

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**“ESTUDIO GEOMECÁNICO PARA EL DISEÑO DE TAJEOS EN EL NIVEL DE
PRODUCCIÓN EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO 2022”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR: BACH. WALTER LAPA BORDA
ASESOR. DR. VÍCTOR FÉLIX FLORES MORENO

AYACUCHO - PERÚ

2022

Dedicatoria

Esta investigación la dedico a Dios que me acompaña y guía mi vida a diario y por darme salud y sabiduría para lograr mis metas trazadas en mi vida profesional.

A mis padres, por haberme guiado, motivado y sobre todo por los apoyos incondicionales, quienes siempre se han preocupado por mi bienestar y son mi mayor motivo para conseguir cada objetivo.

A mis hermanos, familiares y amigos por su comprensión y apoyo, por ser compañeros constantes de motivación y superación.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional y haberme enseñado que todo sacrificio tiene su recompensa, por haber sido mi inspiración para la superación y el entusiasmo de conseguir cada propósito.

Agradezco al asesor de tesis, por las orientaciones, sugerencias y apoyo constante en la formulación, desarrollo y culminación de la presente tesis.

Agradezco a la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a la facultad de Ingeniería de minas geología y civil y a la plana de docentes y administrativos en general por haberme acogido para lograr mis objetivos.

A mis familiares y amigos que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo y culminación de esta investigación.

Índice de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	1
Abstrac	2
Introducción	3
CAPÍTULO I:	4
ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN	4
1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Formulación del objetivo	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Justificación	6
1.5. Importancia	7
1.6. Formulación de la hipótesis	7
1.6.1. Hipótesis general.....	7
1.6.2. Hipótesis específicas.	7
1.7. Identificación de variables e indicadores.....	8
CAPÍTULO II:	10
MARCO TEORICO.....	10
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10

2.2.	Generalidades	13
2.2.1.	Ubicación y acceso	13
2.2.2.	Clima.....	13
2.2.3.	Geomorfología	14
2.3.	Geología regional	14
2.4.	Geología local	16
2.4.1.	Rocas Intrusivas.....	17
2.4.2.	Metamorfismo	18
2.5.	Geología estructural.....	18
2.6.	Mineralización	19
2.7.	Bases teóricas.....	21
2.2.1.	Análisis geomecánico.....	21
2.7.1.	Clasificación de la masa rocosa	26
2.7.2.	Índice de tunelización	26
2.7.3.	Gráfico de estabilidad	27
2.7.4.	Factores que controlan la estabilidad de las excavaciones	28
2.7.5.	Análisis de diseño	29
2.7.6.	Zonificación geomecánica de la masa rocosa.	29
2.7.7.	Propiedades físico mecánicas de la roca.....	29
2.7.8.	Condiciones de esfuerzos in-situ.....	30
2.7.9.	Formulación del modelo mina.	30
2.8.	Definición de términos básicos	31
CAPÍTULO III.....		33
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		33
3.1.	Método.....	33
3.2.	Tipo de Investigación.....	33
3.3.	Nivel de Investigación	33
3.4.	Diseño de Investigación	34
3.5.	Población	34
3.6.	Muestra	35
3.7.	Muestreo.....	35
3.8.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35

3.9.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	35
CAPÍTULO IV		37
RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE DATOS		37
4.1.	Generalidades	37
4.2.	Diseño de mina.....	40
4.2.1.	Accesos.....	40
4.3.	Método de explotación sub level stoping (SLS)	41
4.3.1.	Orientación de los Tajeos.....	43
4.4.	Perforación.....	44
4.4.1.	Fragmentación del Mineral.....	45
4.5.	Acarreo y transporte de mineral.....	46
4.6.	Ventilación.....	47
CAPÍTULO V		49
RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.....		49
5.1.	Evaluación geomecánica	49
5.1.1.	Caracterización de la masa rocosa.....	49
5.1.2.	Aspectos Litológicos.....	50
5.1.2.1.	Distribución de Discontinuidades	50
5.1.2.2.	Condiciones de Agua Subterránea	51
5.1.2.3.	Condiciones de Esfuerzos de Roca In-situ	52
5.1.2.4.	Resistencia de la Roca Intacta.....	53
5.1.2.5.	Orientación.....	53
5.2.	Clasificación de la masa rocosa	53
5.3.	Zonificación geomecánica de la masa rocosa	56
5.4.	Diseño de tajeos de producción.....	58
5.4.1.	Generalidades	58
5.4.2.	Direcciones de avance de las excavaciones	58
5.4.3.	Ancho de las excavaciones.....	59
5.4.4.	Excavaciones de Largo Plazo	59
5.4.5.	Excavaciones Temporales Ingreso.....	61
5.4.6.	Tajeos sin Ingreso.....	61

5.5.	Dimensionamiento de excavaciones con el método gráfico de estabilidad.....	62
5.6.1.	Radio Hidráulico	63
5.6.2.	Número de Estabilidad (N)	64
5.7.	Estabilidad de los tajeos	65
5.8.	Dimensionamiento de los tajeos.....	66
5.9.	Contrastación de hipótesis.....	67
Conclusiones		70
Recomendaciones		72
Referencia bibliográfica.....		74
Anexos		76

Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros de Diseño de Malla de Perforación en Tajeos.....	44
Tabla 2. Criterio para la clasificación de las masa rocosa	54
Tabla 3. Criterio para la Clasificación de la Masa Rocosa	55
Tabla 4. Resumen de la Clasificación Geotécnica de la Masa Rocosa OB5.....	56
Tabla 5. Sostenimiento para Excavaciones Permanentes	60
Tabla 6. Dimensiones Máximas Recomendadas para Tajeos Diseñados en el OB-5.....	66
Tabla 7. Resumen de la Clasificación Geotécnica de la Masa Rocosa.....	68

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto Cerro Lindo.....	13
Figura 2. Mapa de la geología regional Cerro Lindo.....	15
Figura 3. Mapa de la columna estratigráfica	17
Figura 4. Mapa de la geología del yacimiento Cerro Lindo	20
Figura 5. SSM (Volcánico que contiene sulfuros piritosos)	21
Figura 6. Esquema de Minado Subterráneo.....	26
Figura 6. Estabilidad para excavaciones tipo entrada.....	28
Figura 7. Sección longitudinal de los cuerpos mineralizados.....	37
Figura 8. Vista en planta de los cuerpos mineralizados.....	38
Figura 9. Diseño isométrico de la mina Cerro Lindo.....	40
Figura 10. Secuencia de minado Cerro Lindo.....	42
Figura 11. Diseño de perforación y voladura.....	45
Figura 12. Diagrama de ventilación.....	48
Figura 13. Zonificación geomecánica.....	57

Resumen

La investigación denominada **ESTUDIO GEOMECÁNICO PARA EL DISEÑO DE TAJEOS EN EL NIVEL DE PRODUCCION EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO 2022**, tiene por propósito la aplicación de criterios de ingeniería geomecánica orientada a la construcción de caserones para la explotación de diversos cuerpos mineralizados en esta unidad minera como una alternativa de solución a los problemas de seguridad durante la explotación de los cuerpos de minerales antes mencionados.

Se basa en el análisis de las condiciones geológicas, geométricas e hidrogeológicas y la investigación geomecánica de los yacimientos OB2, OB5 y OB6 y su entorno físico. El logro de los objetivos de este trabajo requiere trabajo de campo, laboratorio y gabinete. En una primera etapa, la investigación se centra en realizar una investigación básica con el fin de obtener la información necesaria que permita la evaluación de los principales factores reguladores de la estabilidad y la evaluación de los parámetros geomecánicos básicos. La segunda fase integró la información de la prospección central para tener en cuenta el diseño de la excavación y las condiciones de estabilidad durante la extracción minera con base en el análisis gráfico de Potvin y Nickson.

Abstrac

The research called GEOMECHANICAL STUDY FOR THE DESIGN OF PITCHES AT THE PRODUCTION LEVEL AT CERRO LINDO 2022 MINING UNIT, has as its purpose the application of geomechanical engineering criteria oriented to the construction of shafts for the exploitation of various mineralized bodies in this mining unit as an alternative solution to the safety problems during the exploitation of the aforementioned mineral objects.

It is based on the analysis of geological, geometrical and hydrogeological conditions and geomechanical investigation of OB2, OB5 and OB6 ore bodies and their physical environment. The achievement of the objectives of this work requires field, laboratory and cabinet work. In the first stage, the research is focused on conducting a basic investigation in order to obtain the necessary information that allows the evaluation of the main stability regulating factors and the assessment of basic geomechanical parameters. The second phase integrated the core survey information to take into account the excavation design and stability conditions during mining stopes based on Potvin and Nickson's graphical análisis.

Introducción

Esta tesis utilizó un enfoque sistemático que tomó en cuenta criterios técnicos, geomecánicos en el diseño de la cámara de producción de los diversos cuerpos mineralizados en la mina Cerro Lindo. Comienza con el análisis y evaluación de las condiciones naturales (geología, geometría e hidrogeología) y el estudio de la geomecánica.

Se deben cumplir criterios económicos, geomecánicos, operativos y de seguridad para definir los parámetros de operación de la mina. Este trabajo desarrolló un proceso para cumplir con los criterios geomecánicos y así establecer parámetros de diseño seguros y estables. Las propiedades geomecánicas de las rocas involucradas en la construcción de la mina servirán como información de entrada para cada proceso relacionado con la explotación.

Considere el área subterránea de la mina Cerro Lindo con el objetivo de crear una mina segura y estable.

CAPÍTULO I:

ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN

1.1.Planteamiento del problema

Uno de los enfoques que ha emprendido el sector minero para hacer frente a los accidentes laborales, es la adopción de modelos de gestión de comprobado éxito en el sector empresarial.

La minería subterránea en el Perú ya nivel internacional sigue siendo una de las actividades con alto riesgo de accidentes e incidentes durante la extracción de mineral, primeramente por la separación del propio mineral y/o del macizo rocoso portador de la mineralización; por lo tanto, para superarlo si se presenta algún problema, es necesario controlar a tiempo las operaciones de minado y utilizar un método de minado que permita trabajar en un estado de equilibrio del macizo rocoso y con un alto índice de seguridad para realizar las distintas operaciones de minado.

Se está considerando un estudio geomecánico detallado para conocer mejor el estado del macizo rocoso, lo que permitirá explotar el macizo rocoso y la estructura mineralizada con diferentes parámetros en el bloque minero Cerro Lindo, lo cual nos permite determinar la duración de sus aperturas y por lo tanto la posibilidad de aplicar los tamaños adecuados de los tajeos de producción para asegurar un trabajo seguro, y con estas consideraciones determinar la reducción de accidentes. Por lo tanto, este estudio aborda las operaciones subterráneas de la unidad minera de Cerro LINDO – Nexa Resources Perú S.A.A.– para mejorar su desempeño en seguridad y productividad en relación con el diseño de tajeos.

Las actividades mineras tienen un impacto significativo en el crecimiento económico. Como con cualquier proceso de producción en la industria minera, la extracción es importante. La

minería debe proteger la integridad física de los trabajadores mediante el control de la estabilidad de los macizos rocosos. Considere también la importancia del diseño en el tiempo de inactividad de la producción.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el estudio geomecánico influye el diseño de tajeos en el nivel de producción en la unidad minera Cerro Lindo 2022?

1.2.2. Problemas específicos.

- ❖ ¿Cómo se realizará la evaluación geomecánica del macizo rocoso para el diseño en los tajeos de producción en la Unidad Minera Cerro Lindo?
- ❖ ¿De qué manera las investigaciones de campo influyen en determinar la calidad de la masa rocosa?
- ❖ ¿Cómo influye la evaluación geomecánica en la determinación de los índices geomecánicos en las labores subterráneas en la mina Cerro Lindo?
- ❖ ¿Cuáles son los parámetros para el diseño de los tajeos de producción en la Mina Cerro Lindo?

1.3. Formulación del objetivo

1.3.1. Objetivo general

Determinar de qué manera estudio geomecánico influye el diseño de tajeos en el nivel de producción en la unidad minera Cerro Lindo 2022.

1.3.2. Objetivos específicos.

- ❖ Describir cómo se realizará la evaluación geomecánica del macizo rocoso para el diseño en los tajeos de producción en la Unidad Minera Cerro Lindo.
- ❖ Evaluar de qué manera las investigaciones de campo influyen en determinar la calidad de la masa rocosa.
- ❖ Determinar cómo influye la evaluación geomecánica en la determinación de los índices geomecánicos en las labores subterráneas en la mina Cerro Lindo.
- ❖ Identificar cuáles son los parámetros para el diseño de los tajeos de producción en la Mina Cerro Lindo.

1.4. Justificación

El fundamento de este trabajo de investigación es la importancia de la evaluación geomecánica de la mina Cerro Lindo para determinar las condiciones de estabilidad para la continuación la extracción de minerales segura y económica; Con el tiempo, las labores aumentan y la minería se hace cada vez más profunda, causando varios problemas con la inestabilidad de las rocas.

Se están realizando investigaciones actuales sobre el problema del diseño de tajeos de producción para garantizar una minería segura, y el personal de la mina debe identificar los problemas de inestabilidad del macizo rocoso; de esta manera, se pueden tomar las medidas adecuadas para prevenir accidentes causados por la caída de rocas.

1.5.Importancia

La importancia de este estudio es que hará una contribución significativa al diseño y construcción de ingeniería subterránea considerando la geomecánica de la mina. También servirá como referencia para otros proyectos similares.

1.6. Formulación de la hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El estudio geomecánico influye el diseño de tajeos en el nivel de producción en la unidad minera cerro lindo 2022.

1.6.2. Hipótesis específicas.

- ❖ La evaluación geomecánica del macizo rocoso ayuda en el diseño en los tajeos de producción en la Unidad Minera Cerro Lindo.
- ❖ Las investigaciones de campo influyen significativamente en determinar la calidad de la masa rocosa.
- ❖ La evaluación geomecánica influyen significativamente en la determinación de los índices geomecánicos en las labores subterráneas en la mina Cerro Lindo.

- ❖ Los parámetros ingenieriles permitirán el diseño de los tajeos de producción en la Mina Cerro Lindo.

1.7. Identificación de variables e indicadores

Variable independiente.

- ❖ Estudio Geomecánica

Indicador:

- ❖ Estructura de la masa rocosa
- ❖ Discontinuidades
- ❖ Meteorización
- ❖ Alteración
- ❖ Índices geomecánicos

Unidades de medida

Masa rocosa de los tajeos de producción En la Unidad Minera de Cerro Lindo

Variable dependiente.

- ❖ Diseño de los tajeos de producción En la Unidad Minera de Cerro Lindo.

Indicador:

- ❖ Parámetros de diseño

Unidades de medida

Tajeos de producción

CAPÍTULO II:

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Salazar & Córdova, (2013) Se realizó un estudio para realizar una evaluación geomecánica, se determinó y midió el acceso al rebaje de la mina en segmentos con columnas continuas, anchos de cámara de 7 a 10 m, columnas de 19 a 30 m y longitudes de 30 a 30 m 53 metro. Llegaron a la siguiente conclusión: se desarrolló un método de destrucción que combinará el método tradicional de columna Cámara continua con un método de rebajes segmentados con aberturas de cámara con orificios largos, lo que permitía la extracción a gran escala de tipos de depósitos. Asentamientos como Marcapunta Norte; Con base en la investigación realizada, los tamaños propuestos de filas de cámaras y columnas son factibles para la minería a gran escala de Marcapunta Norte, así como para la regeneración de columnas a través de sistemas de relleno de cemento; los tamaños recomendados se basan en la estabilidad del soporte MGE. , es necesario utilizar el soporte desde la intersección de la base; este método de minería está siendo probado actualmente y ha logrado resultados satisfactorios en términos de control de estabilidad de cámara y columna de mineral, así como eficiencia de minería; El llenado puede controlar la estabilidad local y global de la mina y la alta recuperación del yacimiento; de las opciones evaluadas, un sistema de carga de agregados cementicios (CAF) es el sistema más adecuado en el corto plazo para cumplir con los requerimientos de la mina Marcapunta Norte, que es capaz de procesar adecuadamente. La resistencia requerida para restaurar el pilar.

Gonzales & Velasquez (2012) El objetivo fue mostrar el incremento de la producción de mina por mes utilizando barrenas largas en la parte principal del sitio de producción Uchucchacua para minería segmentada. Este trabajo de exploración ha demostrado que la producción mensual de la mina ha aumentado mediante el uso de segmentos de perforación largos, cada uno de 13 metros de profundidad, en el yacimiento Magaly-Tajeo 775. Se concluyó que al 5% de nivel de significación, la prueba t de Student mostró que al aplicar el desarrollo segmentado de pozo largo, se incrementaría la producción de la planta Uchuchacua.

QUISPE (2018) en la tesis: "Evaluación Geomecánica de la Selección del Tipo de Soporte de Túnel en Yauricocha, Nevada. 720, Sociedad Minera Corona S.A." Su finalidad: Determinar la influencia del estudio geomecánico en la elección del tipo de apoyo Nv. Túnel de Yauricocha. 720, Sociedad Minera Corona S.A. – 2018 concluyó: “Confirma que la clasificación de Bieniawski y Hoek y Brown (1989) es capaz de respetar que el trabajo geomecánico con el tipo de apoyo utilizado” p.109.

MENDIETA, (2014) en la tesis denominada “Optimización de costos de operación de la planta Cerro chico” con el objetivo de: evaluar los tipos de apoyo actuales e implementar otros más eficientes para generar mayor productividad concluye: “La estabilidad del frente de extracción requiere innovaciones suficientemente sustentadas. Mucho depende del tipo de roca, en el caso de rocas tipo IV A, donde se utilizan principalmente marcos de madera, depende de los datos recolectados, por lo que para una mejor comprensión, apoyándose en la ayuda de un software geomecánico. (página 75).

GUERRERO, (2017) en la tesis denominada: “Selección del método de minería geomecánica del Lode Almiranta para la empresa minera Kviruvilka - 2017”, cuyos objetivos

son: análisis geomecánico del Lode Almiranta, teniendo en cuenta propiedades físicas, utilizando mapeo geológico - sedimentación, mapeo geomecánico y tipos de macizos rocosos para determinar la geología Mecánica parámetros, concluyó: "Los diferentes tipos de morfología o nomenclatura de minerales de roca deben tener en cuenta la distribución de área o las características porcentuales" (p. 92).

De la Cruz & Mallcco (2014) El objetivo general de su estudio fue utilizar barrenas largas en vetas angostas para reducir los costos operativos en el área Esperanza, un nivel de exploración utilizado por Cia Minera Casapalca S.A. fue descriptivo-interpretativo. Se llegó a las siguientes conclusiones: Utilizando pozos largos en angostos Cia Minera Casapalca S.A. Los costos operativos se reducen al 13%, lo que es muy beneficioso, ya que es la base para obtener ganancias; usando pozos largos en vetas angostas, los costos directos e indirectos se reducen a \$5,72/t, que es más rentable que el método de relleno Figura: Usando pozos largos en vetas angostas, los costos de perforación se reducen a \$0,45/t; el uso de taladros largos en vetas angostas reduce los costos de voladura a \$1.04 por tonelada.

Pantaleon & Carbajal (2017) El objetivo general de este estudio puedes realizar una evaluación de ingeniería para obtener el tamaño óptimo la secuencia de construcción y características de relleno de un rebaje subterráneo para garantizar la estabilidad general de la mina. Se extrajeron las siguientes conclusiones: La clasificación geomecánica del macizo rocoso (RMR76) utilizada para estudiar el cuerpo mineralizado se clasificó principalmente como roca normal y en algunas áreas localizadas como roca desfavorable; el rebaje actual está sobredimensionado debido a los altos valores de excavación de las paredes laterales (ELOS), la mayoría de los cuales superan los 2 metros. También se observaron roturas en la bóveda o techo del alto, influenciadas en cierta medida por las roturas en las paredes laterales de los

mimos. Se utilizó el software especial Map3D para desarrollar el modelo numérico, que utiliza el método de elementos de contorno y permite el análisis de tensiones, deformaciones y factores de seguridad en las minas.

2.2.Generalidades

2.2.1. Ubicación y acceso

“Cerro Lindo se ubica a 175 Km. al sureste de Lima en el sur del Perú, se encuentra exactamente en la quebrada de Topará que es la frontera entre Chinchipe (Ica) y Cañete (Lima), está ubicado en la carta Geológica IGN 27-L y se encuentra a una altitud de 1820 m.s.n.m”.



Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto Cerro Lindo

2.2.2. Clima

El área minera Cerro Lindo se encuentra a 1820 msnm, ubicada en una zona desértica seca, de clima cálido, escasa pluviometría y vegetación joven, en la margen derecha del

río Topará, el nivel del agua es bajo y el agua fluye. El río Topará solo tiene agua suficiente para regar los cultivos del valle, así como el consumo de la región y las comunidades afectadas.

2.2.3. Geomorfología

Se pueden distinguir tres unidades geomórficas diferentes, la primera unidad se desarrolla paralela a la línea de costa, sus límites son al O con la costa y al E con la precordillera de los Andes, caracterizada por una superficie casi plana, antiguamente terrazas aluviales. Continuando su expansión hacia el E, la segunda unidad está constituida por las estribaciones del frente andino, caracterizadas por serranías bajas que varían en altura entre 400 y 500 m, con pendientes suaves y un aumento gradual en altura y topografía. La tercera unidad está constituida por flancos incisos de la Cordillera de los Andes con terreno escarpado y cerros de 500 a 4000 m sobre el nivel del mar, formando cadenas continuas o aisladas cortadas por ríos o sus afluentes y arroyos que se desplazan de este a oeste, según lo estudiado, los cañones y valles son formado.

2.3. Geología regional

“Cerro Lindo pertenece al Grupo Casma del Cretácico (Albiano), que se origina en el oeste de Perú y se extiende aproximadamente a lo largo de la costa peruana. Regionalmente, el Grupo Casma es una serie de volcanes y sedimentos que ocupan una cuenca de margen siálico abandonada”.

Este grupo forma un amplio arco volcánico. Los afloramientos regionales en el Grupo Casma siguen una alineación NW-SE, al igual que el depósito Cerro Lindo. El depósito se encuentra directamente sobre los Depósitos Volcánicos de Huaranguillo, que varían en edad

desde el Albiano Medio hasta el Cenozoico (Cretácico Medio) y descansan como un techo colgante sobre rocas intrusivas pertenecientes al lecho rocoso costero. Ver figura 2. El Grupo Huaranguillo, perteneciente al Grupo Casma, tiene un rumbo general de N60W con buzamiento preferente hacia el SO.

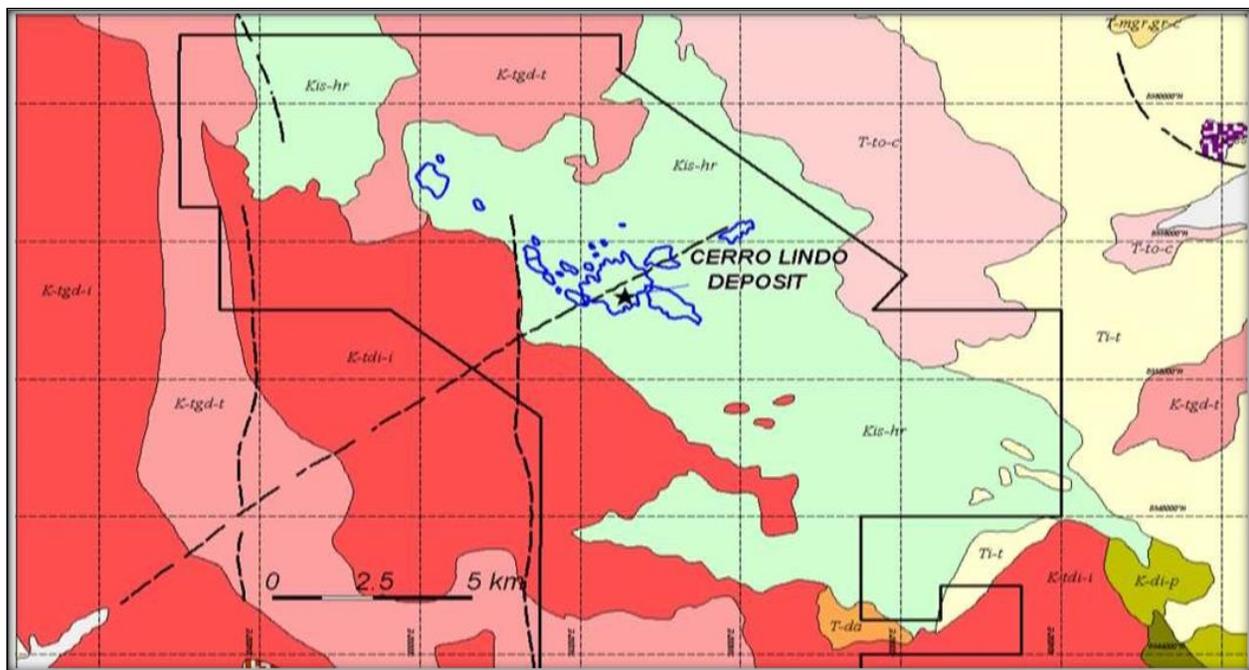


Figura 2. Mapa de la geología regional Cerro Lindo

Huaranguillo se encuentra en un desfiladero del mismo nombre al noreste de Lunche (hacienda) en el río San Juan a una profundidad de unos 3.000 metros y se divide en dos partes:

- ❖ Miembro Inferior, representado por lutitas pizarrosas laminadas, lutitas y cenizas volcánicas alternadas con horizontes andesíticos en capas medianas y ocasionalmente con calizas finas estratificadas.
- ❖ Miembro Superior que consiste de caliza negra en capas de 5 a 40 centímetros, hacia el tope se intercala con horizontes de lutitas pizarrosas laminares y lechos de volcánicos. Ver Lamina 3.

La Formación Huaranguillo forma parte de la Cuenca sedimentaria volcánica de Cañete, que coexiste con las Cuencas de Huarmey y Lancones al norte. Estas cuencas forman un gran cinturón metálico que ocupa el lado occidental de la Cordillera de los Andes y la planicie costera peruana. Las unidades sedimentarias volcánicas se ensamblan en ambientes de arco de isla asociados con cuencas de arco posterior que son el resultado de movimientos tectónicos extensionales durante la subducción. El mecanismo de extensión en la cuenca de arco posterior hace que el gradiente geotérmico aumente y la corteza continental se adelgace, pero no divide la corteza ni forma corteza oceánica, por lo que se considera una cuenca de arco posterior discontinua.

2.4. Geología local

Los estratos locales están dominados por brechas, lava masiva y rocas ígneas compuestas de riolita a dacita riolítica, con muy pocas capas de lava en la composición media. La exploración de 70 tal. en el yacimiento 2 y el yacimiento 5 condujo a la identificación de columnas estratigráficas detalladas en el área de depósito de Cerro Lindo. Ver figura 3. Los depósitos se encuentran entre las unidades Topara y Huapunga, que son secuencias piroclásticas

distales y/o removilizadas compuestas de tobas calizas y tobas volcánicas de una y varias capas. El bloque de extrusión alberga una unidad piroclástica, principalmente brecha fluida y algunos flujos de material afántico.

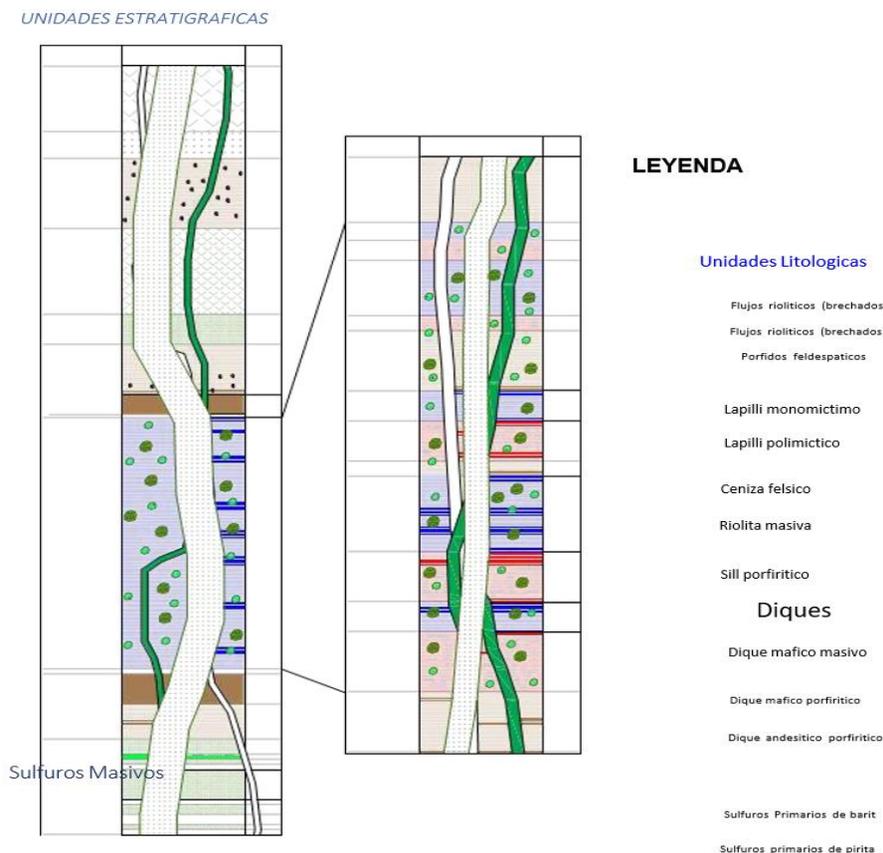


Figura 3. Mapa de la columna estratigráfica

2.4.1. Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas en la base de los acantilados costeros se han emplazado durante 64 años desde el Cretácico Superior hasta el Terciario. El lecho rocoso consiste principalmente en granodiorita que rodea las unidades volcánicas sedimentarias que actúan como voladizos. Hay otros afloramientos más antiguos, pero más pequeños de microdiorita, diorita y gabro.

Finalmente, hay una gran cantidad de diques que afectan la secuencia volcánico-sedimentaria, más comúnmente diques de andesita de pórfido intruidos por discontinuidades tales como fallas mayores como cortes de cuerpos mineralizados.

2.4.2. Metamorfismo

Las rocas intrusivas del lecho rocoso costero produjeron un importante metamorfismo regional en rocas sedimentarias volcanoclásticas, ahora principalmente grupos de hornblenda, cuarzo-potasio-feldespatos-moscovita-biotita-andalucita en una estructura de pórfido de varios tamaños y formas. Esta metamorfosis es completamente visible en la profundidad de la caja del piso.

Según estudios microscópicos, la andalucita se formó durante las primeras etapas del metamorfismo progresivo debido a la alteración hidrotermal de los fluidos formadores de VMS y luego fue reemplazada por micas como la moscovita (Canchaya, 2001). El metamorfismo regional también da como resultado la recristalización de sulfuros masivos, que son económicamente importantes en los procesos metalúrgicos de liberación de minerales.

2.5. Geología estructural

El patrón estructural de la propiedad Cerro Lindo se caracteriza por el plegamiento de unidades estructurales delimitadas principalmente por capas mineralizadas y fallas. En las rocas no se han observado estructuras escamosas, que serían producto de la presión litostática regional.

Las fallas regionales se dividen en tres categorías, como se describe a continuación. Los dos primeros se interpretan como antiguos sistemas de fallas asociados con la

mineralización que luego se reactivaron durante el levantamiento andino. Falla NW Este sistema es muy antiguo, anterior a los depósitos de sulfuros masivos y tiene una fuerte influencia en la mineralización, ya que puede determinar la paleogeomorfología y controlar la forma de las cuencas o depresiones en las que se depositaron los depósitos de sulfuros masivos; unidades litológicas y la capacidad de sulfuro masivo cambia abruptamente.

Las fallas 35 y 75 pertenecen a este sistema y están fuera del cuerpo mineralizado. Fallas NE, Este sistema de fallas es igualmente importante para la deposición de sulfuros masivos porque superponen y deben corresponder a fallas que son pasos de mineralización, también controlan la paleogeomorfología, y aquí es donde se depositaron los sulfuros. Estas fallas son trincheras o larguerillos ocupados también por diques de andesita pórfida, y la falla 60 pertenece a este sistema.

Falla NS, Este es un sistema de falla inversa posmineralizado que compensa principalmente el OB 1, lo que dificulta la interpretación. Este sistema dañado tiene poco efecto sobre OB 5, que tiene un desplazamiento lateral mínimo.

2.6.Mineralización

El depósito de cabeza de sulfuro masivo Cerro Lindo tiene una longitud total de 850 m y una profundidad de 450 m con una profundidad máxima de 230 m, que es la profundidad promedio de los 3 yacimientos. El yacimiento se dirige hacia el NW, se sumerge 65° SW y regionalmente se asemeja a afloramientos volcánicos y cuencas de cascadas. Se estima que contiene más de 200 t de sulfuros masivo. El depósito se divide en 3 frente mineralizados llamado c 1, c 2 y c 5. Ver figura 4. El OB 3 se encuentra a la profundidad del OB 1, mientras que OB 4 se

encuentra al este del depósito principal. Esas estructuras comparten características similares, pero no están incluidas en esta revisión.

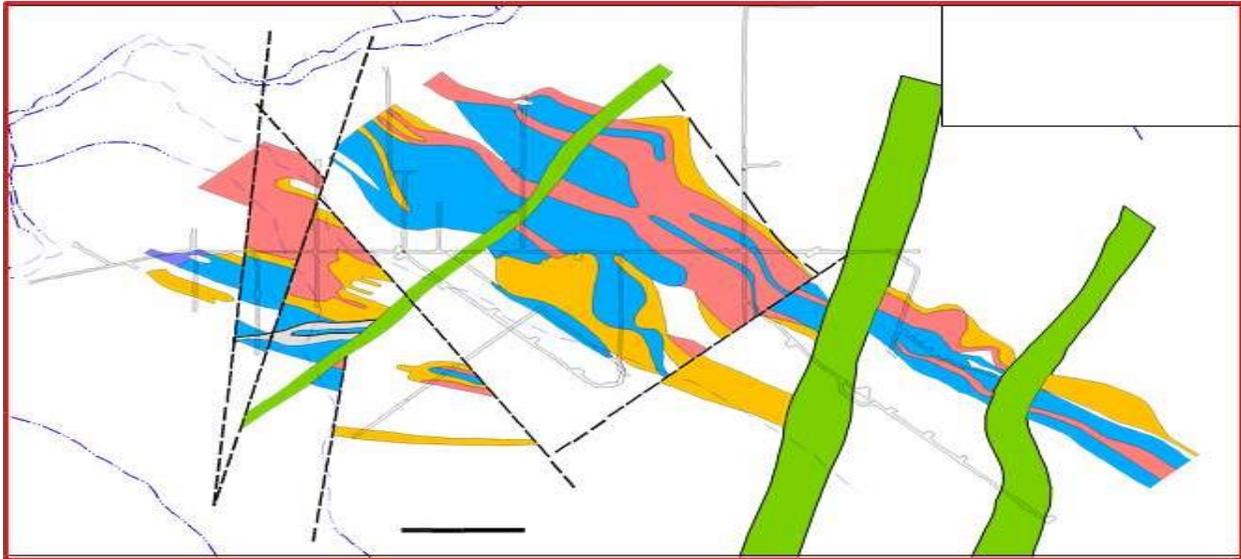


Figura 4. Mapa de la geología del yacimiento Cerro Lindo

La leyenda de la litología y de la mineralización se detalla a continuación:

- ❖ SPB-Zn llamado Sulfuros de barita primaria ricos en Zn, esta mineralización contiene > de 50% de sulfuros masivos (incluye la baritina que es el sulfato de bario), esta baritina representa más del 10% y es considerado como sulfuro ya que se depositó simultáneamente con los sulfuros masivos.
- ❖ “SPB-Cu ó sulfuros de barita primaria ricos en Cu, también contiene más del 50% de sulfuros masivos incluyendo la barita con más de 10%, esta mineralización es de textura homogénea compuesta de baritina, pirita, pirrotina, calcopirita y esfalerita negra (marmatita), estos 3 últimos minerales se depositan al mismo tiempo y son los que reemplazan metasomáticamente a la Ba y Py, esta zona litológica es de más alta temperatura.

- ❖ SPP llamados sulfuros de pirita primaria, nombrados así porque son los sulfuros ricos en Fe, mayormente la baritina tiene menos del 10% y además encontramos Cp intersticial, la textura es homogénea y granular, encontramos de grano fino a grano grueso y muy grueso.
- ❖ SSM llamados también sulfuros semimasivos, son rocas volcánicas que contienen entre 20 – 50 % de sulfuros piritosos mayormente estériles, ocurren mayormente como py disseminada, en venillas o concentrándose en espacios estructurales, la mineralización es de grano fino mayormente, mayormente la caja piso es la que se encuentra con py disseminada. Ver Figura 5.



Figura 5. SSM (Volcánico que contiene sulfuros piritosos)

2.7. Bases teóricas

2.2.1. Análisis geomecánico

El análisis geomecánico cubre los aspectos necesarios de la investigación de campo y laboratorio y la recopilación de datos, lo que permite la clasificación posterior de los macizos

rocosos, la adición de estructuras geológicas clave y las condiciones de trabajo previas a la extracción, lo que permitirá la creación de un modelo geomecánico.

Recolección de información

Inspección de campo en etapa de estudios

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (O.S.I.E.M.) (2017)

Los diferentes tipos de procesos en la minería a cielo abierto o construcción subterránea pueden comenzar desde el mapeo geológico de varios afloramientos, donde se encuentran rocas, documentadas como evidencia, hasta el descubrimiento de estructuras geológicas como fracturas in situ, hasta la creación de estaciones geomecánicas.

La mayor parte de este tipo de trabajo comienza en el desarrollo de áreas geológicas, por lo que los geólogos son los encargados de la exploración y son los primeros en documentar los yacimientos. Este debe ser realizado y complementado con estudios o análisis geomecánicos que identifiquen los diferentes tipos de rocas encontradas, sitios de alteración de rocas, fallas regionales o locales, presencia de fracturas, RQD (Rock Quality Index) recopilados periódicamente, el tiempo desde el inicio del plan de la mina. En las primeras etapas de un proyecto, los métodos interpretativos, como las fotografías satelitales o del sitio, son los más utilizados, que luego pueden analizarse y agregarse al modelo geomecánico.

A) Mapeo geomecánico subterráneo

(O.S.I.E.M, 2017) “los mapeos geomecánicos puede ser desarrollados en celdas, en línea de detalle o arco rebatido”.

Mapeo geomecánico por la línea de detalle

Este tipo de mapeo se realiza principalmente con una fila que utiliza una barra métrica o una cinta métrica que identificará todas las estructuras interpretadas en la fila. El levantamiento toma la orientación, luego la orientación de la línea, y todos los quiebres actuales se registran desde la distancia desde la intersección junto con su orientación (huecos y buzamientos), tipo de quiebre, estabilidad de la roca, aberturas, presencia de relleno, rugosidad y agua en el área. Toda la información recopilada debe registrarse en el formulario en un formato que resuma de forma clara y sencilla todos los datos recopilados en el sitio.

Los criterios para determinar cuándo se deben usar las líneas de detalle en comparación con otros métodos de mapeo geomecánico también son importantes, principalmente debido a la evaluación que se realizará. Si desea más información estructural sobre un área, se recomienda un levantamiento de ingeniería para crear líneas detalladas.

Descripción cuantitativa del macizo rocoso

a) Propiedades de roca intacta

Los macizos rocosos están formados por rocas integra de diferentes formaciones geológicas. Principalmente rocas masivas que son altamente resistentes a las tensiones in situ, varios tipos de tensiones y deformaciones inducidas por rocas pueden causar grietas; por el contrario, las rocas con propiedades de menor dureza pueden tener una mayor flexibilidad y plasticidad, lo que puede detener la excavación con el tiempo.

La configuración de los especímenes de prueba geomecánicos, el tamaño de los diferentes números de pruebas enviadas, es importante, ya que deben seleccionarse cuidadosamente en el sitio (in situ) antes de enviarlas al laboratorio. Los diferentes tipos de pruebas existentes

tienen estándares y procedimientos apropiados que se especifican en el manual de pruebas, y estas pruebas deben realizarse cuidadosamente y obtener resultados representativos para su aplicación en un proyecto.

Se mencionan en resumen los tipos de ensayos:

Ensayo para propiedades físicas

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2017) “Determinar mediante ensayos las propiedades que se encuentran en las rocas. Siguiendo las normas ASTM e ISRM Realizándose en este ensayo la propiedad de la densidad de la roca”.

Ensayo de compresión simple (UCS)

El objetivo principal de esta prueba es obtener la máxima resistencia del dispositivo de control. La carga máxima que se puede soportar en la dirección vertical se denomina prueba simple. A su vez existen varios tipos de ensayos que determinan la carga máxima que puede soportar una roca por ejemplo carga puntual compresión simple y esclerómetro.

Ensayo de carga puntual

La resistencia a la compresión simple (UCS) son los siguientes:

- Primeramente, se debe tener el diámetro requerido para el tipo de ensayo.
- Segundo, establecer la estimación de I_s a través de los denominadores P y el diámetro

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right)$$

- Tercero, teniendo el valor I_s en función de su diámetro de ensayo, se hace la corrección para su resistencia, la cual se le ama $I_s(50)$, en la que su diámetro mínimo para este ensayo es de 50mm.

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

- Finalmente, para la estimación, se tiene que tener en cuenta el factor para la conversión, en donde puede ser variado de 10 a 50, dependiendo del tipo de roca. Para eso se recomienda hacer una serie de pruebas a través de la compresión simple y carga puntual donde encontraremos factores convenientes para la utilización.

$$\sigma_{\sigma cc} = KK(50)$$

La aplicación de la geomecánica a las minas subterráneas se basa en una suposición simple y tal vez evidente. Se supone que los macizos rocosos pueden atribuirse a un conjunto de propiedades mecánicas que pueden cuantificarse mediante procedimientos apropiados. Se argumenta que el proceso de minería crea una estructura de roca cuyas propiedades se pueden determinar utilizando la mecánica clásica. Para sugerir que la capacidad de predecir y controlar las propiedades mecánicas de la roca circundante puede mejorar o asegurar el desempeño económico de una mina puede usarse en la práctica para ciertos parámetros como la eficiencia de extracción de minerales, la productividad minera o la rentabilidad económica directa, considere la figura abajo.



Figura 6. Esquema de Minado Subterráneo.

2.7.1. Clasificación de la masa rocosa

Bieniawski (1989) y el sistema Q de Barton (1974) clasificarán los macizos rocosos utilizando criterios de clasificación geomecánica RMR (Rock Mass Grade). Además, se utilizará el GSI (Índice de Fuerza Geológica) de Hoek y Marinos (2000) para evaluar las propiedades resistivas del macizo rocoso.

2.7.2. Índice de tunelización

El sistema de clasificación de macizos rocosos de NGI (Barton et al., 1974) calcula un índice de calidad de excavación de túneles (Q) basado en los siguientes 6 parámetros:

- ✓ Designación de calidad de roca (RQD)

- ✓ Numero de Juntas J_n
- ✓ Numero de aspereza de juntas J_r
- ✓ Numero de alteración de junta J_a
- ✓ Factor de reducción de agua de junta J_w
- ✓ Factor de reducción de esfuerzo (SRF)

Los parámetros son combinados para obtener Q como sigue:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

2.7.3. Gráfico de estabilidad

Se han desarrollado métodos de gráficos de estabilidad mejorados a partir de la base de datos original de 26 casos desde su introducción por Matheuis (1980).

El mapa de estabilidad actual informa 175 casos de más de 40 minas canadienses. (Puerto 1992).

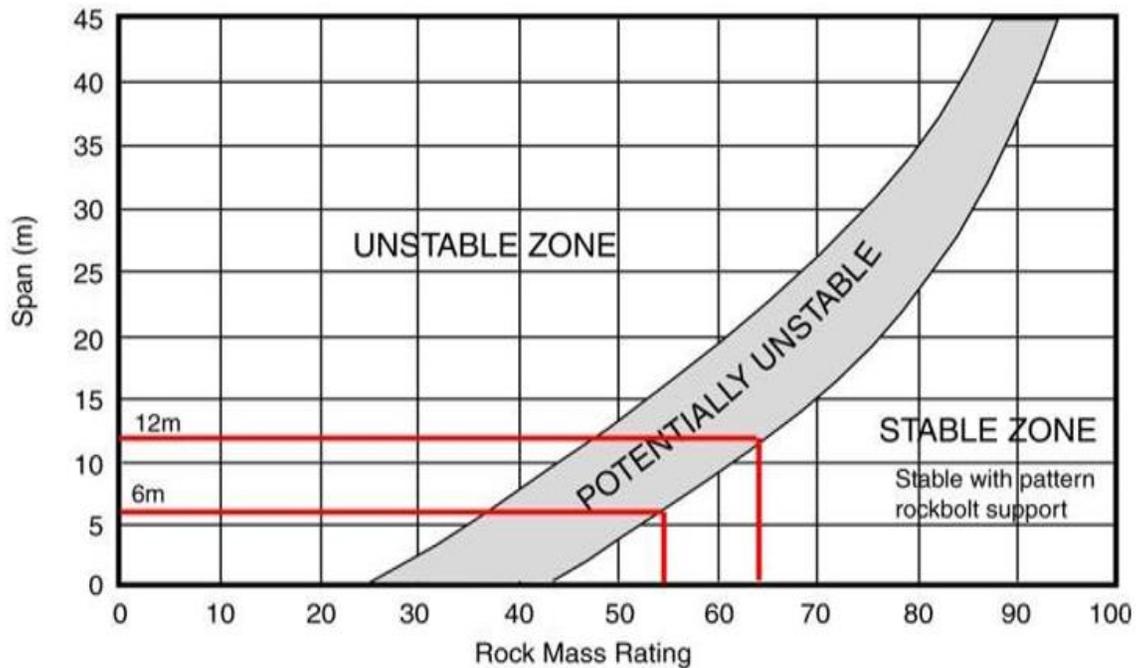


Figura 6. Estabilidad para excavaciones tipo entrada

2.7.4. Factores que controlan la estabilidad de las excavaciones

Hay dos conjuntos de factores que controlan la estabilidad de la excavación en la minería subterránea de depósitos minerales. El primer grupo corresponde a los factores que existían antes de la excavación, mientras que el segundo grupo corresponde a los factores que existían después de la excavación.

- Los factores pre-existentes a la excavación son:
 - ❖ Las características del medio geológico.
 - ❖ El comportamiento mecánico del medio geológico.
 - ❖ Los esfuerzos in-situ.

2.7.5. Análisis de diseño

El análisis de diseño es el núcleo de la práctica de la geomecánica. Aquí, las propiedades mecánicas de las configuraciones mineras seleccionadas y las geometrías de excavación se pueden predecir para las condiciones predominantes del macizo rocoso utilizando métodos matemáticos o numéricos apropiados.

2.7.6. Zonificación geomecánica de la masa rocosa.

Para utilizar racionalmente varios métodos de cálculos geomecánicos, es necesario dividir el macizo rocoso estudiado en regiones con propiedades estructurales y mecánicas similares u homogéneas, ya que los criterios de análisis y diseño obtenidos son válidos. Sustancias con propiedades físicas y mecánicas similares. Para la zonificación geomecánica de macizos rocosos, es decir, para determinar los dominios estructurales de los macizos rocosos, es decir para extensiones de macizos rocosos homogéneos es necesario tener en cuenta información previamente desarrollada sobre aspectos litológicos, ubicación del macizo rocoso estructural, características estructurales de los quiebres y calidad del macizo rocoso determinada por su clasificación utilizando uno o más criterios de clasificación geomecánica. La combinación de toda esta información dará como resultado la separación de estas áreas.

2.7.7. Propiedades físico mecánicas de la roca.

Es importante definir las propiedades físico-mecánicas de la masa rocosa y de sus elementos constituyentes, es decir de la roca intacta y de las discontinuidades estructurales. En el caso de la roca intacta, la propiedad más relevante es la resistencia compresiva no confinada o denominada también

resistencia compresiva. De todos estos efectos de la presencia de agua subterránea dentro del macizo rocoso, el más importante es la presión del agua, la cual reduce las condiciones de estabilidad de la masa rocosa de las excavaciones. Por ello es importante que a través de investigaciones hidrogeológicas se determinen las características de presencia del agua subterránea dentro de la masa rocosa del yacimiento.

2.7.8. Condiciones de esfuerzos in-situ.

En cualquier excavación subterránea, el macizo rocoso se tensará in situ antes de la excavación. El estado de tensión después de la excavación será el resultado del estado de tensión inicial (in situ) y el estado de tensión creado por la excavación o minería. Por lo tanto, la tensión in situ es uno de los factores más importantes que determinan la estabilidad del macizo rocoso excavado bajo tierra.

2.7.9. Formulación del modelo mina.

“Representa la simplificación y racionalización de los datos obtenidos en la caracterización del sitio de análisis de diseño. El objetivo es dar cuenta de las principales características geomecánicas que serán consideradas en el comportamiento de deformación del modelo”.

2.8. Definición de términos básicos

Aperturas permanentes de minas. La excavación durará mucho tiempo, cerca de la vida útil de la mina, porque es muy importante para la minería. Ejemplo: chimeneas, conductos de humos, galerías horizontales, etc.

Deformación. Transformar Un cambio en la roca o material causado por uno o más esfuerzos".

Masa rocosa. "Es un entorno in situ que tiene diferentes tipos de discontinuidades, como juntas, capas, fallas y otras características estructurales.

Mapeo sistemático. Documentación Detallada de Caracterización Geomecánica de Discontinuidades en Roca de Longitud Fija.

Muestra. mineral de tamaño y peso adecuados puede servir como elemento del cual se puede obtener toda la información necesaria para la investigación propuesta".

Plasticidad. Está en la naturaleza de las rocas deformarse cuando se les aplica una fuerza y permanecer deformadas cuando cesa la fuerza.

Porosidad. Es la relación entre el volumen de espacios porosos y el volumen total de roca o suelo. La porosidad siempre se expresa como un porcentaje.

Estructura. Tamaño, forma y disposición de los componentes minerales de las rocas.

Labores de desarrollo. Su función es proporcionar accesos y caminos internos a las áreas mineralizadas con el fin de subdividir los yacimientos en unidades mineras.

Productividad. Se utiliza para promover minerales blandos y donde los asépticos son más densos que los minerales, haciendo que las vetas sean más rentables para la empresa.

Improductivo. Use los desechos para no obtener ganancias centrándose en el rastro del mineral.

Trabajos preparatorios. En este caso, se está desarrollando un proyecto de desarrollo de un yacimiento para la extracción de minerales a partir de residuos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.Método

Según Tomayo (2006), la investigación:

Aplicada: Porque predente solucionar un problema en concreto y no generar una teoría o revertir si funciona o no, pero va depender de los aportes teóricos.

3.2.Tipo de Investigación

Oseda, (2008), indica que la investigación es de tipo:

Por enfoque: cuantitativo porque las variables de investigación intentan cuantificar los resultados a través del análisis y el tipo de trabajo de investigación describe la realidad del entorno para comprender los eventos y desarrollar la teoría.

Por propósito: Es descriptivo correlacional debido a que se quiere conocer las variables del proceso con respecto y por su índole de investigación.

3.3.Nivel de Investigación

Según Carrasco S, (2019), la investigación tiene los siguientes niveles:

Nivel descriptivo. Intentan describir el concepto o la variable a la que se refieren; nivel de correlación. Se refiere a la relación entre dos o más categorías o variables en un contexto dado; nivel explicativo. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y por qué se correlacionan dos o más variables.

Bajo estos conceptos, esta investigación tiene un nivel descriptivo - explicativo, ya que su objetivo, considerando que en esta investigación se medirán las variables y se cuantificarán estadísticamente para probar su hipótesis para determinar el diseño de tajeos en función a la evaluación geomecánica en la unidad minera Cerro Lindo.

3.4.Diseño de Investigación

El diseño de investigación que se utilizará en este estudio será de tipo transversal no experimental debido a que el propósito de este estudio es observar fenómenos y analizarlos en su entorno a medida que suceden, es decir, sin construir nada. Si no es lo que ya existe, el entorno del macizo rocoso de Cerro Lindo no puede verse afectado.

3.5.Población

Según Gonzales, (2014) una población es una colección de elementos con al menos una característica.

En el presente estudio se considera toda la masa rocosa al entorno de la Mina Cerro Lindo, tanto en superficie como el subsuelo. (Roca Encajonante - Cuerpos Mineralizados “OB”).

3.6.Muestra

Según Gonzales, (2014). Es una parte representativa de la población, los resultados obtenidos de la muestra recogen los elementos que componen la población. Para el estudio en particular será la masa rocosa y mineralizada en relación a las labores de explotación de la mina (OB 2; OB 5).

3.7.Muestreo

El muestreo es el método utilizado para seleccionar a los componentes de la muestra del total de la población. Es así, que el muestreo que se empleará en esta investigación es no probabilístico de tipo intencional.

3.8.Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizará trabajo de campo; revisión y análisis de la información disponible, levantamientos topográficos, levantamientos geológicos, muestreo para estudios de laboratorio, exploración de minas, mapeo geomecánico, la toma de datos será directa e indirecta.

3.9.Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Estos trabajos estarán enfocados en el procesamiento de información en sitio para obtener información básica sobre factores relacionados con la inestabilidad del macizo rocoso; también se evaluará cada factor que influya en la inestabilidad, preparación del plan de

trabajo, interpretación del macizo rocoso, análisis de laboratorio, evaluación de la estabilidad, clasificación geomecánica. Divisiones geomecánicas.

CAPÍTULO IV

RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.Generalidades

El método de minería elegido fue sub level estoping con relleno de pasta (PBF), con diversas variaciones, incluida la cantidad de ventanas de acceso donde se acumulan los minerales triturados. Actualmente, el método SLS ha logrado muy buenos resultados con un rendimiento de 18 k tpd. Los nuevos yacimientos conocidos (los yacimientos conocidos en el momento de la determinación del método de minería SLS eran OB2/OB5 en 2002/2007) son actualmente: OB6 (donde se extrae SLS), OB5A (SLS), OB7 (actualmente se produce SLS) y OB6A (actualmente en reclasificación). Ver Figuras 7 y 8.

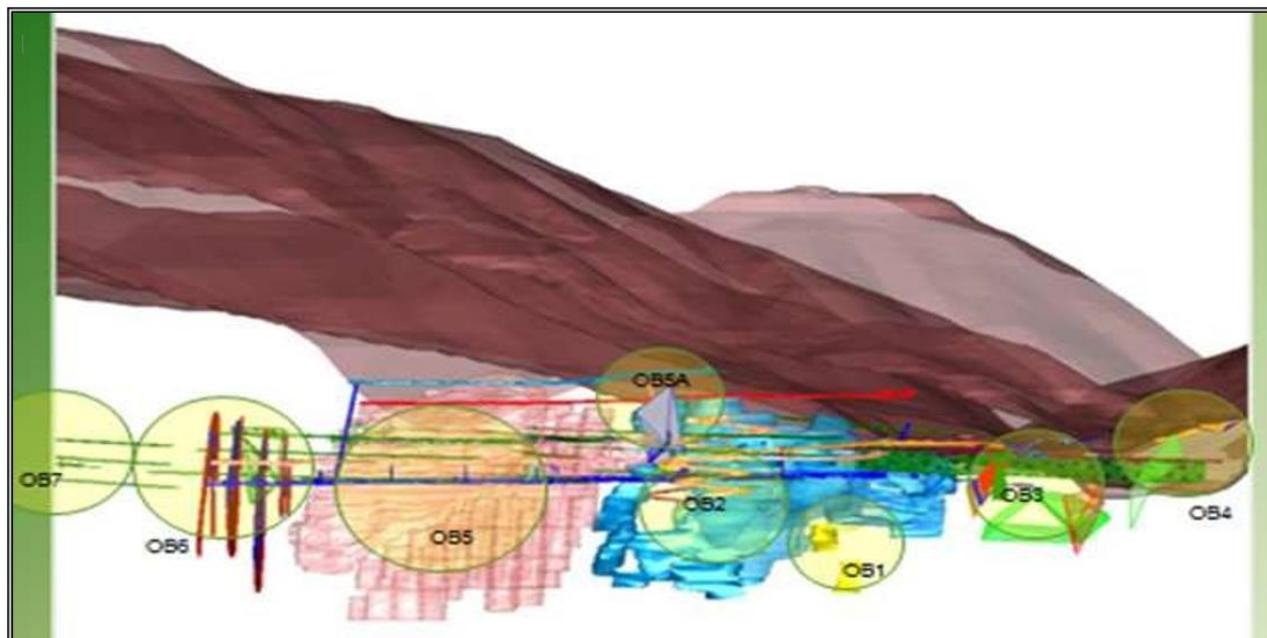


Figura 7. Sección longitudinal de los cuerpos mineralizados

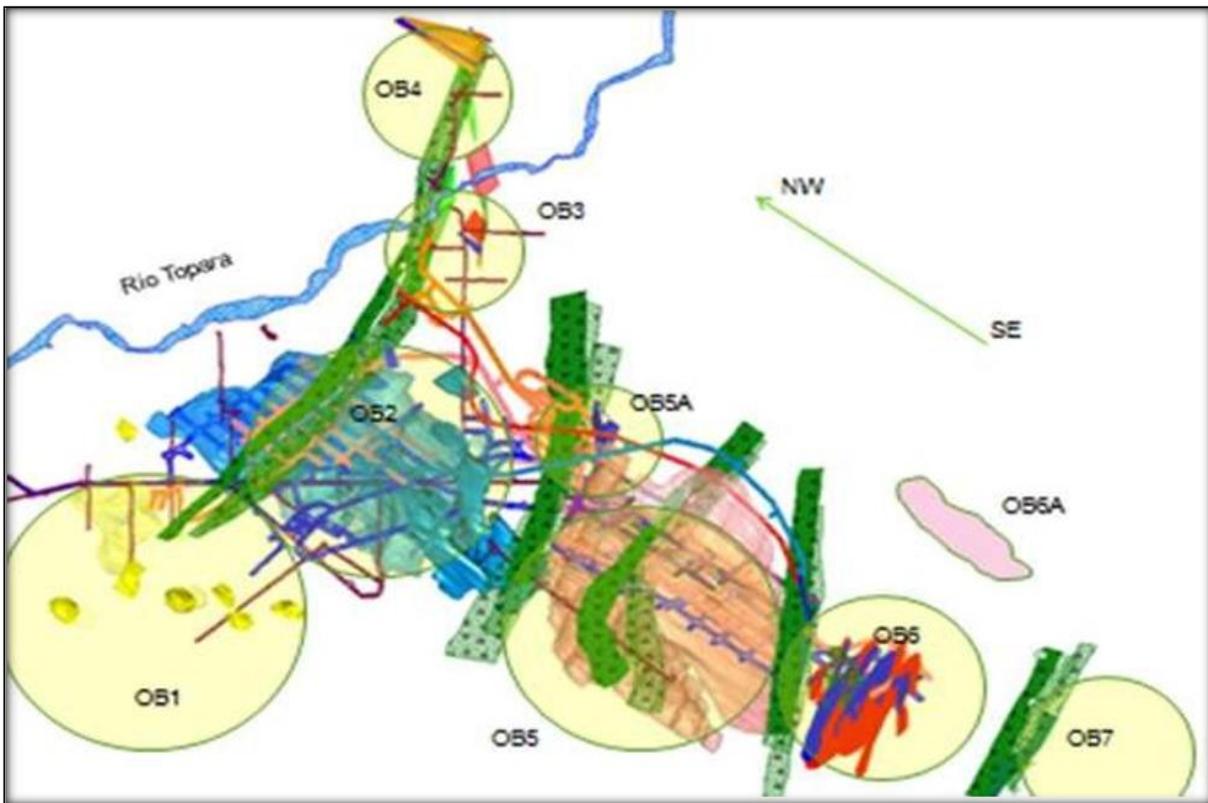


Figura 8. Vista en planta de los cuerpos mineralizados

Claramente podemos afirmar que los parámetros técnicos (parámetros geotécnicos) de las rocas son muy similares a los parámetros originales, en muchos casos son mejores (cuerpos más duros, es decir, de rocas con mayor calidad RMR >40), por lo que la minería. Los métodos permanecen sin cambios, solo radio hidráulico ligeramente modificado. Para aumentar la producción se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Mayor velocidad de las excavaciones de desarrollo.
- Preparación más rápida de mineros para la minería (nodos de acceso, canales de acceso, chimeneas ranuradas, trincheras abiertas para perforadoras radiales, ventanas de acceso (Draw Point), pozos para la producción de perforadoras radiales).

- Capacidad de producción (maximizar la producción con los equipos actuales y utilizar los recursos adicionales adquiridos para incrementar la producción maximizando la productividad).
- Maximizar la recuperación de reservas dentro de los límites de la seguridad del personal y equipos.
- Menores costos de operación por economía de escala.
- Rapidez en la toma de decisiones tanto a nivel técnico como organizacionales.
- Rapidez en el relleno de aberturas subterráneas con el fin de no dar tiempo a la acción de las fuerzas perturbantes que ocasionan colapso del macizo rocoso.
- Velocidad en la colocación de elementos de sostenimiento (pernos y Shotcrete).
- Mayor capacitación y entrenamiento a nuestro personal operativo (ingenieros y colaboradores de línea).
- Mejorar la comunicación en todos los niveles.
- Operación Flexible, alternativas a ser consideradas.
- Identificar los riesgos críticos de una producción de 15k tpd y realizar la gestión de cada una de ellas.
- Medir la capacidad de respuesta de la organización ante una crisis.
- Capacidad de producción (usando el equipo existente para maximizar la producción y usando los recursos adquiridos adicionales para aumentar la producción aumentando las tasas de producción).

4.2. Diseño de mina

4.2.1. Accesos

La mina Cerro Lindo cuenta con los siguientes accesos:

La sección transversal del piso 1820 es de 5x4,5 metros y la longitud es de 2,2 kilómetros. El final de esta capa está coronado por el cuerpo OB7 en el extremo sureste del depósito. Esta capa es la única capa a través de la cual el agua de la mina escapa a la superficie. De aquí por el sistema de bombeo hasta la planta de procesamiento;

El nivel 1875 de 5x4,5 metros de sección y gradiente del 15%, desde donde se accede a los niveles inferiores (1820, 1800, 1770, 1740, 1710) y superiores (1880 y 1910) por la rampa 074;

También contamos con la rampa 010 (la altura de la mina es de 1818 m). El aire fresco ingresa a través de estas tres áreas y se utiliza para ventilar las operaciones mineras.

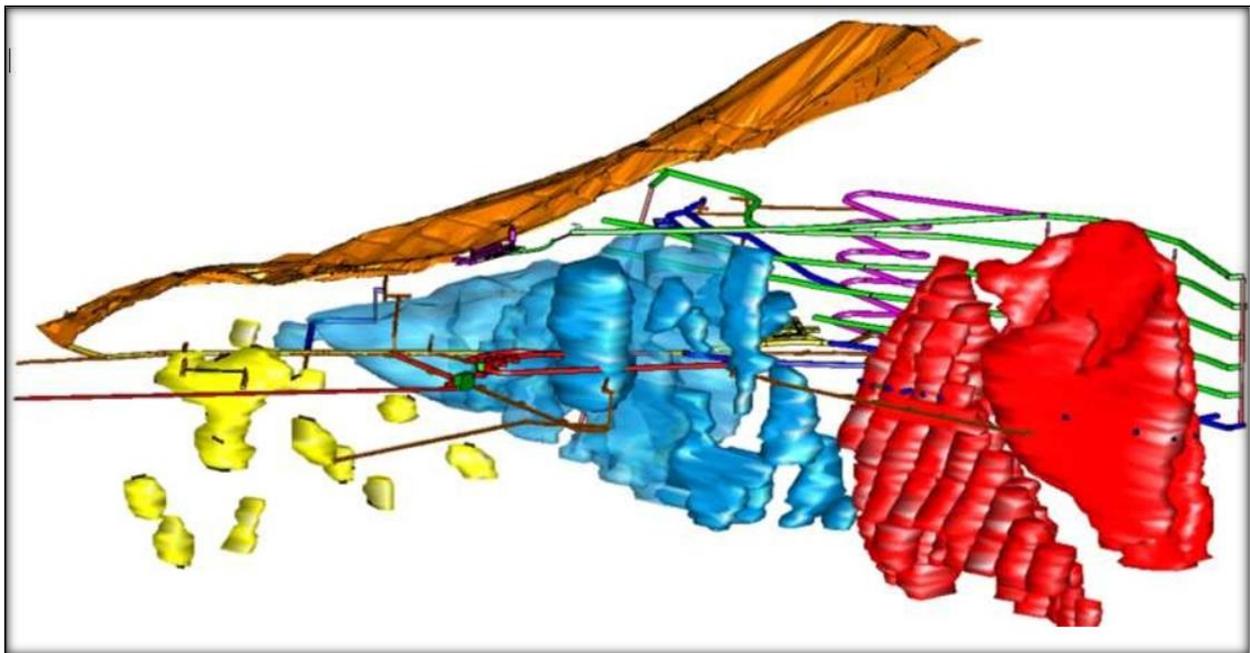


Figura 9. Diseño isométrico de la mina Cerro Lindo

4.3.Método de explotación sub level stoping (SLS)

La experiencia de UMCL con el método de minería SLS desde el inicio hasta la fecha ha sido muy positiva, aprendiendo muchas variaciones, las mismas que impulsaron nuestra curva de aprendizaje ya se pueden usar en cuatro yacimientos de diferentes tajeos, es posible validar métodos de minado a escala industrial, a pesar de los factores estructurales complicados por la presencia de "enclaves" dentro de los bloques.

El método de extracción SLS seguirá utilizándose para aumentar la producción de 10.000 tpd a 18.000 tpd. Para lograrlo se adquirió una serie adicional de modernos equipos (Scooptrams de 13 yd³ de capacidad, equipos de excavación de chimeneas para varias minas, máquinas adicionales de extracción de mineral, equipos de perforación radial computarizados, personal capacitado y calificado, bombas de desplazamiento con una capacidad de 120 m³ /h, equipo auxiliar suficiente, etc.); el tajeos excavado se seguirá rellenando con relleno pastoso (según lo que esperamos conseguir para el relleno después del tiempo de secado resistencia dejando % de cemento) y finalmente se utilizarán los escombros de diversos labores en desarrollo y exploración.

El método SLS de UMCL se ha optimizado para permitir una adaptación flexible a la geometría de los bloques a desarrollar, pero el impacto principal es el bajo costo operativo combinado con las ventajas de un enfoque a gran escala; una desventaja es que es un método no selectivo, se suele elegir material de baja calidad debido a los enclaves, pero en general tiene más ventaja en UMCL.

En Cerro Lindo, tenemos una nomenclatura minera denominada tajeos primarias y secundarias en función de si se explotan primero o después de que se llenan las minas adyacentes.

En los tajeos principales utilizamos cemento en el relleno (del 3% al 5%, según si tiene ley alta o baja, aquí juega el valor del mineral), los secundarios se rellenan con cemento sólo hasta una altura de 6 metros (hasta la altura de la Gal que servirá de losa) y luego rellenan sólo con relaves no cementados donde periódicamente se aplican criterios de parada de drenaje.

En otros casos, utilizamos pilares los minerales de baja ley como elemento de separación entre tajeos primarios y secundarios. Todo lo anunciado anteriormente permite optimizar el uso del cemento.

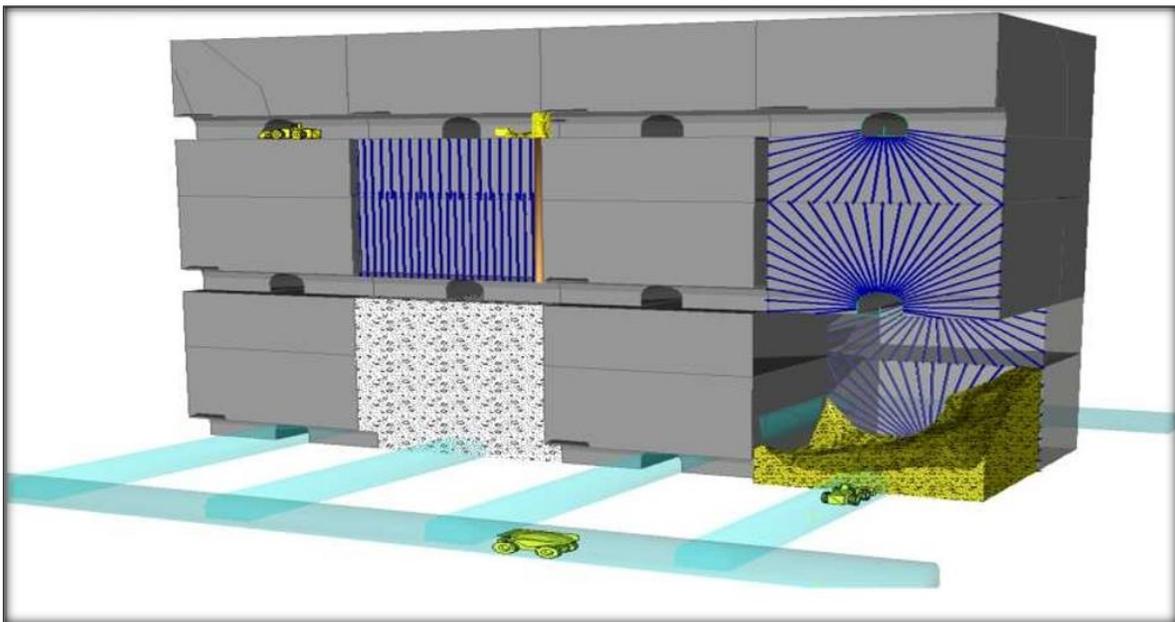


Figura 10. Secuencia de minado Cerro Lindo.

4.3.1. Orientación de los Tajeos

La dirección del eje longitudinal del caserón diseñado tiene un papel fundamental en la estabilidad de la minería futura, con base en lo cual podemos afirmar como concepto las siguientes afirmaciones: 1) Si el eje longitudinal del caserón es perpendicular, está dirigido contra el mapeo previamente establecido encontrar en el año lo más posible la orientación de la estructura principal en la que la estabilidad de los tajeos es más favorable y 2) cuando el eje largo de los tajeos es paralelo a la dirección de la estructura principal establecido en estudios creados previamente, esta estabilidad es desfavorable. Por lo tanto, los mapas geomecánicos creados previamente juegan un papel estratégico en la selección del diseño de la dirección de trabajo. En la minería OB5, la huelga estructural principal es hacia NE, el avance más favorable sería el rumbo NW, del OB5. El plan de mina Cerro Lindo toma en cuenta la dirección de labores lineales (Gal y tajeos), por lo que este plan de mina es suficiente para lograr mejores condiciones de estabilidad de excavación.

En UMCL hemos comprobado el sentido de trabajo (paralelo a la línea y perpendicular a la línea), las condiciones de estabilidad son diferentes en ambos casos, para la producción de 15k tpd en labores profundas, el sentido de trabajo será NE -SW, de los cuales la Longitud más corta será la sección expuesta será el techo durante la extracción. Si toma OB2 como ejemplo, dado que es un cuerpo mineral denso y masivo, la orientación de trabajo también será NE-SW. Para otras partes del mineral OB6, la orientación minera debe ser transversal a la tendencia estructural de la mineralización (NE-SW); Primero se debe realizar la extracción de otros objetos minerales, el análisis de la estructura y luego se debe determinar la dirección de la extracción, lo que sucederá cuando el cuerpo mineralizado esté listo y abierto.

4.4.Perforación

El diseño de mallas se realizó utilizando el software Minesight (MS) en conjunto con Autocad, los recursos y reservas de la UMCL se modelaron en MS para incluir todas las variables requeridas para el diseño de la sección; el diseño de tal. largos (dependiendo de radiales y/o paralelos) se realiza por secciones (en este caso se utiliza BURDEN), el equipo para taladros radiales y/o paralelos es tipo TOP HAMMER (Simba 1254 y Raptor). DH para producir 18k tpd necesitamos aumentar el número de equipos utilizando tecnologías de última generación disponibles en el mercado.

Los parámetros de diseño de la malla de perforación se muestran a continuación y el plano de perforación se proporciona para una mejor visualización.

Tabla 1. Parámetros de Diseño de Malla de Perforación en Tajeos

Malla de perforación (mts)		Sentido de Perforación		Diámetro de Broca (mm)	Longitud (m)
Burden	Espaciamiento	Subida	Bajada		
2.3	2.2		x		12
2.0	2.0	x			18

La apertura de la superficie libre (chimenea SLOT) se realizó con una máquina SIMBA H1254, con la misma máquina que perforó el orificio hacia arriba (30 m), la sección de la chimenea fue de 2,0 x 2,0 m y se perforaron 13 orificios (1 tal de 5" diámetro) y 12 tal. con un diámetro de 2,5 pulgadas), la desviación es de 2% en longitud de los orificios.

A partir de la pila SLOT, se forman zanjas, se abren pozos en paralelo hacia arriba y hacia abajo, y luego se disparan pozos en la dirección radial superior e inferior con la salida de la superficie libre aumentada (SLOT + Zanja). Consulte la figura 11.

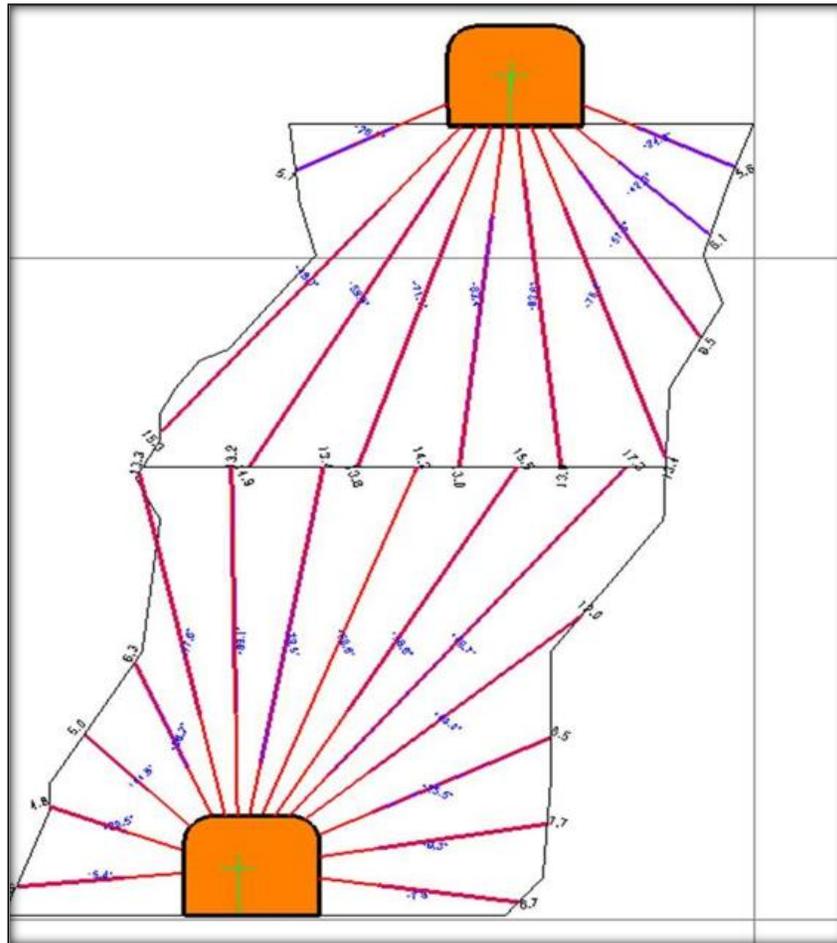


Figura 11. Diseño de perforación y voladura

4.4.1. Fragmentación del Mineral

En el método de minería SLS, una de las variables controlables es la fragmentación de las ranuras de voladura, la fragmentación es una función de un conjunto de variables, las más importantes de las cuales son:

- ❖ Calidad de la perforación de los taladros largos
- ❖ Malla de Perforación (burden y espaciamiento).
- ❖ Diámetro del taladro perforado.
- ❖ Carguío de explosivos.
- ❖ Secuencia de salida de la voladura.
- ❖ Fracturamiento del terreno o masa rocosa.
- ❖ Sistema de diaclasas.
- ❖ Tipo de explosivo que se emplea.
- ❖ Presencia de agua en los taladros
- ❖ Tipo de amarre.
- ❖ Pérdida de energía del explosivo en el taladro como consecuencia del fracturamiento y Factor humano en el proceso integral.

4.5. Acarreo y transporte de mineral

El actual sistema de transporte de minerales (transporte) está diseñado para transportar el Scooptram desde varias paradas hasta la sala de carga y luego hasta el volquete por la distancia mínima (el límite máximo de transporte de la distancia económica es de 250 metros) y el kilometraje máximo. (250 metros) tienen un promedio de 75% de apariciones,

con el 25% restante apareciendo en promedio en los 100 metros. El mineral extraído actualmente proviene de diferentes cortes ubicados en diferentes niveles de la mina, esto difiere del nivel 1740 en OB2 y el nivel 1740 en OB5, el mineral en la zona superior sobre el nivel 1820 proviene del chute de mineral 930 desde donde cada uno se carga en el volquete es el encargado de transportar el mineral a la parrilla en el bolsillo 1 (mandíbula del chancador primario #1 ubicado dentro de la mina) y para producir 15,000 tpd, se pondrá en operación el bolsillo 2 (suministro de mineral a la mandíbula del chancador primario #1 Igual trituradora) y combinando con una trituradora de cono ubicada en la superficie puede transportar minerales a la concentradora con bandas transportadoras, el camión es de 25 y 35 toneladas; la distancia máxima de transporte de mineral (en la cuadrícula del piso 1830) es de aprox. 950 metros de largo, el camión pertenece a un tercero.

4.6.Ventilación

Para dar inicio a la minería a gran escala, la UMCL construyó una planta especial para extraer el aire viciado del interior de la mina, esta planta se ubica en la parte más alta del yacimiento, alrededor del nivel de 1970, de esta obra se extraen ventiladores de la mina subterránea Diferentes las áreas de operación atraen aire viciado. Por este motivo, en 2007 se construyeron dos chimeneas alimak1 (para la ventilación del área de trabajo del OB5), alimak2 y alimak3 se utilizan para la ventilación del área de trabajo del OB2. Posteriormente, Alimak3 integró la construcción de capas 1875A y la ventilación es completamente forzada. Sí, use ventiladores axiales de diferentes capacidades (125,000 cfm, 100,000 cfm, 50,000 cfm, todos en eje para ventilación primaria, ventiladores de 30,000 cfm para ventilación secundaria). Consulte el diagrama de ventilación a continuación.

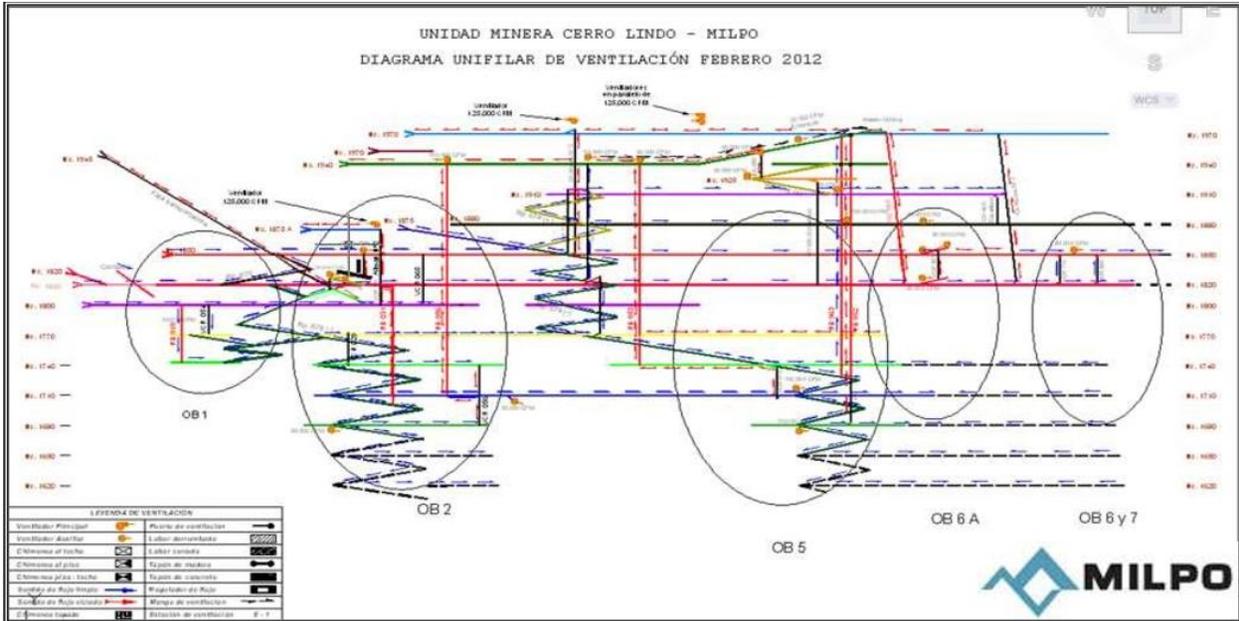


Figura 12. Diagrama de ventilación

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

5.1.Evaluación geomecánica

La operación en la mina Cerro Lindo representa la complejidad de una operación masiva de recuperación por pasos, particularmente en formaciones rocosas que son una mezcla de diferentes litologías de capacidad y formaciones geológicas. En relación a la geomecánica, los aspectos relevantes son los siguientes: Se han establecido los conceptos fundamentales de la minería de Cerro Lindo, enfocándose en la importancia, causas y efectos del esfuerzo que genera el avance minero. En este caso, el orden de minado y la instalación oportuna de relleno y la calidad de la resistencia final requerida son importantes para que puedan lograr el objetivo principal de "reponer la roca minada" para mantener la estabilidad de la excavación cercana.

5.1.1. Caracterización de la masa rocosa

Para la caracterización del macizo rocoso se registraron datos del mapeo geomecánico de las obras subterráneas en los niveles 1770, 1800 y 1820 de los OB2 y OB5 . Se toman en cuenta los siguientes parámetros: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, aperturas, rugosidad, tipo de relleno, espesor de relleno, intemperización y presencia de agua. Además, se registraron datos sobre la resistencia de la roca y la frecuencia de agrietamiento.

5.1.2. Aspectos Litológicos

La litología del área de estudio se compone principalmente de 3 tipos de rocas: sulfuros que contienen minerales, rocas volcánicas y diques. Las rocas volcánicas se encuentran alrededor de los sulfuros que forman roca encajonante, y los diques intersecan los sulfuros y las rocas volcánicas. En la zona mineralizada existen enclaves volcánicos que surgieron junto con los minerales durante la explotación del yacimiento.

5.1.2.1. Distribución de Discontinuidades

Para caracterizar la distribución de las lesiones mayores y menores, que consisten principalmente en uniones y defectos estructurales los datos de orientación se procesan mediante estereografía diarias iguales utilizando el software dips versión 5.103 de Rocscience Inc. (2004). También se utiliza una versión mejorada de dips para proporcionar mejores capacidades gráficas para la salida de estereogramas.

Las propiedades estructurales de una discontinuidad se determinan mediante el proceso estadístico de la información registrada en el mapeo geomecánico de macizos rocosos y mapeo geotécnico de testigos de perforación diamantina realizadas en minería subterránea. Las principales características estructurales de las roturas mayores (fallas) y menores (juntas) se enumeran a continuación.

Fallas

Las fallas generalmente están separadas por 3-10 m, las fallas son decenas de metros, la apertura es de 1-5 mm, la superficie de la sección transversal es ligeramente rugosa a lisa y la superficie del espejo de la falla tiene ciertas ondulaciones. Las estructuras se rellenan con material

de panizo, brecha, material oxidante y arcilla, el espesor de estos rellenos varía de 5 a 15 cm. El tamaño del impacto del daño es pequeño, en algunos casos hasta 1 m.

Diaclasas (sulfuros)

Sus características estructurales son: distancia 20-60 cm, persistencia 3-10 m, apertura menor a 1 mm, superficie de pared ligeramente rugosa a lisa, con algunas ondulaciones, relleno liso, menor a 5 mm, contiene óxidos, pirita y barita. Los muros estructuralmente discontinuos suelen ser fácilmente perturbados. Se encuentran en superficies húmedas y semihúmedas.

Diaclasas (diques y volcánicos)

Sus características estructurales son: pendientes de 20 a 60 cm, persistencia de 3 a 10 m, aperturas menores de 1 mm y en algunos casos cerrados y sin relleno, paredes con rugosidad de ligera a lisa y con ligero relieve, rellenos de blandos a duros. menos de 5 mm, calcita y arcilla están presentes. Las paredes estructuralmente rotas generalmente están intactas, pero tienen humedad.

5.1.2.2. Condiciones de Agua Subterránea

El flujo de agua subterránea en Cerro Lindo no será muy alto, los resultados de un estudio hidrogeológico (Water Management Consultants 2000) elaborado para evaluar las fuentes de agua para la operación de la planta de tratamiento son muy bajos; la capacidad de agua subterránea es muy baja (solo 14 lps, de los cuales el 80% proviene del agua de perforación del borde de ataque y del sistema de drenaje del relleno de pasta), por lo que la presencia de agua subterránea no será un problema importante para la estabilidad de la roca excavada condiciones de masa. Si

se detecta una fuga de agua, se le debe dar tiempo para drenar y drenar a través del sistema de drenaje de la mina (el agua que sale de la mina es transportada por un sistema de bombeo al concentrador de procesamiento de minerales de proceso).

5.1.2.3. Condiciones de Esfuerzos de Roca In-situ

Se supone que el peso unitario promedio de la roca es de 27 kg/m³, el valor de fluencia del gradiente de tensión vertical es de 0,0275 MPa/mt, y se supone que la tensión principal y la tensión intermedia son 2 y 1.5 veces la tensión vertical respectivamente. La profundidad máxima en la parte sureste del cuerpo OB5 es de unos 600 metros, mientras que la profundidad media es de unos 300 metros. Dada una profundidad de 470 m, el consultor David Córdova estimó la tensión vertical del revestimiento OB5 con base en el criterio de carga de roca estática (Hoek y Brown, 1978). Según este criterio, la tensión vertical in situ es de aproximadamente 12 MPa. Los resultados del modelo muestran que localmente la tensión principal máxima actúa 35° en sentido contrario a las agujas del reloj con respecto a la horizontal tiene valor aproximado de 12 MPa. Por otro lado, para minerales y rocas en las cajas de piso y techo, el "factor de competencia = resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta / tensión vertical" es > 2 y < 10 , lo que indica que las condiciones y la estabilidad de la minería- las excavaciones relacionadas serán el tiempo y las propiedades de la roca se pueden determinar el comportamiento de deformación elástica y se puede determinar la deformación plástica en la caja del techo.

5.1.2.4. Resistencia de la Roca Intacta

Uno de los parámetros más importantes del comportamiento mecánico del macizo rocoso es la resistencia a la compresión no confinada de la roca intacta. Durante el trabajo de campo, como parte del mapeo geomecánico de minas subterráneas y núcleos de perforación diamantina, se realizaron pruebas de impacto con un martillo de geólogo y pruebas de rebote con un martillo Schmidt de acuerdo con los estándares recomendados por ISRM para evaluar la resistencia a la compresión de la roca intacta. Para verificar los resultados de las pruebas de campo, se realizaron pruebas de compresión triaxial, pruebas de carga puntual y pruebas de constante elástica en muestras de roca obtenidas del Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Universidad Católica del Perú. Perforación geotécnica y presentación de diferentes litologías en el área de estudio.

5.1.2.5. Orientación

Cerro Lindo se encuentra a unos 40 kilómetros por encima de la zona de subducción donde la placa de Nazca se desliza por debajo de la placa sudamericana. La dirección de subducción dará como resultado una compresión continua a lo largo del eje NE-SW. Este resultado es consistente con los esfuerzos principales que impulsan las fallas y pliegues en el área de Cerro Lindo, y AMEC asume que el eje principal de esfuerzos es NE-SW.

5.2. Clasificación de la masa rocosa

La clasificación de la roca es una herramienta ampliamente utilizada para describir y clasificar diferentes tipos de rocas, para evaluar su estabilidad y requisitos de soporte en

excavaciones subterráneas. Se utilizaron los criterios de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR - Rock Quality Rating o Rock Quality Rating - 1989)

Para clasificar los macizos rocosos desde un punto de vista geomecánico. Los valores de resistencia para roca intacta se toman de acuerdo al procedimiento de resistencia de roca intacta. Por un lado, el valor del Índice de Calidad de la Roca (RQD) se determina utilizando el registro de fractura lineal, utilizando como principal parámetro de entrada la relación con la frecuencia de fractura por metro propuesta por Priest & Hudson (1986). Los criterios de Bieniawski (1989) modificados para esta evaluación para clasificar los macizos rocosos se muestran en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2. 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 la clasificación del macizo rocoso en el área evaluada son: mapeo geotécnico de macizo rocoso en minas subterráneas, mapeo geotécnico de roca testigo para perforación diamantina, realizado como parte de los trabajos de exploración del yacimiento y testigos orientados al OB5 en topografía y cartografía.

El criterio adoptado para clasificar a la masa rocosa se muestra en el Tabla N° 3

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

De acuerdo a los resultados mostrados se concluye que la roca volcánica y el mineral considerado de los OB2 y OB5 lo clasifican como tipo de roca de calidad “Buena”. Ver Tabla N° 4.

Tabla 4. Resumen de la Clasificación Geotécnica de la Masa Roca OB5

Litología	RMR		Tipo	Calidad de Masa Roca
Litología	Rango	Promedio	Tipo	Calidad de Masa Roca
Sulfuro Masivo	50-60	55	IIIA	Regular A
Volcánico Riodacítico Caja Piso	50-60	55	IIIA	Regular A
Volcánico Riodacítico Caja Techo	38-42	40	IVA	Mala A

En la tabla anterior por definición la mayor parte del cuerpo se encuentra en el área de estudio con calidad regular A (IIIA) con una proporción mínima de rocas de mala calidad (IVA) asociadas con fallas u otras perturbaciones geológicas locales.

5.3. Zonificación geomecánica de la masa rocosa

Para aplicar racionalmente los diferentes métodos de cálculo de la mecánica de rocas, es necesario dividir el macizo rocoso estudiado en regiones con propiedades estructurales y mecánicas similares, las cuales, teniendo en cuenta los criterios de diseño y el análisis de los resultados, son efectivos solo en las siguientes áreas con propiedades físicas y mecánicas similares

del macizo rocoso. Por lo tanto, es muy importante realizar zonificación geomecánica o crear áreas estructurales.

Para completar un estudio completo de zonificación geomecánica, litología y estructura geológica, se debe considerar el grado y la calidad de la alteración del macizo rocoso. En el caso de Cerro Lindo, la calidad del macizo rocoso es un aspecto clave de la zonificación geomecánica, ya que no existen diferencias significativas en las características litológicas y de alteración a lo largo del área de estudio, y el arreglo estructural del macizo rocoso es similar. . Como se ha comentado en el apartado anterior, la zonificación del macizo rocoso se ha realizado mediante métodos tradicionales y métodos asistidos por ordenador, estos últimos utilizando modelos de bloques con el programa Mine Sight. Los resultados de la zonificación geomecánica realizada por el método convencional se muestran en la figura 13.

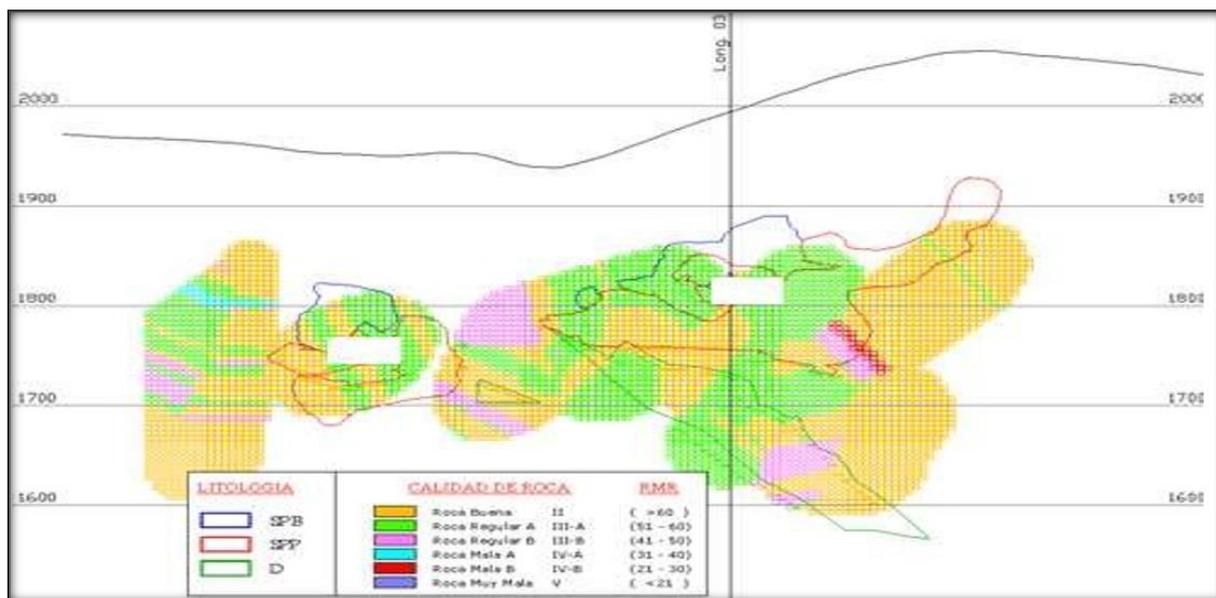


Figura 13. Zonificación geomecánica

Vale la pena hacer los siguientes comentarios sobre los resultados de la zonificación geomecánica Cerro Lindo - Profundización. Si hay suficientes datos disponibles, derivados del

mapeo geotécnico de excavaciones subterráneas o afloramientos superficiales o de testigos de diamantina, la zonificación mediante métodos asistidos por computadora refleja el verdadero estado del depósito. Las particiones pueden volverse inconsistentes si no hay suficientes datos.

5.4. Diseño de tajeos de producción

5.4.1. Generalidades

En este capítulo, se desarrolla un "análisis de diseño" para evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones relacionadas con la minería integrando toda la información obtenida durante la investigación de la cimentación y teniendo en cuenta la geometría de la excavación.

El análisis de estabilidad incluye el estudio de los posibles mecanismos de daño del macizo rocoso que rodea la excavación, teniendo en cuenta su geometría, disposición estructural del macizo rocoso, características de resistencia e influencia de la carga de trabajo.

5.4.2. Direcciones de avance de las excavaciones

Para lograr mejores condiciones de estabilidad de la excavación, el proceso de excavación debe tener una dirección deseable desde la perspectiva del diseño de la estructura del macizo rocoso. Las condiciones más estables se dan cuando la excavación se realiza de forma perpendicular a la dirección de la estructura principal, mientras que las condiciones más desfavorables se dan cuando la excavación es paralela a la dirección de la estructura principal.

En general, el sistema de falla estructural dominante se orienta aproximadamente al NE, más o menos perpendicular a la formación lineal del cuerpo mineralizado (NW-SE). Los

principales sistemas de esta discontinuidad estructural consisten en fallas y diaclasas. En este caso, el ajuste del esquema de excavación en dirección NW-SE es muy beneficioso para las condiciones de estabilidad de la excavación (principalmente tajeos).

5.4.3. Ancho de las excavaciones

A los efectos del diseño de soporte de excavación subterránea, el estudio de factibilidad de AMEC los clasificó en tres categorías, todas las cuales se consideraron en este estudio.

- ❖ Excavaciones de largo plazo.
- ❖ Excavaciones temporales con ingreso de personas.
- ❖ Tajeos sin ingreso de personas.

5.4.4. Excavaciones de Largo Plazo

Las excavaciones permanentes a largo plazo incluyen rampas, niveles de acceso, comedores, refugios, cámaras de trituración primaria, estaciones de bombeo de agua de la mina, talleres de mantenimiento interno de la mina y otras áreas donde el personal trabajará regularmente durante la vida útil de la mina.

Con base en el trabajo realizado en los yacimientos OB2, OB5, OB6, OB5A y OB1 durante un período de 42 meses; las pilas se instalan con bulones de 7 pies y hormigón proyectado (3" y 4"), toda resistencia permanente a la corrosión, esta última se ve favorecida por la ausencia de aguas subterráneas y cero filtraciones en una variedad de obras permanentes de larga duración, es una pila que no requiere mantenimiento con el tiempo, si no se deteriora por la presencia de agua ácida, el mismo ambiente de trabajo se deteriorará, especialmente los pernos

de hierro acanalados en la placa, por lo que muchos lugares en la mina tuvieron que ser reforzados para soporte.

Las obras permanentes actuales están sujetas a cargas estáticas de montaña admisibles (<300 m). Actualmente, debido a la variación dinámica de la tensión macroscópica en el macizo rocoso, no se determina la dirección de la tensión horizontal regional, y la implementación actual del proyecto es derivar la tensión horizontal de la presión estática de la roca subyacente. La tabla 5 proporciona recomendaciones para tales excavaciones permanentes.

Tabla 5. Sostenimiento para Excavaciones Permanentes

Tipo de excavación	Ancho	Sostenimiento
Niveles, Galerías	5 mts	Puntual de 2.1 mts de long. Con resina y cembol, también se colca con lechada de cemento.
Intersección de Galerías	5-9 mts	A lo largo del área de influencia se coloca sostenimiento Sistemático con una malla de 1.2 mts x 1.2mts y 2.1 mts long. Con resina y cembol, también se coloca con lechada de cemento, en las cámaras de carguío de mineral se colocará a partir del 2012 cable bolting de 12 mts de longitud
Intersección de Fallas	5 mts (max)	Dependiendo de las cuñas y de suposición se coloca sostenimiento
		sistemático con pernos con unamalla de 1.0 mts x 1.0 mts de 2.1 mts long. Con resina y cembol, adicionalmente se coloca Shotcrete con espesor variable de 2" /4" de espesor – según el análisis de cuñas se coloca cable bolting.

5.4.5. Excavaciones Temporales Ingreso

Las obras temporales (Nivel, gal. de perforación y CX de acceso) son de corta duración y deben ser desatadas periódicamente, el ancho estándar de estas obras es de 5 metros, el soporte de pernos sistemáticos (1.5x1.5x2.1), además debe colocarse shotcrete de 2,5 pulgadas de espesor.

Se desarrollo de Galerías longitudinales (sección 5x4) dentro del cuerpo mineralizado UMCL, este trabajo servirá para el diseño de la mina, desde estas labores se perforan taladros radiales de producción de hasta 25 metros, no es posible abrir el ancho de la cámara debido a la amplitud. la existencia de yacimientos y “enclaves” con RMR muy bajo (<30), la perforación paralela de zonas mineralizadas, la existencia de inclusiones como trampas estructurales afectan la estabilidad de los tajeos. Una mejora continua seria dejando pilares y luego recuperar con perforaciones radiales.

5.4.6. Tajeos sin Ingreso

El diseño de la mina SLS no permite el ingreso de personal al tajeo (cavidad), en muchos casos el minado se realiza utilizando un Scooptram con control remoto, podemos estar seguros que el 85% del minado desde el Scooptram se realiza bajo techo, el 15% fue llevado al vacío por un equipo de control remoto. Esta cavidad vacía se sostiene con un relleno pastoso (contenido de PBF, cemento y escoria), la estabilidad del tajeo depende de los siguientes factores:

- a) Geometría del tajeo (largo, ancho y altura (30 metros)), aquí estamos siendo gobernado por los conceptos de estabilidad de Mathews, el mismo que hace referencia al radio hidráulico ($R_h = 8.5 - 10.5$).
- b) Calidad de la masa rocosa (insumo de los conceptos del gráfico de estabilidad de Mathews)
- c) Ubicación y orientación de las estructuras geológicas continuas (fallas, diaclasamiento y presencia de “enclaves”)
- d) Condiciones de esfuerzo (carga litostática: profundidad del tajeo respecto de superficie, en UMCL, esta variable es una fortaleza, estamos a menos de 300 metros de columna de carga dependiendo del cuerpo de mineral y del nivel de ubicación del tajeos.
- e) Ciclo de minado (tiempo de exposición de la abertura a la deformación de las paredes)
- f) Presencia de agua subterránea en los tajeos, esto crea un plus en la presión litostática y reactiva las fallas; este caso no es el de UMCL.
- g) Calidad de la perforación y sobre todo de la voladura, esto es una variable controlable por la operación, una voladura inadecuada causara problemas de estabilidad en la deformación del tajeo con el consiguiente deterioro de las labores adyacente en su estabilidad.

5.5. Dimensionamiento de excavaciones con el método gráfico de estabilidad

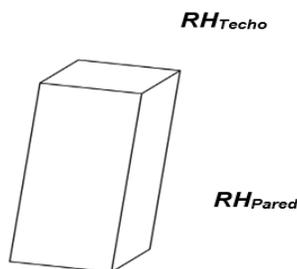
Un aspecto importante de la minería en Cerro Lindo es la estimación del tamaño de los rebajes, para lo cual utilizamos el método de estabilidad gráfica (GSM) desarrollado por

Potvin (1988), Potvin y Milne (1992) y Nixon en este estudio. (1992). según Mathews et al. Todos (1981). La versión actual del método considera factores clave que influyen en el diseño de tajeos con base en un análisis de más de 350 casos históricos recopilados de minas subterráneas en Canadá.

La información sobre la disposición estructural y la resistencia del macizo rocoso, las tensiones alrededor de la excavación y el tamaño, la forma y la orientación de la excavación se utilizan para determinar si el tajeo es estable, sin soporte, con soporte o aún inestable. Este método también es adecuado para determinar el tamaño del soporte del cable bolting. En resumen, el procedimiento de diseño con este método se basa en el cálculo de dos factores: N' y S. El primero es el número de estabilidad modificado, que representa la capacidad del macizo rocoso para permanecer estable bajo un estado de tensión dado. El otro es el factor de forma, o radio hidráulico, que tiene en cuenta el tamaño y la forma del tope, expresado como una relación (S = área de la cara considerada plana/perímetro de la cara considerado plano).

5.6.1. Radio Hidráulico

Es una relación entre el Área y el perímetro de la cara crítica, que asociado a una constante N nos permite dimensionar la cara crítica de los tajeos.



$$RH = \frac{Area}{Perimetro}$$

5.6.2. Número de Estabilidad (N)

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \frac{J_r}{J_a} \frac{J_w}{SRF}$$

$$N' = Q' \cdot A \cdot B \cdot C$$

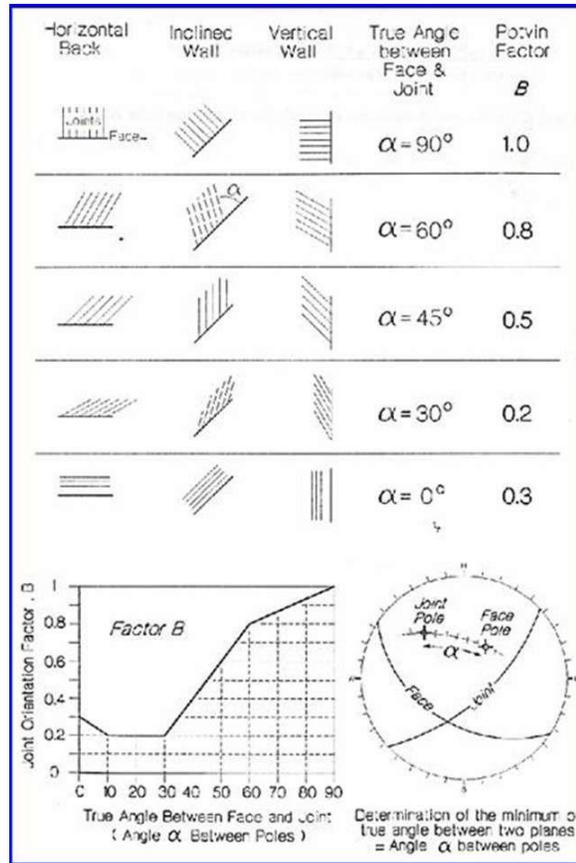
Donde:

N: Número de estabilidad de Mathews A: factor por esfuerzos inducidos

B: factor por orientación de fracturas C: factor gravitacional

RQD: rock quality designación Jn: número de faminlias

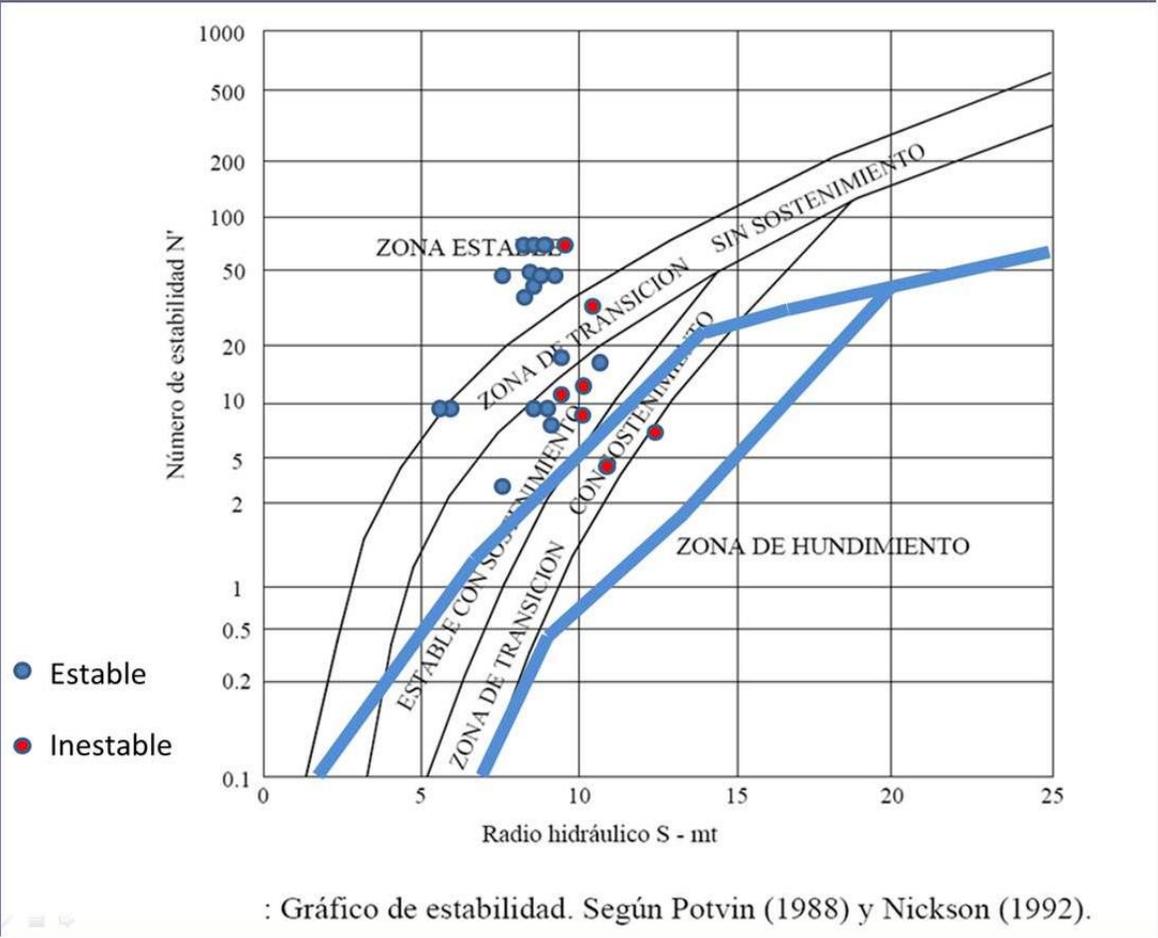
Jr: rugosidad de fracturas Ja: alteración



5.7. Estabilidad de los tajeos

Para determinar la estabilidad del tajeo, es necesario analizar el diagrama anterior y correlacionarlo con el diagrama de estabilidad no. 6.4 según Potvin (1988) y Nickson (1992); relacionando el número de estabilidad N' con el radio hidráulico, indicando si el área es una zona estable, una zona de transición sin apoyo, una zona de transición con apoyo y una zona de hundimiento.

Gráfico N°. 6.4: Estabilidad de tajeos mina cerro lindo



5.8. Dimensionamiento de los tajeos

La siguiente es una declaración de detener la minería en OB2 y OB5, según la cual nuestras recomendaciones para los tamaños máximos se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 6. Dimensiones Máximas Recomendadas para Tajeos Diseñados en el OB-5

Orientación Tajeo	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Sostenimiento(m)
Longitudinal	30 (NW-SE)	25(NE-SW)	60	Sin Sostenimiento
Longitudinal	30(NW-SE)	25(NE-SW)	90	Cable Bolting
Transversal NE-SW	30(NE-SW)	15(NW-SE)	90	Sin Sostenimiento
TransversalE-W	40(NE-SW)	18(NW-SE)	90	Sin Sostenimiento

Además, el consultor David Cordova recalculó el tamaño de la parada obtenible en el volumen OB5 utilizando el método de estabilidad gráfica, un método desarrollado por Potvin (1988), cuya versión actual se basa en un análisis de 350 casos. Las dimensiones recomendadas del OB5 son: 30 m de alto, 25 m de largo y 15/18 m de ancho. Las dimensiones actuales de minado en OB5 son las siguientes: 30 metros de alto, 40 metros de largo y 20 metros de ancho. Esta alternativa tiene buenos resultados de estabilidad. Hasta la fecha, según UMCL Geomecánica, la dimensión que se está aplicando dentro del cuerpo mineralizado

OB2 son 30 m de alto, 60 m de largo y 25 m de ancho, la diferencia con el OB5 es que el OB2 tiene homogeneidad en la litología, y no tiene presencia de enclaves en el cuerpo mineralizado.

La consolidar una producción de 18.000 tpd resultará de la explotación sistemáticamente consolidada de nuevos cuerpos minerales: OB7, OB6A y OB3/OB4 (más lejano), donde se llevarán a cabo nuevas investigaciones geotécnicas.

5.9. Contrastación de hipótesis

Para hacer tales comparaciones, es necesario considerar las hipótesis propuestas y su relación con las variables propuestas, y determinar las pruebas de las hipótesis basadas en estos datos obtenidos.

La evaluación geomecánica se presenta en el Capítulo 5 clasificando geomecánicamente los macizos rocosos utilizando el Criterio de Bjenawski (RMR - Rock Mass Grade o Rock Mass Rating; teniendo en consideración: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciamiento, persistencia, aperturas, rugosidad, tipo de relleno y su espesor, intemperización y presencia de agua. Además, se registraron los datos de resistencia de roca y frecuencia de fractura de acuerdo a la siguiente tabla:

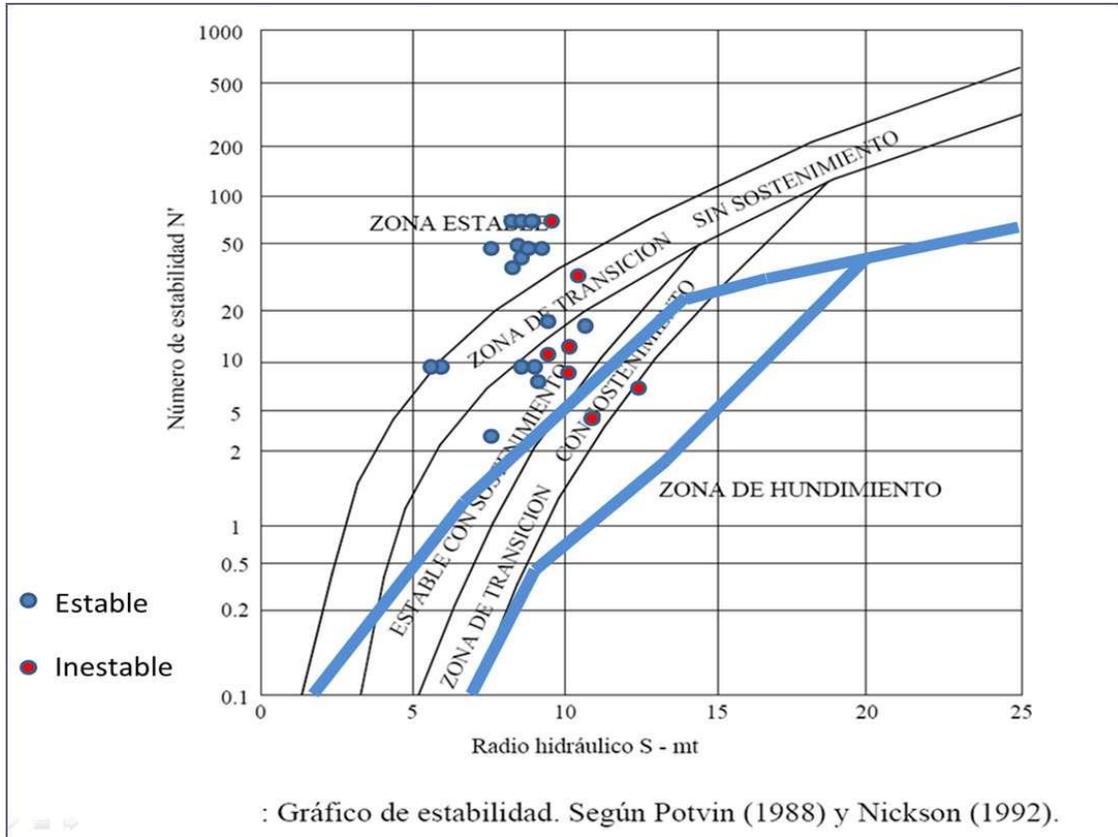
Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
IIIA	51 – 60	2.18 – 5.92	Regular A
IIIB	41 – 50	0.72 – 1.95	Regular B
IVA	31 – 40	0.24 – 0.64	Mala A
IVB	21 – 30	0.08 – 0.21	Mala B
V	< 21	<0.08	Muy Mala

Además, con base en lo anterior y los resultados mostrados en la tabla, se concluyó que las rocas volcánicas y los minerales muestreados en el OB2 y OB5 fueron clasificados como rocas de "buena" calidad.

Tabla 7. Resumen de la Clasificación Geotécnica de la Masa Rocosa

Litología	RMR		Tipo	Calidad de Masa Rocosa
	Rango	Promedio		
Sulfuro Masivo	50-60	55	IIIA	Regular A
Volcánico Riodacítico Caja Piso	50-60	55	IIIA	Regular A
Volcánico Riodacítico Caja Techo	38-42	40	IVA	Mala A

Y con respecto a la variable dependiente se demuestra que el estudio geomecánico si influye en el diseño de los tajeos de producción, de acuerdo a 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. Para determinar el tamaño de los tajeos y su estabilidad, se tuvo que realizar el análisis de los gráficos descritos en el capítulo 5 y relacionarlos con el gráfico de estabilidad con el siguiente gráfico según Potvin (1988) y Nckson(1992); relacionando el número estabilidad N' y el radio hidráulico.



Conclusiones

- ❖ En respuesta a el objetivo específico número 1. Los cuerpos mineralizados de Cerro Lindo están emplazados en rocas volcánicas de tipo riolíticas gradando a riodacíta. También está presente en el área de estudio una unidad piroclástica que se intercala dentro de unidades de flujos riolíticos. La litología simplificada de la mina Cerro Lindo involucra a 3 tipos de rocas: los sulfuros donde está el mineral, los volcánicos y los diques. Los volcánicos aparecen alrededor de los sulfuros conformando la roca encajonante, mientras los diques cortan transversalmente a la zona de sulfuros y a los volcánicos. Dentro de la zona mineralizada aparecen enclaves de roca volcánica que son extraídos junto con el mineral durante la explotación del yacimiento. El análisis de distribución de discontinuidades ha indicado que el arreglo estructural de la masa rocosa dentro de cada litología de Cerro Lindo, debajo del Nv. 1800, está conformado por 2 sistemas principales de discontinuidades, siendo uno de ellos el dominante, y de 1 a 2 sistemas secundarios.
- ❖ En respuesta del objetivo específico numero 2, Evaluar de qué manera las investigaciones de campo influyen en determinar la calidad de la masa rocosa, se puede concluir que los ensayos realizados insitu permiten la toma de desiciones eficientes para el diseño de sostenimineto de las labores mineras en Cerro Lindo.
- ❖ En respuesta al objetivo específico numer 3. Determinar cómo influye la evaluación geomecánica en la determinación de los índices geomecánicos en las labores subterráneas en la mina Cerro Lindo. Los resultados de la clasificación geomecánica de la masa rocosa debajo del Nv. 1820, efectuada a partir de la información registrada en el mapeo

geomecánico de labores subterráneas; en el OB5 y OB6, las masas rocosas de calidad Buena (II) representan el 34 %, las de calidad Regular A (IIIA) representan el 33 %, las de calidad Regular B (IIIB) representan el 20 %, las de calidad Mala A (IVA) representan el 6 % y las de calidad Mala B (IVB) representan el 7 %. Los parámetros de resistencia de la roca intacta, de las discontinuidades y de la masa rocosa, determinados a partir de ensayos realizados en campo y en laboratorio y a partir de la utilización de criterios de falla apropiados.

- ❖ En respuesta al objetivo específico número 4, identificar cuáles son los parámetros para el diseño de los tajeos de producción en la Mina Cerro Lindo. Utilizando toda la información básica mencionada en las conclusiones precedentes, se han realizado una serie de análisis, el dimensionamiento de los diferentes componentes estructurales asociados al minado estará en función del arreglo estructural de la masa rocosa y del comportamiento esfuerzo/deformación de la misma, donde se determina las dimensiones apropiadas de los tajeos.

Recomendaciones

- ❖ Desde el principio de la operación de la mina Cerro Lindo, se estableció que la dirección preferencial de avance de las excavaciones es NW-SE, con esta dirección preferencial se han desarrollado los esquemas de minado encima del Nv. 1820, obteniéndose buenos resultados en las condiciones de estabilidad de las excavaciones, principalmente tajeos. Es recomendable continuar debajo del Nv. 1820 con la misma dirección preferencial señalada y con similares esquemas de minado.
- ❖ Se recomienda que los topes colocados debajo de los estribos del puente tengan al menos un bajo contenido de cemento. Afortunadamente, se pueden hacer planes para restaurar al menos parte del estribo de este puente.
- ❖ Para minería que está bajo Lv. 1820, se recomienda que se sigan utilizando los mismos estándares de soporte que se utilizan actualmente para el desarrollo por encima de este nivel.
- ❖ Los diversos análisis realizados sobre la secuencia de los planes mineros y el tamaño de rebaje y rango de resistencia encontrados en el sondeo, se recomienda continuar estos análisis también en los trabajos por debajo del piso 1820.
- ❖ El agua tiene presencia local dentro de la masa rocosa de la Mina Cerro Lindo y por ahora no está siendo un problema para las condiciones de estabilidad de la masa rocosa de las excavaciones, sin embargo, en el futuro cuando el minado avance en profundidad podría aumentar la presencia del agua, particularmente en las labores más cercanas al fondo de la Quebrada Topará. Se recomienda una evaluación hidrogeológica ayudaría a

conocer en mayor detalle las características de presencia futura del agua subterránea en la Mina Cerro Lindo.

- ❖ Dados los niveles significativos de producción esperados y las profundidades significativas de OB5 y OB6, se recomienda enfáticamente realizar mediciones de esfuerzos in situ en Cerro Lindo.

Referencia bibliográfica

1. Brady B.H.G. & Brown E.T. “Rock Mechanics for Underground Mining” GeorgeAllen & Unwin – London – 1985.
2. Bieniawski Z.T. “Engineering Rock Mass Clasification” Wiley – Interscience Publication – 1989.
3. Cuadros J. y Córdova D. “Dimensionamiento Geomecánico de Tajeos de MinaChupa – Unidad Minera Iscaycruz”- XXV Conv. Ing. Minas – Setiembre 2001.
4. EXSA Manual De Voladura de Rocas Lima – 2001.
5. Hoek E., Kaiser P., Bawden W. “Support of Underground Excavations in HardRock” A.A. Balkema 1995.
6. Instituto Tecnológico Geominero de España (2010) Manual de Perforación y Voladura de Rocas.
7. Ly Zevallos, P., 1999. Yacimiento Cerro Lindo. En Primer Volumen de Monografías de Yacimientos Minerales Peruanos. Historia, Exploración y Geología. Volumen Luis Hochschild Plaut. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. Pro Explo 99.
8. Pitcher, W.S., Cobbing, W.J.E., 1985. Magnetism at Plate Edge. The Peruvian Andes.
9. Salazar, H., Landa, C., 1993. Geología de los Cuadrángulos de Mala, Lunahuana, Tupe, Conoyca, Chincha, Tanatara y Castrovirreyna. Ingemmet, Sector Energia y Minas. Peru. Boletín No. 44.

10. Trujillo Alejandro. “Geología del Yacimiento Cerro Lindo”. Publicación de PROEXPLOR 2009.
11. UNDAC – Cerro de Pasco (2010): I Curso Internacional de Innovaciones Tecnológicas en Perforación. y Voladura. de Rocas.
12. Vidal, C., 1980. Mineral Deposits Associated with the Peruvian Coastal Batholith and its Volcanic Country Rocks. Phd Thesis in Liverpool University.
13. Weiss F. y Córdova D. “Influencia de las condiciones naturales en la selección del método de explotación en minería subterránea”, Informe INGEMMET – 1991.

Anexos

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ESTUDIO GEOMECÁNICO PARA EL DISEÑO DE TAJEOS EN EL NIVEL DE PRODUCCION EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO 2022

TÍTULO: _____

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES UNIDAD DE ANALISIS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE	<p>Método de investigación Científico</p> <p>Tipo de investigación Descriptivo</p> <p>Nivel de investigación Descriptivo - Explicativa</p> <p>Diseño de investigación No Experimental</p> <p>Universo Compañía minera Cerro Lindo</p> <p>Población La masa rocosa y mineralizada en relación a las labores de explotación de la mina Cerro Lindo</p> <p>Muestra La masa rocosa y mineralizada en relación a las labores de explotación de la mina (OB 2; OB 5).</p>
¿De que manera estudio geomecánico influye el diseño de tajeos en el nivel de produccion en la unidad minera cerro lindo 2022?	Determinar de qué manera estudio geomecánico influye el diseño de tajeos en el nivel de producción en la unidad minera cerro lindo 2022.	El estudio geomecánico influye el diseño de tajeos en el nivel de produccion en la unidad minera cerro lindo 2022.	ESTUDIO GEOMECÁNICO	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE	
¿Cómo se realizará la evaluación geomecánica del macizo rocoso para el diseño en los tajeos de producción en la Unidad Minera Cerro Lindo?	Describir cómo se realizará la evaluación geomecánica del macizo rocoso para el diseño en los tajeos de producción en la Unidad Minera Cerro Lindo.	La evaluación geomecánica del macizo rocoso ayuda en el diseño en los tajeos de producción en la Unidad Minera Cerro Lindo.	DISEÑO DE TAJEOS EN EL NIVEL DE PRODUCCION EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO	
¿De qué manera las investigaciones de campo influyen en determinar la calidad de la masa rocosa?	Evaluar de qué manera las investigaciones de campo influyen en determinar la calidad de la masa rocosa.	Las investigaciones de campo influyen significativamente en determinar la calidad de la masa rocosa.		
¿Cómo influye la evaluación geomecánica en la determinación de los índices geomecánicos en las labores subterráneas en la mina Cerro Lindo?	Determinar cómo influye la evaluación geomecánica en la determinación de los índices geomecánicos en las labores subterráneas en la mina Cerro Lindo.	La evaluación geomecánica influyen significativamente en la determinación de los índices geomecánicos en las labores subterráneas en la mina Cerro Lindo.		
¿Cuáles son los parámetros para el diseño de los tajeos de producción en la Mina Cerro Lindo?	Identificar cuáles son los parámetros para el diseño de los tajeos de producción en la Mina Cerro Lindo.	Los parámetros ingenieriles permitirán el diseño de los tajeos de producción en la Mina Cerro Lindo.		

FOTOGRAFIA N° 01:
ACTUAL CAMPAMENTO Y OFICINAS
-UNIDAD MINERA CERRO LINDO-



FOTOGRAFIA N° 02:
PLANTA DE RELLENO EN PASTA
-UNIDAD MINERA CERRO LINDO-



FOTOGRAFIA N° 03:
BOTADERO DE DESMONTE DE MINA
-UNIDAD MINERA CERRO LINDO-



FOTOGRAFIA N° 04:
PLANTA DE PROCESOS
-UNIDAD MINERA CERRO LINDO-





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 018-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 102-2023-FIMGC-D**, siendo los veinte días del mes de febrero del 2023, a horas 8:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS**, Jurado el **MSc. Ing. Jaime PALOMINO CLAUDIO**, Jurado - Asesor el **Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada “**ESTUDIO GEOMECÁNICO PARA EL DISEÑO DE TAJEOS EN EL NIVEL DE PRODUCCION EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO 2022**”, presentado por el/la Sr./Srta., **WALTER LAPA BORDA**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Minas**.

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

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



Firmado digitalmente por
Efraín Elías Porras Flores
Fecha: 2023.02.21
13:09:14 -05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente



Firmado digitalmente
por Dr. Johnny Henry
Ccatamayo Barrios
Fecha: 2023.02.20
10:04:33 -05'00'

Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS
Jurado



Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO
Jurado Asesor



Firmado
digitalmente por
Jaime Palomino
Claudio
Fecha: 2023.02.20
09:50:27 -05'00'

MSc. Ing. Jaime PALOMINO CLAUDIO
Jurado

Firmado
digitalmente por
LEZAMA CUELLAR
CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso

C.c.:
Bach. WALTER LAPA BORDA
Jurados (4)
Archivo



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



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

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 023-2023-FIMGC

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

Apellidos y Nombres : LAPA BORDA, WALTER
Escuela Profesional : INGENIERÍA DE MINAS
Título de la Tesis : “ESTUDIO GEOMECÁNICO PARA EL DISEÑO DE TAJEOS EN EL NIVEL DE PRODUCCION EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO 2022”
Evaluación de la Originalidad : 28 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2014512104

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

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 14 de febrero del 2023



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

Firmado digitalmente
por LEZAMA CUELLAR
CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de

Con depósito para Sustentación y Tramites
Cc. Archivo

“ESTUDIO GEOMECÁNICO PARA EL DISEÑO DE TAJEOS EN EL NIVEL DE PRODUCCION EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO 2022”

por Walter Lapa Borda

Fecha de entrega: 14-feb-2023 10:19p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2014512104

Nombre del archivo: Tesis_WALTER_LAPA_BORDA_EPIM.pdf (3.02M)

Total de palabras: 12920

Total de caracteres: 73703

“ESTUDIO GEOMECÁNICO PARA EL DISEÑO DE TAJEOS EN EL NIVEL DE PRODUCCION EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO 2022”

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	16%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	9%
3	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	inba.info Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo