

Universidad Técnica Federico Santa María
Sede Viña Del Mar – José Miguel Carreras.

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LA MINA “LA VERDOSA”

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico
Universitario en Minería y Metalurgia

Alumno:

Josué Humberto Estay Torres

Matías Ignacio Muñoz Bascuñán

Profesor Guía:

Sr. Ing. Luis Gutiérrez Meneses

DEDICATORIA

Matias Muñoz: Quisiera agradecer a mi familia por su incondicional apoyo, en especial a mis hermanos Pablo y Juan por su atención y preocupación en este proceso, a mi pareja Pía, por su constante apoyo y motivación en todo mi proceso universitario.

Agradecimiento especial a Carla Montecinos, por guiarme a resolver mis problemas, aconsejarme y así poder sacar mi carrera adelante.

Josué Estay: Agradecer a mi familia, en especial a mis padres, Josué y Angelina, quienes me brindaron todo su apoyo, atención, preocupación y motivación en mi ciclo universitario de inicio a fin.

Finalmente queremos dar un agradecimiento especial a minera la verdosa por darnos la oportunidad y confiar en nosotros en este trabajo investigativo, en especial a Matias Delgado, quien nos apoyó brindándonos información clave para terminar nuestro trabajo de título, a Luis Gutiérrez por apoyarnos, guiarnos y enseñarnos en este proceso universitario en especial en esta instancia, y a todos quienes influyeron en nuestro proceso universitario.

RESUMEN

Desde los inicios de la minería, una de las problemáticas más grandes es el desconocimiento del sector a explotar siguiendo rumbos poco o nada rentable de ley de mineral, donde con el transcurso del tiempo se fueron generando más tipo de análisis ya sea geomecanico como geológico para la extracción de las proyecciones de las empresas mineras.

El presente trabajo de título, tiene como objetivo realizar una análisis y estudio del macizo rocoso con la búsqueda de las intersecciones de minerales centrados en los rumbos que determinan los informes técnicos y geológicos de minera la verdosa, la cual es una pequeña minera de extracción de óxidos y sulfuros de cobre que está ubicada específicamente en el sector de Los Loros Llay Llay de la V Región.

El primer capítulo da a conocer la descripción de la zona de la mina entre otras generalidades de la misma. A su vez se definen los minerales asociados a la zona de llay llay de acuerdo a la información técnica asociada, estableciendo la calidad del macizo rocoso del yacimiento.

El segundo capítulo será enfocado en los seguimientos del rumbo de vetas según las informaciones técnicas y geológicas las cuales Caracterizaran los mecanismos de extracción de mineral en el yacimiento para posteriormente evaluar sus costos de extracción.

.

Por último, en el tercer capítulo, se analizarán los parámetros del macizo rocoso para posteriormente establecer el avance de la extracción del mineral donde se establecerán los costos asociados y ganancias de la extracción proyectando el incremento de las leyes al ubicar los rumbos nuevos en las labores proyectando el alza en el porcentaje de ley de minera la verdosa.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....2

RESUMEN.....3

ÍNDICE 4

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....6

ÍNDICE DE FIGURAS.....7

ÍNDICE DE TABLAS 9

ÍNDICE DE GRAFICOS 10

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA.....11

 SIGLAS: 11

 SIMBOLOGÍA: 11

INTRODUCCIÓN 13

OBJETIVOS.....14

 OBJETIVO GENERAL 14

 OBJETIVOS ESPECIFICOS 14

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES 15

 1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS MINEROS.....16

 1.2 ACTUALIDAD NACIONAL E HISTORIA MINERA EN CHILE 16

 1.3 MINERA “LA VERDOSA”.....17

 1.3.1 Ubicación geográfica mina “la verdosa”.....18

 1.4 DATOS SERNAGEOMIN.....19

 1.4.1 Caracterización mineralógica de minerales asociada a zona de Llay Llay 19

 1.5 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICAS DE LAS ROCAS.....22

 1.5.1 Caracterización de la calidad de la roca según clasificaciones geomecánicas.....22

 1.5.2 Clasificación geomecánica según RMR.....23

 1.6 CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO DE MINERA LA VERDOSA 28

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO.....30

2.1 SEGUIMIENTO DEL RUMBO DE VETAS 31

2.2 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN.....33

2.2.1 Método de explotación utilizado en mina “la verdosa” 36

2.2.2 Especificaciones del método utilizado 37

2.3 TENDENCIAS DEL MERCADO DEL COBRE 39

2.4 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DE EXTRACCIÓN.....39

CAPÍTULO 3: EXTRACCIÓN ASOCIADO A LOS COSTOS 43

3.1 PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO DE MINERA LA VERDOSA 44

3.2 PARÁMETROS DE SEGURIDAD DE MINERA LA VERDOSA.....45

3.3 DESPRENDIMIENTO DE ROCAS 47

3.3.1 Factores que generan la caída de rocas 48

3.3.2 Causas de los accidentes producidos por caídas de rocas 49

3.3.3 Medidas para evitar caídas de rocas 50

3.4 Acuñadura.....50

3.4.1 Recursos necesarios en la operación de acuñadura 53

3.5 PROCEDIMIENTO DE ACUÑADURA.....56

3.6 AVANCES DE EXTRACCIÓN DE MINERA LA VERDOSA 61

3.7 COSTO ASOCIADOS A MINERA LA VERDOSA 64

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 67

BIBLIOGRAFÍA.....69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Nivel 1, entrada mina la verdosa..... 18

Ilustración 2: Ubicación geográfica mina la verdosa. 18

Ilustración 3: Fallas correspondientes a las discontinuidades de minera la verdosa..... 20

Ilustración 4: Plano geológico cuesta las chilcas (horizontal). 32

Ilustración 5: Explotación cielo abierto los pelambres. 34

Ilustración 6: Explotación método subterráneo mina el teniente. 36

Ilustración 7: Carguío de mineral al interior mina. 38

Ilustración 8: Captura imagen frente del macizo rocoso..... 45

Ilustración 9: Cajas colgantes y pendientes..... 53

Ilustración 10: Captura imagen del equipo pilares de avance de minera la verdosa..... 60

Ilustración 11: Captura imagen de carguío de mineral desde las labores de la frente a acopio de mineral..... 62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa estructura y geológico señalado.....	21
Figura 2: Calidad del macizo rocoso con relación al índice RMR.....	23
Figura 3: Valores del RCS para el cálculo del RMR	24
Figura 4: Valores del RQD según calidad de la roca.	25
Figura 5: Valores del espaciado o juntas de las discontinuidades, para cálculo del RMR.	25
Figura 6: Abertura de las discontinuidades.	26
Figura 7: Continuidad o persistencia de las discontinuidades.....	26
Figura 8: Rugosidad de las discontinuidades.	26
Figura 9: Relleno de las discontinuidades.....	26
Figura 10: Alteración de las discontinuidades.	27
Figura 11: La presencia de agua.....	27
Figura 12: Valoración para túneles y minas.....	28
Figura 13: Faja metalogenética del cretácico inferior.	31
Figura 14: Modelo geológico en 3D de los clavos mineralizados.	33
Figura 15: Método de explotación utilizado en la mina Room and Pillar.....	37
Figura 16: Caída de rocas.....	47
Figura 17: Masa rocosa estable debido al equilibrio de fuerzas.	49
Figura 18: Caras libres sometidas a fuerzas.	49
Figura 19: Acuñadura manual.	51
Figura 20: Señalización del área peligrosa.....	52
Figura 21: Selección de barretilla.....	55
Figura 22: Figura 3-9: Pequeño Escudo Circular de la Barretilla.	55
Figura 23: Tipos de Puntas de Barretillas.	56
Figura 24: Instrucciones del supervisor pre-acuñado.....	56
Figura 25: Verificación de las Condiciones de Ventilación y Visibilidad.	57
Figura 26: Sistema de Ventilación.	57
Figura 27: Zona de Acuñamiento.....	58
Figura 28: Dirección de Avance y Posición Segura para Acuñar.	59

Figura 29: Detección de Planchones. 59

Figura 30: Señalización del rumbo erróneo y rumbos de la concentración de clavos mineralizados.
.....64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Asociación de minerales del sector..... 21

Tabla 2: Costos de mano de obra utilizada minera la verdosa..... 40

Tabla 3: Combustible utilizado en minera la verdosa..... 41

Tabla 4: Costo total polvorines minera la verdosa..... 42

Tabla 5: Costo total mensual minera la verdosa 42

Tabla 6: Valor del 70% del mineral de la venta en bruto..... 65

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Alza del cobre y proyección 2022 39

Gráfico 2: Toneladas mes de extracción a plazo de 5 meses de minera la verdosa. 62

Gráfico 3: Ganancias mensuales de la mina la verdosa. 66

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS:

SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería

ENAMI: Empresa Nacional de Minería

COCHILCO: Comisión Chilena del Cobre

D.S.: Decreto Supremo

R.S.M.: Reglamento de seguridad minera

RMR: Rock Mass Rating

RQD: Rock Quality Designation

RCS: Resistencia a Compresión Simple

COMEX: Comercio Exterior

LME: London Metal Exchange

LBM: London Bullion Market Association

H&H: Handy & Harman

SIMBOLOGÍA:

Km: Kilómetros

Ton: Tonelada

MPa: Mega pascal

m: Metros

cm: Centímetros

mm: Milímetro

cm²: centímetro cuadrado

m²: Metro cuadrado

m³: Metro cúbico

<: Menor

>: Mayor

Hr: Hora

Un: Unidad

HH: Hora humana

Ccb: costo horario por el uso de combustible (CLP/h)

kW: potencia nominal del equipo

Ft: factor teórico por el uso de combustible

Pcb: precio del combustible

P: Carga de rotura en kg

S: Selección de probeta

EPP: Equipos de Protección Personal

Lb/US: Libras por tonelada

Ton/Us: Toneladas por dólar

INTRODUCCIÓN

Chile es uno de los principales países extractores de materias primas, se destaca por su productividad en el cobre, y metales pesados. Dado que el sector minero está en busca de estrategias que ayuden a mejorar la productividad, minimizar los riesgos y pérdidas de tiempo, se desea realizar este trabajo de título con el fin de potenciar las labores subterráneas de minera la verdosa, evitar pérdidas y maximizar la producción a través de los análisis y estudios de los informes técnicos y geológicos de darán a conocer los rumbos a seguir de los bloques mineralizados.

Este proyecto se realiza debido al desconocimiento del sector de explotación de minera la verdosa, lo que al igual que muchas pequeñas minerías de Chile les ocurre que es una mala orientación a la hora de la extracción lo que provoca pérdidas de tiempo y gastos económicos por parte de la faena.

Se analizarán las características relevantes del macizo rocoso de minera la verdosa para generar los estudios estructurales o geomecánicos que darán origen a la calidad del macizo rocoso de minera la verdosa la cual busca los rumbos orientados a las vetas mineralizadas de mayor porcentaje de mineral.

Se asociarán los minerales presentes en los depósitos del yacimiento los cuales buscan ser explotados de la mejor manera y de manera segura para incrementar las leyes mensuales de extracción de minera la verdosa.

Al momento de la extracción de los metales se asociarán los parámetros establecidos por Serengeomin los cuales serán asociados a los códigos de minería que rigen de correcta manera la faena en sus labores de extracción, los cuales les permita tanto a los empleadores como a los trabajadores guiarse bajo las normas y leyes vigentes.

Donde estableciendo los nuevos rumbos con seguimiento a las vetas mineralizada darán el origen del seguimiento de las nuevas labores de minera la verdosa, con la finalidad de incrementar sus leyes de mineral las cuales serán vendidas a Enami de manera particular, para luego establecer los costos de extracción y comparar los gastos con las ganancias del incremento que generarán las labores nuevas de mayor porcentaje de mineral.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la extracción de minerales de los sectores asociados a la minera la verdosa, de acuerdo a características mineralógicas estableciendo parámetros asociados a la rentabilidad de su extracción.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Reconocer los minerales asociados a la zona de Llay Llay de acuerdo a la información técnica asociada, estableciendo la calidad del macizo rocoso.
- Caracterizar los mecanismos de extracción de mineral de acuerdo al rumbo de vetas, evaluando los costos de extracción.
- Establecer el avance de la extracción del mineral de acuerdo a los parámetros del macizo rocoso, señalando o estableciendo los costos asociados.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS MINEROS

La minería ha estado en la historia de Chile desde siempre y forma parte de nuestra identidad como nación. Mucho antes de que los españoles llegaran a América, los indígenas que habitaban estas tierras y alrededores sacaban los metales de la cordillera de Los Andes y lo utilizaban para fabricar herramientas y adornos.

El hombre desde tiempos incalculables se especializó en la industria líticas, es decir, fragmentos de rocas o minerales trabajadas para su uso como herramientas o armas. a su vez estaban los metales, extrayéndose desde los minerales, refinándolos y combinándolos en aleaciones poco a poco se inventaba la metalurgia.

1.2 ACTUALIDAD NACIONAL E HISTORIA MINERA EN CHILE

Hoy en día la minería es la principal actividad económica en nuestro país, representada por la extracción o explotación de minerales que se han acumulado en nuestros suelos y subsuelos en forma de yacimientos.

Sabiendo el tipo de mineral a extraer la actividad se divide en minería metalúrgica que son empleados como materias primas básicas para la fabricación de diferentes productos industriales, minería no metalúrgica o también llamada de cantera y de construcción son utilizados como materiales de construcción, materia prima para joyería, entre otros usos.

Actualmente los minerales con mayor significado son los energéticos o combustibles, que son empleados generalmente para generar energía, en estos se encuentran: gas natural, carbón y petróleo. El rubro minero siempre ha establecido en ser uno los indicadores básicos para el desarrollo económico de un país.

Durante los primeros 200 años de la Conquista, el cobre fue una industria pequeña que se realizaba básicamente en la zona norte del país. Recién en 1820 comenzó la expansión de la producción, que abarcó desde la Región de Atacama hasta la Región del Aconcagua.

Durante los siglos XIX y XX, Chile se posicionó como importante productor de cobre a nivel mundial y recibió ingenieros y especialistas en minas y metalurgia desde el extranjero. Asimismo,

creció la inversión extranjera en el rubro minero, especialmente norteamericana, inglesa, francesa, alemana e italiana. Adelantos como el uso de carbón mineral, la construcción de ferrocarriles y nuevas fundiciones dieron un gran impulso a la minería nacional.

Luego de una baja en la producción de cobre a fines de 1800, el país vivió otro boom del cobre a inicio del siglo XX, cuando varias compañías estadounidenses realizaron grandes inversiones para explotar los yacimientos de Chuquicamata, Potrerillos y El teniente.

Chile consolidó su posición como segundo país productor de cobre en el mundo a mediados del siglo XX, después de Estados Unidos, y posteriormente, en la década de los ochenta, pasó a ser primer productor mundial. Luego de los procesos de chilenización, con la formación de sociedades mixtas entre el Estado de Chile y las empresas privadas extranjeras, y la posterior nacionalización que culminó en julio de 1971, estos yacimientos pasaron a ser propiedad del Gobierno de Chile. Mediante el Decreto Ley Número 1.350/76, se creó la Corporación Nacional del Cobre de Chile (CODELCO-CHILE), que es la encargada de su explotación y de la comercialización del cobre que producen. El verdadero boom de la industria cuprera estuvo determinado por un brusco aumento de la demanda mundial, debido a la aparición de la industria eléctrica, la expansión del sector de la construcción y una importante innovación tecnológica en Estados Unidos, que hizo rentable la explotación en gran escala de minerales con bajo contenido de cobre (Consejo Minero, 2021).

1.3 MINERA “LA VERDOSA”

La minera La verdosa es llegada a sus orígenes gracias a la constante ayuda de inicios de faena que entrega Enami a la pequeña minería, donde posteriormente la empresa obtiene un sector para explotación minera, donde en la actualidad es una pequeña minera subterránea, en la cual se extraen óxidos y sulfuros de cobre, en la cual se realiza la extracción de minerales a baja escala, donde se extrae 240 ton/mes con una ley entre el 0.5%.

En la actualidad cuenta con 2 niveles, dado que en el nivel 1 se disgregan las vetas mineralizadas por lo cual se decide hacer un segundo nivel a mayor profundidad con la finalidad de la búsqueda de los rumbos de las vetas mineralizadas. Las perforaciones se realizan de forma manual y se extraen con mini cargadores, el polvorín está ubicado fuera de la mina a una distancia establecida por el Sernageomin además de una fortificación correspondiente para la pequeña minería y el método de extracción utilizado en la faena.

El mineral extraído es vendido y enviado al grupo minero de cenizas, específicamente a la planta de procesamiento de minerales o muchas veces comprado el mineral en bruto por Enami para su posterior procesamiento que es vendido de manera particular por minera la verdosa.



Ilustración 1: Nivel 1, entrada mina la verdosa.

Fuente 1: Captura fotográfica mina la verdosa, fuente propia.

1.3.1 Ubicación geográfica mina “la verdosa”

Minera La Verdosa es una mina situada al interior de la Quinta Región, específicamente en sector los loros de Llay Llay perteneciente a la Provincia de San Felipe de la Región de Valparaíso. En las coordenadas UTM 32°52'41.6"S 70°52'43.5"W.



Ilustración 2: Ubicación geográfica mina la verdosa.

Fuente 2: Google Earth.

1.4 DATOS SERNAGEOMIN

Dentro de los parámetros que establece el Sernageomin se establece la extracción controlada de minerales que es fiscalizada por medio de esta entidad del estado, que busca declarar la extracción mensual de los minerales asociados a la zona minera la verdosa.

Sernageomin para establecer la mineralización del sector cuenta con un estado de avance en el conocimiento de los recursos de minerales, establecido por La URM Unidad de recursos de Minerales, que tiene como objetivos principales generar la cartografía Metalogénica y Mineralogénica del país, y efectuar la compilación, procesamiento, mantención y actualización de datos geológicos mineros así como recopilar organizar y disponer para su consulta gratuita la información geológica básica, generada por los Proyectos de Exploración de empresas mineras que operan en Chile, según lo dispuesto en el Art. 21 del Código de Minería.

La información sobre recursos minerales, proporcionada por la URM, es de carácter estratégico para el desarrollo económico del país, dado que, junto con la información geofísica y geoquímica, contribuye a Evaluar el potencial minero y perspectivas de desarrollo de la minería Desarrollar nuevas guías de prospección y exploración Incrementar la información geológica minera de la industria minera e, Incentivar nuevas inversiones en exploración minera. En resumen, las Cartas Metalogénicas y/o de Recursos Minerales corresponden a mapas que sintetizan e integran la información geológica básica con la información disponible sobre depósitos metalíferos y de rocas y minerales industriales, identificando el ambiente de formación de los depósitos minerales.

Estas cartas permiten definir franjas o provincias Metalogénicas y explicar la distribución espacial de los yacimientos metalíferos en el territorio. Contribuyen a la formulación de conceptos Metalogénicos aplicables a la exploración de minerales y permiten identificar áreas favorables para la búsqueda y exploración de nuevos yacimientos (Sernageomin, 2021).

1.4.1 Caracterización mineralógica de minerales asociada a zona de Llay Llay

Dentro de los análisis de minerales examinados por laboratorios de muestra de leyes de minerales, minera la verdosa en su constante búsqueda de los metales más valiosos hace un seguimiento geológico de las vetas mineralizadas con mayor calidad de ley.

Teniendo en cuenta la variabilidad de minerales poco rentables encontrados en el Sector de Los Loros Comuna de Llay Llay V región. Se realizó un seguimiento asociado a las vetas mineralizadas donde se encontraron varias aleaciones de relleno en los cuerpos mineralizados del yacimiento minero. Donde en los cuerpos con relleno asociaremos el conglomerado de mineral en el seguimiento de estas.

Dentro del análisis geológico se encontraron las fallas correspondientes a las discontinuidades de las vetas mineralizadas donde se asociaron las fracturas secundarias asociadas a planos principales de fallas del rumbo en cajas de arcilla. Se evaluaron los patrones estructurales desarrollados como resultado de fallas de rumbo. Donde se generan fallas de rumbo conjugadas sintéticas y antitéticas, pliegues, fallas inversas y normales, que reprimen el avance de la explotación del yacimiento, ya que se perdía el rumbo de las vetas mineralizadas haciendo seguimientos a cuerpos poco o nada rentables de mineral (Camilo Palape, 2021).



Ilustración 3: Fallas correspondientes a las discontinuidades de minera la verdosa

Fuente 3: Captura fotográfica falla de cajas de arcilla

Teniendo en consideración los rumbos de las vetas mineralizadas y las fallas de discontinuidades de estas, se tendrán los clavos mineralizados a explotar para asociar los minerales del sector los loros, donde en cada frente a explotar se sacarán muestras las cuales son enviadas a un laboratorio de ensayo de leyes de minerales, donde como rango promedio asociado a minera la verdosa se tiene un historial de 0,5% de ley de mineral, asociado a la siguiente gama de minerales de óxidos o sulfuros de cobre que se presentan en el sector.

ANDESITA	(SiO2).
CRISOCOLA	(Cu,Al) ₄ H ₄ (OH) ₈ Si ₄ O ₁₀ ·nH ₂ O
BROCANTITA	Cu ₄ SO ₄ (OH) ₆
MAGNETITA	Fe ₃ O ₄
HEMATITA	Fe ₂ O ₃
CUARZO	SiO ₂
BARITINA	BaSO ₄
COLORITA	(Mg,Fe) ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·(Mg,Fe) ₃ (OH) ₆
LIBETHENITA	Cu ₂ PO ₄ (OH)
ATACAMITA	Cu ₂ Cl (OH) ₃

Tabla 1: Asociación de minerales del sector.

Fuente 4: Informe modelo geológico minera la verdosa (Camilo Palape, 2021).

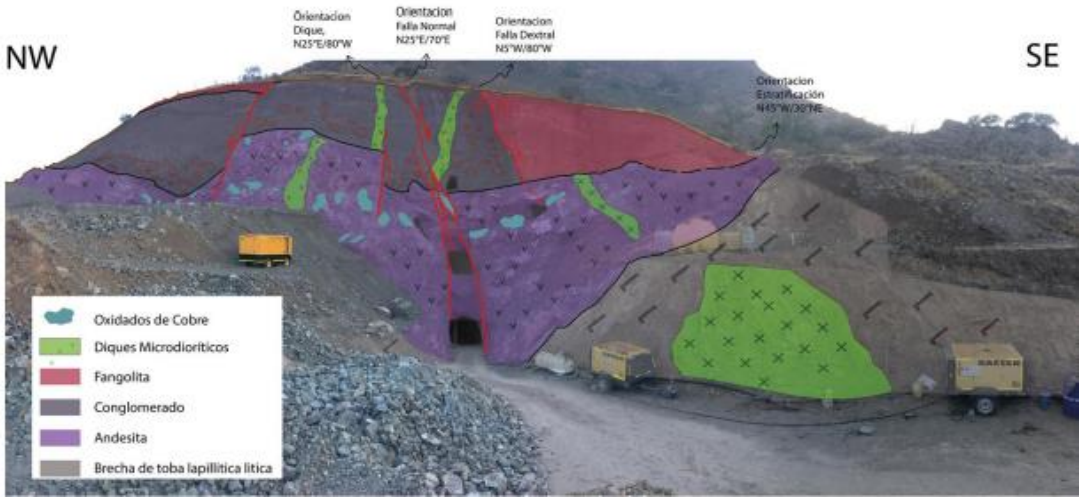


Figura 1: Mapa estructura y geológico señalado.

Fuente 5: Informe modelo geológico minera la verdosa.



Ilustración 4: Minerales presentes en extracción de minera la verdosa.

Fuente 6: Captura fotográfica mina la verdosa, fuente propia.

1.5 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICAS DE LAS ROCAS

Las clasificaciones geomecánicas de rocas son un elemento fundamental en la caracterización de macizos rocosos ya sea mediante toma de datos de afloramientos o mediante sondeos con recuperación de testigo, hasta la determinación de índices para predecir la perforabilidad o ripabilidad de las rocas.

principalmente se realiza por la necesidad de disponer de más criterios para el diseño de túneles (donde tienen su mayor campo de aplicación), taludes y permitir una clasificación rápida del macizo rocoso.

En la actualidad, las clasificaciones geomecánicas de Bieniawski (RMR) y Barton (Q) son las más utilizadas. La clasificación geomecánica de Bieniawski es la más usada debido a su facilidad y versatilidad, sin embargo, la clasificación geomecánica de Barton, sistema “Q”, presenta un mejor desarrollo en cuanto a los sostenimientos necesarios a aplicar en una excavación subterránea.

1.5.1 Caracterización de la calidad de la roca según clasificaciones geomecánicas

La finalidad es proporcionar un estudio geomecánico general del macizo rocoso el cual implica el estudio geológico del comportamiento del suelo y rocas, las dos principales disciplinas de la geomecánica mecánica de suelos y mecánica de rocas, a partir de observaciones en el campo y

pruebas sencillas, de esta forma estimar la calidad del macizo rocoso y de los parámetros de resistencia (ángulo de fricción y cohesión) para establecer las necesidades de sostenimiento más convenientes.

1.5.2 Clasificación geomecánica según RMR

La clasificación geomecánica RMR permite obtener un índice de calidad del macizo rocoso a partir de resistencia de la roca intacta, grado de fracturación y diaclasado de las discontinuidades del macizo, presencia de agua y la orientación de las discontinuidades respecto al elemento de estudio usado usualmente en los túnel, talud o cimentación.

El índice RMR va desde 15 hasta 100 puntos a partir de los cuales el macizo rocoso puede clasificarse en 5 categorías.

CLASE	CALIDAD	VALORACIÓN RMR	COHESIÓN	ÁNGULO DE ROZAMIENTO
I	Muy buena	100-81	>4 Kg/cm ²	> 45°
II	Buena	80-61	3 - 4 Kg/cm ²	35° - 45°
III	Media	60-41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°
IV	Mala	40-21	1 - 2 Kg/cm ²	15°- 25°
V	Muy mala	< 20	< 1 Kg/cm ²	<15°

Figura 2: Calidad del macizo rocoso con relación al índice RMR.

Fuente 7: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales mineros (*Tanya Seguel, 2021*).

Este resulta de la suma de seis parámetros considerados, el macizo rocoso será más competente cuanto más alto sea el RMR, Los parámetros geomecánicos que influyen en el índice RMR son:

- La resistencia a compresión simple del macizo rocoso.
- El RQD (Rock Quality Designation).
- El espaciamiento de las discontinuidades.
- El estado de las discontinuidades.
- La presencia de agua.
- La orientación de las discontinuidades.

La resistencia a compresión simple del macizo rocoso: La resistencia uniaxial de la matriz rocosa. Se mide a partir del ensayo de rotura a compresión simple de testigos de rocas o a partir del ensayo de carga puntual. La puntuación va desde 0 hasta 15 puntos dependiendo de la resistencia de la roca.

La RCS se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{P}{S}$$

Donde:

$$\sigma_c = \frac{P}{S} = \text{RCS en MPa}$$

P = Carga de rotura en kg.

S = Selección de probeta.

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)	VALORACIÓN
Extremadamente dura	>250	> 10	15
Muy dura	100 - 250	4 - 10	12
Dura	50 - 100	2 - 4	7
Moderadamente dura	25 - 50	1 - 2	4
Blanda	5 -25	< 1	2
Muy blanda	1 - 5		1
	< 1		0

Figura 3: Valores del RCS para el cálculo del RMR

Fuente 8: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

El RQD (Rock Quality Designation): El grado de fracturación en parámetros del RQD. Valora el grado de fracturación del macizo según el universalmente conocido RQD desde 3 puntos para un valor de RQD inferior al 25% hasta 20 puntos para un valor de RQD superior al 90%. Este está basado en la recuperación modificada de un testigo, depende directamente del número de fracturas y del grado de la alteración del macizo rocoso.

Solo se cuentan los fragmentos iguales o superiores a 100 mm de longitud.

$$RQD = \frac{\sum (Longitud\ fragmentos \geq 10\ cm)}{Longitud\ total\ perforada} \times 100$$

ÍNDICE DE CALIDAD RQD (%)	CALIDAD	VALORACIÓN
0 -25	Muy mala	3
25 - 50	Mala	8
50 - 75	Regular	13
75 - 90	Buena	17
90 - 100	Excelente	20

Figura 4: Valores del RQD según calidad de la roca.

Fuente 9: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

El espaciamiento de las discontinuidades: Como bien dice el enunciado puntúa el espaciamiento entre discontinuidades. La puntuación alcanza valores de 20 puntos para diaclasas separadas más de 2 m y un valor mínimo de 5 para diaclasas espaciadas menos de 6 cm.

DESCRIPCIÓN	ESPACIADO DE LAS JUNTAS	TIPO DE MACIZO ROCOSO	VALORACIÓN
Muy separadas	> 2 m	Sólido	20
Separadas	0,6 - 2 m.	Masivo	15
Moderadamente juntas	200- 600 mm.	En bloques	10
Juntas	60 - 200 mm.	Fracturado	8
Muy juntas	< 60 mm.	Machacado	5

Figura 5: Valores del espaciado o juntas de las discontinuidades, para cálculo del RMR.

Fuente 10: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

El estado de las discontinuidades: Permite puntuar el estado de las diaclasas a través de persistencia o longitud de las discontinuidades, abertura, rugosidad, presencia de relleno y alteración de las juntas. El valor máximo es de 6 puntos mientras que el mínimo es de 0 puntos.

GRADO	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN DE LAS CARAS	VALORACIÓN
1	Abierta	> 5mm	0
2	Moderadamente abierta	1 - 5 mm	1
3	Cerrada	0,1 - 1 mm	4
4	Muy cerrada	< 0,1 mm	5
5	Ninguna	0	6

Figura 6: Abertura de las discontinuidades.

Fuente 11: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

GRADO	DESCRIPCIÓN	CONTINUIDAD	VALORACIÓN
1	Muy baja	< 1 m	6
2	baja	1 - 3 m	4
3	Media	3 - 10 m	2
4	Alta	10 - 20 m	1
5	Muy alta	> 20 m	0

Figura 7: Continuidad o persistencia de las discontinuidades.

Fuente 12: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
3	Ligeramente rugosa	3
4	Lisa	1
5	Plana (espejo de falla)	0

Figura 8: Rugosidad de las discontinuidades.

Fuente 13: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Blando > 5 mm	0
2	Blando < 5mm	2
3	Duro > 5mm.	2
4	Duro < 5 mm	4
5	Ninguno	6

Figura 9: Relleno de las discontinuidades

Fuente 14: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Descompuesta	0
2	Muy alterada	1
3	Moderadamente alterada	3
4	Ligeramente alterada	5
5	No alterada	6

Figura 10: Alteración de las discontinuidades.

Fuente 15: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

Presencia de agua freática: Mide las filtraciones de agua en el macizo, el flujo de agua y la humedad presente en las discontinuidades. La puntuación alcanza un valor de 15 para un macizo rocoso seco y un valor de 0 para cuando el agua está fluyendo entre las juntas con un caudal superior a 125 l/min o la relación presión de agua/tensión principal mayor es superior a 0,5.

CAUDAL POR 10 M DE TÚNEL	RELACIÓN PRESIÓN AGUA - TENSIÓN PPAL MAYOR	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
Nulo	0	Seco	15
< 10 litros/min	< 0,1	Ligeramente húmedo	10
10-25 litros/min	0,1 - 0,2	Húmedo	7
25-125 litros/min	0,2 - 0,5	Goteando	4
>125 litros/min	> 0,5	Fluyendo	0

Figura 11: La presencia de agua.

Fuente 16: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

La orientación de las discontinuidades: Permite corregir el índice RMR mediante la orientación de las principales discontinuidades en el macizo respecto a la orientación de la excavación. La valoración de este parámetro se desplaza desde orientaciones “muy favorables” hasta orientaciones “muy desfavorables” y cuyas puntuaciones dependen de si se trata de un túnel con valores comprendidos entre 0 y -12, un talud con valores comprendidos entre 0 y -60 y una cimentación con valores comprendidos entre 0 y -25, con respecto a la estructura de excavación. Se aplica un coeficiente de corrección dependiendo de la dirección y el buzamiento, así como de la utilidad proyectada del macizo.

Calificativo	Valoración
Muy favorable	0
Favorable	-2
Medio	-5
Desfavorable	-10
Muy desfavorable	-12

Figura 12: Valoración para túneles y minas.

Fuente 17: Material de apoyo (PPT) de la asignatura procesos industriales minero (Tanya Seguel, 2021).

1.6 CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO DE MINERA LA VERDOSA

Dentro de los parámetros establecidos por minera la verdosa en su calidad del macizo rocoso formado por la matriz rocosa y por discontinuidades, con un carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo. En el cual se realizará la descripción y clasificación física y mecánica del análisis del macizo rocoso. Con el cual se realizaron estudios y pruebas con el fin de conocer las características del material sobre el cual se tiene planeado dicha extracción de metales

Dentro de los parámetros asociados a establecer el macizo rocoso por Sernageomin se obtienen los siguientes parámetros de resistencia de roca.

Resistencia a la compresión: 120 (Mpa) de resistencia en un punto no determinado, midiendo su compresión máxima la cual da una valoración de 15.

RQD: asociado al análisis del macizo rocoso en laboratorio, que señala una valoración del rqd de 75% de estado calidad “regular “con una valoración de 13.

Separación de las discontinuidades: moderadamente juntas 200 mm con valoración 10.

Condiciones de las discontinuidades: aberturas de las discontinuidades moderadamente abierta 4mm con valoración de 1, continuidades o persistencia de las discontinuidades media 7 m con valoración 2, rugosidad de las discontinuidades ligeramente rugosa con valoración 3, relleno de las discontinuidades blando < 5 mm con valoración 2, Alteración de las discontinuidades ligeramente alterada con valoración 5.

La presencia del agua: Ligeramente húmedo con valoración de 10 (vetilla de agua de fluencia baja).

Valoración para Túneles y Minas: Favorable con valoración -2.

con un porcentaje de 59% de valor RMR que sería una valoración de un macizo rocoso de valoración “media”.

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

2.1 SEGUIMIENTO DEL RUMBO DE VETAS

Dentro de la exploración y análisis del macizo rocoso del sector los Loros Llay Llay, minera La Verdosa se encuentra geográficamente en la Faja Metalogénica del Cretácico Inferior el cual se aprecia en el mapa geológico de Cuesta Las Chilcas. Gracias al apoyo que brinda Sernageomin y Enami u otras identidades que realicen las consultas geológicas que son retribuidas por minera La Verdosa se generar la cartografía metalogénica y mineralógica de los metales presentes en la zona con su correspondiente análisis geomecánicos de las fallas con desplazamiento en el rumbo de las vetas mineralizadas. Dentro de este análisis y respectivo informe que entregan las entidades que realizan el estudio se puede tener una mejor orientación de los clavos mineralizados que buscan ser explotados sin extremar los recursos que mensualmente son utilizados para su posterior extracción.

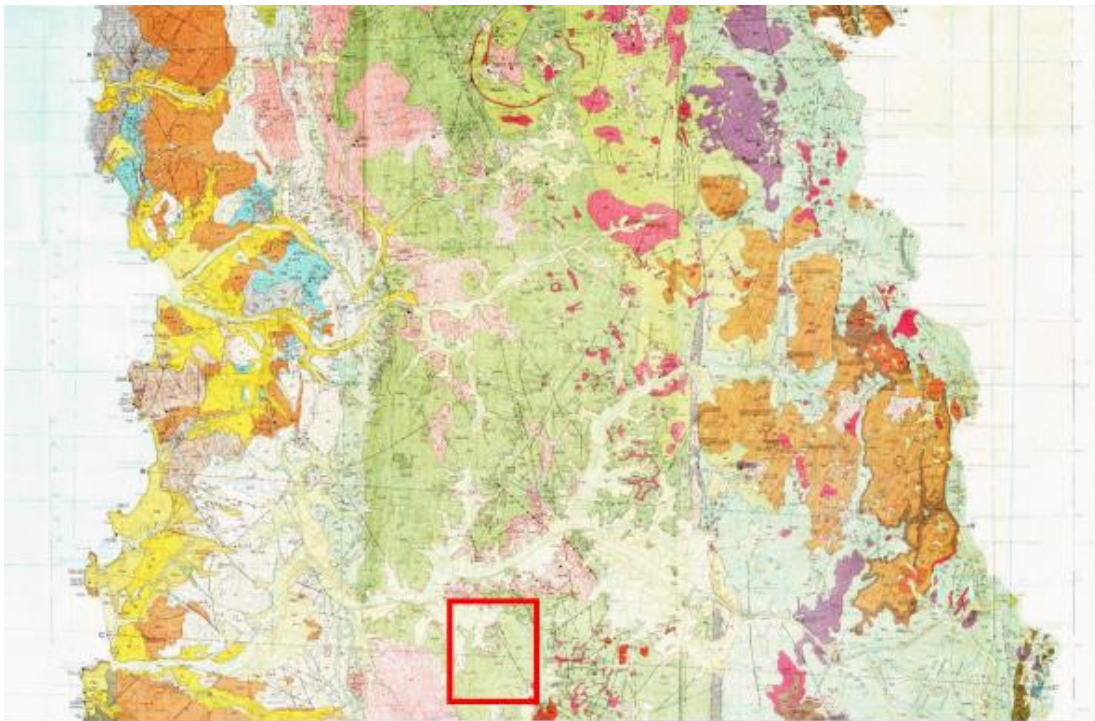


Figura 13: Faja metalogenética del cretácico inferior.

Fuente 18: Informe modelo geológico minera la verdosa.



Ilustración 4: Plano geológico cuesta las chilcas (horizontal).

Fuente 19: Informe modelo geológico minera la verdosa.

Dentro del análisis que busca la minera se busca la orientación certera con un bajo margen de error de continuidad de la veta o manto, donde para definir la orientación de un plano se necesita la dirección de inclinación y el manto o el rumbo y además de su dirección de inclinación. Donde la dirección de inclinación marcara hacia dónde se inclina el plano, o la proyección horizontal de la línea del máximo pendiente. Donde el rumbo será la línea horizontal de un plano. El manto o buzamiento mide el ángulo entre el plano geológico y el plano horizontal. Donde el rumbo se puede definir como línea que resulta por la intersección del plano geológico por un plano horizontal, planos que serán parte de un diagrama de tiros en futuro ya que al tener los rumbos acertados con la dirección correcta se tendrán labores más determinada a la hora de la tronadura (Enami, 2021).

Dentro de las investigaciones geológicas requeridas por Minera La Verdosa se entrega un informe Geológico estructural en sistemas vetiformes, además de los minerales del sector. Dada la geología estructural de minera la verdosa se podrá obtener las Proyecciones estereográficas con las cuales se podrá observa la geometría de las fallas presentes donde se podrán comparar los Bloques yacientes y colgantes, Planares vs curvadas y los Ángulos característicos ($30^\circ / 60^\circ / \sim 90^\circ$), con los cuales se clasifica la dependiente del ángulo de falla. Con el Método de los Diedros que obtendrá un Análisis cinemático de las fallas, se obtendrán las direcciones de acortamiento y extensión relacionados con el movimiento de una falla que provoca las discontinuidades de las ventas o el corte de los clavos mineralizados desviando el rumbo mineralizado que llevaba desde su origen. Al obtener todos estos datos se podrá realizar un desglose de las estructuras y su relación con la

roseta para dar orientación al seguimiento de los clavos mineralizados, donde se podrá visualizar la intersección de las estructuras y sus contrastes con los planos obtenidos de la concentración de polos, donde se tendrán intersección de todos los planos de falla y clavos de todas las Intersecciones. Con todos estos datos obtenidos se podrá realizar un Modelo Geológico en 3D de los Clavos mineralizados de minera la verdosa los cuales darán dirección y orientación a las labores de perforación que desean ser explotados y que será el rumbo que seguirán los mineros de la faena (Camilo Palape, 2021).

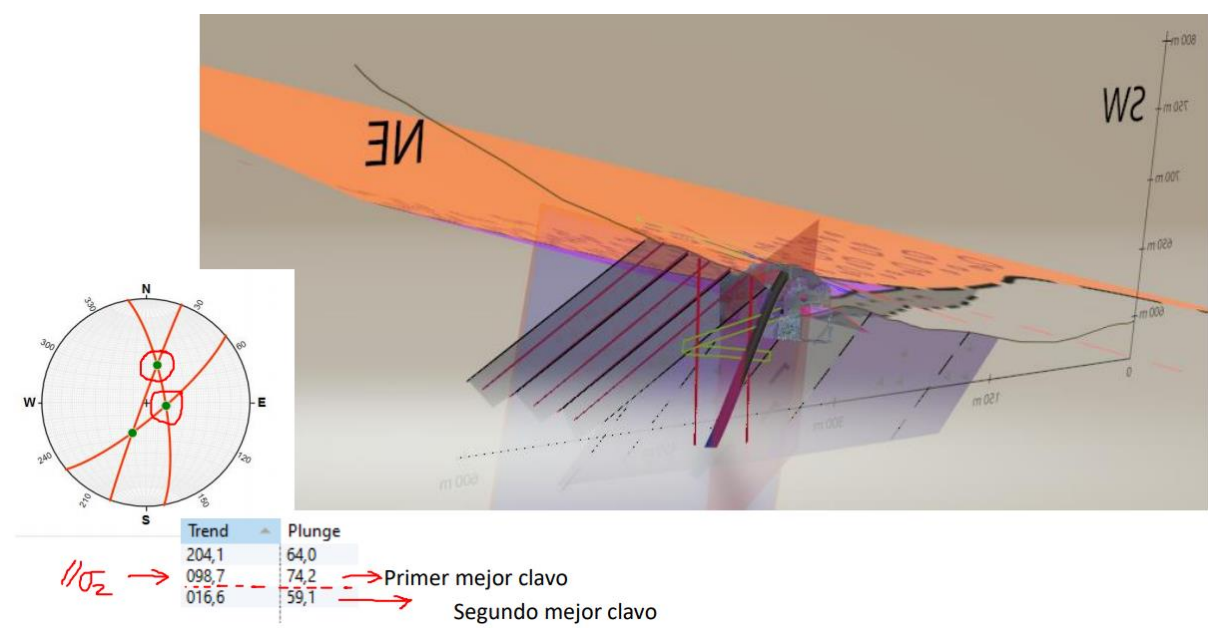


Figura 14: Modelo geológico en 3D de los clavos mineralizados.

Fuente 20: Informe modelo geológico minera la verdosa (Camilo Palape, 2021).

2.2 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN

Para poder caracterizar los mecanismos de extracción del mineral o los minerales a extraer primero tenemos que tener con claridad, cuáles son los métodos de explotación, y porqué se eligieron estos, una vez dicho esto, podremos abarcar cuál es el método más conveniente y óptimo para la explotación de un yacimiento.

El método de explotación es el cual permite la excavación y extracción de un mineral de la forma técnica y económica más eficiente para el yacimiento La primera clasificación es si será a cielo abierto o subterráneo. los yacimientos explotables a cielo abierto pueden clasificarse atendiendo a los siguientes criterios:

- Por su forma.
- Por el relieve del terreno original.
- Por su proximidad a la superficie.
- Por su inclinación.
- Por su complejidad o número de mineralizaciones.
- Por la distribución de la calidad del mineral en el yacimiento.

Para el método de explotación a cielo abierto se puede identificar los siguientes:

- Open pit
- Pen Cut (contorno)
- Quarry (cantera).
- Lavaderos o placeros.
- Stripping mine
- Glory Hole



Ilustración 5: Explotación cielo abierto los pelambres.

Fuente 21: Minera los pelambres en sus proyecciones (Minera los pelambres, 2021).

Mientras que la selección de explotación subterránea se puede clasificar una vez desarrolladas con suficiente detalle las etapas de prospección, exploración e investigación del yacimiento y se ha

recopilado suficiente información para garantizar un análisis posterior, los cuales tendrán como variables los siguientes factores:

- Maximización de seguridad
- Maximización de mecanización / automatización
- Maximización de la ayuda de la gravedad
- Maximización del sostenimiento natural
- Maximización de la flexibilidad y adaptabilidad
- Minimización de costes
- Minimización del plazo y planificación para alcanzar plena producción
- Minimización de la dilución
- Minimización de la fase de pre-producción, preparación y desarrollo / preparación de tajos
- Optimización de la recuperación

En cuanto a los métodos de explotación subterráneo, estos se distinguen según el tratamiento que se realice, estos se dividen en tres grupos:

Por hundimiento:

- Sublevel Caving (hundimiento por subniveles).
- Block Caving (hundimiento por bloques).
- Long/Short Wall (tajo largo/corto).

Con sostenimiento artificial:

- Cut and Fill (Corte y relleno)

Auto portantes:

- Room/Stope and Pillar (cámaras y pilares).
- Shrinkage Stopping (cámara almacén).
- Sublevel Stopping (cámaras subniveles)



Ilustración 6: Explotación método subterráneo mina el teniente.

Fuente 22: Minera el teniente (Minera el Teniente, 2021).

2.2.1 Método de explotación utilizado en mina “la verdosa”

En el desarrollo de la producción de Minera la Verdosa el método utilizado para su posterior extracción es el método, Room and Pillar, dadas las características geológicas donde está ubicada la mina, la naturaleza del yacimiento y las características subterráneas. Room and Pillar (Cámaras y Pilares), Consiste en excavar lo más posible el cuerpo mineralizado dejando pilares de mineral que permiten sostener el techo de material estéril. Las dimensiones de las cámaras y de los pilares dependen de la mayor o menor competencia de la roca sobrepuesta (estabilidad del techo) y también de la roca mineralizada (estabilidad de los pilares), como asimismo del espesor del manto y de los esfuerzos existentes.

Por lo general los pilares se distribuyen en una disposición o arreglo lo más regular posible, y pueden tener una sección circular, cuadrada o rectangular simulando un muro, las cámaras abiertas tienen forma rectangular o cuadrada, al término de la explotación de un área determinada es posible

recuperar, al menos parcialmente, un cierto porcentaje de los pilares, dependiendo del valor del mineral que se está extrayendo, se puede trabajar a frente completa (full face slicing) o por tajadas (múltiple slicing).

En la explotación por tajadas se saca primero la parte superior y luego se banquea y saca la parte inferior, lo que permite la explotación simultánea de ambas frentes. En mantos de un espesor importante y de inclinación cercana a la horizontal, el método puede adoptar un alto grado de mecanización, operacionalmente muy eficiente y con una alta capacidad productiva, la disposición y diseño de las labores es bastante simple y esquemática, permitiendo con facilidad el desarrollo simultáneo de diferentes áreas productivas, no requiere de grandes inversiones en desarrollos de pre-producción, permite una explotación selectiva, dado que siempre existe la posibilidad de dejar como pilares los sectores de más baja ley, la recuperación del yacimiento es uno de los puntos débiles de este método. Una proporción importante del mineral necesariamente debe dejarse como pilares. En cuanto a la dilución, se puede manejar en un nivel muy bajo, controlando la estabilidad del techo y la correcta ejecución de los diagramas de disparo (Repositorio Universidad de Chile, 2016).

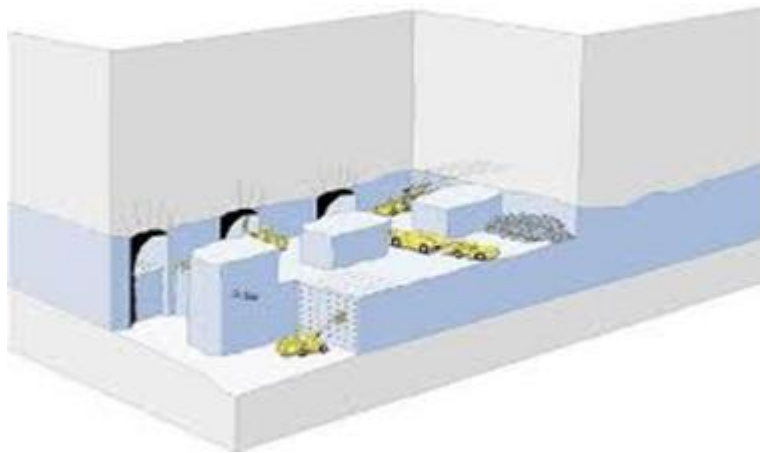


Figura 15: Método de explotación utilizado en la mina Room and Pillar

Fuente 23: Esquema Room and Pillar convencional Queen's University (2012).

2.2.2 Especificaciones del método utilizado

Dentro de las especificaciones técnicas del método utilizado en minera la Verdosa cabe destacar que para la selección del método de explotación se debe tener en conocimiento el tipo de yacimiento, los índices y parámetros de la influencia en la calidad del macizo rocoso y conocer la situación de estabilidad del macizo rocoso para próximamente tener una perforación y tronadura adecuada al mineral centrado en las vetas mineralizadas de las labores. La extracción del mineral

es a través del método de explotación Room and Pillar, consiste en excavar lo más posible el cuerpo mineralizado dejando pilares de mineral que permiten sostener el techo de material estéril.

Teniendo en cuenta que se tendrán pilares con sostenimiento natural y no exógeno, pilares que son la base fundamental del avance y desarrollo de la producción en busca de los rumbos que llevan las vetas mineralizadas. Este método es adecuado a las necesidades que conlleva la minería la verdosa, ya que más allá de tener pilares como soporte del techo y el material estéril, es parte importante de las paredes colgantes que serán la fortificación del sostenimiento de los avances que realice la faena.

Las cámaras o niveles de producción que se van dejando va a ser de acuerdo al seguimiento de las vetas mineralizadas ya que pueden conllevar un rumbo a mayor inclinación o mayor verticalidad llevando un seguimiento de producción que puede cambiar su rumbo de la laboral inicial dejando cámaras o “túneles” sin utilidad de producción, donde la producción seguirá las vetas mineralizadas buscando los puntos con mayor mineralización para su posterior perforación que se realizara de manera manual con perforadoras (Jack Leg) la cual cumple la función de Perforadora con barra de avance la cual realizar taladros horizontales o verticales los cuales dejaran los huecos u orificios para insertar los tiros el Anfo para el diagrama de tiro realizado en la frente de la labor para una posterior tronadura y extracción del mineral fracturado. (Barraza, Extracción de minería la verdosa, 2021).



Ilustración 7: Carguío de mineral al interior mina.

Fuente 24: Captura fotográfica mina la verdosa, fuente propia.

2.3 TENDENCIAS DEL MERCADO DEL COBRE

Dentro de las operaciones que requiere la minería en sus abundantes procesos mineros son varios los recursos naturales que están en producción, hasta la venta del producto comercializable, que en el caso del cobre es llegar a un cátodo del 99% de pureza de cobre.

El nivel de precios de los metales del último tiempo junto al aumento que han sufrido los costos de producción en la minería en Chile en la última década hace notar una preocupación sobre la capacidad competitiva de la producción chilena de cobre para mantener sus márgenes operativos y para crear valor. Lo anterior debe ser considerado en un contexto donde las variables estructurales asociadas al recurso geológico y profundidad de las minas se encuentran en declive. Entre los factores ampliamente discutidos que afectan los costos se mencionan los precios de insumos relevantes como la energía y ácido sulfúrico, el costo de la mano de obra, el alto monto de las inversiones requeridas y el crecimiento del monto gastado en servicios de terceros (Cochilco, 2020).



Gráfico 1: Alza del cobre y proyección 2022

Fuente 25: Datos sacados de Cochilco y gráfico realizado en Excel (Cochilco, 2021).

2.4 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DE EXTRACCIÓN

Ante el amplio espectro de factores que determinar los costos de producción de la minería de cobre, dentro del análisis que se realizará de los costos de minera la verdosa se propone ahondar en las

variables que explican la variación de los costos de producción, junto con establecer las características para indicar la existencia de posibles economías de escalas en la producción de cobre en la pequeña minería. Para ello se realiza una revisión sobre distintas definiciones de costos de producción, destacando aquellas utilizadas con fines financieros, contables y otras de carácter estratégico y comparativo. En el siguiente estudio se explicará la clasificación de los costos, el origen de los datos y la manera en que será realizado el análisis de la información recopilada. Luego se realiza el análisis de resultados, destacando los elementos relevantes para determinar el costo de producción.

La puesta en marcha del proyecto realizado por la minera la verdosa compromete la información técnica y económica que permita evaluar si la actividad desarrollada es rentable respecto a las inversiones destinadas al capital fijo y circulante, el fijo que generan los fondos necesarios para adquisición de terrenos, estudios previos, infraestructura, diseño, entre otros.

En tanto que el circulante es utilizado para la compra de insumos, pago de obreros, así como todo compromiso de desembolso para poner en marcha la actividad productiva. La actividad minera de pequeña minería eleva un registro adecuado de los costos operativos que demanda esta actividad y en su mayoría desconocen si al final del trabajo en la recuperación y comercialización de los metales extraídos de cobre están obteniendo una ganancia respecto a los costos utilizados para obtener el producto final.

Se realizará un análisis de los costos operativos en las tareas del ciclo de trabajo minero que son la perforación, tronadura, carguío y acarreo de mineral, mano de obra y costos adicionales (energía a través de generadores, equipos de protección personal y equipos de producción) que son utilizados en minera la verdosa.

Mano de obra				
Tareas de ciclo minero	Personas	H/Dia	Costo mensual	
Perforacion	1	11	700.000	CLP
Tronadura	3	5	600.000	CLP
Acarreo de la marina	1	6	650.000	CLP
Acarreo de mineral	1	6	500.000	CLP
Total Mano de obra			2.450.000	CLP

Tabla 2: Costos de mano de obra utilizada minera la verdosa.

Fuente 26: Datos sacados de la empresa y tabla realizada en Excel (Barraza, Costos operacionales, 2021).

Costo del combustible:

$$Ccb = 0,3kW * Ft * PCB$$

Donde:

Ccb: costo horario por el uso de combustible (CLP/h).

kW: potencia nominal del equipo.

Ft: factor teórico por el uso de combustible.

Pcb: precio del combustible.

Costo combustible			655	CLP
Equipos de produccion	unidad	H/Dia	Costo mensual	
Camionera de transporte	1	9	103.490	CLP
Generador	2	6	31.000	CLP
Compresor	2	10	65.500	CLP
Cargador	1	4	70.478	CLP
Total Ccb			370.478	CLP

Tabla 3: Combustible utilizado en minera la verdosa.

Fuente 27: Datos sacados de la empresa de combustible por hora y realizado en Excel (Barraza, Utilización de combustible en equipos de protección, 2021).

El presente estudio muestra los costos horarios y totales calculados en la labor de minera la verdosa con diferente grado de tecnificación en el sector de Llay Llay. Se evidencia que la tarea del ciclo minero de trabajo que demanda mayor utilización de personal, maquinaria, insumos, tiempo y costos, es la tarea de perforación, tronadura, carguío y acarreo de mineral que corresponde en promedio al 60% de los costos totales. Seguido de la tarea de mantención de equipos con un promedio de 30% de los costos totales. Mientras que la tarea de traslado del metal rentable es un promedio del 10% de los costos totales.

Costo polvorines				
Materia prima de tronadura	Cantidad	Unidad	Precio unitario	
Dinamita	300	Caja	800.000-1.200.000	CLP
Fulminante	300	Caja	70.000	CLP
Mecha de seguridad	50	Metros	870.000	CLP
Corton detonante	50	Metros	900.000	CLP
Anfo	50	Kilos (25 Kg)	460.000-600.000	CLP
Total costo polvorines			3.100.000-3.640.000	CLP

Tabla 4: Costo total polvorines minera la verdosa.

Fuente 28: Datos sacados de la empresa y realizado en Excel (Barraza, Costo de polvorines establecidos, 2021).

Al tener en cuenta los factores técnicos y operativos para el cálculo de costos en cada tarea del ciclo minero de trabajo, este estudio provee información necesaria para que los mineros, socios o dueños conozcan los valores económicos que invierten y que la actividad minera demanda mayor costo. Esto permite determinar puntos críticos para optimización no solo en el aspecto económico, sino también en el técnico. Este estudio brinda información que ayudará al minero a conocer los factores económicos considerados en el desarrollo de su proyecto, conocer el tiempo, costo horario y costo total que demanda la actividad minera, así como contar con una herramienta para la toma de decisiones.

Costo total mensual			
Costo adicionales	Mantencion	970.000	CLP
Costo mano de obra	Personal	2.450.000	CLP
Costo combustible	655 CLP	370.478	CLP
Costo polvorines	Materia prima	3.640.000	CLP
Costo total mensual		7.430.478	CLP

Tabla 5: Costo total mensual minera la verdosa

Fuente 29: Datos sacados de la empresa y realizado en Excel (Barraza, Costo total de produccion mensual, 2021).

CAPÍTULO 3: EXTRACCIÓN ASOCIADO A LOS COSTOS

3.1 PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO DE MINERA LA VERDOSA

Dentro de los parámetros del macizo rocoso que son establecidos para la continuidad de la labor de minera la verdosa, Sernageomin entrega los parámetros fundamentales asociados a la geomecánica y resistencia de la roca, que desde la entrada en vigencia de la ley 20.551, existe urgencia por parte de la Industria Extractiva Minera y las autoridades por contar con los criterios técnicos metodológicos o guías adecuadas a la realidad nacional. Con la finalidad de entregar herramientas de evaluación y orientaciones técnicas apropiadas, para asegurar la estabilidad física de las instalaciones mineras remanentes, en las etapas de construcción y operación.

La autoridad ha considerado que la principal necesidad requerida por la industria, es la de procurar la estabilidad de las instalaciones remanentes por la historia de riesgos en las faenas mineras en Chile sumado a la condición sísmica del país y los antecedentes disponibles, que permiten estimar la ocurrencia de eventos sísmicos de gran magnitud. Todo esto enfocado en situación de seguridad estructural, que mejoren la resistencia y así disminuir las fuerzas desestabilizadoras que pueden afectar obras o avances de la faena minera, para lo cual se utilizan medidas con el fin de evitar fenómenos de falla, colapso o remoción.

Cabe recordar que dentro de los parámetros de la minera la verdosa en calidad del macizo rocoso formado por la matriz rocosa establecidos por Sernageomin y minera la verdosa, tenemos los ya nombrados anteriormente, que serían:

Resistencia a la compresión, con una resistencia de 120 (Mpa) en un punto no determinado, un RQD del 75% de estado de calidad “regular”, separaciones de discontinuidades moderadamente juntas de 200 mm.

acompañado con las condiciones de discontinuidades las cuales son:

las aberturas de las discontinuidades que son moderadamente abiertas con una abertura de 4 mm, continuidades o persistencia de las discontinuidades media de 7 m, con una rugosidad ligeramente rugosa de las discontinuidades, con un blando relleno de estas (< 5 mm) y una alteración de las discontinuidades que son ligeramente alteradas.

Hay que tener en cuenta que tenemos una presencia de agua, ligeramente húmeda que podríamos llamar vetillas de agua de muy baja fluencia, y finalizando la descripción de parámetros y subparámetros de la minera la verdosa tendríamos que los túneles son favorables para esta mina.

Todo esto y sumado podemos obtener la clasificación geomecánica RMR que será obtener nuestro índice de calidad del macizo rocoso, recordando que el índice RMR va desde la valoración 15 hasta los 100 puntos, a partir de los cuales el macizo rocoso se clasificará en: muy mala (<20), mala (40-21), media (60-41), buena (80-61) y muy buena (100-81).

El cual dará una valoración sumada de los parámetros y subparámetros de 59 puntos de valor RMR que sería una valoración de un macizo rocoso de “media”.



Ilustración 8: Captura imagen frente del macizo rocoso.

Fuente 30: Captura fotográfica mina la verdosa, fuente propia.

3.2 PARÁMETROS DE SEGURIDAD DE MINERA LA VERDOSA

Como cada actividad minera específica tiene sus características particulares que la diferencian de las demás, cambian las implicancias en seguridad de cada una de ellas y dentro de ellas, en estos parámetros hablaremos y especificaremos los parámetros de seguridad netamente de minera la verdosa.

Dentro de los parámetros asociados a la seguridad minera establecidos por Sernageomin (D.S N° 132, Capítulo primero, “propósito y alcances”, artículo 1) establece:

Tenemos que tener en cuenta que toda minera debe establecer el marco regulatorio general al que deben someterse las faenas mineras de la industria extractiva minera nacional para: a) Proteger la vida e integridad física de las personas que se desempeñan en dicha Industria y de aquellas que bajo circunstancias específicas y definidas están ligadas a ellas, siendo esta la más importante y b) Proteger las instalaciones e infraestructuras que hacen posible las operaciones mineras, y por ende, la continuidad de sus procesos.

El reglamento de Seguridad Minera (D.S. N°132, Capítulo Sexto fortificación” artículo 157) indica que:

Los trabajos subterráneos deben ser provistos, sin retardo, del sostenimiento más adecuado a la naturaleza del terreno y solamente podrán quedar sin fortificación los sectores en los cuales las mediciones, los ensayos, su análisis y la experiencia en sectores de comportamiento conocido, hayan demostrado su condición de auto soporte consecuente con la presencia de presiones que se mantienen por debajo de los límites críticos que la roca natural es capaz de soportar.

Como se ha dicho anteriormente, la minera la verdosa utiliza el método de explotación, room and pillar, por lo tanto, las capacidades del macizo rocoso están adaptadas para la resistencia de sí mismo sin ayuda de fortificación y evitar un derrumbe, siempre y cuando se cumplan los parámetros para que el macizo rocoso siga siendo compatible para la seguir ocupando este método.

El reglamento de Seguridad Minera (D.S. N°132, Capítulo Sexto “Fortificación” artículo 158) indica que:

Toda galería que no esté fortificada, debe ser inspeccionada periódicamente al objeto de evaluar sus condiciones de estabilidad y requerimientos de “acuñadura”, debiendo realizarse de inmediato las medidas correctivas ante cualquier anomalía detectada. En aquellas galerías fortificadas,

deberá inspeccionarse el estado de la fortificación con el fin de tomar las medidas adecuadas cuando se encuentren anomalías en dicha fortificación.

Minera la verdosa es una mina subterránea sin fortificación, por lo tanto, una de las tareas más indispensables e importantes que se tiene para la seguridad de los trabajadores y de la maquinaria, es la de “acuñar”, esto evitará el desprendimiento de rocas, lo cual es uno de los principales riesgos, que genera un 40% de los accidentes de trabajo, los cuales, en la mayoría de los casos, son gravemente incapacitantes o fatales (Sernageomin, 2020).



Figura 16: Caída de rocas.

Fuente 31: Acuñaadura manual, Asociación Chilena de Seguridad.

3.3 DESPRENDIMIENTO DE ROCAS

Uno de los riesgos más importantes de accidentes en las labores mineras subterráneas, es la caída de rocas desde el techo de las galerías a sus cajas o costados, y en las minas a cielo abierto el deslizamiento de terrenos.

Al realizar labores subterráneas como lo es en minera la verdosa, se extrae un volumen de masa rocosa que provoca varios cambios en las condiciones naturales de equilibrio. Se formarán espacios en los cuales las caras libres quedan sometidas a fuerzas que quedan sin oposición y convergen hacia el espacio vacío, de esta forma provocando grietas en el techo y las cajas, y estas pueden generar el desprendimiento de rocas sueltas o planchones (Sernageomin, 2020).

El desprendimiento de rocas puede ocurrir por las siguientes condiciones inadecuadas:

- Características y condiciones determinadas de la masa rocosa.
- Presencia de agua.
- Método empleado de explotación.
- Forma y dimensiones de la excavación.
- Debilitamiento producto por las tronaduras.

Los factores “naturales” que generan caídas de rocas son los siguientes:

- Factores geológicos
- Factores ambientales
- Campo de esfuerzo

3.3.1 Factores que generan la caída de rocas

La masa rocosa, en el interior del cerro, soporta grandes presiones en todas las direcciones, pero se mantiene estable debido al equilibrio de estas fuerzas, sin embargo, esto cambia al extraer un volumen de la masa rocosa, pues se crea un espacio en el cual las caras libres quedan sometidas a fuerzas que ahora no tienen oposición y convergen hacia el espacio vacío, provocando grietas en dichas caras, especialmente en el techo y las cajas, generando rocas sueltas o zonas débiles que posteriormente se soltarán.



Figura 17: Masa rocosa estable debido al equilibrio de fuerzas.

Fuente 32: Acuñadura manual, Asociación Chilena de Seguridad.

También pueden influir las características propias de la masa rocosa: su dureza, elasticidad, fallas y diaclasas, facilitan la profundización de las grietas y el desprendimiento de planchones, otros factores, como temperatura y humedad ambiente, presencia de agua y vibraciones, introducen tensiones en la roca que se suman al debilitamiento provocado por los explosivos utilizados.

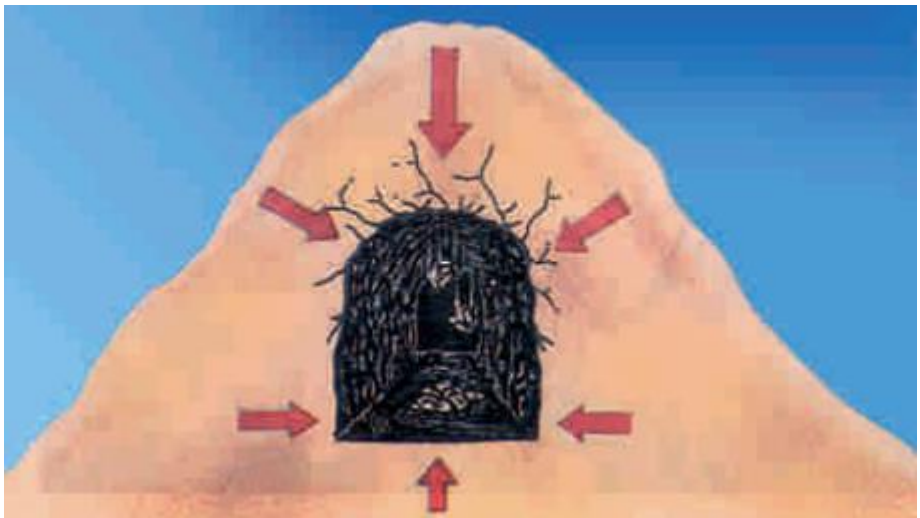


Figura 18: Caras libres sometidas a fuerzas.

Fuente 33: Acuñadura manual, Asociación Chilena de Seguridad.

3.3.2 Causas de los accidentes producidos por caídas de rocas

No acuñar: Se produce por considerar en algún momento a esta actividad como innecesaria o como pérdida de tiempo.

Acuñar en forma deficiente: esto se produce cuando los trabajadores sólo hacen un examen visual de la zona de riesgo y se limitan a botar solo aquellas piedras que a simple vista se aprecian sueltas.

Falta fortificación: se produce cuando se utiliza la acuñadura para asegurar terrenos que por su inestabilidad debieran fortificarse.

Acuñadura incorrecta: estos accidentes ocurren cuando la acuñadura se ejecuta en forma incorrecta.

- Al adoptar una posición peligrosa ubicándose bajo la línea de caída de planchones o cuando los planchones rebotan contra otras rocas y se proyectan hacia el trabajador.
- Otros accidentes se producen por emplear barretillas muy cortas y trabajar sobre superficies improvisadas o inadecuadas para alcanzar zonas de mayor altura (Sernageomin, 2020).

3.3.3 Medidas para evitar caídas de rocas

La caída de rocas y de planchones puede ocasionar daños tanto a las instalaciones materiales como a los equipos. Asimismo, puede afectar a los trabajadores causándoles lesiones leves hasta la muerte. Para evitar estas lamentables consecuencias debe realizarse un plan de acción preventiva, la cual debe incluir:

- Adecuado diseño de las labores mineras y de los diagramas de disparo.
- Adecuada dosificación de explosivos al objeto de evitar sobre golpes de cajas y techos, lo cual fragmenta y debilita innecesariamente las caras libres.
- Programas de acuñadura, reforzamiento y fortificación (Sernageomin, 2020).

3.4 Acuñadura

Es la técnica que permite detectar y botar oportunamente las rocas sueltas, evitando así que caigan imprevisiblemente y provoquen daños y lesiones. La operación de acuñadura se debe realizar las

veces que sea necesario; esto dependerá de las condiciones del terreno y de las operaciones que allí se efectúen.

La acuña dura debe estar siempre presente en el desarrollo de una excavación en roca, sea ésta una galería, un pique, un desquinche, un camino en una ladera, etc. Ya que en estos trabajos se generan planchones, cualesquiera sean las características de la roca y de la excavación.



Figura 19: Acuña dura manual.

Fuente 34: Acuña dura manual, Asociación Chilena de Seguridad.

La acuña dura debe efectuarse de manera:

- Planificada
- Sistemática
- Controlada
- Debe realizarse las veces que sea necesario

Acuña es una actividad obligatoria y permanente que se debe realizar en un determinado sector o zonas agrietadas, donde principalmente se debe prohibir el paso de personas o vehículos hasta que el sector se encuentre seguro, colocando barreras o letreros avisando de esta medida. Se debe verificar en la zona de acuña la existencia de instalaciones eléctricas o cañerías de aire comprimido o agua, las que deberán protegerse por la eventual caída de planchones sobre ellas.



Figura 20: Señalización del área peligrosa.

Fuente 35: Acuñadura manual, Asociación Chilena de Seguridad.

El personal que desarrolla esta actividad debe estar preparado, de manera que sepa dónde y cómo ubicarse y cómo manejar eficientemente las herramientas para realizar esta labor. La secuencia para revisión y acuñadura en galerías que no están fortificadas deben ser inspeccionadas periódicamente para evaluar sus condiciones de estabilidad y requerimientos de “acuñadura”, donde se debe comenzar en el techo y continuar en las cajas, en ambos casos desde atrás hacia la frente de trabajo, debiendo realizarse de inmediato las medidas correctivas ante cualquier anomalía detectada, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Fractura del terreno.
- Planos de falla.
- Rocas sospechosas.
- Debe realizarse con la iluminación adecuada.
- Los acuñadores deben tener un rango adecuado a la sección.

La acuñadura debe estar siempre presente en el desarrollo de una excavación en roca, sea ésta una galería, un pique, un desquinche, un camino en una ladera, etc. Ya que en estos trabajos se generan planchones y caídas de rocas (Sernageomin, 2020).



Ilustración 9: Cajas colgantes y pendientes.

Fuente 36: Captura fotográfica túnel minera la verdosa, fuente propia.

3.4.1 Recursos necesarios en la operación de acañadura

Ahora que ya sabemos que acañar es la operación básica para prevenir accidentes por caída de planchones, detallaremos los recursos que son necesarios y los requisitos que deben cumplirse para realizar una acañadura oportuna, completa y segura.

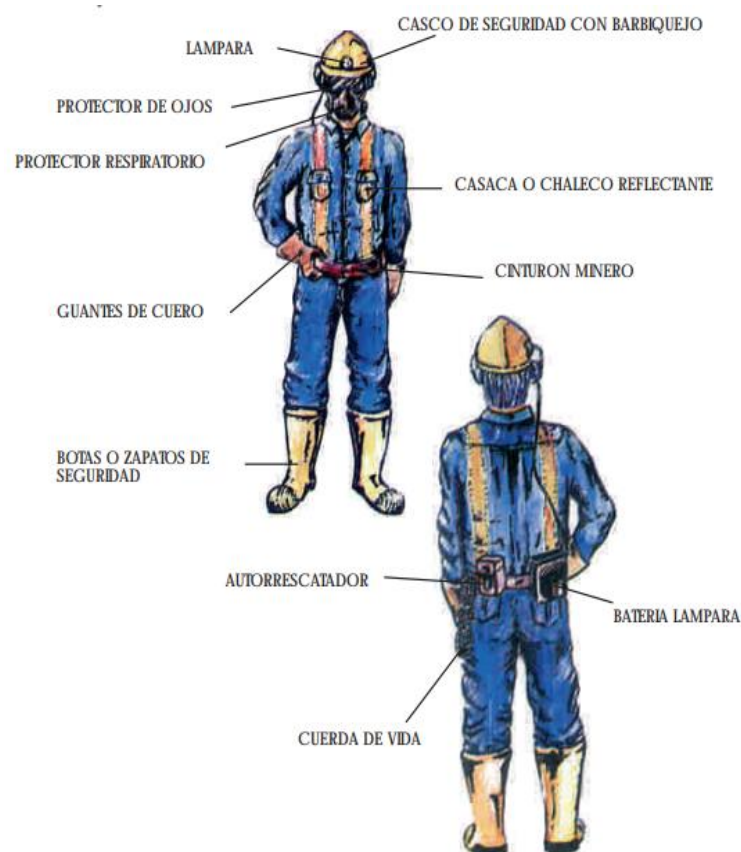
3.4.1.1. Trabajadores

Los trabajadores acañadores deben ser muy responsables, con gran experiencia en trabajos mineros y amplio conocimiento de los riesgos y las medidas de control, así como de las normas y procedimientos sobre la acañadura.

Es conveniente capacitar a todos los trabajadores mineros en técnicas de acañadura, a objeto que sepan ubicarse y actuar eficientemente al realizar esta labor.

3.4.1.2. Equipo de protección personal

Los acuñadores deben contar con un completo EPP: calzado o botas de seguridad, cinturón minero, lámpara bien cargada, casco de seguridad con barbiquejo, protector de oídos, protector de ojos, protector respiratorio para polvo y gases, guantes de cuero, casaca o chaleco reflectante, cuerda de vida y auto rescatador (Enami, 2018).



Fuente 37: Equipo de protección personal

Fuente 38: Acuñadura manual, Asociación Chilena de Seguridad

3.4.1.3. Herramientas para acuñar

Para acuñar se emplean barretillas de seguridad, de metal liviano, firme y rígido. Su largo oscila entre 1 metro y 20 centímetros como mínimo y 4 metros con 50 centímetros como máximo. La sección puede ser circular o elíptica, con un diámetro máximo de una y media pulgada.

Las barretillas deben tener buena resistencia a los golpes y estar fabricadas de fierro duro, aluminio o fibra de vidrio. Su largo oscila entre 1 metro y 20 centímetros como mínimo y 4 metros con 50 centímetros como máximo. La sección puede ser circular o elíptica, con un diámetro máximo de una y media pulgada.

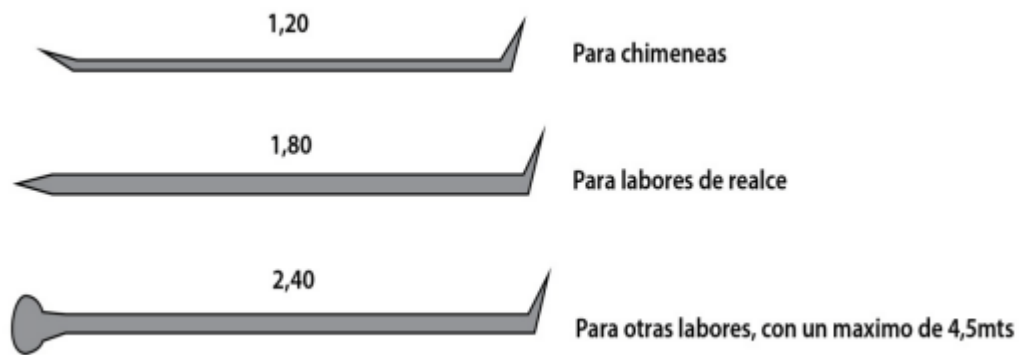


Figura 21: Selección de barretilla.

Fuente 39: Guía N°5 de operación de la pequeña minería perforación y acuñadura.

La barretilla de seguridad tiene un pequeño escudo, cuyo objetivo es proteger las manos del acuñador o trabajador.

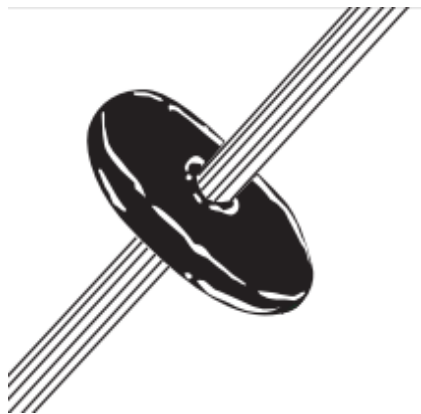


Figura 22: Figura 3-9: Pequeño Escudo Circular de la Barretilla.

Fuente 40: Acuñadura Manual, Asociación Chilena de Seguridad.

En uno de sus extremos esta herramienta está provista de un dispositivo en punta o una bola que es útil para detectar planchones. En el extremo opuesto tiene forma de paleta y sirve para hacer palanca y desprender el material suelto. Toda empresa debe contar con un número suficiente de barretillas de seguridad, de distintos tamaños y en buen estado, para cubrir sus necesidades (Serngeomin, 2013).

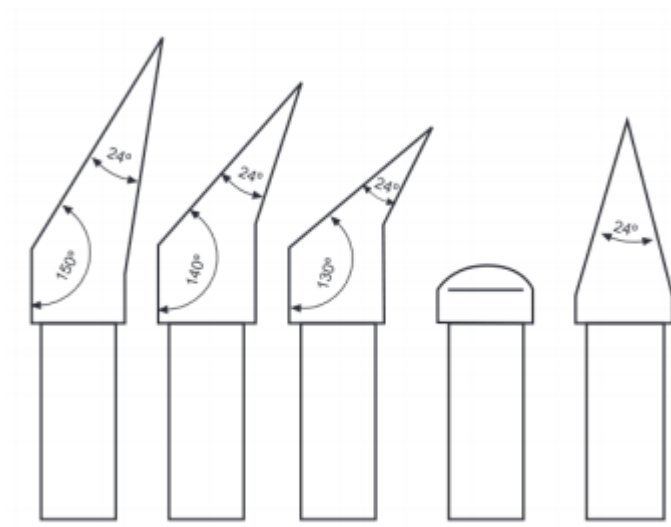


Figura 23: Tipos de Puntas de Barretillas.

Fuente 41: Acuñadura Manual, Asociación Chilena de Seguridad.

3.5 PROCEDIMIENTO DE ACUÑADURA

El procedimiento de acuñadura contempla las siguientes etapas:

- Instrucciones del supervisor: El supervisor debe entregar instrucciones precisas sobre el trabajo de acuñadura, haciendo énfasis en las medidas de prevención y en el buen uso de: equipos de protección personal, herramientas y superficies de trabajo, posteriormente, el supervisor debe verificar el cumplimiento de sus instrucciones en el terreno mismo.



Figura 24: Instrucciones del supervisor pre-acuñado

Fuente 42: Acuñadura Manual, Asociación Chilena de Seguridad.

- Verificación de las condiciones generales de seguridad: Antes de comenzar la acuñadura verifique las condiciones de ventilación y visibilidad.



Figura 25: Verificación de las Condiciones de Ventilación y Visibilidad.

Fuente 43: Acuñadura Manual, Asociación Chilena de Seguridad.

Si detecta humos y gases, informe al supervisor para que se haga una evaluación y se superen los riesgos con ventilación adecuada.



Figura 26: Sistema de Ventilación.

Fuente 44: Acuñadura Manual, Asociación Chilena de Seguridad.

- Localización de la zona a acuñar: Ubíquese en un sitio seguro, acuñado, reforzado o fortificado. Observe y determine la zona afectada por el disparo que deberá acuñar. Es

importante que esté dotado de una lámpara en buenas condiciones para iluminar adecuadamente el área inspeccionada.

Al realizar esta observación no se exponga a la caída de planchones. Recuerde que no se debe transitar bajo la zona que no está acuíñada.

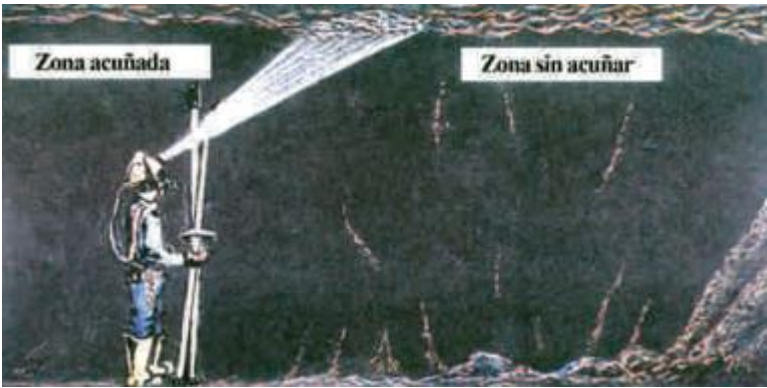


Figura 27: Zona de Acuíñamiento.

Fuente 45: Acuíñadura Manual, Asociación Chilena de Seguridad.

- Dirección de avance al acuíñar: Inicie el trabajo partiendo desde la zona segura, acuíñando en avance, así siempre quedará ubicado bajo lugares ya acuíñados y podrá aproximarse en forma segura hacia la frente de avance, en ocasiones ocurren accidentes porque se acuíña solamente la zona más próxima a la frente, descuidándose tramos anteriores.
- Posición segura para acuíñar: Ubíquese a la mayor distancia posible del punto en que caerá el planchón. Para ellos debe contar con una herramienta suficientemente larga, la cual debe colocar a un costado de su cuerpo y manejarla a no más de 45 grados, con respecto a la horizontal, tanto al golpear como al palanquear rocas sueltas. Esta inclinación le mantendrá distante del punto de caída.

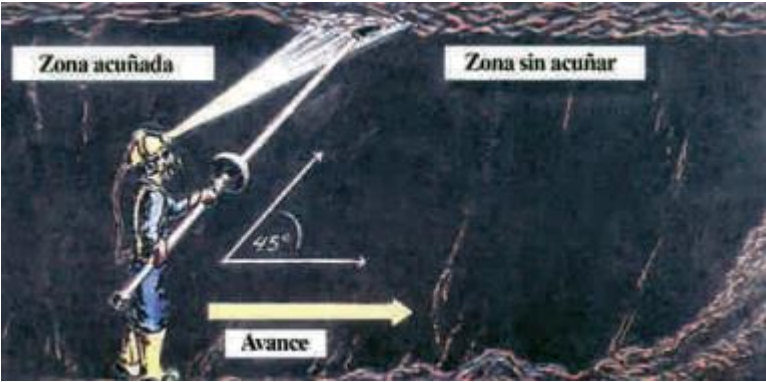


Figura 28: Dirección de Avance y Posición Segura para Acuanar.

Fuente 46: Acuanadura Manual, Asociación Chilena de Seguridad.

- Detección de planchones: La acuanadura debe ser oportuna, ejecutada correctamente y realizada en forma acuciosa, sistemática. En primer lugar, acuña el techo y déjelo tan liso como sea posible, luego acuña las cajas.
- Detectar toda roca suelta golpeando con el extremo en punta o bola de la herramienta. Si se escucha un sonido hueco (TUMB) significa que hay rocas sueltas y deberá botarlas inmediatamente. Si el sonido es metálico (TLANG), significa que el cerro está firme en ese punto.



Figura 29: Detección de Planchones.

Fuente 47: Acuanadura Manual, Asociación Chilena de Seguridad.

- Operación de acuanadura: Durante la operación del acuanamiento. Si se percibe “crujidos y goteo”, son señales muy claras de peligro de caída de rocas. Al acercarse a la frente se deberá utilizar agua para regar la marina y disminuir el polvo y los gases (Asociacion chilena de la seguridad, 2021).

También se debe aplicar agua a la frente de disparo con el objeto de detectar tiros quedados. Si se detecta alguno o restos de explosivos, se le informará al personal especializado para que proceda de acuerdo con las normas de seguridad correspondientes, una regla esencial es que “nunca se debe introducir la herramienta en fondos de tiros, en tiros quedados o con restos de explosivos”.

Estos parámetros asociados a la seguridad ocupacional del personal y equipos de minera la verdosa se suma el espaciamiento de un nivel a otro que deben tener un espacio entre 5 metros como mínimo, ya que al momento de ingresar equipos al interior mina la roca debe resistir la tensión que recibirá ese espaciamiento de un nivel a otro, Una correcta manera es acuñar a la hora de ingresar a la frente de producción, ya que es la roca que estuvo presente a la hora de la tronadura la cual queda debilitada y así evitar el desprendimiento de roca no deseada.

Dentro de estos parámetros el método de explotación de minera la verdosa, Room and Pilar debe ser analizado por geomensores al momento de dejar los pilares para marcar los puntos de referencia de los pilares, ya que es un método autosoportado por sí mismo, ya que los pilares son naturales y no exógenos, con la finalidad de soportar los avances a realizar. Todos estos parámetros exigidos legalmente por Sernageomin para evitar y analizar Altos rangos de deformación, Caída de bloques y cuñas, Sobre excavación, Falla de estructura geológica relevante, Daños en macizos de comportamiento Frágil o una Subsistencia(colapso).



Ilustración 10: Captura imagen del equipo pilares de avance de minera la verdosa.

Fuente 48: Captura fotográfica mina la verdosa, fuente propia.

3.6 AVANCES DE EXTRACCIÓN DE MINERA LA VERDOSA

Dentro de los avances de minera la verdosa Sernageomin establece un parámetro extra el cual busca valorizar la producción mensual que tendrá minera la verdosa indicando el tonelaje aproximado de mineral a extraer o procesar en el Proyecto por mes, además se deberá indicar los antecedentes disponibles sobre estimación de cantidad total y ley media del mineral que extrae Minera la verdosa.

En todos los análisis y parámetros que se establecen en minera la verdosa, los cuales estudian y verifican las calidades prósperas del macizo rocoso con respecto a su ubicación en la faja metalogenética del valle del Aconcagua. Todos los informes y estudios realizados en minera la verdosa ya sean entidades reconocidas por el ministerio de minería o como lo son empresas o sociedades de profesionales externas, que prestan sus servicios y buscan cumplir los objetivos del proyecto minero que establece minera la verdosa indicando el tipo de producto a explotar y meta de producción que se tiene proyectada además del destino de dicha producción que será vendida de manera particular a ENAMI y a otros terceros.

La minera la verdosa pone en venta sus metales sin procesamiento alguno, sino que solo venden su extracción en bruto de mineral valioso. El plan de producción de minera la verdosa de acuerdo con el método de explotación seleccionado por la faena, enlazados al tiempo de ciclos, capacidad de los equipos, la cantidad estimada de material (ton/mes) que se extraerá de la mina, desglosada en mineral valioso y estéril.

Al hablar de pequeña minería los ciclo de extracción serán muy variables en comparación de cada meses anterior, teniendo en cuenta que minera la verdosa cuenta con una dotación de cinco personas y un régimen de 11 horas de trabajo por día, donde se deberán considerar las acciones principales de la secuencia de trabajo de la extracción, que son la perforación, tronadura y posterior carguío del mineral, actualmente en la faena cuenta con dos perforadoras manuales y un equipo track drill que es utilizado en los sondajes de la mina, los cuales cumplen su función a través de dos compresores que suministran el aire comprimido necesario para su funcionamiento, además de un mini cargador el cual cumple la función del carguío y transporte del mineral.

La cantidad de materia prima de explosiva utilizada en las labores dependerá de la frente a trabajar, pero como se asocia minera la verdosa a la escala de pequeña minería las frentes de las labores no

superan los 2,5 metros de ancho y de altura, por la cual el diagrama de disparo no superar los 30 tiros en la frente de la labor (Barraza, Avances de extraccion de las labores, 2021).



Ilustración 11: Captura imagen de carguío de mineral desde las labores de la frente a acopio de mineral.

Fuente 49: Captura fotográfica mina la verdosa, fuente propia.

Dentro de los avances realizados en las labores de minera la verdosa como fue mencionado con anterioridad, no todos los meses se tendrá la misma cantidad de toneladas de metal, es por eso que se realiza un promedio de toneladas totales de mineral tanto mineral valioso como mineral poco valioso o estéril. Se analiza que los ciclos de producción de 5 meses en la extracción del mineral varían, como lo muestra el siguiente gráfico asociado a las toneladas por meses de extracción.



Gráfico 2: Toneladas mes de extracción a plazo de 5 meses de minera la verdosa.

Fuente 50: Datos de minera la verdosa y gráfico realizado en Excel (Delgado, 2021).

Dentro de las toneladas mes que extra minera la verdosa en este seguimiento de 5 meses de extracción se analiza que el promedio de toneladas de extracción que son rentables rodea las 200 (ton/mes) de mineral rentable con una ley del 0.5%, lo que al analizar el último mes de extracción de minera la verdosa solo 240 toneladas de 350 (ton/mes) fueron vendidas como mineral rentable. Estos datos entregados dan a conocer que solo el 65% de la extracción total por mes de minera la verdosa es rentable.

Las problemáticas principales de minera la verdosa siempre fueron el desconocimiento del sector y los desplazamientos que tendrán los bloques mineralizados ya sea de manera natural o humana, es ahí donde se deben aplicar todos los estudios ya sea del sector que rodea minera la verdosa como del yacimiento explotado, los cuales buscan una mejor orientación para llegar a los rumbos cargados de mineral valioso. Minera la verdosa muestra una pérdida económica solo por el factor del desconocimiento de la localización del mineral, donde claramente los rumbos de las labores de minera la verdosa estaban desorientados del sector rentable, debido a un seguimiento erróneo en las labores de producción que tenían un rumbo SW 196° el cual cada avance realizado se alejaba más del sector con mayor concentración de mineral. Esta es la razón por cual minera la verdosa solicita visitas técnicas de diferentes entidades con la finalidad de orientar al personal para la extracción deseada de un mayor porcentaje de ley en los minerales extraídos.

Con todas las orientaciones de visitas e informes técnicos a minera la verdosa se pueden enlazar los puntos para dar un rumbo de seguimiento al personal el cual tendrá la finalidad interceptar los avances del rumbo dado con el sector mineralizado, rumbo que tendrá las coordenadas NE, las cuales buscan enlazar los avances con los clavos mineralizados que están presentes en ese sector del yacimiento. La proyección a este nuevo rumbo de las labores tendrá la finalidad de establecer leyes de mineral con un porcentaje más alto para una posterior retribución económica más alta hacia la minera la verdosa (Camilo Palape, 2021).

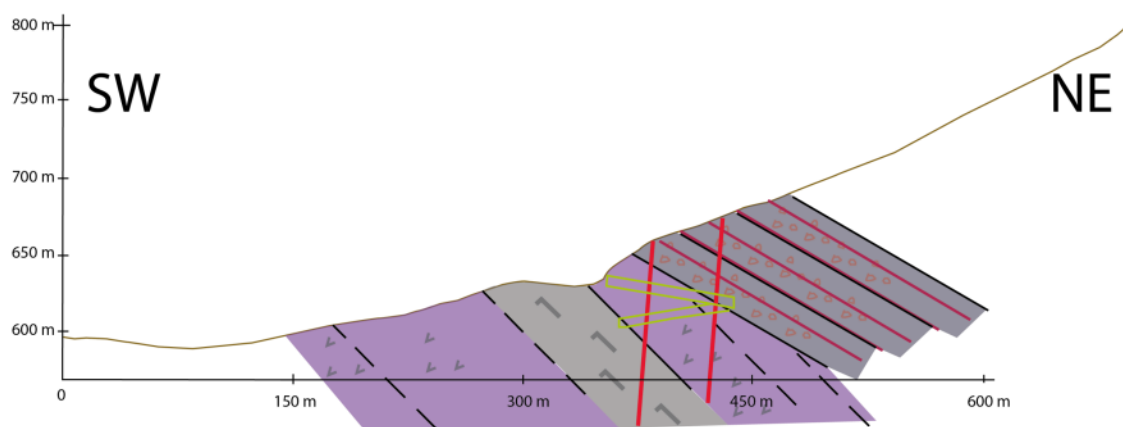


Figura 30: Señalización del rumbo erróneo y rumbos de la concentración de clavos mineralizados.

Fuente 51: Informe modelo geológico mina la verdosa.

3.7 COSTO ASOCIADOS A MINERA LA VERDOSA

Dentro de los costos de operación que implican los avances en las labores de minera la verdosa se asocia lo ya antes mencionado que es sobre la producción total que extra minera la verdosa donde solo el 65% de la extracción es rentable y tiene su posterior venta, por otra parte, se debe tener en cuenta que se pierde un 25% de producción el cual implica gastos mensuales a la hora de la extracción. Para poder analizar los costas y ganancias que tiene este proyecto de minera la verdosa se deben tener en consideración que los metales y sus leyes varían en su precio todos los meses donde sus costos se asocian a libras de mineral por dólar, pero como minera la verdosa es una empresa de pequeña producción los costos se asocian a toneladas por dólar donde el mineral no recibe un posterior proceso, sino que su venta es de mineral en bruto.

Por otra parte, en la actividad minera, especialmente pequeños productores como lo es minera la verdosa, los costos se determinan en base a la materia prima que explotan y/o procesan, siendo éstos expresados en Moneda Nacional o Moneda Internacional por Tonelada de Mineral o Productos (concentrados, precipitados o Minerales de Alta Ley). Lo anterior, dificulta la comparación directa de los costos de producción con los precios internacionales, ya que los pequeños mineros producen minerales y/o concentrados y no metal purificado. Ello constituye una limitante para los análisis económicos del negocio minero. Para una mejor comprensión de este segmento de la minería se deben realizar las conversiones de sus costos de producción a unidades comparables con los precios internacionales donde la ley o grado De un yacimiento, es un factor que influye sobre el coeficiente económico de destape el cual resulta fácil analizar que, cuando mayor sea la ley, mayor será el valor por tonelada de mineral. La ley de un yacimiento se puede

expresar como la relación en % de contenido fino si se trata de minerales metalíferos, y en gramos por toneladas, cuando se trata de metales valiosos.

Existen diversas Mercados Internacionales que transan metales a nivel mundial, siendo los más conocidos la LME (London Metal Exchange), COMEX y Shanghai, para el cobre, así como London Bullion Market Association y H&H (Handy & Harman, EE. UU) para el oro y la plata (Sonami, 2016).

Valor por Lb del 70% del mineral bruto			
100%	384	269	FEB
30%	115		
100%	408	286	MAR
30%	123		
100%	423	296	ABR
30%	127		
100%	462	323	MAY
30%	139		
100%	436	305	JUN
30%	131		
	Cu Refinado	Cu bruto	

Tabla 6: Valor del 70% del mineral de la venta en bruto.

Fuente 52: Cochilco, Precio de los metales y realizado en Excel (Cochilco, 2021).

Cumplen con las calidades exigidas, tal como ya se señaló, el sector determina sus costos según la materia prima que explotan y/o procesan. Tales costos deben estar asociados a una calidad del producto generado. Lo anterior es de suma importancia, ya que ello permitirá conocer los finos que contiene el producto y compararlo con los precios internacionales. Es así que en el caso de la minería extractiva el costo mina se expresa generalmente en dólares por Tonelada de Mineral. Dicho costo debe corresponder a un mineral de calidad o ley determinada.

Los datos económicos de entrada a establecer son en un plan de seguimiento de cinco meses de la extracción de minera la verdosa los cuales analizan las leyes por tonelada de venta de la faena, donde a la hora de analizar las ganancias se debe tener en cuenta el valor de la ley del mineral en el mes que se pone en venta donde el precio será establecido por Enami dependiendo del valor del cobre procesado. Para tener en conocimiento las ganancias aproximadas que genera una ley se toma como ejemplo el mes de junio en la siguiente ecuación:

$$(2,5\% - 1,5\%) = 1\%$$

$$(Ley\ alta - Ley\ de\ extraccion) = Porcentaje\ Ley\ neta.$$

Al asociar este cálculo a la ley de extracción de minera la verdosa se puede ver el valor de la ley neta de la extracción donde dependiendo de la ley se verá en la tarifa de pago según la ley del mineral donde el precio de la ley se multiplica por las toneladas de la extracción de ese mes de producción de minera la verdosa, y es así como se analizan las ganancias que se tendrán en cada mes de producción que tiene la faena donde cada mes variarán las leyes y los costos de los metales (Enami, 2021).

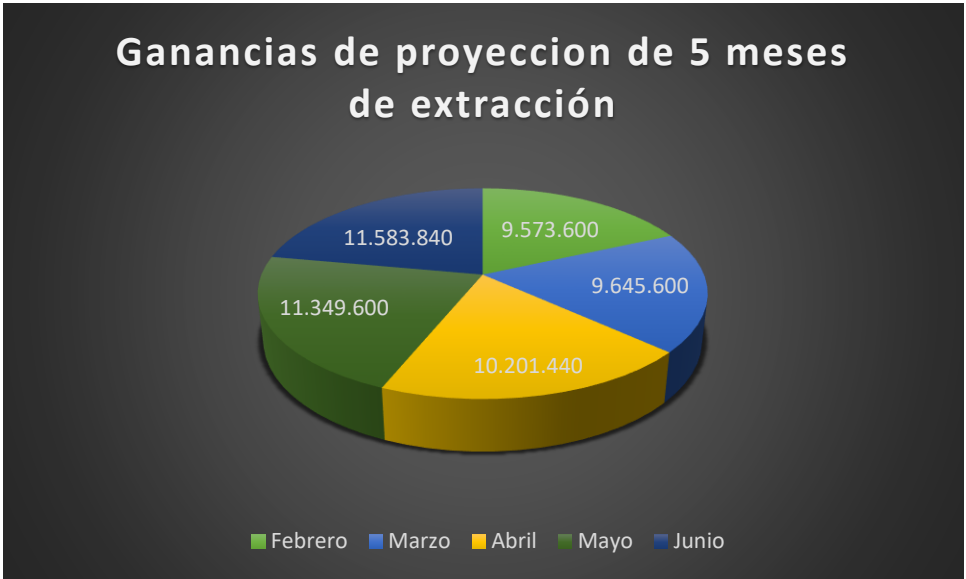


Gráfico 3: Ganancias mensuales de la mina la verdosa.

Fuente 53: Datos de empresa la verdosa y realizado en Excel (Delgado, Integración de costos de ventas , 2021).

Lo que da a conocer que la minera la verdosa no tenía remuneraciones tan altas debido a su pobre porcentaje de mineral por toneladas extraídas, donde al tener bajo porcentaje en ley de mineral se generan más pérdidas que ganancias a la hora de lo que implicaba la extracción de los metales. Sin duda alguna con todas las orientaciones y estudios que se les hicieron a los depósitos de minerales del yacimiento y de la mano de la variación de los precios de metales mensualmente, minera la verdosa al ubicar sus nuevas labores en las direcciones y rumbos en las intersecciones que centran a los metales valiosos debería incrementar sus porcentajes de leyes para así incrementar sus ganancias a la hora de la venta de sus metales valiosos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se pudo explicar y reconocer el proceso productivo de la Minera la verdosa, esto se logró gracias a las visitas en terreno y datos entregados por la minera además de los informes técnicos tanto de Sernageomin, Enami y otras entidades, en dónde revelaron información necesaria para construir el análisis de los minerales presentes a explotar en los depósitos del sector de los Loros Llay Llay de la V Región.

Esta Sociedad legal de minera la verdosa tenía un plan de negocios sujeto a la rentabilidad de sus metales de extracción, que buscaba constantemente orientaciones para la obtención de mejor calidad de leyes en sus metales, las cuales ahondaban en la búsqueda de la orientación de los bloques mineralizados concentrados para una mejor retribución económica a la hora de la venta hacían Enami que se realizaba de manera particular.

Durante el desarrollo de este trabajo de título, se lograron analizar varios aspectos fundamentales a la hora del estudio del macizo rocoso, donde se logró reconocer la calidad geomecanica del yacimiento, los metales presentes en el sector que se dispersan a través de diferentes rumbos además del método de explotación para la extracción de los metales para luego asociar los costos que se necesitaban para su extracción donde dependiendo del valor de los metales y el porcentaje de ley del mineral se asociaran las ganancias de la extracción de la faena.

Se lograron establecer y analizar los parámetros de seguridad que impone Sernageomin a la hora de la extracción de los metales los cuales eran asociados a los códigos de minería que hacían regir de correcta manera la faena en sus labores de extracción, los cuales les permita tanto a los empleadores como a los trabajadores guiarse bajo las normas y leyes vigentes.

Como finalidad de este trabajo título se analizaron y estudiaron todos los informes técnicos y geológicos de minera la verdosa con la finalidad de dar una orientación de los rumbos que tomaban los clavos mineralizados del yacimiento para así llegar a las intercesiones de los minerales centrados con mayor ley para generar una mayor orientación a la hora de generar avances al interior mina para posteriormente seguir los rumbos que estas llevan y explotar los sectores mayormente mineralizados, donde como recomendación y aprendizaje logrado durante la realización de este trabajo de título es la constante orientación que se debe pedir y que entregan las entidades como lo son Sernageomin y Enami las cuales generan una mayor orientación en todos los ámbitos ya sea

de estudios geológicos como de seguridad a la hora de la producción, los cuales ayudan a la pequeña minería como lo es minera la verdosa para incrementar sus ganancias y tener mayor orientación a la hora de la explotación constante de los recursos de naturales que nos entrega la tierra.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación chilena de la seguridad. (20 de agosto de 2021). <https://pdfcoffee.com/>. Obtenido de AcuñaManual, Asociación Chilena de Seguridad.
- Barraza, J. (15 de Febrero de 2021). Avances de extracción de las labores. (J. Estay, Entrevistador)
- Barraza, J. (15 de Febrero de 2021). Costo de polvorines establecidos. (J. Estay, Entrevistador)
- Barraza, J. (15 de Febrero de 2021). Costo total de producción mensual. (J. Estay, Entrevistador)
- Barraza, J. (15 de febrero de 2021). Costos operacionales. (J. Estay, Entrevistador)
- Barraza, J. (05 de febrero de 2021). Extracción de mineral verde. (J. Estay, Entrevistador)
- Barraza, J. (15 de Febrero de 2021). Utilización de combustible en equipos de protección. (J. Estay, Entrevistador)
- Camilo Palape. (2021). Modelo de seguimiento de bloques mineralizados. Llay Llay: Fuente propia.
- Camilo Palape. (2021). Modelo estructural en 3D. Llay Llay: Fuente propia.
- Camilo Palape. (2021). Modelo geológico mineral verde. Llay Llay: Fuente propia.
- Cochilco. (28 de Diciembre de 2020). <https://www.cochilco.cl/>. Obtenido de https://www.cochilco.cl/Paginas/Inicio.aspx?utm_source=emBlue&utm_medium=email&utm_campaign=La%20Rueda&utm_content=INFORME%20DE%20TENDENCIAS--INFORME%20DE%20TENDENCIAS%20DEL%20MERCADO%20DEL%20COBRE.%20PROYECCIONES%202020-2021&utm_term=multiple--7--none--6
- Cochilco. (27 de Julio de 2021). https://www.cochilco.cl. Obtenido de <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Precio-de-los-Metales.aspx>
- Cochilco. (19 de mayo de 2021). <https://www.cochilco.cl/>. Obtenido de <https://www.cochilco.cl/Paginas/Sala-de-Prensa/Noticias.aspx?ID=477>
- Consejo Minero. (22 de marzo de 2021). https://consejominero.cl. Obtenido de <https://consejominero.cl/chile-pais-minero/aprende-de-mineria/mineria-en-chile/>
- Delgado, M. (10 de Febrero de 2021). Entrevista de producción mensual de toneladas mes. (M. Muñoz, Entrevistador)
- Delgado, M. (29 de Junio de 2021). Integración de costos de ventas . (J. Estay, Entrevistador)

Enami. (12 de febrero de 2018). <https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/datafiles/14827.pdf>.
Obtenido de <https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/datafiles/14827.pdf>

Enami. (2021). Comercialización de minerales. Illapel: fuente propia.

Enami. (2021). Intersección de planos geológicos . Llay Llay: Fuente propia de enami.

Minera el Teniente. (18 de abril de 2021). <https://www.mch.cl/>. Obtenido de <https://www.mch.cl/2018/03/29/teniente-la-mina-subterranea-cobre-mas-grande-del-mundo-busca-extender-vida-util/>

Minera los pelambres. (05 de marzo de 2021). <https://www.df.cl/>. Obtenido de <https://www.df.cl/noticias/empresas/mineria/minera-los-pelambres-anuncia-que-operara-principalmente-con-agua-de-mar/2020-09-06/170425.html>

Repositorio Universidad de Chile. (20 de septiembre de 2016). <http://repositorio.uchile.cl/>. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140625/Explotacion-de-recursos-de-oxidos-en-Minera-Rafaela.pdf?sequence=1>

Sernageomin. (15 de diciembre de 2020). <https://www.sernageomin.cl>. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/10/G5FortificacionAcunadura.pdf>

Sernageomin. (15 de Diciembre de 2020). <https://www.sernageomin.cl>. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/10/G5FortificacionAcunadura.pdf>

Sernageomin. (10 de noviembre de 2020). <https://www.sernageomin.cl/>. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/modificacion-reglamento/doc/documento.pdf>

Sernageomin. (10 de Noviembre de 2020). <https://www.sernageomin.cl/>. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/modificacion-reglamento/doc/documento.pdf>

Sernageomin. (15 de diciembre de 2020). <https://www.sernageomin.cl/>. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/10/G5FortificacionAcunadura.pdf>

Sernageomin. (12 de abril de 2021). <http://sitiohistorico.sernageomin.cl/>. Obtenido de <http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/urm/Estado-AvanceConocimiento-Recursos-Minerales-de-Chile.pdf>

Sernageomin. (20 de abril de 2013). sitiohistorico.sernageomin.cl. Obtenido de [http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Fortificacion-y-acunadura\(RaulGonzalezSernageomin\).pdf](http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Fortificacion-y-acunadura(RaulGonzalezSernageomin).pdf)

Sonami. (20 de Julio de 2016). www.sonami.cl. Obtenido de http://www.sonami.cl/images/stories/pdf/guia_de_%20conversion_de_unidades_en_la_mineria_del_cobre.pdf

Tanya Seguel. (2021). Calidad del macizo rocoso con relación al índice RMR. Viña del mar: Fuente teorica de catedras procesos industriales mineros.