primeramente, se ha analizado los diseños propuestos que se vienen ejecutando actualmente (ver Tabla 17). Seguidamente se han analizado otras alternativas de diseño donde se considera incrementar el ancho de los pilares para analizar posteriormente las variaciones en las dimensiones de las cámaras. La posibilidad de disminuir el ancho de los pilares es inviable ya que las dimensiones actuales propuestas son las mínimas.

A partir de la Tabla 17, se hacen algunos comentarios para los diseños actuales.

Zona Norte (N)

Esta zona presenta menor calidad de masa rocosa, menor resistencia de la roca intacta y menores profundidades de excavaciones respecto a las otras

zonas en evaluación. El presentar menor calidad y resistencia significa diseños conservadores de cámaras y pilares y el presentar menor profundidad significa mejorar el diseño de cámaras y pilares respecto a sus dimensiones.

Para profundidades de 100 y 120 m y UCS de 30 a 35 m los diseños actuales de pilares de 8 m y cámaras de 8 m son adecuados, no siendo recomendable aquí dar mayores dimensiones a las cámaras y pilares. Para profundidades mayores (150 m) lo recomendable sería establecer pilares de 9 m de ancho mínimo y cámaras de 8 m.

Tabla 17.
Dimensiones iniciales de cámaras y pilares corridos

Dimensionamiento de cámaras y pilares (PILARES CORRIDOS)											
Ancho pilar	Ancho cámara	Altura pilar	Profundid. a superf.	Peso específico	Esfuerzo en pilar corrido	Calidad mrocosa	Resist. de roca intact.	Resistencia del Pilar	FOS	Porcent. Recuper.	
Wp (m)	Wc (m)	H (m)	Zv	ρ (MN/m ³)	σ_p (Mpa)	RMR	σ_c (Mpa)	S	S/ σ_c	R	
Zona Norte (N)											
8.0	8.0	24.0	100	0.027	5.40		35	10.48	1.94	50	
8.0	8.0	24.0	120	0.027	6.48		35	10.48	1.62	50	
8.0	8.0	24.0	150	0.027	8.10		35	10.48	1.29	50	
8.0	8.0	24.0	100	0.027	5.40		30	8.98	1.66	50	
8.0	8.0	24.0	120	0.027	6.48		30	8.98	1.39	50	
8.0	8.0	24.0	150	0.027	8.10		30	8.98	1.11	50	
8.0	8.0	24.0	100	0.027	5.40		40	11.98	2.22	50	
8.0	8.0	24.0	120	0.027	6.48		40	11.98	1.85	50	
8.0	8.0	24.0	150	0.027	8.10		40	11.98	1.48	50	

Si bien es cierto que en el caso de las cámaras y pilares de la Zona Norte (N) no hay mucho margen para ampliar el ancho de las cámaras, sin embargo, si se puede variar hacia arriba el ancho del pilar, lo que se lograría en este caso es el aumento del factor de seguridad y por ende la mejora en las condiciones de estabilidad tanto de las cámaras como de los pilares.

Cabe indicar que el análisis ha sido realizado considerando que los techos de las cámaras estarán ya sea en mineral o en caliza, no se ha considerado en ningún momento que los techos de las cámaras estén en roca estéril como la marga ya que sus condiciones geomecánicas son inferiores, por

lo que es importante dejar escudos de mineral en el techo para evitar que estas rocas conformen el techo de las cámaras.

4.4.2 Análisis de alternativas de nuevos diseños de cámaras y pilares corridos

Luego de los análisis realizados en el acápite anterior, se ha realizado diversos análisis considerando varias opciones de ancho de pilares y cámaras, así como distintas alturas de tajeos de 24, 30 y 40 m. Actualmente la altura del minado por lo general es de 24 m.

En la Tabla 18, se ha obtenido los datos de dimensiones que más se podrían ajustar a las condiciones geomecánicas de la masa rocosa de la mina.

Tabla 18.
Alternativas de dimensiones de cámaras y pilares corridos

Altura de tajeo	Dimensionamiento de cámaras y pilares (PILARES CORRIDOS)										
	Ancho pilar	Ancho cámara	Altura pilar	Profundid. a superf.	Peso específico	Esfuerzo en pilar corrido	Calidad mrocosa	Resist. de roca intact.	Resistencia del Pilar	FOS	Porcent. Recuper.
	Wp (m)	Wc (m)	H (m)	Zv	ρ (MN/m ³)	σ_c (Mpa)	RMR	σ_c (Mpa)	S	S/ σ_c	R
24 m	Zona Norte (N)										
	8.0	9.0	24.0	120	0.027	6.89		35	10.48	1.52	53
	8.0	6.0	24.0	150	0.027	7.09		35	10.48	1.48	43
	10.0	11.0	24.0	120	0.027	6.80		35	10.59	1.56	52
	10.0	7.5	24.0	150	0.027	7.09		35	10.59	1.49	43

Como se podrá observar, los resultados son muy sensibles a la resistencia compresiva de la roca intacta y a la profundidad del minado. Desde que en este estudio no ha habido una campaña sistemática de determinación de la resistencia compresiva uniaxial (UCS) de la roca intacta, es recomendable que Brocal realice esta campaña con miras a mejorar esta data y por tanto tener mayor confiabilidad en el diseño de cámaras y pilares.

Según la Tabla 18, se pueden hacer los siguientes comentarios:

Zona Norte (N)

Según la profundidad del minado, los resultados indican que para pilares de 8 m se podría incrementar las cámaras a 9 m para una profundidad de 120

m. Cuando la profundidad aumenta hasta 150 m, para pilares de 8 m, las cámaras deben tener 6 m. Para pilares de 10 m, las cámaras pueden ser de 11 y 7.5 m para las profundidades de 120 y 150 m.

Si bien, mediante este tipo de análisis los resultados indican que se puede aumentar las cámaras aumentando previamente los pilares, en la práctica este hecho no es recomendable ya que podría haber complicaciones de inestabilidad en los techos de las cámaras. En ese sentido, actualmente se está realizando el minado con 8 m de pilar y cámaras de 8 m, se debe continuar con estas dimensiones teniendo en cuenta la profundidad del minado. Cabe señalar que en las características de calidad de la masa rocosa presente en esta zona (DE-IVA), los cablebolts no funcionarían bien para aumentar el ancho de cámara, por lo que es recomendable no intentar aumentar esta dimensión.

Para analizar la estabilidad controlada por los esfuerzos se han realizado modelamientos numéricos esfuerzo/deformación utilizando el software PHASE2 de Rocscience (2004). Estos modelamientos han estado dirigidos a evaluar las condiciones de estabilidad local y global de las cámaras y pilares que estarían asociadas al minado según la zona de minado.

Los modelamientos se realizaron en distintas situaciones o alternativas de esquemas de cámaras y pilares (variando los anchos de las cámaras y pilares), asimismo variando la profundidad de las excavaciones asociadas al minado (profundidad del minado) y considerando además la calidad de la masa rocosa.

Los principales resultados de dichos modelamientos numéricos realizados son presentados en el Anexo 6 de este informe, estos resultados han indicado lo siguiente:

Zona Norte (N)

En la zona Norte, debida a la mala calidad de la masa rocosa, los resultados del análisis esfuerzo/deformación no dan resultados consistentes, por lo que se ha obviado la presentación de los resultados.

Finalmente, en relación con la influencia del agua subterránea sobre las condiciones de estabilidad, se han analizado condiciones secas, condiciones de 50 % de saturación y condiciones de saturación al 100 %. Los resultados han indicado que, a mayor presencia de agua subterránea en la masa rocosa de las excavaciones involucradas con el minado, su influencia es más adversa en las condiciones de estabilidad. En rocas de menor calidad esta influencia es mayor. Lo contrario también se cumple, por ello será necesario adoptar medidas de drenaje cuando haya presencia significativa de agua subterránea asociada al minado.

4.4.3 Dimensiones recomendadas para las cámaras y pilares

Luego de realizar los distintos análisis, queda por resumir las alternativas de los anchos de los pilares y las cámaras que deben emplearse en el minado de mina Marcapunta Norte. Para ello, se ha cruzado información de los resultados que se han obtenido a partir del MGE, del diseño convencional de cámaras y pilares y del análisis esfuerzo deformación, complementariamente también se incluye lo obtenido con los análisis de estabilidad estructuralmente controlada. A partir de todos los resultados obtenidos se ha elaborado la siguiente Tabla:

Tabla 19.

Alternativas de dimensiones de cámaras y pilares corridos (Altura 24 m)

Calidad	Profund. minado	Longitud de tajeo sin cablebolt				Longitud de tajeo con cablebolt			
		Ancho de pilar	Ancho de cámara	Altura de tajeo	Longitud sin cable	Ancho de pilar	Ancho de cámara	Altura de tajeo	Longitud con cable
<i>Zona N</i>									
DE-IVA	120 m	8	8	24	25	-	-	-	-
	150 m	8	7	24	25	-	-	-	-

En la Tabla 19, se indican las dimensiones de las cámaras y de los pilares según la profundidad a la que se encontrará el minado, para la altura actual de tajeos de 24 m.

4.4.4 Requerimientos de relleno de tajeos

El uso de relleno detrítico favorece a la estabilidad de las cámaras y pilares, por lo tanto, utilizando este tipo de relleno puede ser posible ampliar el ancho de las cámaras y reducir el ancho de los pilares. La desventaja es que sería muy difícil recuperar los pilares de mineral. En caso de utilizar algún tipo de relleno cementado, sí sería factible recuperar los pilares de mineral.

Un aspecto muy importante que señalar es que el minado en mina Marcapunta Norte, viene avanzando en muchos casos dejando cámaras vacías sin ningún tipo de relleno, esto por un lado no permite la recuperación de los pilares de mineral dejados (tajeos secundarios) y, por otro lado, los pilares verticales y horizontales que quedan están conformando una estructura rocosa que en algún momento podría colapsar. Una falla local podría provocar el efecto dominó y extenderse hacia un colapso mayor. Este es un aspecto muy importante a tenerlo en cuenta, siendo altamente recomendable implementar al más breve plazo algún sistema de relleno de preferencia cementado.

4.4.5 Aspectos complementarios al diseño de cámaras y pilares

Pilares puentes

Otro aspecto para tener en cuenta durante la etapa de minado es el dimensionamiento de los pilares puente que deben dejarse para la explotación de los tajeos a minar debajo de los tajeos explotados. Para ellos se ha realizado análisis de esfuerzo deformación con la finalidad de estimar el espesor de estos puentes.

A partir de los resultados de los análisis que son mostrados en el Anexo 6, se concluye que para la masa rocosa del dominio DE-III A, en los casos donde

las cámaras tienen 10 y 13 m de ancho, los espesores de los pilares puente deben tener por lo menos 10 m de espesor, este hecho ocurre para la profundidad de 250 y 340 m.

Para el caso del dominio DE-IIIB, en las cámaras de 10 m, el espesor mínimo del pilar puente debe ser de 10 m y para las cámaras de 13 m, el pilar puente debe tener 12 m o más. Los resultados son similares para las profundidades de 250 y 340 m.

Cuando los anchos de las cámaras sean mayores, habrá necesidad de incrementar el espesor de los pilares puente, lo que implica la menor recuperación del mineral, en ese sentido es recomendable realizar cámaras de menor ancho para que los pilares puente no sean tan gruesos.

Para los análisis solo se ha considerado la alternativa de realizar un minado debajo del minado ya explotado. Si se pretende dejar abierto los tajeos y continuar con el minado de un tercer tajeo debajo de los anteriores, las condiciones de estabilidad global se hacen más complicadas y se requeriría realizar ajustes a los modelos ya que las condiciones cambiarían por los abiertos. Esta situación no es recomendable ya que se podría inestabilizar globalmente la mina pudiendo ocurrir derrumbes en cadena que perjudicaría a la seguridad y producción. Para ello hay la necesidad de realizar el relleno de los tajeos, esto favorecerá además la recuperación de los pilares dejados. Este procedimiento debe realizarse en el corto plazo.

El pilar puente que debe quedar en la parte superior del yacimiento en el contacto con la roca de la caja techo deberá tener dimensiones similares a los pilares puente comunes.

Pilares de separación de tajeos

Estos pilares son los que separan a los tajeos (cámaras) según la longitud asignada al tajeo. El ancho de estos pilares debe ser similar al ancho

de los pilares comunes según el tipo de roca y el diseño de las cámaras y pilares. La distancia entre estos pilares de separación de tajeos ha sido establecida en base a los resultados obtenidos con el Método Gráfico de Estabilidad. La longitud que debería tener el tajeo deberá ser igual a la distancia de separación de los pilares. Un estimado más riguroso podría ser determinado mediante un análisis en 3D de esfuerzo / deformación, pero esto toma tiempo y costo para su realización. Mientras no se lleve a cabo estos análisis hay que seguir la recomendación que se da.

Pilares barrera

En casos donde los mantos mineralizados tengan significativa extensión horizontal es recomendable dejar pilares estabilizantes. Utilizando el criterio Bullock (1982) (Ref.: 10) para estimar el arco de presión máximo W ($W = 0.15H + 18.3$) en función de la profundidad H del minado, resultando W aproximadamente 70 m. Es decir, cada 70 m se debe dejarse un pilar estabilizante corrido (o denominado también pilar de barrera) de por lo menos el doble de ancho de los pilares comunes. Estos pilares contribuirán a la estabilidad global del área de minado.

Secuencia de avance del minado

En el minado horizontal, la secuencia de avance recomendable es entrar hacia la parte central del manto mineralizado y avanzar el minado por cámaras y pilares hacia los bordes, de tal manera que siempre se estará avanzando hacia áreas sólidas con mejores condiciones de estabilidad y seguridad.

En el minado vertical, a fin de mantener condiciones de estabilidad global satisfactorias es recomendable que el minado comience en la parte superior del manto mineralizado y continúe sucesivamente hacia la parte inferior.

Cuando se encuentren tramos pequeños de masa rocosa de mala calidad, como del dominio DE-IVB será preferible dejarlo in-situ, antes de causar posibles problemas de inestabilidad.

CONCLUSIONES

- Regionalmente en el área de estudio se presenta una secuencia de rocas sedimentarias, siendo las más antiguas las limoarcilitas del Grupo Mitu. Sobre estas están las rocas del Miembro Shuco de la Fm. Pocobamba conformadas por arenas, tobas y limoarcilitas (secuencia detrítica fina) y brechas (secuencia conglomerádica). Sobreyaciendo se encuentran las rocas de la Fm. Calera, constituidas por una secuencia mixta: carbonatada, detrítica y piroclástica, en la que se intercalan calizas, margas y dolomías, con horizontes limoarcilíticos, además de rocas tobáceas de fracciones gruesas a finas; esta formación tiene tres miembros: Superior, Medio e Inferior, estando relacionada la mineralización de Marcapunta Norte.
- Localmente, en la Zona Norte, la roca mineralizada está directamente relacionada a la caliza, la roca del techo a la caliza y dolomía y la roca del piso a areniscas. En la Zona SW, la roca mineralizada está relacionada a conglomerado y vulcanoclasto, al techo están presentes la dacita y caliza y al piso se encuentran areniscas. En la Zona SE, las características litológicas son similares a la Zona SW con la diferencia que al piso se presentan intrusiones de dacita.
- Los resultados de la clasificación geomecánica de la masa rocosa, efectuada utilizando el criterio de Bieniawski (1989), han indicado que en los cuerpos mineralizados y su entorno se presentan calidades de masa rocosa en un amplio rango de variación, que van desde Mala B (IVB) hasta calidad Buena (II), estando las Zonas SW y SE con mejor calidad respecto a la Zona N. En todas las zonas se observa la presencia de tramos menores con calidad Muy Mala (V) dentro de los cuerpos mineralizados, algunos de ellos se hallan asociados a contactos litológicos y presencia de fallas.

- Considerando la rapidez y efectividad del Shotcrete vía húmeda, como un instrumento fundamental en el sostenimiento de labores, se considera al shotcrete como elemento importante para el control de caída de rocas y sostenimiento preventivo para las labores de desarrollo y producción.

RECOMENDACIONES

- Cabe recomendar que todos los análisis realizados han considerado que los techos de las cámaras estarán ya sea en mineral o en caliza, no se ha considerado en ningún momento que los techos de las cámaras estén en roca estéril como la marga ya que sus condiciones geomecánicas son inferiores, por lo que es importante dejar escudos de mineral en el techo para evitar que estas rocas conformen el techo de las cámaras.
- Un aspecto muy importante que señalar es que el minado en mina Marcapunta viene avanzando en muchos casos dejando cámaras vacías sin ningún tipo de relleno, esto por un lado no permite la recuperación de los pilares de mineral dejados (tajeos secundarios) y, por otro lado, los pilares verticales y horizontales que quedan están conformado una estructura rocosa que en algún momento podrían colapsar. Una falla local podría provocar el efecto dominó y extenderse hacia un colapso generalizado. Este es un aspecto muy importante que tenerlo en cuenta, siendo altamente recomendable implementar al más breve plazo algún sistema de relleno de preferencia cementado.
- Los resultados del diseño de cámaras y pilares son muy sensibles a la resistencia compresiva de la roca intacta y a la profundidad del minado. Desde que en este estudio no ha habido una campaña sistemática de determinación de la resistencia compresiva uniaxial (UCS) de la roca intacta, es recomendable que Brocal realice esta campaña con miras a mejorar esta data y por tanto tener mayor confiabilidad en el diseño de cámaras y pilares.
- Es importante que durante la operación minera se realice el monitoreo mediante inspecciones visuales ya también instrumental del rendimiento de la masa rocosa

en las cámaras y pilares, a fin de tomar las medidas correctivas de ser necesarias para minimizar o mitigar inestabilidades inesperadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Brown E.T. "Master's Program in Mining Geomechanics – Module 04 Underground Mining Geomechanics" Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Santiago de Chile. 2007.
- Córdova D. "Aspectos de Resistencia del Relleno Cementado de Mina Juanita". Publicación de la XIX Convención de Ingenieros de Minas - Tacna 1988.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. "Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de Marcapunta Norte y Sur" Informe Técnico preparado para Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Febrero 2017.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. "Estudio Geomecánico Integral del Minado de Mina Marcapunta Norte – Evaluación Geomecánica de la Zona de Brechas y Alternativas de Métodos de Minado". Informe Técnico preparado para Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Noviembre 2011.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. "Estudio Geomecánico Integral del Minado de Mina Marcapunta Norte – Etapa I – Recuperación de Pilares Corridos y Evaluación Geotécnica del Relleno" Informe Técnico preparado para Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Febrero 2011.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. "Estudio Geomecánico para el Minado de Marcapunta Norte – Proyecto Reinicio de la Explotación de la Mina Marcapunta Norte – Unidad

Colquijirca” Informe Técnico preparado para Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
Setiembre 2008.

Heidbach O. et.al. “World Stress Map” 2009 – 2nd edition, based on the WSM database
release 2008. Helmholtz Centre Potsdam – GFZ German Research Centre for
Geosciences.

Hoek E., Kaiser P., Bawden W. “Support of Underground Excavations in Hard Rock”
A.A. Balkema 1995.

Hoek E. “Practical rock engineering” Rocscience, 2002.

Hustrulid W.A. and Bullock R.L. “Underground Mining Methods: Fundamentals and
International Case Studies” SME – 2001. SOCIEDAD MINERA EL BROCAL
S.A.A. Setiembre 2, 2017 Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de
Marcapunta N, SW y SE DCR Ingenieros S.R.Ltda. Página 57

Lulea University of Technology “MassMin 2008” 5th International Conference &
Exhibition on Mass Mining. Lulea, Sweden. 9-11 June 2008.

Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. “MINEFILL 2001”. Proceedings of
the 7TH International Symposium on Mining with Backfill. NY-USA 2001.

Sociedad Minera El Brocal S.A.A. “Información Geológica Geomecánica Proporcionada
por el personal de los Departamentos de Geología, Geomecánica y
Planeamiento” Febrero 2017.


ANEXOS

**Anexo 1 – Instrumentos de recolección de datos.
Mapeo Geomecánico de Labores Subterráneas (Proporcionadas por Brocal)**

		AREA DE GEOMECANICA				FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS						POR: JUAN JOSE OLVERA G.		
						UBICACIÓN: GL 1560 S Nv.4032						FECHA: 1/11/2016		
												HOJA: 1		
N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN			TRAMO			VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)							
	Az.	Buzamiento:	Desde:	Hasta:										
1	257													
TIPO DE ROCA:		FRECUENCIA / FRACTURA		RANGO DE VALORES		VALOR ESTIMADO						Valoración		
A		B		N° Fracturas/ml.										
BRECHA SILIFICADA		Vulcanoclasto		24										
TIPO ESTRUCT	ORIENTACIÓN		RELLENO		COMENTARIOS									
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento	ESPACIAMIENTO	Tipo									Espesor	
D	65	230				LABOR EMPLEZADA EN BRECHAS SILIFICADAS DE RESISTENCIA MEDIA A ALTA, FRACTURAMIENTO E-W MODERAD. CONDICION DE AGUA HUMEDO A GOTEQ.								
D	80	170												
D	69	245												
PARÁMETROS		RANGO DE VALORES												
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)		VALOR ESTIMADO												
ROD (%)		VALOR ESTIMADO												
ESPACIAMIENTO (m.)		VALOR ESTIMADO												
CONDICIÓN DE JUNTAS		VALOR ESTIMADO												
AGUA SUBTERRANEA		VALOR ESTIMADO												
		VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoración 1 a 5)												
Ajuste por Orientacion Estructuras		VALOR TOTAL RMR AJUSTADO												
		CLASE DEL MACIZO ROCOSO												
RMR		DESCRIPCIÓN												
INDICACIÓN GEOMECAÁNICA.		Span:												
		Malta Electrodeidad = Pernos Split Set 7", @ = 1.50 m. De forma sistemática desde la gradiente. RESPETAR PILARES DE 6.0m												
		9 m												

GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIST. COMP. AXIAL.	ABREVIACIÓN DE: I P O U E MUA	
			Ctza	Caliza
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1 - 5.	Ctza Min	Caliza Mineralizada
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25	Mar Lar	Marga Limonarcilla
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50	Bx	Brecha
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100	Cgl	Conglomerado
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250	ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS	
R6	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo	> 250	D	Diadasa
			E	Estrato
			Fa	Falla
			Ve	Venita
			Ct	Contacto
GRADO	ÍNDICE DE ALTERACIÓN DESCRIPCIÓN	ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO		
		Ox	Py	
I. SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales	Arc	Lim	
II. LIGERO	La decoloración indica alteración del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana	Cb	Si	
III. MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.	Pz	Silice	
IV. MUY ALT.	Más de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.	ABREVIACIÓN DEL ESPACIAMIENTO		
V. DESCOMPUESTO.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.	1	> 2 m.	
		2	0.6 - 2 m.	
		3	0.2 - 0.6 m.	
		4	0.05 - 0.2 m.	
		5	< 0.05 m.	

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAN DE EXPOSICIÓN											
CLASIFICACIÓN Y TIPO DE ROCA	GRUPO DE ROCA	INDICE "RMR"	INDICE "Q"	TIPO DE SOSTENIMIENTO (TIEMPO)			TIEMPO DE AUTO SOPORTE (D)	SPAN DE EXPOSICIÓN (M)			
				LABORES DE ALTO PORMANENTES	LABORES DE ALTO TEMPORALES	SECCIÓN					
				SECCIÓN	SECCIÓN	SECCIÓN					
				4.50m x 4.50m x 4.50m x 4.50m	4.50m x 4.50m x 4.50m	4.50m x 4.50m					
				Muy buena	100-150	1-10	Se desmenuza y empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	30 días	10 m
				Buena	80-100	10-20	Se desmenuza y empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	4 meses	4 m
				Regular B	60-80	20-30	Se desmenuza y empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	6 meses	2 m
				Regular A	40-60	30-40	Se desmenuza y empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	12 meses	1 m
				Muy mala	10-20	40-50	Se desmenuza y empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	Se desmenuza empacada, asociada con juntas apert. 1-1.5".	12 meses	0.5 m

 EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		AREA DE GEOMECANICA		FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS				POR: JUAN JOSE OLVERA G. FECHA: 1/11/2016	
UBICACIÓN: GL 1560 S Nv.4032		HOJA: 1		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)					
Nº de Celda 1		ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN Az. 257		TRAMO Desde: Hasta: 		PARÁMETROS			
TIPO DE ROCA: A 60% B 20%		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/m ² : 24		RANGO DE VALORES				Valoración	
BRECHA SILISIFICADA		RELLENO Tipo Espesor 		CONDICIÓN DE JUNTAS				VALOR TOTAL RMR BÁSICO (Suma de valoración 1 a 8) 58	
TIPO ESTRUCT Buzamiento 65 Dir. De Buzamiento 230		COMENTARIOS LABOR EMPLAZADA EN BRECHAS SILISIFICADAS DE RESISTENCIA MEDIA A ALTA, FRACTURAMIENTO E-W MODERAD, CONDICIÓN DE AGUA HUMEDA A GOTEO.		AGUA SUBTERRÁNEA Seco (1) X Humedo (18)				VALOR TOTAL RMR AJUSTADO 48	
CLASE DEL MACIZO ROCOSO		INDICACIÓN GEOMECÁNICA:		CLASE DEL MACIZO ROCOSO I Muy Buena II Buena III A - Regular A III B - Regular B IVA - Mala A IV B - Mala B V Muy Mala				Span: 9 m	
CLASE DEL MACIZO ROCOSO RMR 100 - 81		CLASE DEL MACIZO ROCOSO 80 - 61		CLASE DEL MACIZO ROCOSO 60 - 51				CLASE DEL MACIZO ROCOSO 50 - 41	
DESCRIPCIÓN I Muy Buena		DESCRIPCIÓN II Buena		DESCRIPCIÓN III A - Regular A				DESCRIPCIÓN III B - Regular B	
DESCRIPCIÓN IV A - Mala A		DESCRIPCIÓN IV B - Mala B		DESCRIPCIÓN V Muy Mala				DESCRIPCIÓN Malla Electrodoada + Pemos Split Set 7, @ = 1.50 m. De forma sistemática desde la gradiente. RESPETAR PILARES DE 6.0m	

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO RESIST. COMP. AXIAL
R1	Defeznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desoncha con una cuchilla	1 - 5.
R2	Se desoncha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desoncha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250


ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA	
Ciz	Caliza
Ciz Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Linoarcilla
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diaclisa	E	Estrato
Fa	Falla	Ve	Ventila
Ct	Contacto		

ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Py	Piritita
Arc	Arcilla	Lm	Limos
Cb	Carbonoso	Sl	Silice
Pz	Parizo		

ABREVIACIÓN DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m.
2	0.6 - 2 m.
3	0.2 - 0.6 m.
4	0.06 - 0.2 m.
5	< 0.06 m.

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAN DE EXPOSICIÓN									
SISTEMA DE SOSTENIMIENTO	TIPO DE ROCA	CLASIFICACIÓN DE ROKA	RANGO RMR	RANGO RMR	RANGOS DE SOSTENIMIENTO TIEMPO			TIEMPO DE AUTO SOPORTE (hrs)	SPAN DE EXPOSICIÓN (m)
					TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO		
SISTEMA DE SOSTENIMIENTO TIEMPO	Muy Buena	R1	100-81	1-5	1	1	1	1	1
					2	2	2	2	
					3	3	3	3	
					4	4	4	4	
					5	5	5	5	
Buena	R2	5-25	5-25	5-25	1	1	1	1	1
					2	2	2	2	
					3	3	3	3	
					4	4	4	4	
					5	5	5	5	
Regular A	R3	25-50	25-50	25-50	1	1	1	1	1
					2	2	2	2	
					3	3	3	3	
					4	4	4	4	
					5	5	5	5	
Regular B	R4	50-100	50-100	50-100	1	1	1	1	1
					2	2	2	2	
					3	3	3	3	
					4	4	4	4	
					5	5	5	5	
Mala A	R5	100-250	100-250	100-250	1	1	1	1	1
					2	2	2	2	
					3	3	3	3	
					4	4	4	4	
					5	5	5	5	
Muy Mala	R6	>250	>250	>250	1	1	1	1	1
					2	2	2	2	
					3	3	3	3	
					4	4	4	4	
					5	5	5	5	

 EL BROCAL Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		AREA DE GEOMECANICA				FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS								POR: JUAN JOSE OLIVERA G. FECHA: 2/11/2016 HOJA: 1																																																																																																																																								
UBICACIÓN: GL 1588 N Nv.4032		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)												VALORACIÓN																																																																																																																																								
N° de Celda	ORIENTACIÓN DE LA EXCAVACIÓN			TRAMO			VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)												Valoración																																																																																																																																			
	Az.	Buzamiento:	Desde:	Hasta:	RANGO DE VALORES																																																																																																																																																	
1	257				VALOR ESTIMADO																																																																																																																																																	
TIPO DE ROCA:					FRECUENCIA / FRACTURA			PARÁMETROS												Valoración																																																																																																																																		
A		B		%	N° Fracturas/mL			R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)																																																																																																																																														
BRECHA SILISIFICADA		Vulcanoclasto		20%	24			100-200 (15) X 100-200 (12) 30-100 (7) 20-50 (4) +25 (-2) +5 (1) +100 1 50-100 (20) 75-90 (17) 50-75 (13) X 25-50 (8) +25 (5) 2 8 ESPACIAMIENTO (m.) +2 (20) 0.2-2 (18) 0.2-0.6 (10) X 0.06-0.2 (8) +0.06 (5) 3 8																																																																																																																																														
TIPO ESTRUCTURAL	ORIENTACIÓN		ESPACIAMIENTO	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICIÓN DE JUNIAS																																																																																																																																															
	Buzamiento	Dir. De Buzamiento		Tipo	Espesor		PERSISTENCIA 17m long (8) 1.3 m long (4) X 3-10 m (2) 10-20 (1) 200 (5) 4A 2 APERTURA Comada (8) +0.1 mm (5) X 0.1 - 1.0 mm (4) 1 - 5 mm (1) +5 mm (5) 4B 4 RIGIDEZ Muy Rugosa (8) Rugosa (4) X Lig. Rugosa (3) Lisa (1) P/Agua/No Fata (5) 4C 3 RELLENO Ligero (8) Duro +5mm (2) X Duro +5mm (2) Suave +5mm (1) Suave +5mm (5) 4D 3 ALTERACIÓN Sana (8) Lig. Alterada (8) X Mod. Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (5) 4E 3 AGUA SUBTERRÁNEA Baja (15) X Húmeda (18) Húmeda (7) Ocaso (4) Flujo (5) 5 10																																																																																																																																															
TIPO DE ROCA: A B % BRECHA SILISIFICADA 60% Vulcanoclasto 20%					FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/mL: 24			VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoración 1 a 5) 58 Ajuste por Orientación Estructural: Muy Favorable (-2) Favorable (-2) Moderada (-5) X Desfavorable (-10) Desfavorable (-12) -10 VALOR TOTAL RMR AJUSTADO 48																																																																																																																																														
CLASE DEL MACIZO ROCOSO																																																																																																																																																						
KNX		100 + 81		80 + 81		60 + 81		30 + 81		40 + 31		30 + 21		< 20		III B - Regular B																																																																																																																																						
DESCRIPCIÓN		I Muy Buena		II Buena		III A - Regular A		III B - Regular B		IVA-Mala A		IV B - Mala B		V Muy Mala		V Muy Mala																																																																																																																																						
INDICACIÓN GEOMECAÁNICA:																																																																																																																																																						
Malla Electrosoldada + Pernos Split Set 7", @ = 1.50 m. De forma sistemática desde la gradiente. RESPETAR PILARES DE 6.0m																																																																																																																																																						
9 m																																																																																																																																																						
GRADO	ÍNDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACIÓN DE CAMPO			RANGO RESIST. COMP. AXIAL			ABREVIACIÓN DE TIPO DE ROCA				CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAN DE EXPOSICIÓN																																																																																																																																											
R1	Desmenuzable con golpes firmes con la punta de martillo se desconcha con una cuchilla			1 - 5.			Ciza Caliza Ciza Min Caliza Mineralizada Mar Lar Marga Limoarolita Bx Brecha Cgl Conglomerado				<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CLASIFICACIÓN Y TIPO DE ROCA</th> <th rowspan="2">CATEGORÍA DE ROCA</th> <th rowspan="2">RANGO "RMR"</th> <th rowspan="2">RANGO "R"</th> <th colspan="3">TIPO DE SOSTENIMIENTO (TIPOS)</th> <th rowspan="2">TIEMPO DE AUTO SOPORTE (hrs)</th> <th rowspan="2">SPAN DE EXPOSICIÓN (m)</th> </tr> <tr> <th>LABORIOS DE ANILLO PERMANENTES</th> <th>LABORIOS DE ANILLO TEMPORALES</th> <th>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m x 4.50 m</th> <th>SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m</th> <th>SECCIÓN 4.50 m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>III B</td> <td>Muy Buena</td> <td>100-81</td> <td>1-5</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> </tr> <tr> <td>III C</td> <td>Buena</td> <td>80-61</td> <td>5-25</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> </tr> <tr> <td>III D</td> <td>Buena</td> <td>60-31</td> <td>25-50</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> </tr> <tr> <td>III E</td> <td>Buena</td> <td>30-81</td> <td>50-100</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> <td>Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.</td> </tr> <tr> <td>III F</td> <td>Buena</td> <td>100-260</td> <td>100-260</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> <td>Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.</td> </tr> <tr> <td>III G</td> <td>Buena</td> <td>> 250</td> <td>> 250</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> <td>Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.</td> </tr> </tbody> </table>												CLASIFICACIÓN Y TIPO DE ROCA	CATEGORÍA DE ROCA	RANGO "RMR"	RANGO "R"	TIPO DE SOSTENIMIENTO (TIPOS)			TIEMPO DE AUTO SOPORTE (hrs)	SPAN DE EXPOSICIÓN (m)	LABORIOS DE ANILLO PERMANENTES	LABORIOS DE ANILLO TEMPORALES	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m x 4.50 m	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m	SECCIÓN 4.50 m	III B	Muy Buena	100-81	1-5	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	III C	Buena	80-61	5-25	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	III D	Buena	60-31	25-50	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	III E	Buena	30-81	50-100	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	III F	Buena	100-260	100-260	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	III G	Buena	> 250	> 250	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.
CLASIFICACIÓN Y TIPO DE ROCA	CATEGORÍA DE ROCA	RANGO "RMR"	RANGO "R"	TIPO DE SOSTENIMIENTO (TIPOS)			TIEMPO DE AUTO SOPORTE (hrs)	SPAN DE EXPOSICIÓN (m)																																																																																																																																														
				LABORIOS DE ANILLO PERMANENTES	LABORIOS DE ANILLO TEMPORALES	SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m x 4.50 m			SECCIÓN 4.50 m x 4.50 m	SECCIÓN 4.50 m																																																																																																																																												
III B	Muy Buena	100-81	1-5	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.																																																																																																																																				
III C	Buena	80-61	5-25	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.																																																																																																																																				
III D	Buena	60-31	25-50	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.																																																																																																																																				
III E	Buena	30-81	50-100	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.	Se desmenuza con golpes firmes con la punta de martillo.																																																																																																																																				
III F	Buena	100-260	100-260	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.																																																																																																																																				
III G	Buena	> 250	> 250	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo.																																																																																																																																				
GRADO	ÍNDICE DE ALTERACIÓN DESCRIPCIÓN			ABREVIACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURAS				ABREVIACIÓN DEL TIPO DE RELLENO				ABREVIACIÓN DEL ESPACIAMIENTO																																																																																																																																										
I. SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales			D Diacasa E Estrato Fa Falla Ve Venita Ct Contacto				Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Lm Limos Cb Carbonatos Si Silice Pz Puzoso				1 > 2 m. 2 0.6 - 2 m. 3 0.2 - 0.6 m. 4 0.06 - 0.2 m. 5 < 0.06 m.																																																																																																																																										
II. LIGERO	La decoloración indica alteración del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana																																																																																																																																																					
III. MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.																																																																																																																																																					
IV. MUY ALT.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.																																																																																																																																																					
V. DESCOMPUESTO.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.																																																																																																																																																					

					AREA DE GEOMECANICA					FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS					POR: JUAN JOSE OLIVERA G. FECHA: 1/11/2016				
UBICACION: GL 1602 N Nv.4032										HOJA: 1									
Nº de Celda 1		ORIENTACION DE LA EXCAVACION Az. 257			BUZAMIENTO: Desde: Hasta:			TRAMO Desde: Hasta:					VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)						
TIPO DE ROCA: A BRECHA SILIFICADA 60%		B Vulcanoclasto 20%			FRECUENCIA / FRACTURA Nº Fracturas/ml. 24			PARAMETROS					RANGO DE VALORES					Valoración	
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa) 20-100 (10) X 100-250 (12) 50-100 (7) 25-50 (4) >25 (2) <15 (1)								R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa) 20-100 (10) X 100-250 (12) 50-100 (7) 25-50 (4) >25 (2) <15 (1)					R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa) 20-100 (10) X 100-250 (12) 50-100 (7) 25-50 (4) >25 (2) <15 (1)					Valoración 1 17	
ROD (%) 90-100 (20) 75-90 (17) 50-75 (13) X 25-50 (8) >25 (3) 2 8								ROD (%) 90-100 (20) 75-90 (17) 50-75 (13) X 25-50 (8) >25 (3) 2 8					ROD (%) 90-100 (20) 75-90 (17) 50-75 (13) X 25-50 (8) >25 (3) 2 8					Valoración 3 8	
ESPACIAMIENTO (m.) 0.2-0.4 (10) X 0.06-0.2 (8) >0.06 (3) 3 8								ESPACIAMIENTO (m.) 0.2-0.4 (10) X 0.06-0.2 (8) >0.06 (3) 3 8					ESPACIAMIENTO (m.) 0.2-0.4 (10) X 0.06-0.2 (8) >0.06 (3) 3 8					Valoración 3 8	
CONDICION DE JUNTAS PERFORACION: 1-30 long (5) 1-5 in long (4) X 5-10 in (3) 10-20 (1) >20 (0) 4A 2 APERTURA: Cerrada (8) >0.1 mm (6) X 0.1 - 1.0 mm (4) 1 - 5 mm (1) > 5 mm (0) 4B 4 RUGOSIDAD: Muy Rugosa (8) Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Superf. de falta (0) 4C 3 RELLENO: Limpio (6) Duro >5mm (4) X Duro >5mm (2) Suave <5mm (1) Suave <5mm (0) 4D 3 ALTERACION: Sana (8) Lig. Alterada (6) X Mod. Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4E 3 AGUA SUBTERRANEA: Seco (13) X Húmedo (18) Mojado (7) Gotoso (4) Flujo (5) 10								CONDICION DE JUNTAS PERFORACION: 1-30 long (5) 1-5 in long (4) X 5-10 in (3) 10-20 (1) >20 (0) 4A 2 APERTURA: Cerrada (8) >0.1 mm (6) X 0.1 - 1.0 mm (4) 1 - 5 mm (1) > 5 mm (0) 4B 4 RUGOSIDAD: Muy Rugosa (8) Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Superf. de falta (0) 4C 3 RELLENO: Limpio (6) Duro >5mm (4) X Duro >5mm (2) Suave <5mm (1) Suave <5mm (0) 4D 3 ALTERACION: Sana (8) Lig. Alterada (6) X Mod. Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4E 3 AGUA SUBTERRANEA: Seco (13) X Húmedo (18) Mojado (7) Gotoso (4) Flujo (5) 10					CONDICION DE JUNTAS PERFORACION: 1-30 long (5) 1-5 in long (4) X 5-10 in (3) 10-20 (1) >20 (0) 4A 2 APERTURA: Cerrada (8) >0.1 mm (6) X 0.1 - 1.0 mm (4) 1 - 5 mm (1) > 5 mm (0) 4B 4 RUGOSIDAD: Muy Rugosa (8) Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Superf. de falta (0) 4C 3 RELLENO: Limpio (6) Duro >5mm (4) X Duro >5mm (2) Suave <5mm (1) Suave <5mm (0) 4D 3 ALTERACION: Sana (8) Lig. Alterada (6) X Mod. Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4E 3 AGUA SUBTERRANEA: Seco (13) X Húmedo (18) Mojado (7) Gotoso (4) Flujo (5) 10					Valoración 4A 2 4B 4 4C 3 4D 3 4E 3 10 10	
LABOR EMPLAZADA EN BRECHAS SILIFICADAS DE RESISTENCIA MEDIA A ALTA, FRACTURAMIENTO E-W MODERAD, CONDICION DE AGUA HUMEDO A GOTEO.								VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoracion 1 a 5) 58					VALOR TOTAL RMR BASICO (Suma de valoracion 1 a 5) 58					Valoración 10	
CLASE DEL MACIZO ROCOSO								CLASE DEL MACIZO ROCOSO RMR 100 - 81					CLASE DEL MACIZO ROCOSO RMR 100 - 81					Valoración 8B - Regular B	
DESCRIPCION								DESCRIPCION I Muy Buena II Buena III A - Regular A III B - Regular B IVA-Mala A IV B - Mala B V Muy Mala					DESCRIPCION I Muy Buena II Buena III A - Regular A III B - Regular B IVA-Mala A IV B - Mala B V Muy Mala					Valoración 8B - Regular B	
INDICACION GEOMECANICA:								INDICACION GEOMECANICA:					INDICACION GEOMECANICA:					Span: 9 m	
Malla Electrodozada + Pernos Epit Est 7", @ = 1.50 m. De forma sistemática desde la gradiente. RESPETAR PLAZAS DE 6.0m								Malla Electrodozada + Pernos Epit Est 7", @ = 1.50 m. De forma sistemática desde la gradiente. RESPETAR PLAZAS DE 6.0m					Malla Electrodozada + Pernos Epit Est 7", @ = 1.50 m. De forma sistemática desde la gradiente. RESPETAR PLAZAS DE 6.0m					Span: 9 m	

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIST. COMP. AXIAL
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1 - 5.
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (sin punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I. SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II. LIGERO	La decoloración indica alteración del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso decolorado extremadamente es más débil que en su condición sana
III. MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso está descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV. MUY ALT.	Más de la mitad del mat. rocoso está descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V. DESCOMPUESTO.	Todo el material rocoso está descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Ciza	Caliza
Ciza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcilla
lx	Brecha
Cgl	Conglomerado

ABREVIACION DEL TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diacisa	E	Estrato
Fa	Falla	Ve	Ventila
Ct	Contacto		

ABREVIACION DEL TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Py	Pyrita
Arc	Arcilla	Lm	Limos
Cb	Carbonatos	Sl	Silice
Pz	Perovito		

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m.
2	0.6 - 2 m.
3	0.2 - 0.6 m.
4	0.06 - 0.2 m.
5	< 0.06 m.

CLASIFICACION GEOMEKANICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAN DE EXPOSICION													
CLASIFICACION RMR	CONDICION DE LA ROCA	TIPO DE ROCA	TIPO DE ESTRUCTURAS	TIPO DE RELLENO	TIPO DE SOSTENIMIENTO TEMPORAL							TIEMPO DE AUTO SOPORTE (MES)	SPAN DE EXPOSICION (M)
					TIPO DE SOSTENIMIENTO PERMANENTE	TIPO DE SOSTENIMIENTO TEMPORAL	TIPO DE SOSTENIMIENTO TEMPORAL	TIPO DE SOSTENIMIENTO TEMPORAL	TIPO DE SOSTENIMIENTO TEMPORAL	TIPO DE SOSTENIMIENTO TEMPORAL	TIPO DE SOSTENIMIENTO TEMPORAL		
I	Sana	Ciza	Ct	Ox	Límites de avance permanentes	Límites de avance temporales	Límites de avance temporales	Límites de avance temporales	Límites de avance temporales	Límites de avance temporales	Límites de avance temporales	360	6.00
					1	1	1	1	1	1			
					2	2	2	2	2	2			
					3	3	3	3	3	3			
					4	4	4	4	4	4			

MED. EL MACIZO DE ROCA... (Small text at the bottom of the table)

		AREA DE GEOMECANICA		FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO POR CELDAS				POR: JUAN JOSE OLIVERA G. FECHA: 4/11/2016 HOJA: 1	
UBICACION: GL 9022 E Nv. 4032		TRAMO: Desde: _____ Hasta: _____		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)				VALOR TOTAL RMR AJUSTADO 37	
TIPO DE ROCA: A: _____ % B: _____ %		FRECUENCIA / FRACTURA N° Fracturas/ml.		PARAMETROS				RANGO DE VALORES	
TIPO DE ESTRUCTURA: Buzamiento: _____ Dir. De Buzamiento: _____		RELENO Tipo: _____ Espesor: _____		VALOR ESTIMADO				Valoración	
CONDICION DE JUNTAS		COMENTARIOS		R. COMPRESION UNIAXIAL (MPa) > 250 (15) 100-250 (12) X 50-100 (7) 25-50 (4) <25 (2) <5 (1) <1 (0) 1 7				ROD (%) 90-100 (20) 75-90 (17) 50-75 (13) X 25-50 (8) <25 (3) 2 8	
ESPACIAMIENTO (m.) >2 (20) 0.6 - 2 (15) 0.2 - 0.6 (10) X 0.06 - 0.2 (8) <0.06 (5) 3 8		CONDICION DE JUNTAS		ESPACIAMIENTO (m.) >2 (20) 0.6 - 2 (15) 0.2 - 0.6 (10) X 0.06 - 0.2 (8) <0.06 (5) 3 8				CONDICION DE JUNTAS	
PERSISTENCIA <1m long (6) 1-3 m long. (4) X 3-10 m (2) 10-20 (1) >20 (0) 4A 2		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
APERTURA Cerrada (6) X <0.1 mm (5) 0.1 - 1.0 mm (4) 1 - 5 mm (1) >5 mm (0) 4B 5		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
RUGOSIDAD Muy Rugosa (6) Rugosa (5) X Lig. Rugosa (3) Lisa (1) Espajo de falla (0) 4C 3		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
RELENO Limpio (6) Duro <5mm (4) Duro >5mm (2) X Suave <5mm (1) Suave >5mm (0) 4D 1		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
ALTERACION Sana (6) Lig. Alterada (5) X Mod. Alterada (3) Muy Alterada (2) Descompuesta (0) 4E 3		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
AGUA SUBTERRANEA Seco (15) X Hmedo (16) Mojado (7) Ojoso (4) Flujo (0) 5 10		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
LABOR EMPLAZADA EN CALIZAS LIMOARCILLIZAS DE RESISTENCIA MEDIA BAJA, FACTURAMIENTO MODERADO A INTENSO.		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
CLASE DEL MACIZO ROCOSO		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 < 20		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
DESCRIPCION I Muy Buena II Buena III A - Regular A III B - Regular B IVA-Mala A IV B - Mala B V Muy Mala		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
INDICACION GEOMECANICA: Shotcrete 2", seccion completa + Pernos Python 7, @ = 1.20 m		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	
SPAN: 0 m		CONDICION DE JUNTAS		CONDICION DE JUNTAS				CONDICION DE JUNTAS	

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIST. COMP. AXIAL
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1 - 5
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Ctza	Caliza
Ctza Min	Caliza Mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

ABREVIACION DEL TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diaclasa	E	Estrato
Fa	Falla	Ve	Venilia
Ct	Contacto		



ABREVIACION DEL TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Py	Pirita
Arc	Arcilla	Lm	Limos
Cb	Carbonatos	Si	Silice
Pz	Panizo		

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m.
2	0.6 - 2 m.
3	0.2 - 0.6 m.
4	0.06 - 0.2 m.
5	< 0.06 m.

CLASIFICACION GEOMECANICA, TIPOS DE SOSTENIMIENTO, TIEMPOS DE AUTO SOPORTE Y SPAM DE EXPOSICION									
CLASIFICACION TIPO DE ROCA	CALIDAD DE ROCA	INDICE "RMR"	INDICE "Q"	TIPOS DE SOSTENIMIENTO TIPO					
				LABORES DE AVANCE PERMANENTES			LABORES DE AVANCE TEMPORALES		
				SECCION 4.30 m x 4.30 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCION 4.30 m x 4.30 m - 4.00 m x 4.00 m	SECCION 6.00 m x 4.00 m			
1	Muy Buena	200-250	> 50	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos split set, L x F.	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos split set, L x F.	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos split set, L x F.	120 días		
2	Buena	80-100	30-50	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos split set, L x F.	Se sostenimiento o empalmado ocasional con pernos split set, L x F.	Empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.50 m, distribución en celdas.	4 meses		
3	Regular A	60-70	10-15	Empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Malla en celdas de 0.60 m x 0.60 m de 4" x 4" empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	40 días	12	
4	Regular B	40-50	5-10	Shotcrete, a = 2", @ 4 kg/m³ de fibra de 6" x 6" + empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Malla en celdas de 0.60 m x 0.60 m de 4" x 4" empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Malla en celdas de 0.60 m x 0.60 m de 4" x 4" empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	12 meses	6	
5	Regular C	20-40	1-4	Shotcrete, a = 2", @ 4 kg/m³ de fibra de 6" x 6" + empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Malla en celdas de 0.60 m x 0.60 m de 4" x 4" empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Shotcrete, a = 2", @ 4 kg/m³ de fibra de 6" x 6" + empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	24 meses	3	
6	Pobre A	10-20	0-1	Shotcrete, a = 2", @ 4 kg/m³ de fibra de 6" x 6" + empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Malla en celdas de 0.60 m x 0.60 m de 4" x 4" empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Shotcrete, a = 2", @ 4 kg/m³ de fibra de 6" x 6" + empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	36 meses	2	
7	Pobre B	5-10	0-0.5	Shotcrete, a = 2", @ 4 kg/m³ de fibra de 6" x 6" + empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Malla en celdas de 0.60 m x 0.60 m de 4" x 4" empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Shotcrete, a = 2", @ 4 kg/m³ de fibra de 6" x 6" + empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	48 meses	1	
8	Muy Pobre	0-5	0-0.1	Shotcrete, a = 2", @ 4 kg/m³ de fibra de 6" x 6" + empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Malla en celdas de 0.60 m x 0.60 m de 4" x 4" empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	Shotcrete, a = 2", @ 4 kg/m³ de fibra de 6" x 6" + empalmado ocasional con pernos split set, L x F, @ = 1.20 m, distribución en celdas.	60 meses	0	

NOTA: En intersección de labores, se usará exclusivamente pernos split set, L x F, según estándar ISIRI, el empalmado será realizado en forma conjunta por las Áreas de Geomecánica (GEM) y Minería (MIN).

Anexo 2.
Logueo Geotécnico de Testigos de Sondajes Diamantinos (Proporcionadas por Brocal)

			LOGUEO GEOTECNICO DE TESTIGOS ROCOSOS																
			Proyecto:		EVALUACION GEOMECANICA DEL MINADO SUBTERRANEO DE MARCA PUNTA N, SW Y SE														
SONDAJE		COORDENADAS		E :	361,541.73		N :	8,808,915.37		Cota :		4 345.05 msnm		Realiz:	RAM PERU		Hoja		Pág.
12-552DDH		ORIENTACION		Azimut :	0.00°		Inclinación :	-90.00°		Longitud:		382.90 m		Fecha:	1/07/2017		1 de 3		1
Intervalo de Profundidad		Longitud del tramo (m)	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR										Descripción		
Desde (m)	Hasta (m)						RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Condición de juntas (4)				Per	Agua (5)	RMR Total			
							Ap	Rug	Rel	Alt									
0.00	4.80	4.80	SUELO	NULL	NULL	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NULL	NULL	
4.80	37.80	33.00	AGLO	Lig	R3	90	4	17	10	4	4	4	1	3	10	57	IIIA	Regular A	
37.80	39.10	1.30	ZF	Muy	R1	15	1	3	5	0	0	1	1	2	7	20	V	Muy Mala	
39.10	40.60	1.50	AGLO	Mod	R3	45	4	7	5	4	4	1	1	2	7	35	IVA	Mala A	
40.60	43.20	2.60	AGLO	Lig	R3	50	4	8	8	4	4	3	1	3	7	42	IIIB	Regular B	
43.20	45.00	1.80	AGLO	Lig	R3	85	4	16	10	4	4	3	1	3	10	55	IIIA	Regular A	
45.00	46.80	1.80	AGLO	Mod	R3	40	3	6	8	2	1	1	1	1	7	30	IVB	Mala B	
46.80	48.40	1.60	AGLO	Mod	R3	85	4	16	10	2	4	3	1	3	10	53	IIIA	Regular A	
48.40	51.75	3.35	AGLO	Lig	R3	90	4	17	10	4	4	3	1	4	10	57	IIIA	Regular A	
51.75	52.80	1.05	AGLO	Mod	R3	70	3	12	10	2	1	3	1	3	7	42	IIIB	Regular B	
52.80	59.55	6.75	AGLO	Lig	R3	90	4	17	10	4	4	3	1	3	10	56	IIIA	Regular A	
59.55	61.60	2.05	BXFM	Mod	R3	80	4	15	10	2	1	3	1	3	10	49	IIIB	Regular B	
61.60	62.50	0.90	BXFM	Mod	R2	15	2	3	5	1	1	2	1	2	7	24	IVB	Mala B	
62.50	64.20	1.70	BXFM	Mod	R3	85	4	16	10	4	4	3	1	3	10	55	IIIA	Regular A	
64.20	64.60	0.40	BXFM	Mod	R2	15	2	3	5	2	1	2	1	2	7	25	IVB	Mala B	
64.60	71.20	6.60	BXFM	Mod	R3	80	3	14	10	4	4	3	0	3	10	51	IIIA	Regular A	
71.20	75.70	4.50	TOBA	Lig	R3	85	4	14	10	4	4	3	1	3	10	57	IIIA	Regular A	
75.70	76.80	1.10	TOBA	Mod	R3	15	3	3	5	2	1	3	1	2	7	27	IVB	Mala B	
76.80	78.15	1.35	TOBA	Lig	R2	85	4	14	10	4	4	3	1	3	10	53	IIIA	Regular A	
78.15	86.20	8.05	DAPO	Mod	R3	40	4	17	10	4	4	3	1	3	7	53	IIIA	Regular A	
Litología		Resistencia de la roca intacta				MPa	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO												
MIN	Mineral	R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla			1 - 5	RESIST. COMP. UNIAIX.	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1						
CLZA	Caliza						R Q D (%)	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2						
DAPO	Dacita porfírica	R2	Se desconcha con difícil. c/ cuchilla.			5 - 25	ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.8-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)	3						
AREN	Arenisca		Marcas no profundas con la picota.				COND. DE JUNTAS	Persistencia <1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A						
ANDE	Andesita	R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo.			25 - 50	Apertura	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B						
NULL	No existe		Se rompe con golpe firme de picota.				Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C						
Grado de alteración		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.			50 - 100	Relleno	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D						
San	Sano						Alteración	Sana (6)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E						
Lig	Ligero	R5	Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.			100 - 250	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5						
Mod	Moderado						RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0					
Muy	Muy alterado	R6	Solo se rompe esquirlas c/ la picota.			>250	DESCRIPCION	I. Muy Buena	II. Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V. Muy Mala					

DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles			LOGUEO GEOTECNICO DE TESTIGOS ROCOSOS										EL BROCAL Iniciada Minería El Brocado S.A.S.										
Proyecto:			EVALUACION GEOMECANICA DEL MINADO SUBTERRANEO DE MARCA PUNTA N, SW Y SE										Realiz: RAM PERU										
SONDAJE		COORDENADAS		E :		361,541.73		N :		8,808,915.37		Cota :		4 345.05 msnm		Realiz: RAM PERU		Hoja		Pág.			
12-552DDH		ORIENTACION		Azimut :		0.00°		Inclinación :		-90.00°		Longitud:		382.90 m		Fecha:		1/07/2017		2 de 3		2	
Intervalo de Profundidad		Longitud del tramo		Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR										Descripción					
Desde (m)	Hasta (m)							RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Condición de juntas (4)				Água (5)	RMR Total							
								Per	Ap	Rug	Rel	Alt											
86.20	88.70	2.50	DAPO	Mod	R3	75	4	13	10	4	1	3	1	2	10	48	IIIB	Regular B					
88.70	92.20	3.50	DAPO	Mod	R3	75	4	13	10	4	1	3	1	2	10	48	IIIB	Regular B					
92.20	96.00	3.80	DAPO	Mod	R3	60	4	10	8	4	4	3	1	3	10	47	IIIB	Regular A					
96.00	108.65	12.65	DAPO	Lig	R3	90	4	17	8	4	4	3	4	5	10	59	IIIA	Regular A					
108.65	132.90	24.25	DAPO/MIN	Lig	R3	90	4	17	10	4	4	3	4	5	10	61	II	Buena					
132.90	136.90	4.00	DAPO/MIN	Lig	R3	90	4	17	7	4	4	3	4	5	10	58	IIIA	Regular A					
136.90	151.40	14.50	DAPO/MIN	Lig	R3	90	4	17	10	4	4	3	1	3	10	56	IIIA	Regular A					
151.40	156.75	5.35	DAPO/MIN	Mod	R3	75	4	13	8	4	1	2	1	2	10	45	IIIB	Regular B					
156.75	164.30	7.55	DAPO/MIN	Mod	R3	90	4	17	8	4	4	3	1	3	10	54	IIIA	Regular A					
164.30	172.90	8.60	DAPO/MIN	Mod	R3	75	4	13	8	3	1	2	1	2	10	44	IIIB	Regular B					
172.90	181.15	8.25	DAPO/MIN	Mod	R3	75	4	13	8	3	1	2	1	2	10	44	IIIB	Regular B					
181.15	181.60	0.45	F	Mod	R3	75	4	13	8	3	1	2	1	2	10	44	IIIB	Regular B					
181.60	184.75	3.15	DAPO/MIN	Mod	R3	75	4	13	8	3	1	2	1	2	10	44	IIIB	Regular B					
184.75	198.35	13.60	DAPO/MIN	Mod	R3	85	4	16	10	4	4	3	1	3	10	55	IIIA	Regular A					
198.35	211.80	13.45	DAPO/MIN	Mod	R3	85	4	16	10	4	4	3	1	3	10	55	IIIA	Regular A					
211.80	222.80	11.00	DAPO/MIN	Mod	R3	60	4	9	8	2	4	3	3	3	10	46	IIIB	Regular B					
222.80	230.60	7.80	ZF/MIN	Mod	R2	30	2	4	5	1	1	2	1	2	7	25	IVB	Mala B					
230.60	235.70	5.10	BX/MIN	Mod	R2	30	2	4	5	1	1	2	1	2	7	25	IVB	Mala B					
235.70	241.80	6.10	BX/MIN	Mod	R3	60	4	12	8	3	1	3	1	3	7	42	IIIB	Regular B					
241.80	243.20	1.40	TOBA/MIN	Mod	R3	60	4	12	8	3	1	3	1	3	7	42	IIIB	Regular B					
Litología		Resistencia de la roca intacta		MPa	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO																		
MIN	Mineral	R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla		1 - 5	RESIST. COMP. UNIAX.		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1										
CLZA	Caliza		R Q D (%)		90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2													
DAPO	Dacita porfírica	R2	Se desconcha con difícil. c/ cuchilla.		5 - 25	ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)	3										
AREN	Arenisca		Marcas no profundas con la picota.		COND. DE JUNTAS		Persistencia <1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A											
ANDE	Andesita	R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo.		25 - 50	Apertura		Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B										
NULL	No existe		Se rompe con golpe firme de picota.		Rugosidad		Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C											
Grado de alteración		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.		50 - 100	Relleno		Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D										
San	Sano		Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.		100 - 250	Alteración		Sana (6)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E										
Lig	Ligero	R5	Solo se rompe esquilras c/ la picota.		>250	AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5										
Mod	Moderado		Solo se rompe esquilras c/ la picota.		>250	RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0									
Muy	Muy alterado	R6				DESCRIPCION		I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala									



DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánica en Minería y Obras Civiles		LOGUEO GEOTECNICO DE TESTIGOS ROCOSOS										EL BROCAL <small>Business Minerals & More S.A.A.</small>								
Proyecto:		EVALUACION GEOMECANICA DEL MINADO SUBTERRANEO DE MARCA PUNTA N, SW Y SE										Realiz:		RAM PERU		Hoja	Pág.			
SONDAJE 12-552DDH		COORDENADAS ORIENTACION		E : Azimut :		361,541.73 0.00°		N : Inclinación :		8,808,915.37 -90.00°		Cota : Longitud:		4 345.05 msnm 382.90 m		Fecha:		1/07/2017	3 de 3	3
Intervalo de Profundidad		Longitud del tramo (m)	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR								RMR Total	Descripción				
Desde (m)	Hasta (m)						RC (1)		RQD (2)	Esp. (3)	Condicón de juntas (4)				Per	Rug	Rel	Alt	Agua (5)	
243.20	245.45	2.25	TOBA/MIN	Mod	R3	60	4	12	8	3	1	3	1	3	7	42	IIIB	Regular B		
245.45	249.70	4.25	BX/MIN	Mod	R3	60	4	12	8	3	1	3	1	3	7	42	IIIB	Regular B		
249.70	259.60	9.90	TOBA/MIN	Mod	R2	30	2	4	5	2	1	2	1	2	7	26	IVB	Mala B		
259.60	271.80	12.20	CLZA/MIN	Mod	R3	70	4	12	8	4	1	3	1	3	7	43	IIIB	Regular B		
271.80	272.92	1.12	TOBA/MIN	Mod	R3	70	4	12	9	4	4	3	1	3	7	47	IIIB	Regular B		
272.92	278.00	5.08	TOBA/MIN	Mod	R2	30	2	4	5	2	1	1	1	2	7	25	IVB	Mala B		
278.00	289.70	11.70	TOBA/MIN	Mod	R2	40	2	6	7	2	1	2	2	3	7	32	IVA	Mala A		
289.70	311.95	22.25	BX/MIN	Mod	R3	80	4	16	8	3	2	3	3	3	10	52	IIIA	Regular A		
311.95	312.70	0.75	BX/MIN	Muy	R1	15	1	3	5	0	0	1	0	2	7	19	V	Muy Mala		
312.70	375.80	63.10	BX/MIN	Lig	R3	90	4	17	10	4	4	3	4	4	10	60	IIIA	Regular A		
375.80	382.90	7.10	AREN	Mod	R2	30	2	4	5	2	1	2	1	2	7	26	IVB	Mala B		

Litología		Resistencia de la roca intacta		MPa	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO											
MIN	Mineral	R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla	1 - 5	RFSIST COMP LINIAX		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1				
CLZA	Caliza				R Q D (%)		90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2				
DAPO	Dacita porfirítica	R2	Se desconcha con dificult. c/ cuchilla. Marcas no profundas con la picota.	5 - 25	ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (8)	<0,06 (5)	3				
AREN	Arenisca				COND. DE JUNTAS	Persistencia	<1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A				
ANDE	Andesita	Apertura	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)		0.1-1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B							
NULL	No existe	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)		Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C							
Grado de alteración		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.	50 - 100	Relleno	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D					
San	Sano				Alteración	Sana (6)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E					
Lig	Ligero	R5	Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.	100 - 250	AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5				
Mod	Moderado				RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0				
Muy	Muy alterado	R6	Solo se rompe esquilas c/ la picota.	>250	DESCRIPCION		I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala			

			LOGUEO GEOTECNICO DE TESTIGOS ROCOSOS															
SONDAJE 12-584DDH			COORDENADAS ORIENTACION		E : 361,541.73	N : 8,808,915.37	Cota : 4 345.05 msnm	Realiz: RAM PERU	Hoja 1 de 2	Pág. 4	Proyecto: EVALUACION GEOMECHANICA DEL MINADO SUBTERRANEO DE MARCA PUNTA N, SW Y SE							
Intervalo de Profundidad			Longitud del tramo (m)	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR								Descripción		
Desde (m)	Hasta (m)	Longitud del tramo (m)	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Per	Condición de juntas (4)				Agua (5)	RMR Total	Descripción	
											Ap	Rug	Rel	Alt				
0.00	1.50	1.50	TOBA/MIN	Mod	R3	15	3	3	5	4	1	3	1	3	7	30	IVB	Mala B
1.50	3.90	2.40	TOBA/MIN	Lig	R3	50	4	8	10	4	1	3	1	3	10	44	IIIB	Regular B
3.90	6.40	2.50	TOBA/MIN	Lig	R3	80	4	14	6	1	2	2	3	3	10	45	IIIB	Regular B
6.40	8.00	1.60	VACIO	NULL	NULL	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NULL	NULL
8.00	9.40	1.40	TOBA/MIN	Lig	R3	30	4	4	5	3	1	2	2	3	10	34	IVA	Mala A
9.40	10.00	0.60	F	Muy	R1	15	1	3	5	0	0	1	1	0	7	18	V	Muy Mala
10.00	13.90	3.90	TOBA/MIN	Mod	R2	40	2	6	6	1	1	3	1	3	7	30	IVB	Mala B
13.90	14.50	0.60	CLZA	Mod	R2	40	2	6	7	2	1	2	1	3	7	31	IVA	Mala A
14.50	16.65	2.15	TOBA	Lig	R3	70	3	12	8	4	1	3	1	3	10	45	IIIB	Regular B
16.65	16.80	0.15	F	Muy	R1	15	1	3	5	0	0	1	1	0	7	18	V	Muy Mala
16.80	20.70	3.90	TOBA	Lig	R3	50	3	8	7	3	1	3	1	3	10	39	IVA	Mala A
20.70	21.30	0.60	F	Muy	R1	15	1	3	5	0	0	1	1	0	7	18	V	Muy Mala
21.30	23.30	2.00	TOBA	Mod	R3	30	3	4	7	2	1	2	1	3	7	30	IVB	Mala B
23.30	24.95	1.65	TOBA	Lig	R3	70	4	12	10	4	1	2	1	3	10	47	IIIB	Regular B
24.95	25.05	0.10	F	Muy	R1	15	1	3	5	0	0	1	1	0	7	18	V	Muy Mala
25.05	36.00	10.95	TOBA	Lig	R3	75	4	13	8	3	1	2	1	3	10	45	IIIB	Regular B
36.00	39.00	3.00	TOBA	Lig	R3	75	4	13	8	3	1	2	1	3	10	45	IIIB	Regular B
39.00	39.60	0.60	VULC	Lig	R3	75	4	13	8	3	1	2	1	3	10	45	IIIB	Regular B
39.60	40.80	1.20	TOBA	Lig	R3	75	4	13	8	3	1	2	1	3	10	45	IIIB	Regular B
40.80	40.95	0.15	F	Lig	R3	75	4	13	8	3	1	2	1	3	10	45	IIIB	Regular B
Litología			Resistencia de la roca intacta			MPa	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO											
MIN	Mineral	R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla			1 - 5	RESIST. COMP. UNIAX.		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1				
CLZA	Caliza		Se desconcha con una cuchilla			1 - 5	R Q D (%)		90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2				
DAPO	Dacita porfirítica	R2	Se desconcha con dificul. c/ cuchilla. Marcas no profundas con la picota.			5 - 25	ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)	3				
AREN	Arenisca		No se raya ni desconcha c/ cuchillo. Se rompe con golpe firme de picota.			25 - 50	COND. DE JUNTAS	Persistencia	<1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A				
ANDE	Andesita	R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo. Se rompe con golpe firme de picota.			25 - 50		Apertura	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B				
NULL	No existe		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.			50 - 100	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C				
Grado de alteración		R5		La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.			50 - 100	Relleno	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D				
San	Sano		Se requiere varios golpes de la picota			100 - 250	Alteración	Sana (6)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E					
Lig	Ligero	Se requiere varios golpes de la picota			100 - 250	AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5					
0	Moderado	Solo se TOBA/MIN Mod			100 - 250	RMR	3	5	1	1	7	30 - 21	20 - 0					
1.5	Muy alterado	Solo se TOBA/MIN Lig			100 - 250	DESCRIPCION	4	10	1	1	10	IVB Mala B	V Muy Mala					

 Geomecánica en Minería y Obras Civiles			LOGUEO GEOTECNICO DE TESTIGOS ROCOSOS									 Sociedad Minera El Brocal S.A.A.						
Proyecto:			EVALUACION GEOMECANICA DEL MINADO SUBTERRANEO DE MARCA PUNTA N, SW Y SE									Realiz.: RAM PERU						
E :	361,541.73		N :	8,808,915.37		Cota :		4 345.05 msnm		Realiz.:	RAM PERU	Hoja	Pág.					
SONDAJE		COORDENADAS		E :	361,541.73		N :	8,808,915.37		Cota :	4 345.05 msnm		Realiz.:	RAM PERU	Hoja	Pág.		
12-584DDH		ORIENTACION		Azimut :	0.00°		Inclinación :	-90.00°		Longitud:	382.90 m		Fecha:	1/07/2017	2 de 2	5		
Intervalo de Profundidad		Longitud del tramo	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR											Descripción
Desde (m)	Hasta (m)						Condicón de juntas (4)				Agua (5)	RMR Total						
							RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Per		Rug	Rel	Alt				
40.95	44.30	3.35	BXTE	Mod	R3	30	3	4	7	1	1	1	1	2	7	27	IVB	Mala B
44.30	47.10	2.80	TOBA	Lig	R3	75	3	13	9	2	1	2	1	3	10	44	IIIB	Regular B
47.10	47.45	0.35	F	Muy	R1	15	1	3	5	0	0	1	1	0	7	18	V	Muy Mala
47.45	51.50	4.05	TOBA	Lig	R3	45	4	7	9	2	1	2	1	3	9	38	IVA	Mala A
51.50	52.50	1.00	F	Mod	R3	30	3	4	7	1	1	1	1	0	7	25	IVB	Mala B
52.50	57.90	5.40	BXTE	Mod	R3	30	3	4	7	1	2	1	1	2	7	28	IVB	Mala B
57.90	62.55	4.65	TOBA	Mod	R3	40	3	6	7	2	1	2	1	3	10	35	IVA	Mala A
62.55	64.40	1.85	F	Muy	R1	15	1	3	5	0	0	1	0	0	7	17	V	Muy Mala
64.40	67.00	2.60	TOBA	Lig	R3	60	3	10	8	2	1	2	1	3	10	40	IVA	Mala A
67.00	75.10	8.10	ZF	Muy	R1	15	1	3	5	0	1	1	0	0	7	18	V	Muy Mala

Litología		Resistencia de la roca intacta		MPa	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO									
MIN	Mineral	R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla.	1 - 5	RESIST. COMP. UNIAJ.	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1			
CLZA	Caliza			RQD (%)	90-100 (20)	75-90 (17)	60-75 (13)	25-60 (8)	<25 (3)	2				
DAPÓ	Dacita porfírica	R2	Se desconcha con difícil. c/ cuchilla.	5 - 25	ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)	3			
AREN	Arenisca		Marcas no profundas con la picota.	COND.	Persistencia <1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A				
ANDE	Andesita	R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo.	25 - 50	DE	Apertura Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B			
NULL	No existe		Se rompe con golpe firme de picota.	JUNTAS	Rugosidad Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C				
Grado de alteración		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota	50 - 100	Relleno Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D				
San	Sano			Alteración Sana (6)	Lig Altera (5)	Modi Altera (3)	Muy Altera (2)	Descompuesta (1)	4F					
Lig	Ligero	R5	Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.	100 - 250	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5			
Mod	Moderado			RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0			
Muy	Muy alterado	R6	Solo se rompe esquirlas c/ la picota.	>250	DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala		

			LOGUEO GEOTECNICO DE TESTIGOS ROCOSOS															
Proyecto:			EVALUACION GEOMECANICA DEL MINADO SUBTERRANEO DE MARCA PUNTA N, SW Y SE															
SONDAJE		COORDENADAS		E :		N :		Cota :		Realiz:		Hoja		Pág.				
1-556DDH		ORIENTACION		Azimut :		Inclinación :		Longitud:		Fecha:		1 de 4		6				
Intervalo de Profundidad		Longitud del tramo (m)	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR										Descripción	
Desde (m)	Hasta (m)						RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Condición de juntas (4)				Alt	Agua (5)	RMR Total		
							Per	Ap	Rug	Rel	Alt	Agua	RMR					
0.00	3.50	3.50	SUELO	NULL	NULL	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NULL	NULL		
3.50	6.90	3.40	DAPO	Muy	R1	15	1	3	8	3	1	3	1	1	7	28	IVB	Mala B
6.90	17.10	10.20	DAPO	Mod	R2	40	1	6	9	4	1	4	1	2	7	35	IVA	Mala A
17.10	19.80	2.70	DAPO	Mod	R2	90	2	17	9	3	1	3	1	3	10	49	IIIB	Regular B
19.80	21.70	1.90	DAPO	Mod	R2	60	2	10	10	4	1	3	1	2	10	43	IIIB	Regular B
21.70	34.00	12.30	DAPO	Mod	R2	90	2	17	9	4	1	3	1	2	10	49	IIIB	Regular B
34.00	44.80	10.80	DAPO	Mod	R2	90	2	17	10	4	1	3	1	3	10	51	IIIA	Regular A
44.80	45.20	0.40	DAPO	Mod	R2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NULL	NULL
45.20	46.50	1.30	DAPO	Mod	R2	90	2	17	10	4	1	3	1	3	10	51	IIIA	Regular A
46.50	46.90	0.40	DAPO	Mod	R3	90	3	17	10	4	1	3	1	4	10	53	IIIA	Regular A
46.90	47.15	0.25	F	Muy	R1	15	1	3	5	0	1	0	1	1	7	19	V	Muy Mala
47.15	48.60	1.45	DAPO	Mod	R2	90	2	17	10	4	1	3	1	4	10	52	IIIA	Regular A
48.60	50.40	1.80	DAPO/MIN	Mod	R2	50.3	1	8	10	3	1	3	1	2	10	39	IVA	Mala A
50.40	51.90	1.50	DAPO	Mod	R2	30	1	4	8	3	1	3	1	3	10	34	IVA	Mala A
51.90	56.70	4.80	DAPO	Mod	R2	90	2	17	10	4	1	3	1	4	10	52	IIIA	Regular A
56.70	62.30	5.60	DAPO	Mod	R2	40	1	6	7	4	1	3	1	3	10	36	IVA	Mala A
62.30	71.10	8.80	DAPO	Mod	R2	30	1	4	8	3	1	3	1	3	10	34	IVA	Mala A
71.10	72.30	1.20	DAPO/MIN	Lig	R2	40	1	5	8	3	1	3	1	3	10	35	IVA	Mala A
72.30	73.40	1.10	DAPO/MIN	Lig	R2	15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NULL	NULL
73.40	74.40	1.00	DAPO/MIN	Mod	R2	30	1	4	8	3	1	4	1	3	10	35	IVA	Mala A
Litología		Resistencia de la roca intacta				MPa	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO											
MIN	Mineral	R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla		1 - 5	RESIST. COMP. UNIAX.	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1						
CLZA	Caliza					R Q D (%)	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2						
DAPO	Dacita porfirítica	R2	Se desconcha con difícil. c/ cuchilla. Marcas no profundas con la picota.		5 - 25	ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)	3						
AREN	Arenisca					Persistencia	<1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A						
ANDE	Andesita	R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo. Se rompe con golpe firme de picota.		25 - 50	COND. DE JUNTAS	Apertura	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B					
NULL	No existe					Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C						
Grado de alteración		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.		50 - 100	Relleno	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D						
San	Sano					Alteración	Sana (6)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E						
Lig	Ligero	R5	Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.		100 - 250	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5						
Mod	Moderado					RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0					
Muy	Muy alterado	R6	Solo se rompe esquirlas c/ la picota.		>250	DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala					

Anexo 3.
Resultados del Dimensionamiento de Tajeos segun el MGE

Direct Factor Input

File

Input

RQD : 20 Workplace : ANALISIS TECNO ZONA NORTE (IVA)

Depth : 120 Critical Joint Dip* : 40

UCS : 35 Critical Joint Dip Direction* : 27

Joint Set Number : 12 Excavation Dip* : 0

Joint Roughness : 1 Excavation Dip Direction* : 0

Joint Alteration : 3

Failure Mechanism : gravity fall * degree

Staging

Surface

Back

H/W or F/W

Wall (primary)*

Wall (secondary)

*WALL = END, in longitudinal case

Slope Dimensions (m)

Slope Width : 8

Slope Height : 24

Slope Strike Length : 40

Pillar Strike Length : 1000

Factors

Q* : 0.556 A : 0.652 B : 0.400 C : 2.000 Update

Backward Forward

Longitudinal Stope

Information Stability Graph Bolt Density Bolt Length

Input

Work Place - ANALISIS TECNO ZONA NORTE (IVA)

Slope Type - longitudinal Slope Dimensions (m) : Width (W) - 8.00

Surface - back Height (H) - 24.00

Depth (m) - 120.00 Strike Length (Ls) - 40.00

UCS (MPa) - 35.0 Pillar Strike Length (Lp) - 1000.00

RQD - 20.00 Excavation : Dip Angle (Deg) - 0.00

Joint Set Number - 12.00 Dip Direction (Deg) - 0.00

Joint Roughness - 1.00 Critical Joint : Dip Angle (Deg) - 40.00

Joint Alteration - 3.00 Dip Direction (Deg) - 27.00

Failure Mode - gravity

Output

Stability Number, N* - 0.29 A Factor - 0.652 B Factor - 0.400

Rock Mass Quality, Q* - 0.56 C Factor - 2.000

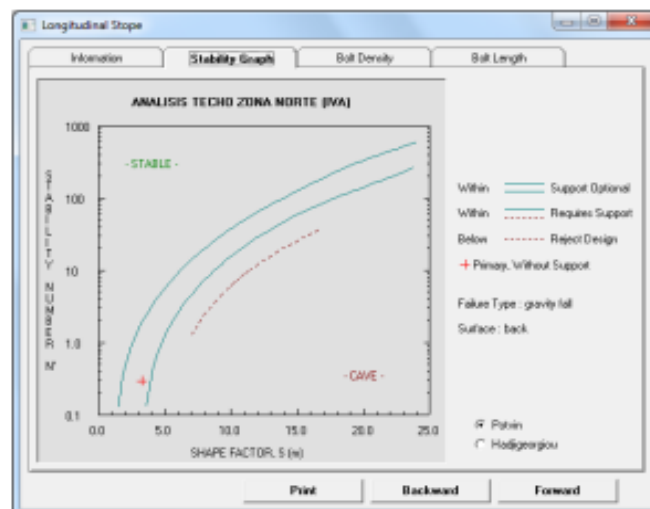
Shape Factor (m) - 3.33 Primary Stopes Secondary Stopes

Cable Density Lower Bound - cables ineffective (m²/bolt)

Upper Bound - cables ineffective (m²/bolt)

Cable Length Upper Bound - cables effective (m) - 7.1

Print Backward Forward



Zona Norte – Análisis en techo de tajos para ancho = 8 m (DE-IVA)

Direct Factor Input

Input

RQD : 20 Workplace : ANALISIS PARED ZONA NORTE (IVA)
 Depth : 120
 UCS : 35 Critical Joint Dip* : 40
 Joint Set Number : 12 Critical Joint Dip Direction* : 27
 Joint Roughness : 1 Excavation Dip* : 90
 Joint Alteration : 3 Excavation Dip Direction* : 90
 Failure Mechanism : gravity fall * degrees

Stops

Surface
 Back Slope Dimensions (m)
 H/W or F/W Slope Width : 0
 Wall (secondary) Slope Height : 24
 Wall (secondary) Slope Strike Length : 25
 Pillar Strike Length : 1000
 * WALL = END. in longitudinal case

Factors

Q* : 0.556 A : 1.000 B : 0.007 C : 0.000 **Update**

Backward **Forward**

Longitudinal Slope

Information Stability Graph Bolt Density Bolt Length

Input

Work Place - ANALISIS PARED ZONA NORTE (IVA)
 Slope Type - longitudinal Slope Dimensions (m) : Width (w) - 0.00
 Surface - H/W or F/W Height (H) - 24.00
 Strike Length (Ls) - 25.00
 Depth (m) - 120.00 Pillar Strike Length (Lp) - 1000.00
 UCS (MPa) - 35.0 Excavation : Dip Angle (Deg) - 90.00
 RQD - 20.00 Dip Direction (Deg) - 90.00
 Joint Set Number - 12.00 Critical Joint : Dip Angle (Deg) - 40.00
 Joint Roughness - 1.00 Dip Direction (Deg) - 27.00
 Joint Alteration - 3.00 Failure Mode - gravity

Output

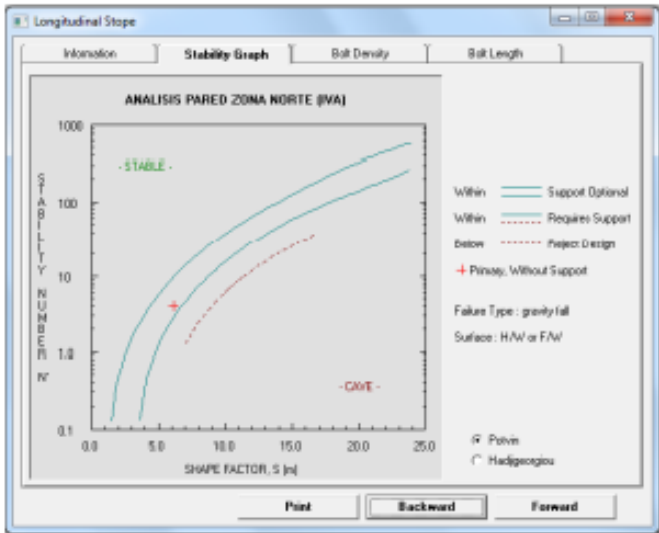
Stability Number, N* - 3.95 A Factor - 1.000 B Factor - 0.007
 Rock Mass Quality, Q* - 0.56 C Factor - 0.000

Shape Factor (m) - 6.12 Primary Stops Secondary Stops

Cable Density Lower Bound - cables ineffective
 (m²/bolt) -
 Upper Bound - cables ineffective
 (m²/bolt) -

Cable Length Upper Bound - cables effective
 (m) - 11.9

Print **Backward** **Forward**



Zona Norte – Análisis en caja techo de tajeos para altura = 24 m (DE-IVA)

Anexo 4 : MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “Evaluacion Geomecánica para el minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte – Sociedad Minera El Brocal S.A.A.”
Tesista: Bach. NN.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVEST
<p>GENERAL: ¿Como efectuar la evaluación Geomecánica para el minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?</p> <p>Problemas específicos A. ¿Cómo determinar los parámetros Geotécnicos para el minado subterráneo de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.? B. ¿Como realizar la zonificación geomecánica para el minado subterráneo de la Zona de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?</p>	<p>GENERAL: Efectuar la evaluación Geomecánica para el minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.</p> <p>Objetivos específicos A. Determinar los parámetros Geotécnicos para el minado subterráneo de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. B. Realizar la zonificación geomecánica para el minado subterráneo de la Zona de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.</p>	<p>GENERAL Con la evaluación Geomecánica se realizará el minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.</p> <p>Hipótesis específicas A. Si determinamos los parámetros Geotécnicos se efectuara el minado subterráneo de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. B. Si realizamos la zonificación geomecánica se ejecutará el minado subterráneo de la Zona de Marcapunta Norte en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.</p>	<p>INDEPENDIENTE X: Evaluación Geomecánica. Dependientes Y: Minado subterráneo de la Zona Marcapunta Norte</p>	<p>Caracterización Geomecánica</p> <p>Parámetros geotécnicos</p> <p>Parametros Geomecánicos</p>	<p>Mapeos geomecánicos</p> <p>Determinación de las RMR</p> <p>Dimencionamiento de cxamaras y pilares</p>	<p>TIPO: Aplicada.</p> <p>NIVEL: Evaluativa</p>