

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



T E S I S

Evaluación Geomecánica en el Sostenimiento de la Zona XC 315

NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpaya S.A. Unidad Americana

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Cristopher Estefano CARHUAS PANDURO

Asesor:

Mg. Wilfried Bryan PÉREZ PARRAGUEZ

Cerro de Pasco – Perú – 2025

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



T E S I S

**Evaluación Geomecánica en el Sostenimiento de la Zona XC 315
NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana S.A. Unidad
Americana**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA
PRESIDENTE **MIEMBRO**

Mg. Raúl FERNÁNDEZ MALLQUI
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN



Firmado digitalmente por CONDOR
SUDIC-MÓVI Santa Sílvia FAU
201548054-04 26/11/2025 18:58:01 -05:00

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 049-2025

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

Presentado por:

Bach. CARHUAS PANDURO Christopher Estefano

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo

**"Evaluación Geomecánica en el Sostenimiento de la Zona XC 315
NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpaya S.A. Unidad
Americana"**

Asesor:

Mg. Wilfried Bryan PEREZ PARRAGUEZ

Índice de Similitud: **17 %**

Calificativo
APROBADO

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

Cerro de Pasco, 19 de noviembre de 2025.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A mi querida madre
por todo su amor, por su
constancia y fortaleza para
sacar adelante a sus hijos. A
mis hermanos por su todo
apoyo a lo largo de mi vida,
y a mi papá que desde el
cielo me cuidó y fue mi
ejemplo para seguir esta
carrera.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, dar las gracias a nuestro señor Dios todopoderoso por darme sabiduría.

A los ingenieros del área de Geomecánica – Compañía Minera Alpayana quienes ofrecieron su apoyo incondicional para la realización de la presente investigación.

A mi madre y hermanos por su apoyo incondicional en todo momento. Asimismo, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por compartir sus conocimientos y permitirnos formarnos profesionalmente.

Finalmente, a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional.

RESUMEN

El presente estudio de investigación, tuvo como **objetivo** la evaluación de la influencia geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana; en el estudio de **material y métodos**, se considera el enfoque cuantitativo, con un diseño transversal del tipo no experimental; que se basa en la evaluación geomecánica de la masa rocosa en la determinación del tipo de sostenimiento. Se realizó en base a la caracterización geomecánica de la zona XC 315 NE/veta Ximena, a través del mapeo geomecánico de las estaciones progresiva N°01 y N°02 dándonos una información general de un RMR 36 donde el macizo rocoso es de clase IV B – mala; asimismo, se realizó el análisis a través de índice geomecánico GSI, qué viene a ser un tipo de masa rocosa intensamente fracturada/regular (IF/R); a través de estos datos se obtuvieron los **resultados**; que, la naturaleza del macizo rocoso tiene una influencia importante en la determinación del tipo de soporte el uso de cimbras, es así que, en el estudio se consideraron el uso de las herramientas, materiales y equipos para ejecución de cimbras y también los procedimientos de ejecución de cimbras, aplicado en el XC 315 NE/ veta Ximena; también de determinaron los costos unitarios de sostenimiento con un precio unitario de \$ 346.57. Como **conclusión**, se considera; que, después de una evaluación geomecánica de la zona XC 315 NE/veta Ximena, que el tipo de sostenimiento recomendado para cada progresión se obtuvo en base a la clasificación RMR y GSI, en las estaciones progresiva N°01 y N°02; tipo de soporte indicado en la instalación de cimbras con un intervalo de espacioamiento de 1,2 x 1,2 m con promedio de 100 metros.

Palabras claves: evaluación geomecánica, tipo de soporte, cimbras

ABSTRACT

The present research study aimed to evaluate the geomechanical influence to determine the type of support of the XC 315 NE Zone / Ximena Vein in the Alpayana Mining Company; Regarding the study of materials and methods, it has a quantitative approach, applied with a non-experimental cross-sectional design; which consists of the geomechanical evaluation of the rock mass in determining the type of support. It was carried out based on the geomechanical characterization of the XC 315 NE zone / Ximena vein, through the geomechanical mapping of progressive stations N°01 y N°02, giving us general information of an RMR 36 where the rock mass is class IV B - poor; Likewise, the analysis was carried out through the GSI geomechanical index, which is a type of intensely fractured / regular (IF / R) rock mass; through these data, the results were obtained. The nature of the rock mass has a significant influence on determining the type of support and the use of formwork. Thus, the study considered the use of tools, materials, and equipment for formwork execution, as well as the procedures for formwork execution applied in the XC 315 NE/Ximena Vein. Unit support costs were also determined, with a unit price of \$346.57. In conclusion, after a geomechanical evaluation of the XC 315 NE/Ximena Vein zone, the recommended type of support for each progression was obtained based on the RMR and GSI classification at progressive stations N°01 y N°02. The recommended type of support is the installation of metal formwork at an interval (spacing) of 1.2 x 1.2 m, averaging 100 linear meters.

Keywords: geomechanical evaluation, type of support, formwork

INTRODUCCIÓN

El presente de investigación, realizó en la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana S.A. Unidad Americana, tiene su fundamento en definir la evaluación geomecánica y el tipo de soporte en función de las propiedades de la masa rocosa y de los costos unitarios de sostenimiento.

Dentro del capítulo I, se examina el problema de investigación; que, se compone con la determinación y formulación del problema, con los objetivos y su justificación.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico, donde se determina los antecedentes a la investigación, se detalla las generalidades de la mina. Se describe las bases teóricas y científicas, para luego definir los términos en relación de las variables que se presenta en la investigación; asimismo, se considera la formulación de hipótesis su identificación de las variables tanto independiente y dependiente.

En el capítulo III, se emplea la metodología, el tipo y nivel de investigación, considerando la población y la muestra, con las técnicas de recolección de datos y su procesamiento de análisis.

En el capítulo IV, se determinaron los análisis y sus interpretaciones sobre el resultado de la evaluación geomecánica en la determinación del tipo de soporte en la zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana S.A. Unidad Americana.

Para finalizar, se detallaron las conclusiones y recomendaciones de la investigación, las referencias bibliográficas y los anexos respectivos.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema	2
1.3.1.	Problema general	2
1.3.2.	Problemas específicos.....	2
1.4.	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo general.....	3
1.4.2.	Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	3
1.6.	Limitaciones de la investigación	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
2.1.1.	Antecedentes nacionales	5
2.1.2.	Antecedentes Internacionales	7
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	8
2.3.	Definición de términos básicos.....	29

2.4.	Formulación de hipótesis.....	30
2.4.1.	Hipótesis general	30
2.4.2.	Hipótesis específicas	30
2.5.	Identificación de variables	30
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	31

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación.....	33
3.2.	Nivel de Investigación.....	33
3.3.	Métodos de investigación	33
3.4.	Diseño de investigación.....	34
3.5.	Población y muestra	34
3.5.1.	Población.....	34
3.5.2.	Muestra.....	34
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	35
3.8.	Tratamiento estadístico	35

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	36
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	54
4.3.	Prueba de Hipótesis	55
4.3.1.	Prueba de hipótesis general.....	55
4.3.2.	Prueba de hipótesis N° 01.....	55
4.3.3.	Prueba de hipótesis N° 02.....	55
4.4.	Discusión de resultados	56

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Itinerario de Acceso de Lima a la Compañía Minera Alpayana	10
Tabla 2 Clasificación Geomeánica de RMR.....	17
Tabla 3 Bases en la excavación subterránea para el sostenimiento de aberturas subterr�naeas en roca de vano de 10 m. con el sistema RMR (Según Bieniawski 1989)	
.....	18
Tabla 4 Estándar de sostenimiento – Unidad minera Americana.....	28
Tabla 5 Operacionalización de la variable independiente	31
Tabla 6 Operacionalización de Variables.....	32
Tabla 7 Medición 01	37
Tabla 8 Medición 02	38
Tabla 9 Medición 03	38
Tabla 10 Medición 01	39
Tabla 11 Medición 02	39
Tabla 12 Medición 03	39
Tabla 13 ´ndice de la calidad según teoría de Palmstrom.....	42
Tabla 14 ´ndice de la calidad según teoría de Palmstrom.....	42
Tabla 15 Cálculo del RMR en la medición 1	43
Tabla 16 Cálculo del RMR en la medición 2	44
Tabla 17 Cálculo del RMR en la medición 3	45
Tabla 18 Cálculo del RMR en la medición 1	
Tabla N�19: Cálculo del RMR en la medición 2	46
Tabla 19 Cálculo del RMR en la medición 2	47
Tabla 20 Cálculo del RMR en la medición 3	48
Tabla 21 Sostenimiento en la medición 1	49
Tabla 22 Sostenimiento en la medición 2	49
Tabla 23 Sostenimiento en la medición 3	49
Tabla 24 Sostenimiento en la medición 1	49

Tabla 25 Sostenimiento en la medición 2	50
Tabla 26 Sostenimiento en la medición 3	50
Tabla 27 Herramientas, materiales y equipos.....	50
Tabla 28 Costo de instalación de cimbra	54
Tabla 29 Evaluación según RMR estandarizado	54
Tabla 30 Costo de sostenimiento de cimbra	56
Tabla 31 Resumen del cálculo de RMR.....	57
Tabla 32 Resumen del cálculo de RMR.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plano de ubicación de Unidad Minera Americana	9
Figura 2 Columna Estratigráfica	11
Figura 3 Plano Geología Estructural.....	14
Figura 4 Cartilla geomecánica de la Unidad Minera Americana	20
Figura 5 Perno de varilla corrugada	23
Figura 6 Malla eslabonada o tejida.....	23
Figura 7 Malla electrosoldada	24
Figura 8 Aplicación de shotcrete	26
Figura 9 Cimbras rígidas	27
Figura 10 Instalación de cimbras.....	28
Figura 11 Plano topográfico Nv. 21, XC 315 NE, ZONA VETAS	37

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En toda empresa minera se considera como proceso fundamental la Evaluación Geomecánico, como principal instrumento para lograr un control de las excavaciones y realizar el minado correspondiente cumpliendo con los estándares de la minería.

Donde, las labores subterráneas en algunos casos son de prioridad por ser los accesos hacia las zonas de explotación, de tal manera que el minado sea técnicamente factible para asegurar una factibilidad técnica - económica óptima.

En este marco, se tiene que definir cada una de las condiciones naturales de la estructura mineralizada; las características del aspecto geomecánicos que permite determinar el tipo de sostenimiento adecuado, desde el punto de vista técnico.

De acuerdo a los trabajos realizados como parte de la operación de la mina Casapalca, nos proporciona la información básica concerniente con la geología, morfología de la mineralización, características de las discontinuidades reservas y distribución de leyes y con las condiciones hidrogeológicas del yacimiento. Esta información básica es importante como

complemento a esta investigación.

También, la evaluación geomecánica en la mina, se orientan en los trabajos de las investigaciones básicas, para poder obtener las informaciones importantes, que permitan determinar los factores sobre el control de la estabilidad y estimar así los parámetros geomecánicos. en la evaluación del sostenimiento.

Estos trabajos se realizan en el proceso de la estabilidad mediante el sostenimiento de las labores subterráneas, para asegurar y garantizar la estabilidad de las mismas; que es el objetivo principal del presente trabajo investigación.

1.2. Delimitación de la investigación

La Unidad Económica Administrativa de la Compañía Minera Apayana, se encuentra en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí y la Región Lima. De acuerdo a la geografía se halla en la parte central, del flanco Oeste de la Cordillera Occidental, entre las coordenadas 11° 30' Latitud Sur y 76° 10' de Longitud Oeste, a una altura de 4,250 m sobre el Nivel del mar.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible efectuar la Evaluación Geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana?

1.3.2. Problemas específicos

- a)** ¿Cómo influye la aplicación de la evaluación geomecánica para realizar el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana?
- b)** ¿Cómo obtener los Parámetros Geotécnicos, para realizar un adecuado sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Efectuar la evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.

1.4.2. Objetivos específicos

- a)** Aplicar la evaluación geomecánica para realizar el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana
- b)** Obtener los Parámetros Geomecánicos, para realizar un adecuado sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.

1.5. Justificación de la investigación

Para realizar el trabajo de investigación, fue importante realizar las tareas en el campo y en el gabinete. En el inicio el estudio estuvo relacionado en la investigación básica, para obtener la información importante, para permitir evaluar los factores necesarios sobre el control de estabilidad, y determinar la caracterización geomecánica, de esta manera se justifica el estudio.

Luego, se conformó el dato obtenido en la etapa de las investigaciones básicas, para poder evaluar las condiciones de estabilidad de las aberturas subterráneas y al final concluir con las conclusiones y recomendaciones en las alternativas de las labores.

1.6. Limitaciones de la investigación

En el presente estudio las limitaciones que se considera, puede ser la ausencia de información en relación a los costos y el tiempo, las cuales se van excluyendo durante el periodo de la realización de la investigación, al respecto se pretende el apoyo de la Empresa Minera, para que los profesionales y técnicos se involucren en la presente investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes nacionales

Mendoza J. (2022), de la Universidad Nacional de Cajamarca, desarrolla su tesis “Evaluación geomecánica del macizo rocoso en la construcción y sostenimiento de la chimenea-2226, por el método raise climber Mina Lourdes en la U.E.A PArcoy (Consorcio Minero Horizonte S.A.)”. El objetivo de este estudio fué evaluar las características geomecánicas del macizo rocoso durante la construcción y estabilización del pozo 2226 en la mina Lourdes (unidad minera Parcoy) mediante el método RAISE CLIMBER. Bieniawski y GSI determinaron cinco puntos de medición según el método RMR89. Esta evaluación se realizó con el apoyo de los programas informáticos DIPS versión 6.0, RocData versión 5.0 y Phase2 versión 8.0. Las medidas de estabilización, determinadas mediante la tabla de medidas prácticas de estabilización minera, especificaron el uso de anclajes de roca de resina de 2,40 m de longitud y 1,0 m de separación entre sí para los dos primeros puntos de medición, en combinación con malla electrosoldada y hormigón proyectado de 5 cm de espesor para los tres puntos de medición restantes. Se requirió un encofrado metálico galvanizado con bordes de chapa ondulada espaciados de 0,8 a 1,0 m.

Estos resultados garantizan la eficacia del sistema de estabilización instalado en el pozo y su fiabilidad operativa durante su vida útil prevista de 12 años.

Gonzales, S. (2021), de la Universidad Nacional de Cajamarca, desarrolla su tesis “Evaluación geomecánica para el diseño del sostenimiento el túnel de exploración Chaquecocha fase II Minera Yanacocha SRL”; se está llevando a cabo la exploración del túnel de exploración Chaquecocha Fase II. El túnel tiene 195 metros de longitud, una sección transversal de 5,0 m x 5,5 m y una pendiente máxima del +13 %. Un estudio geomecánico de todo el túnel, realizado según las clasificaciones geomecánicas RMR y GSI utilizadas por MYSRL, reveló que las masas rocosas son de buena (Categoría II), media (Categoría III-A) y media (Categoría III-B) calidad. Las medidas de sostenimiento para estas masas rocosas consisten en hormigón pretensado reforzado con fibras sintéticas de 50 mm de espesor y anclajes de 2,4 m de longitud, espaciados a intervalos de 1,7 m, 1,5 m y 1,2 m. Los análisis realizados con el software Phase 2 Versión 8.0 demostraron un comportamiento estable del túnel con las medidas de sostenimiento recomendadas y un factor de seguridad superior a 1,50. Las pruebas de control de calidad de los pernos de anclaje revelaron resistencias a la tracción superiores a 8 TN, y el hormigón proyectado presentó una resistencia a la rotura superior a 35 MPa. Estos resultados confirman la eficacia de las estructuras de soporte instaladas en el túnel.

Gutierrez, R. (2023), de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; de su tesis titulado: “Evaluación geomecánica del macizo rocososo para el diseño de sostenimiento y estabilidad en la zona de explotación Hércules, Unidad Minera Huancapeti, 2023”. El objetivo de este estudio es investigar la influencia de la evaluación geomecánica del macizo rocoso en la mejora de la estabilidad y el sistema de sostenimiento en la zona minera de Hércules. La metodología de investigación se relaciona a la aplicada, centrada

en un diseño cuantitativo y cuasiexperimental. Los resultados muestran que la clasificación geomecánica Bieniawski RMR89 del macizo rocoso en la zona minera de Hércules es la siguiente: la roca de caja techo (RMR: 65-35), roca mineral (RMR: 55-25) y la roca de caja piso (RMR: 55-35). Los métodos de sostenimiento adecuados son: hormigón proyectado, anclajes de tornillo con cartucho de resina y Cembolt, malla electrosoldada de 10x10 cm (diámetro del alambre N° 8), encofrado metálico integrado, anclajes de fricción y anclajes de expansión.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

De La Rosa, L. (2015), de la Universidad Nacional de Catamarca Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de Argentina, presenta la tesis de investigación “Caracterización geomecánica del macizo rocoso de rampa Laboreo Oeste de Mina Alto de la Blenda para determinar la estabilidad y necesidad de sostenimiento de la Labor.” La metodología abarca tanto el trabajo de campo como el de gabinete, incluyendo el registro de parámetros de campo, levantamientos topográficos, ensayos de laboratorio, procesamiento y análisis de parámetros geomecánicos y conclusiones. El Índice de Calidad de Túneles Barton NGI se utiliza como método de clasificación geomecánica. Este índice evalúa las propiedades físicas y mecánicas de la roca, determinadas mediante ensayos de laboratorio en muestras de campo, tales como la resistencia a la compresión y al corte uniaxial. Posteriormente, los datos se procesan utilizando diversas aplicaciones de software, como RocLab, StopeSoft y Phase2, para interpretar y analizar los datos, determinar el comportamiento geomecánico y evaluar la necesidad de sistemas de sostenimiento.

Cuervas, J. (2015), Universidad de Oviedo España, desarrolla un estudio de investigación: “Evaluación de la estabilidad de excavaciones mineras de pequeño diámetro mediante clasificaciones geomecánicas y análisis empíricos: el caso de la mina de San Juan, Ecuador”. Este estudio emplea un

método de evaluación de la calidad de la roca mediante una escala para determinar su estabilidad durante la explotación minera. El índice Q se utiliza para evaluar la masa de tejido y músculo en una pequeña mina de oro ubicada en el cantón Ponce Enríquez, Ecuador. El trabajo presenta un modelo novedoso que integra modelos y experimentos previos para determinar el estado de conservación y el nivel máximo de estabilidad alcanzable en este tipo de experimentos. Una contribución importante de este trabajo es la validación del índice de Barton para pequeñas aberturas.

Villota, O. (2022), Universidad de Caldas en Colombia, cuya tesis de investigación es: “Evaluación y Caracterización del macizo rocoso para la identificación del comportamiento de los diferentes tipos de sostenimiento en la Mina El Roble, El Carmen de Atrato, Chocó, Colombia”. Determina; que se realiza un análisis geomecánico del macizo rocoso del nivel 162 del cuerpo “Zeus” de la mina el Roble, siguiendo los criterios del sistema RMR corregido de Bieniawski y el sistema GSI de Hoek y Marinos (2000), para recomendar un sostenimiento acorde al tipo de labor subterránea, basado en el estándar de sostenimiento de la mina. El análisis geomecánico permitió construir un mapa de zonificación geomecánica del nivel 162, en el que identifican cuatro macizos rocosos de diferente calidad, siendo la más predominante de regular a moderado (RMR entre 31 y 50; GSI: IF-MF/R-P).

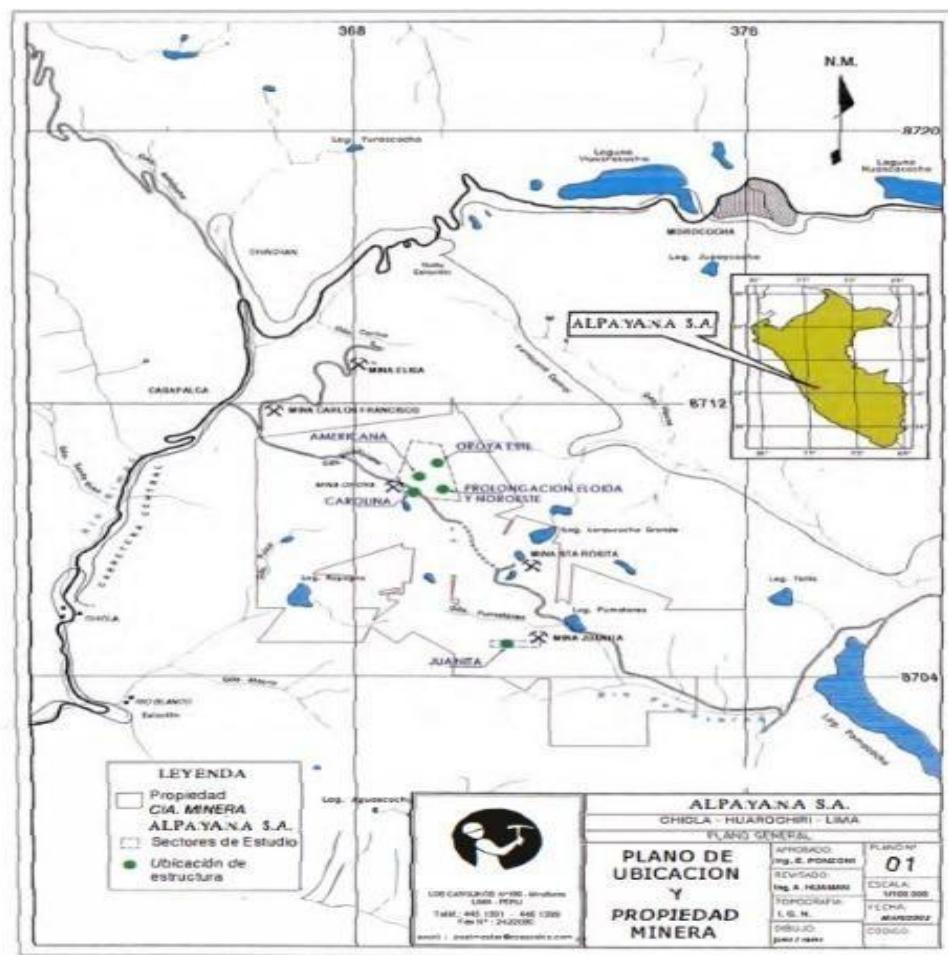
2.2. Bases teóricas - científicas

➤ Generalidades de la compañía minera Alpayana S. A.

Ubicación y accesibilidad

La compañía minera Alpayana, realiza diferentes trabajos de: exploración, preparación, desarrollo y extracción de minerales denominado polimetálicos como (el cobre, plomo, zinc y plata). Se encuentra en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí y Región Lima. Se halla en la sierra central a una altura de 4200 m s. n. m. Ver Figura N°01: Plano de ubicación.

Figura 1 Plano de ubicación de Unidad Minera Americana



Fuente: Área de Planeamiento e Ingeniería de Compañía Minera Alpayana.

A la unidad minera Americana Cía. Minera Apayana, se puede llegar por vías que se menciona en el itinerario.

Tabla 1 Itinerario de Acceso de Lima a la Compañía Minera Alpayana

Origen	Destino	Distancia (Km.)	Tipo de vía
Lima	Chosica	34.0	Asfaltada
Chosica	Matucana	42.5	Asfaltada
Matucana	Chicla	30.1	Asfaltada
Chicla	Zona industrial	10.0	Asfaltada
Zona industrial	Unidad Casapalca	5.0	Afirmada
Total		121.6	

Fuente: Elaboración Propia

➤ Geología regional

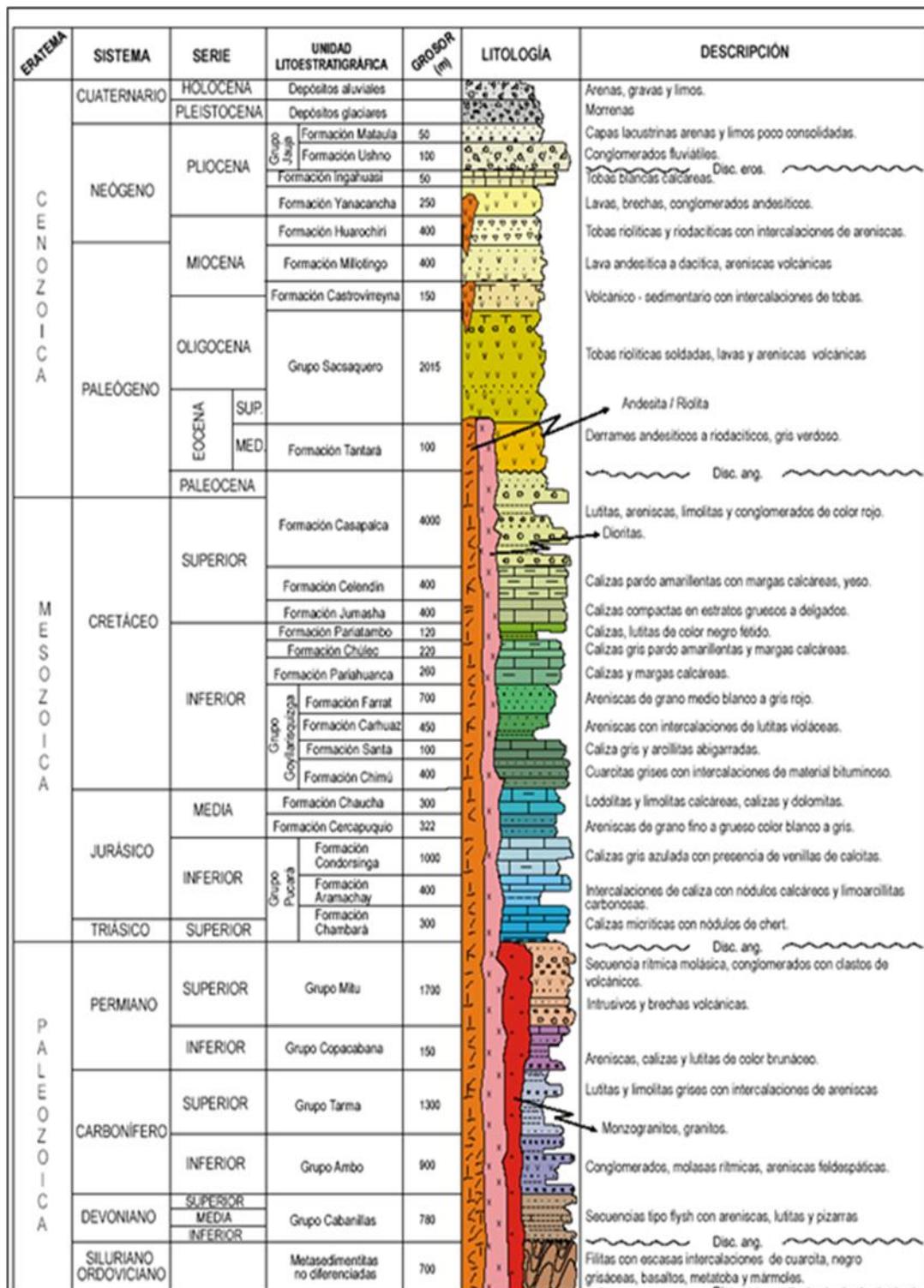
El área de estudios se encuentra ubicada en la parte Occidental de la Cordillera Central de los Andes, típicamente en un ambiente del Glaciar, donde la altitud llega hasta los 5,000 m.s.n.m. en zonas de topografía escarpado con fuertes pendientes, modeladas por antiguos glaciares, con valles en forma de U y lagunas distribuidas. Las unidades estratigráficas que afloran varían desde el Jurásico (Mesozoico) hasta el Cuaternario reciente. El Cretáceo superior y Terciario inferior fue afectado por la fase peruana, movimiento orogénico a fines del Cretáceo superior el cual puso fin a la sedimentación marina a lo largo de la actual faja andina, dando paso al desarrollo de condiciones continentales.

Estratigrafía

De acuerdo a la geología, el área de estudio se ubica en la vertiente noroeste del depósito minero Casapalca. En esta región, el área está formada por rocas sedimentarias y volcánicas del Triásico, Cretácico y Terciario que alcanzan un espesor aproximado de 5400 m, y está sustentada por una serie de rocas ígneas del Triásico Superior que son la fuente probable de la mineralización. Una cubierta de depósitos clásticos

del Cuaternario que rellenan valles y depresiones. El siguiente es un resumen de la secuencia estratigráfica referida: Ver figura N°02.

Figura 2 Columna Estratigráfica



Fuente: Departamento de Geología

a) Formación Casapalca

Estas rocas en la mina Casapalca, están compuestos por rocas sedimentarias que pertenecen a esta formación de la edad terciaria.

Consiste en capas alternas de pizarra y arenisca calcárea. Se han observado concentraciones minerales en este tipo de roca, que aparecen como vetas y fenocristales, y están determinadas por la dirección de la estratificación. Solo se encuentra una saturación de agua significativa en áreas con fuertes fallas y plegamientos.

b) Formación Carlos Francisco

Volcánicos Tablachaca: Sobre el miembro Carmen, del cual está separado por esquistos de espesor variable, hay una secuencia de rocas volcánicas que consiste en capas de: brechas, conglomerados, conglomerados y roca pórfida efusiva, que forman el miembro Tablachaca.

Volcánicos Carlos Francisco: La roca volcánica del Complejo de Formación Carlos Francisco, compuesta por coladas de andesita masivas y fragmentadas (brechas), recubre el Miembro Tablachaca. Las capas de brecha consisten en fragmentos angulares, mayormente verdosos, de tipo porfídico, embebidos en una matriz porfídica rojiza. Entre las brechas se encuentran andesitas porfídicas, con tonalidades que varían de gris oscuro a verde. Los fenocristales de feldespato son abundantes y se encuentran alterados a clorita y calcita.

Rocas Intrusivas: Las características del magmatismo del Terciario Superior llevaron a la colocación de rocas intrusivas de composición diorítica, que penetraron la secuencia sedimentaria y volcanosedimentaria y afloraron en la parte sureste del distrito mineralizado.

El pórfido Taruca: Esta roca ígnea intrusiva es una de las más

importantes, compuesta por diques y estolones que afloran en el sureste de la zona. Es alargada, tiene una orientación norte-sur y se caracteriza por una textura porfídica, formada por fenocristales (oligoclasa-albita), hornblenda y cuarzo minoritario en una matriz de afanita.

➤ **Geología local**

Los rocas mineralizadas forman parte de los sedimentos continentales cretácicos ubicados en el extremo distal de la cantera (este y oeste), denominada Casapalca, constituida por dos litológicos: las rocas inferiores de Casapalca, con consideración de rocas de arena, caliza y lutita, con un grado de caliza blanca y la sección superior, denominada Carmen, con consideración de rocas de arena, rocas rojas silílicas, es decir, alteración hidrotermal tornó blanca con capas lenticulares conglomeradas.

➤ **Mineralización**

La unidad minera contiene una variedad de minerales, principalmente en vetas fracturadas, rocas del manto y brechas hidrotermales, que varían en forma, textura y mineralización.

Vetas: Los cuerpos rocosos tabulares, situados entre 0,20 m y 2,50 m por encima del Ancho, se distribuyen localmente; el medio rocoso resultante consiste en conglomerado y forma un Relleno de la Brecha, que constituye un cuerpo mineralizado. En la zona minera de Casapalca se encuentran varios cuerpos rocosos, de mayor y menor tamaño, compuestos principalmente de carbonato de manganeso.

Cuerpos: forma parte del yacimiento mineralizado, del área de explotación está localizada al noreste del campamento El Carmen. Existen dos tipos de mineralización.

➤ Geología estructural

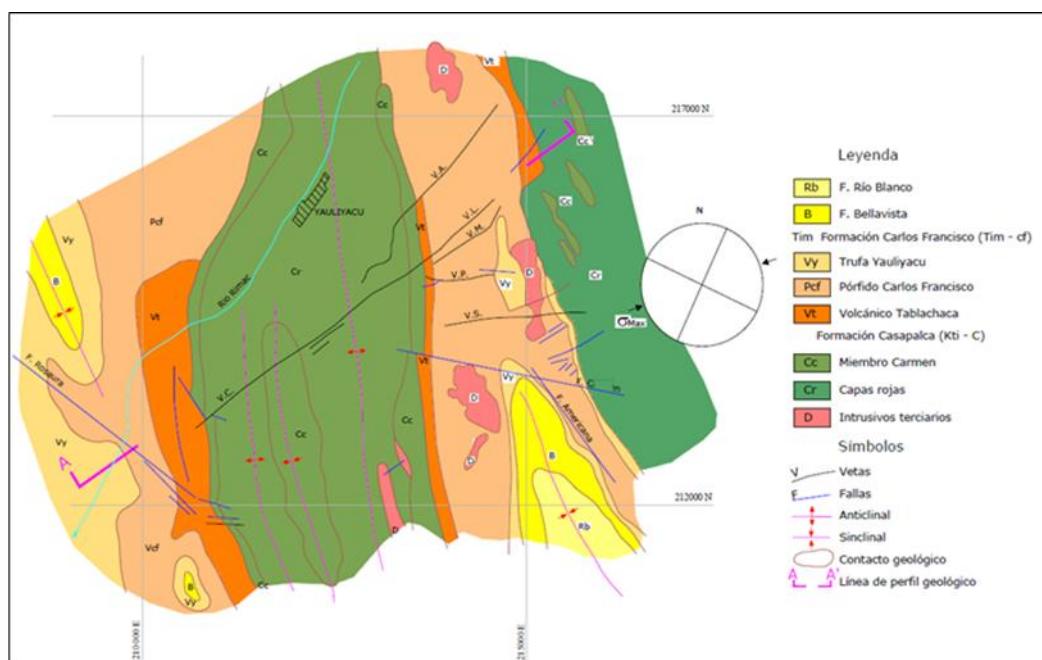
Fallas

Las principales fallas geológicas que están asociadas en el área de investigación presentan 03 sistemas:

- Sistema 1, son estructuras de fallas longitudinales, que tienen una dirección regional Noroeste-Sureste (N 30° – 40° W).
- Sistema 2, que están relacionadas a las fallas longitudinales, donde se observan las transversales. (N 60° – 70° W. Son coincidentes generalmente con las estructuras mineralizadas.
- Sistema 3, en dirección N – S, que están desplazadas por las anteriores.

El sistema de referencia fractual se relaciona con la intensidad y el efecto de todas las rocas (sedimentos, rocas intrusivas y rocas volcánicas) presentes en el espacio del estudio. Observó que estas fracturas son continuas y profundas, incluso en zonas rocosas relativamente cercanas al lecho rocoso. Ver figura N°03.

Figura 3 Plano Geología Estructural



Fuente: Departamento de Geología

➤ **Geología económica**

La empresa Minera Alpayana y otras unidades mineras que participan en el yacimiento polimetálico Cordillerano; contienen, plata, zinc y cobre, además de una variedad de mineralización vertical y horizontal. Los yacimientos mesotermales naturales suelen presentar grandes extensiones verticales, alcanzando profundidades de hasta 3900 metros bajo la superficie. Los minerales se disponen de forma irregular. Los productos de la disolución hidrotermal se encuentran en una matriz de carbonato de calcio intercalada con dióxido de silicio y sílice, por lo que mantener una distribución uniforme de estos minerales es fundamental.

➤ **Método de explotación**

Compañía Minera Alpayana utiliza el método de explotación subterránea de sub level stoping, que permiten una extracción continua a gran escala y ofrecen menores costos operativos en comparación con otros métodos. Esto se debe principalmente a su alta eficiencia de producción. Consciente de las limitaciones de los métodos convencionales y de la necesidad de aumentar la productividad, Compañía Minera Alpayana, a través de su unidad minera, ha implementado un enfoque de minería por fases que combina la minería subterránea con la perforación de barrenos largos mediante equipos de perforación vertical a una profundidad de 15 a 30 metros.

➤ **El enfoque de la evaluación geomecánica**

En la evaluación de la explotación en el minado, es fundamental definir específicamente las condiciones naturales del depósito de mineral:

- La estructura de la mineralización
- Las condiciones para la evaluación geomecánica.
- Las condiciones hidrogeológicas del mismo.

Los métodos de extracción deben ser compatibles con las condiciones naturales del yacimiento para garantizar su viabilidad técnica. En este contexto, deben determinarse las características naturales de cada yacimiento, teniendo en cuenta los aspectos geomecánicos, que desempeñan un papel técnico fundamental. La evaluación geomecánica del yacimiento debe centrarse en investigaciones para obtener los datos necesarios y evaluar los factores clave de estabilidad. Esta evaluación sirve, posteriormente, para seleccionar el material de soporte adecuado, considerando las siguientes teorías:

A) Sistema RMR (Bieniawski 1989)

En este sistema el índice RMR se obtiene cinco parámetros, que vienen a ser los siguientes:

- El esfuerzo a compresión de la roca circundante.
- Rock Quality Designation
- Determinación del espaciamiento de las fracturas.
- Los parámetros de las fracturas.
- condición de la presentación del agua subterránea.
- Orientación de las fracturas.

Ver Tabla N°02: Clasificación Geomeánica de RMR.

Determinado el Rock Mass Rating (un número entre 0 y 100), Bieniawski sostiene ajustar en de la relación entre la orientación de la excavación subterránea túnel y del fracturamiento. Asimismo, menciona los tipos de sostenimiento. Ver Tabla N°03.

Tabla 2 Clasificación Geomeánica de RMR

Fuente: Engineering Rock Mass Clasification" Wiley – Interscience Publication.

CLASIFICACION GEOMEANICA RMR (Bieniawski, 1989)							
PARAMETROS DE CLASIFICACION							
1	Resistencia de la roca intacta (Mpa)						
	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1		
	Compresion simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1 <1
	Puntuacion	15	12	7	4	2	1 0
2	RQD (%)	100-90	90-75	75-50	50-25	<25	
	Puntuacion	20	17	13	8	3	
3	Separacion de diaclasas	>2 m.	0.6-2m.	0.2-0.6m.	0.06-0.2m.	<0.06m.	
	Puntuacion	20	15	10	8	5	
4	Estado de discontinuidades:						
	Longitud	<1m.	1-3m.	3-10m.	10-20m.	>20m.	
	Puntuacion	6	4	2	1	0	
	Abertura	Nada	<0.1mm.	0.1-1.0mm.	1-5mm.	>5mm.	
	Puntuacion	6	5	4	1	0	
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rug.	Lisa o plana	Pulida	
	Puntuacion	6	5	3	1	0	
	Relleno	Ninguno	<5mm.(duro)	>5mm.(duro)	<5mm.(blando)	>5mm.(blando)	
	Puntuacion	6	4	2	2	0	
	Alteracion	Inalterada	Liger. Alterada	Moder. Alterada	Muy alterada	descompuesta	
	Puntuacion	6	5	3	1	0	
5	Agua subterranea						
	Flujo por C/10 m. de labor	Nulo	<10 Lts/min.	10-25 Lts/min.	25-125 Lts/min.	>125 Lts/min.	
	Presion de agua/tension principal	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
	Estado general	Seco	Humedo	Mojado	Goteando	Fluyendo	
	Puntuacion	15	10	7	4	0	
CORRECCION POR LA ORIENTACION DE DISCONTINUIDADES							
	Direccion y buzamiento	Muy favorable	Favorable	Media	Destfavorable	Muy desfavorable	
	Puntuacion						
	Tuneles y minas	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes	0	-2	-25	-50	-60	
CLASIFICACION							
	Clase	I	II	III	IV	V	
	Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala	
	Puntuacion	100-81	80-61	60-41	40-21	<20	
CARACTERISTICAS GEOTECNICAS							
	Tiempo de mantenimiento	10 años	6 meses	1 semana	10 horas	30 minutos	
	Longitud	15 m.	8 m.	5 m.	2.5 m.	1 m.	
	Cohesion	>4Kp/cm ²	3-4Kp/cm ²	2-3Kp/cm ²	1-2Kp/cm ²	<1Kp/cm ²	
	Angulo de rozamiento	>45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	<15°	
EFECTO DE LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES							
	Direccion perpendicular al eje del tunel			Direccion paralela		Buzamiento	
	Avance con buzamiento	Avance contra el buzamiento			al eje del tunel	0° - 20°	
	45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	20° - 45°	45° - 90°	Cualquier direccion
	Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Media	Muy desfavorable	Media

Tabla 3 Bases en la excavación subterránea para el sostenimiento de aberturas subterráneas en roca de vano de 10 m. con el sistema RMR
(Según Bieniawski 1989)

CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	EXCAVACIÓN	PERNOS DE ROCA (20 mm DE DIÁMETRO TOTALMENTE CEMENTADOS)	CONCRETO LANZADO	CERCHAS ACERO
I. Roca mu buena RMR: 81-100	A frente completo, avance de 3 m.	Generalmente no se requiere sostenimiento, excepto ocasionalmente pernos de		
II. Roca buen RMR: 61-80	A frente completo, avance de 1,0 a 1,5 m. Instalar el sostenimiento a 20 m del frente.	Localmente, pernos de 3 m de long., instalados en el techo, espaciados 2,5 m, ocasionalmente con malla metálica.	50 mm en el techo, donde se requiera.	No
III. Roca regular RMR: 41-60	Excavación superior y banqueo, avance superior a 1,0 a 1,5 m en el techo. Iniciar el sostenimiento después de cada voladura. Culminar el sostenimiento a 10 m del frente.	Pernos sistemáticos de 4 m de long., espaciado 1,5-2 m en el techo y paredes con malla metálica en el techo.	50-100 mm en el techo y 30 mm en las paredes.	No
IV. Roca mala RMR: 21-40	Excavación superior y banqueo, avance de 0,5 a 1,5 m en el techo. Instalación de sostenimiento junto con la excavación, a 10 m del frente.	Pernos sistemáticos de 4-5 m de long., espac. 1-1,5 m en el techo y paredes con malla metálica.	100-150 mm en el techo y 100 mm en las paredes.	Cerchas liger espac. 1,5 m donde se req
V. Roca muy pobre RMR: <20	Galerías múltiples de avance superior de 0,5 a 1,5 m. Instalar la sostenimiento junto con la excavación. Aplicación de shotcrete lo más pronto posible después de la voladura.	Pernos sistemáticos 5-6 m de long., espaciado de 1 a 1,5 m en el techo y las paredes con malla metálica.	150-200 mm en el techo, 150 mm en las paredes y 50 mm en el frente.	Cerchas med pesadas espaciadas 0 con revestim de acero y es de avance, d necesario.

Fuente: Engineering Rock Mass Clasification" Wiley – Interscience Publication.

B) La clasificación geomecánica de Barton

Indice Q; fue desarrollada por Barton, LienyLunde En el Norwegian

Geotechnical Institute (NGI) o Instituto Geotécnico de Noruega en el año 1974. Basado en el análisis de 212 casos históricos de estabilidad de excavaciones subterráneas en Escandinavia, principalmente túneles.

En este sistema se califican los macizos rocosos mediante la valoración de seis parámetros:

1.RQD= es el índice de calidad de la roca de Deere.

2.Jn = es el número de familias de discontinuidades.

3.Jr = valor de la rugosidad de las discontinuidades, presencia de relleno y el tamaño de las fracturas.

4.Ja = valor de la meteorización de las discontinuidades

5.Jw = Es un coeficiente reductor por la presencia del agua.

6.SRF = “Stress Reduction Factor”, es el factor de reducción de tensiones de la roca.

El valor final de la calidad del macizo rocoso Q de tal manera que:

$$Q = (RQD/Jn) \cdot (Jr/Ja) \cdot (Jw/SRF)$$

El valor de la calidad del macizo rocoso tiene un rango desde:

Q = 0.001 hasta Q = 1000 en escala logarítmica.

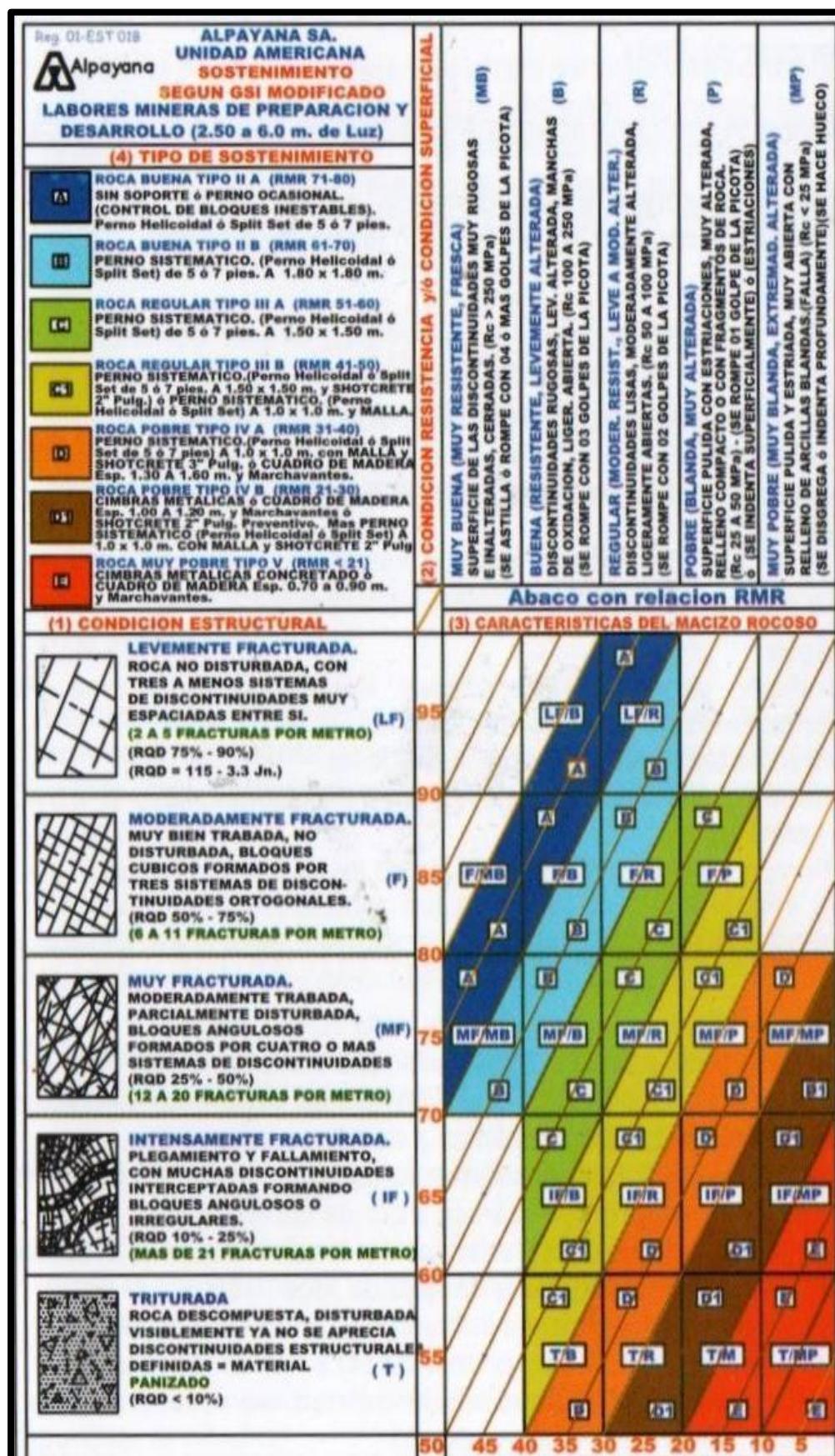
C) La clasificación geomecánica del GSI

En 1994, el Doctor Ebert Hoek publicó un artículo titulado “Strength of Rock and Rock Masses” en el que introdujo un nuevo índice de calidad, definiéndolo como “Índice Geológico de Resistencia, GSI, en las masas rocosas, cuyo intervalo está comprendido entre 0 y 100, que se considera en la identificación en el campo de las características físico mecánicas de la masa rocosa. Ver la tabla N°01, preparado por el área de Geomecánica en la Unidad Casapalca

➤ Sostenimiento en minería subterránea.

En la extracción del mineral, el sostenimiento de las excavaciones subterráneas es una labor importante de alto costo que reduce la velocidad de avance y en la producción y a la vez es un proceso fundamental en la protección de accidentes ya sea en personal y a los equipos. Ver Figura N°04.

Figura 4 Cartilla geomecánica de la Unidad Minera Americana



- A veces se confunden los soportes y los refuerzos en la roca. El refuerzo de suele consistir en un empernado que no refuerza la masa rocosa en sí, sino que reduce la fricción entre los bloques que la conforman.
- Un soporte o sistema de soporte es una estructura que estabiliza la masa rocosa y controla la deformación progresiva de la piedra (colapso). En resumen, se refiere al sistema activo que soporta el sistema pasivo.

Clases de Terreno

Desde un punto de vista práctico podemos dividir los terrenos en cuatro clases.

- Terreno compacto: Está formado por partículas completamente cementadas.
- Terreno fracturado: Presenta un conjunto de planos paralelos de fracturas como son los planos de estratificación.
- Terreno suave: Formado por fragmentos de roca gruesos o finos o una combinación de ambos tamaños.

A. Sostenimiento Según la Clase de Terreno

- Terreno completamente compacto: que no requiere ningún tipo de sostenimiento.
- Terreno fracturado: se emplea un sostenimiento ligero, este tipo de terrenos es son más resistente en la dirección perpendicular a las fracturas.
- Terreno arcilloso: donde se debe tener un tipo de sostenimiento totalmente resistente capaces de adaptarse a las presiones que se desarrollan.

➤ **Tecnología de los Pernos**

A fin de proporcionar un marco de antecedentes, lo siguiente es una breve descripción de cada sistema.

Mecánico: Los grandes componentes mecánicos, se pueden instalar rápidamente, y el sistema podía funcionar durante largos periodos. El proceso incluía perforar un taladro, insertar en el taladro el perno. Durante la era Fraguado, se utiliza un material cementante como medio secundario para prevenir la corrosión de la ranura y extender su longitud.

Fraguado: En el fraguado la solución con resina es más rápida y fácil de manejar a largo plazo. Las resinas inyectables no están disponibles comercialmente, pero sí para productos encapsulados, con diferentes resinas para distintas duraciones.

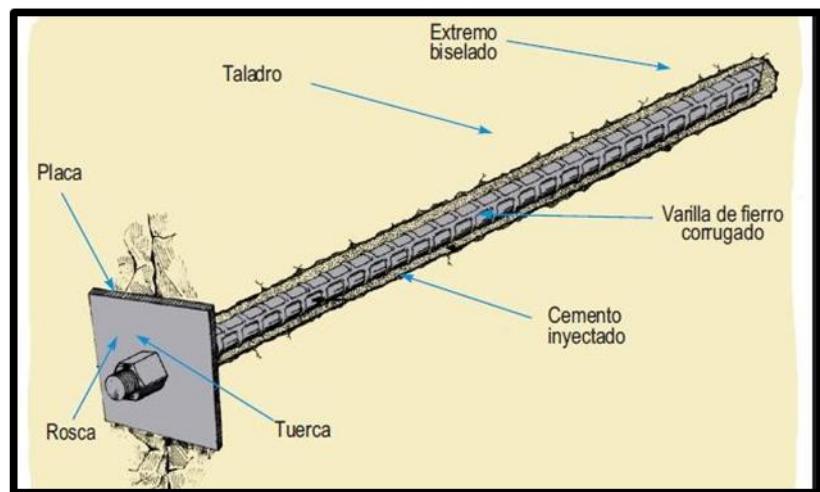
A continuación se explica los diferentes tipos de sostenimiento más útiles:

a) Pernos de varillas cementados o con resina

Esta forma de perno emplea un biselado ubicado en el centro de la placa, cemento (inyectable o en cartucho) y resina (en cartucho). Se recomienda el uso de resina en presencia de agua, especialmente ácidos, y de cemento en presencia de agua.

Esta forma de perno, es el que se utiliza es de fierro corrugado; que, se presenta, con un diámetro típico de 20 mm, una altura de 22 mm y una longitud variable (de 1,5 m a 3,7 m). La capacidad del riel de alta velocidad ondulado es de 12 TM, y la del riel de alta velocidad superhelicoidal es de 18 TM.tal como se aprecia en la figura N°05.

Figura 5 Perno de varilla corrugada



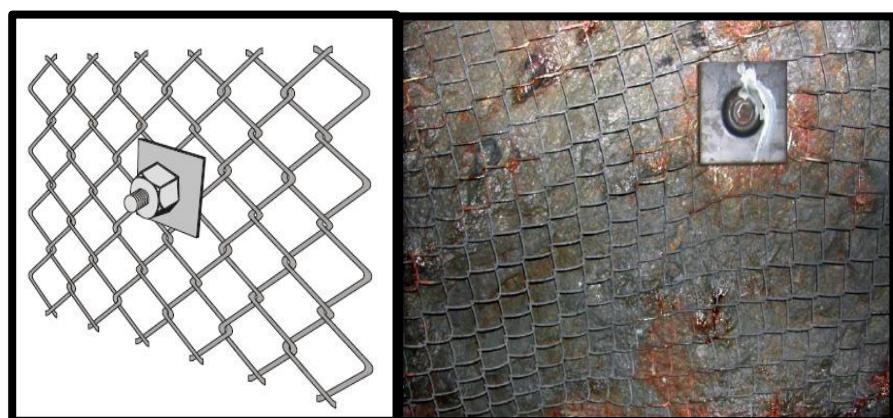
Fuente: Libro de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía

b) Malla metálica

Hay dos tipos de mallas: eslabonadas y electrosoldadas.

La malla eslabonada o denominada también malla tejida: Consiste en un tipo de alambre malla, generalmente del número 12/10, con un anillo de 2" x 2" o 4" x 4", y está fabricada en acero galvanizado negro para evitar la corrosión. Como componente, es muy flexible y duradero, pero no es adecuado para reparaciones de barreras antihumedad. Realiza trabajos de barrera antihumedad, por lo que no se recomienda en este caso. Véase la figura n.º 6.

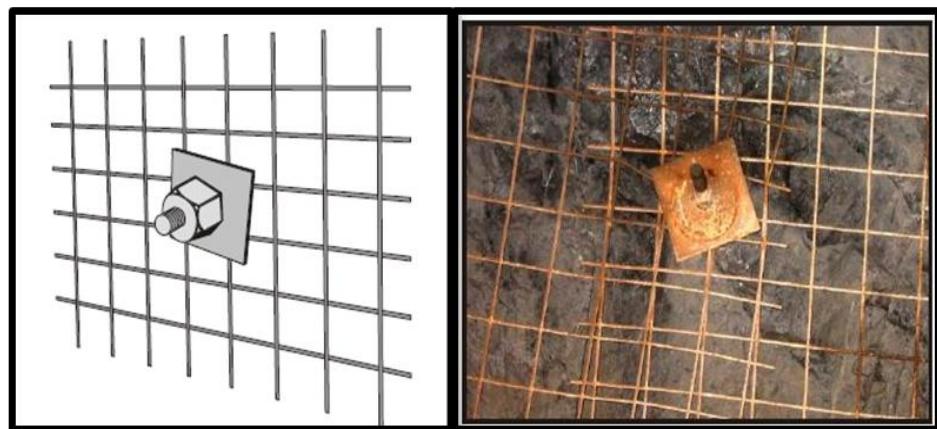
Figura 6 Malla eslabonada o tejida



Fuente: Libro de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.

La malla electrosoldada: consta de alambres tipo rejilla que están soldados en sus uniones, generalmente N°10/08, con dimensiones de 4" x 4", que está completado con negro galvanizado. Esta malla se pide, como refuerzo de hormigón tipo shootcrete; que, viene en rollos o planchas. Ver figura N°07.

Figura 7 Malla electrosoldada

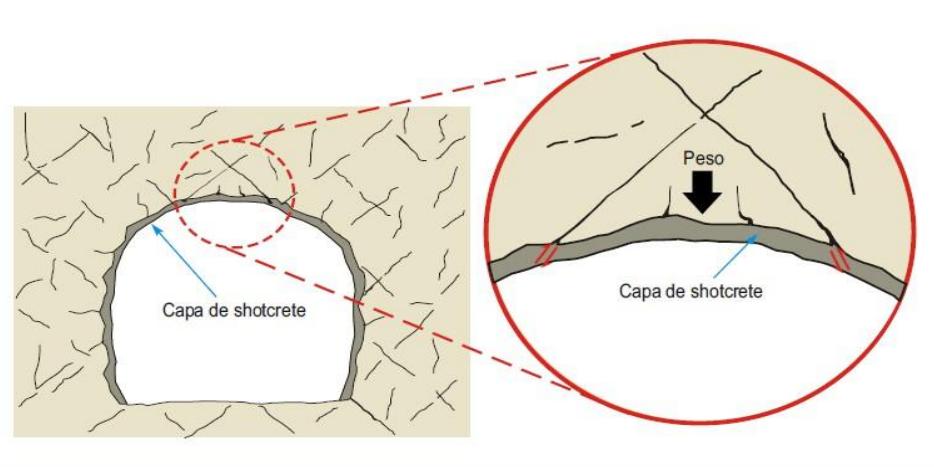


Fuente: Libro de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.

c) Concreto lanzado (shotcrete)

Es la mezcla en seco, los componentes del hormigón proyectado, secos o ligeramente prehumedecidos, se colocan en una tolva y se mezclan continuamente. Se suministra aire comprimido mediante un tambor giratorio o una caja dosificadora para transportar el material de forma continua hasta la manguera de pulverización. En la mezcla en húmedo, los componentes del hormigón proyectado y el agua se mezclan antes de introducirlos en una bomba de desplazamiento positivo. Allí, la mezcla se transporta hidráulicamente hasta una boquilla. A continuación, se añade aire para pulverizar el material sobre la boquilla, en mezclas húmedas la pegajosidad reduce la trabajabilidad y se requieren superplastificantes para restaurar esta facilidad de aplicación Ver figura N°08.

Figura 8 Aplicación de shotcrete

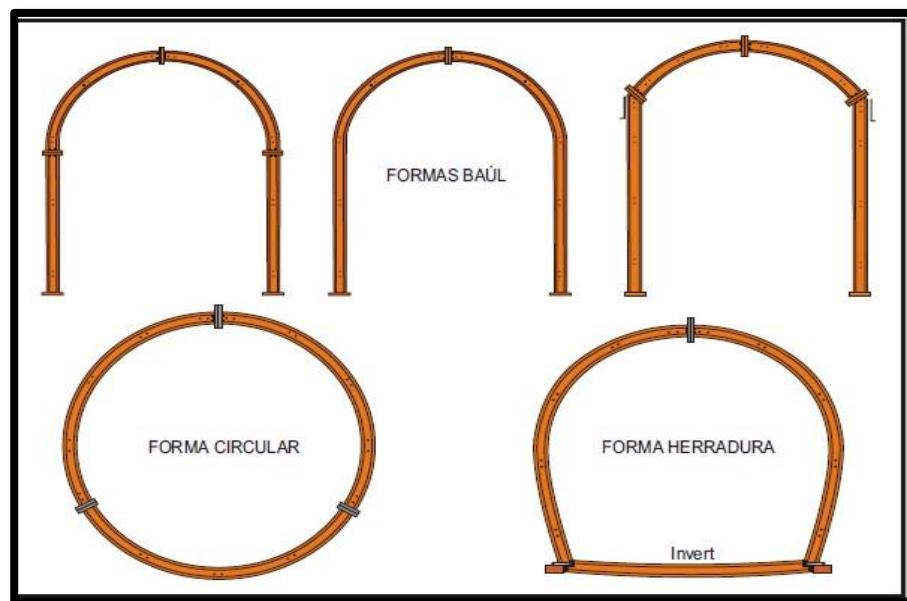


Fuente: Libro de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.

d) Cimbras

Este tipo de estructura de soporte pasivo se utiliza generalmente para la estabilización permanente de túneles en roca muy fracturada y/o muy blanda, de baja a muy baja calidad, sometida a altas tensiones. Para lograr un control de estabilidad eficaz en estas condiciones de suelo, se emplea un sistema de apuntalamiento debido a su excelente resistencia mecánica y capacidad de deformación. La ventaja de este sistema radica en que continúa brindando soporte incluso después de una deformación significativa. El sistema de apuntalamiento se construye con perfiles de acero adaptados a la forma de la sección transversal de la excavación, por ejemplo, en forma de herradura o incluso circular. Se recomienda el uso de almas macizas. Existen dos tipos de sistemas de apuntalamiento: rígidos y móviles o flexibles. Los primeros suelen utilizar perfiles como W, H e I, mientras que los segundos emplean perfiles como V y U, compuestos por dos o tres segmentos unidos mediante placas con tuercas. Véase la figura N°09.

Figura 9 Cimbras rígidas



Fuente: Libro de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.

Los accesorios de este tipo de soporte son los tirantes de unión, el enrejado y los elementos de bloqueo. Estos elementos consisten en varillas de hierro que pueden ser lisas o corrugadas; que son de 1 pulgada de diámetro. El enrejado se hace de planchas metálicas y también con tablas de madera. Los elementos de bloqueo son de bolsacretos; que viene a ser una bolsa cuyo contenido es un agregado de cemento, que se coloca entre el encofrado y el muro de roca. Ver figura N°10.

Figura 10 Instalación de cimbras



Fuente: Libro de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía

El diseño de sostenimiento de este tipo se determina el estándar que se está ejecutando en la Empresa Minera Americana de la mina Alpayana, considerando el tipo de roca según el RMR. Ver tabla N°03.

Tabla 4 Estándar de sostenimiento – Unidad minera Americana

Tipo de roca	RMR ajustado	Sostenimiento
II A	71 - 80	P. ocasional (perno helicoidal o <i>split set</i> de 5' o 7')
II B	61 - 70	P. sistemático a 1.80 x 1.80 m (perno helicoidal o <i>split set</i> de 5' o 7')
III A	51 - 60	P. sistemático a 1.50 x 1.50 m (perno helicoidal o <i>split set</i> de 5' o 7')
III B	41 - 50	P. sistemático a 1.80 x 1.80 m (perno helicoidal o <i>split set</i> de 5' o 7') y <i>shotcrete</i> 2" o P. sistemático a 1.0 x 1.0 m (perno helicoidal o <i>split set</i> de 5' o 7') y malla
IV A	31 - 40	P. sistemático a 1.0 x 1.0 m (perno helicoidal o <i>split set</i> de 5' o 7') o malla y <i>shotcrete</i> 3" o cuadro de madera (Esp. 1.30 a 1.60 m) y marchavantes
IV B	21 - 30	Cimbras metálicas o cuadros de madera (Esp. 1.00 a 1.20 m) y marchavantes o <i>shotcrete</i> 2" más P. sistemático a 1.0 x 1.0 m (perno helicoidal o <i>split set</i> de 5' o 7') con malla
V	< 21	Cimbra metálica concretada o cuadro de madera (Esp. 0.70 a 0.90 m) y marchavantes

Fuente: tomada del Departamento de Geomecánica – Compañía Minera Alpayana

2.3. Definición de términos básicos

Cimbra: Son estructuras metálicas con perfiles de acero de ala ancha en el soporte rígido, cuyo desempeño es que se obtiene una seguridad inmediata.

Diaclasas: Son fracturas que no tuvieron ningún tipo de desplazamiento.

Discontinuidad: Es el conjunto de fallas, fracturas, junturas y otros. que se presentan en un macizo rocoso.

Espaciamiento: Se considera como la separación perpendicular entre fracturas adyacentes.

Geomecánica: Es la ciencia aplicada al comportamiento mecánico del macizo rocoso al campo de fuerzas de su entorno físico.

Labor: Nombre general para todos los trabajos mineros subterráneos, tales como: túnel, socavón, galería, chimenea, sub nivel, rampa etc.

Macizo rocoso: Es el conjunto de bloques de la matriz rocosa y de las discontinuidades que se presenta en la naturaleza.

Orientación: Es la determinación de la discontinuidad en el espacio donde se describe tanto el rumbo y buzamiento.

Persistencia: Se considera como la longitud de una fractura.

Perno de anclaje: Son pernos que son empleados en el sostenimiento de las excavaciones subterráneas para la estabilización de la masa rocosa.

Sostenimiento: Son las labores subterráneas, que necesitan estabilidad durante el tiempo de vida de la mina.

Zonificación geomecánica. – Son delimitaciones de lugares donde el macizo rocoso tienen características geomecánicas similares.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Con la Evaluación Geomecánica se determinará el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Con la aplicación de la evaluación geomecánica se realizará el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.
- b) Con los Parámetros Geotécnicos, se realizará realizaremos un adecuado sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.

2.5. Identificación de variables

Variable Independiente

X: Evaluación Geomecánica de la zona XC 315 NE/ Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.

Variables Dependientes

Y: Sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 5 Operacionalización de la variable independiente

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Evaluación Geomecánica de la zona XC 315 NE/ Veta Ximena en la Compañía Minera Alpaya.	La evaluación geomecánica del depósito de mineral se centró, en su primera fase, en la realización de investigaciones fundamentales para obtener la información necesaria para evaluar los factores clave de estabilidad y, por consiguiente, estimar los parámetros geomecánicos básicos. En la segunda fase, la información obtenida de estas investigaciones fundamentales se integró para evaluar las condiciones de estabilidad de los tajos mineros.	Evaluación	Mapeos geomecánicos
				RMR Indice Q de Barton
		Propiedades geológicas y geotécnicas de la masa rocosa en interacción con las fuerzas internas y externas que actúan sobre ella.	Identificación	Labores mineras
				Zona XC 315 NE
				Veta Ximena
			Operaciones	Zonificación de la mina. Parámetros Geotécnicos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6 Operacionalización de Variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE DEPENDIENTE Y: Sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Xímena en la Compañía Minera Alpayana.		Para alcanzar el objetivo planteado, se requirió trabajo de campo y de oficina. Este estudio se centra en la realización de investigación fundamental para obtener la información necesaria para evaluar los factores clave de estabilidad y estimar los parámetros geomecánicos. Las condiciones de estabilidad de las estructuras subterráneas se evalúan teniendo en cuenta los elementos de soporte y refuerzo diseñados para garantizar, controlar y mantener su estabilidad.	Control de estabilidad	Bloques rocosos
				Discontinuidades
				Paneles de zonificación
				Soporte
				Esfuerzos
			Soporte	Aberturas subterráneas
				Estabilidad
				Sostenimiento
				Activo
				Pasivo
				Mixto

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

Es un tipo de investigación aplicada, que se centra en la generación de los conocimientos en la resolución de problemas prácticos, en relación a la geomecánica la razón para validar el conocimiento técnico y práctico sobre la aplicación de la evaluación geomecánica en el sostenimiento

3.2. Nivel de Investigación

La investigación es descriptiva, porque tiene como propósito fundamental exponer la información tal como se presenta en la realidad, proporcionando un panorama detallado de la situación en el momento del estudio.

3.3. Métodos de investigación

a) Método descriptivo

Se utiliza para poder realizar la descripción de todos los aspectos, en relación a la evaluación geomecánica en la determinación del tipo de soporte en el XC 315 NE/Veta Ximena, Compañía Minera Alpayana S.A. Unidad Americana.

b) Método inductivo

Se ha aplicado para inferir la información recolectada, que parte de lo particular a lo general, es decir, de casos específicos para llegar a una conclusión. En este acápite se ha determinado los resultados de la caracterización geomecánica en la determinación del tipo de soporte en el XC 315 NE/Veta Ximena, Compañía Minera Alpayana S.A. Unidad Americana.

3.4. Diseño de investigación

El diseño corresponde a la investigación cuantitativa, descriptiva y diseño transversal del tipo no experimental, se tiene el conocimiento del tipo de sostenimiento tradicional que se ha realizado en la mina, y también del nuevo sostenimiento pero con un diseño apropiado que garantiza, en relación a la investigación desarrollada con respecto al tipo de sostenimiento y su aplicación en la Compañía Minera Alpayana.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Labores mineras en relación a la Veta Ximena

3.5.2. Muestra

Se considera como muestra, la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana, en cuanto se refiere al sostenimiento.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Descripción de las técnicas empleadas:

- Recopilación y análisis de datos

La recolección de la información anterior al estudio del sostenimiento y los tiempos de sostenimiento efectuado.

- Observación directa y toma de datos

Se ejecuta los comentarios directos del proceso de sostenimiento en la mina, para la obtención sobre la masa rocosa.

- **Búsqueda de información bibliográfica**

Se analizó la información que se obtuvo de la mina y también por internet; que ejercieron como precedentes en la investigación de sostenimiento.

Instrumentos de recolección de datos:

- Mapas geológicos y topográficos.
- Información de procesos de sostenimientos ejecutados.
- Tipo de sostenimientos ejecutados.
- Información de Sostenimientos con detalles geomecánicos.
- Picza, brújula, wincha, protactor.
- Equipos de topografía.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El proceso de datos se efectuará mediante el análisis de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana., se calculó mediante los reportes quincenales y mensuales de mina donde indica las tareas empleadas en el mes.

3.8. Tratamiento estadístico

Las medidas aplicadas a las unidades experimentales comparadas incluyen métodos de soporte convencionales y mecanizados. Esto permite recopilar estadísticas de todos los procesos realizados y da lugar a un modelo estadístico que refleja los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

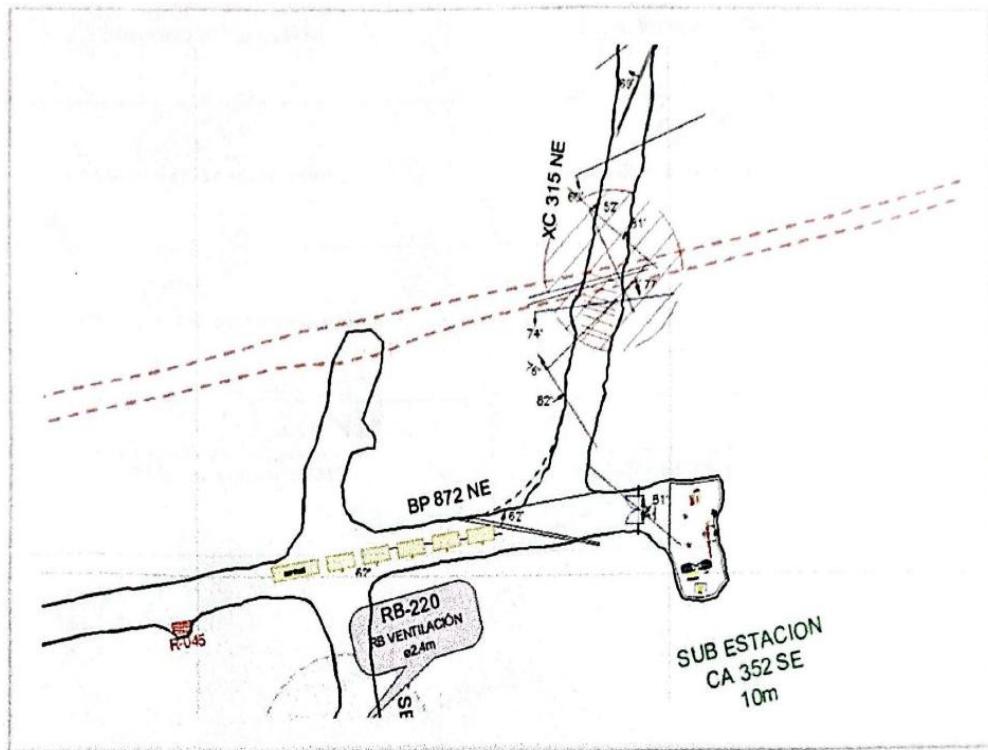
➤ Condiciones geomecánicas del macizo rocoso

Caracterización geomecánica de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena

Registro de datos sobre características geomecánicas, un método por el cual las discontinuidades se miden sistemáticamente. Ver figura N°11, de plano topográfico Nv. 21, XC 315 NE, Zona Vetas.

La presente medición se realizó en la estación: progresiva 40 – progresiva 50 del XC 315 NE/Veta Ximena:

Figura 11 Plano topográfico Nv. 21, XC 315 NE, ZONA VETAS



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Medición 01

Medición 1

Labor	XC 315
Tipo de labor	Permanente
<u>Fracturamiento</u>	25 fracturas/metro
Sección	3 x 3 m
Resistencia	Se <u>indentó</u> con 1 golpe de picota
<u>Espaciamento</u>	0.1 m
Persistencia	6 m
Apertura	1 mm
Rugosidad	Ligeramente rugosa
Relleno	Suave menor a 5 mm
Intemperización	Muy intemperizada
Agua subterránea	Goteo
Ajuste por orientación	Regular - 5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8 Medición 02

Medición 2

Labor	XC 315
Tipo de labor	Permanente
<u>Fracturamiento</u>	24 fracturas/metro
Sección	3 x 3 m
Resistencia	Se <u>indentan</u> con 1 golpe de picota
<u>Espaciamento</u>	0.1 m
Persistencia	3 m
Apertura	0.8 mm
Rugosidad	Ligeramente rugosa
Relleno	Suave menor a 5 mm
Intemperización	Muy intemperizada
Agua subterránea	Goteo
Ajuste por orientación	Regular - 5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9 Medición 03

Medición 3

Labor	XC 315
Tipo de labor	Permanente
<u>Fracturamiento</u>	26 fracturas/metro
Sección	3 x 3 m
Resistencia	Se <u>indentan</u> con 1 golpe de picota
<u>Espaciamento</u>	0.1 m
Persistencia	4 m
Apertura	2 mm
Rugosidad	Ligeramente rugosa
Relleno	Suave menor a 5 mm
Intemperización	Muy intemperizada
Agua subterránea	Goteo
Ajuste por orientación	Regular - 5

Fuente: Elaboración Propia

La presente medición, se realizó en la estación: progresiva 80 – progresiva 90 del XC 315 E/Veta Ximena.

Tabla 10 Medición 01

Medición 1

Labor	XC 315
Tipo de labor	Permanente
<u>Fracturamiento</u>	26 fracturas/metro
Sección	3 x 3 m
Resistencia	Se <u>indent</u> a con 1 golpe de picota
<u>Espaciamento</u>	0.1 m
Persistencia	6 m
Apertura	3 mm
Rugosidad	Ligeramente rugosa
Relleno	Suave menor a 5 mm
Intemperización	Muy intemperizada
Agua subterránea	Goteo
Ajuste por orientación	Regular - 5

Activar Wi

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11 Medición 02

Medición 2

Labor	XC 315
Tipo de labor	Permanente
<u>Fracturamiento</u>	2 fracturas/metro
Sección	3 x 3 m
Resistencia	Se <u>indent</u> a con 1 golpe de picota
<u>Espaciamento</u>	0.3 m
Persistencia	4 m
Apertura	3 mm
Rugosidad	Ligeramente rugosa
Relleno	Suave menor a 5 mm
Intemperización	Muy intemperizada
Agua subterránea	Goteo
Ajuste por orientación	Regular - 5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 Medición 03

Medición 3

Labor	XC 315
Tipo de labor	Permanente
<u>Fracturamiento</u>	27 fracturas/metro
Sección	3 x 3 m
Resistencia	Se <u>indent</u> a con 1 golpe de picota
<u>Espaciamento</u>	0.2 m
Persistencia	5 m
Apertura	2 mm
Rugosidad	Ligeramente rugosa
Relleno	Suave mayor a 5 mm
Intemperización	Muy intemperizada
Agua subterránea	Goteo
Ajuste por orientación	Regular - 5

Fuente: Elaboración Propia

Análisis y cálculo del RQD

Punto de medición estación: progresiva N°01 XC 315 NE/Veta Ximena

- Medición 1: (hastial derecho)

En la medición se registró 25f/m, por lo que se aplica la información de Palsmtrom en el cálculo del RQD.

$$RQD = 115 - 3.3Jv$$

$$RQD = 115 - 3.3 (25)$$

$$RQD = 115 - 75.9$$

$$RQD = 33 \%$$

- Medición 2: (hastial izquierdo)

En la medición se registró 24f/m, por lo que se aplica la información de Palsmtrom en el cálculo del RQD.

$$RQD = 115 - 3.3Jv$$

$$RQD = 115 - 3.3 (24)$$

$$RQD = 115 - 79$$

$$RQD = 39 \%$$

- Medición 3: (techo)

En la medición se registró 26f/m, por lo que se aplica la información de Palsmtrom en el cálculo del RQD.

$$RQD = 115 - 3.3Jv$$

$$RQD = 115 - 3.3 (26)$$

$$RQD = 115 - 86$$

$$RQD = 29 \%$$

A) Punto de medición estación: progresiva N°02 del XC 315 NE/Veta Ximena

- Medición 1: (hastial derecho)

En la medición se registró 23f/m, por lo que se aplica la información de Palsmtrom en el cálculo del RQD.

$$RQD = 115 - 3.3Jv$$

$$RQD = 115 - 3.3 (23)$$

$$RQD = 115 - 86$$

$$RQD = 29 \%$$

- **Medición 2: (hastial izquierdo)**

En la medición se registró 27f/m, por lo que se aplica la información de Palsmtrom en el cálculo del RQD.

$$RQD = 115 - 3.3Jv$$

$$RQD = 115 - 3.3 (27)$$

$$RQD = 115 - 89$$

$$RQD = 26 \%$$

- **Medición 3: (techo)**

En la medición se registró 27f/m, por lo que se aplica la información de Palsmtrom en el cálculo del RQD.

$$RQD = 115 - 3.3Jv$$

$$RQD = 115 - 3.3 (27)$$

$$RQD = 115 - 89$$

$$RQD = 26 \%$$

Según los análisis ejecutados en las estaciones de medición como son: Progresiva N°01 y N°02 en el techo y los hastiales respectivamente del XC 315 NE/veta Ximena, se puede determinar que la calidad de la roca según el RQD es de tipo mala; de acuerdo a la siguiente tabla.

B) Calidad de la roca estación: progresiva N°01 del XC 315 NE/veta

Ximena

Tabla 13 Índice de la calidad según teoría de Palmstrom

RQD	Calidad de la roca
0 – 25	Muy mala
25 – 50	Mala
50 – 75	Regular
75 – 90	Buena
90 – 100	Excelente

Fuente: tomada de la Estimación según Palmstrom

C) Calidad de la roca estación: progresiva N°02 del XC 315 NE/veta

Ximena

Tabla 14 Índice de la calidad según teoría de Palmstrom

RQD	Calidad de la roca
0 – 25	Muy mala
25 – 50	Mala
50 – 75	Regular
75 – 90	Buena
90 – 100	Excelente

Fuente: tomada de la Estimación según Palmstrom

Cálculo RMR según Clasificación Geomecánica de Bieniaswki

A) Punto de medición estación: progresiva N°01 del XC XC 315 NE/veta Ximena

Tabla 15 Cálculo del RMR en la medición 1

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (RMR)								
CLASIFICACIÓN DE BIENIASWKI (1989)								
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES							VALORACIÓN
	VALOR ESTIMADO							
R.COMPRE.UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2), <5 (2), <1 (0)			7
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	25 (3)			8
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)			8
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	1-3m long (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)		2
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm (5)	0.1-1mm (4)	1-5mm (1)	>5mm (0)		4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)		3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)		1
	INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	Lig.Intemp (5)	Mod.Intemp (3)	Muy Intemp (2)	Descompuesta (0)		2
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)			4
AJUSTE POR ORIENTACIÓN	Muy Favorb (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy desfavorb (-12)			-5
VALOR TOTAL RMR (Suma de valores 1 a 6) =								34
CLASE DE MACIZO ROCOSO								IV-A
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0			
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA			

Tabla 16 Cálculo del RMR en la medición 2

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (RMR)									
CLASIFICACIÓN DE BIENIASWKI (1989)									
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES								VALORACIÓN
	VALOR ESTIMADO								
R.COMPRE.UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2), <5 (2), <1 (0)				7
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	25 (3)				8
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)				8
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	1-3m long (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)			4
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm (5)	0.1-1mm (4)	1-5mm (1)	>5mm (0)			4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)			3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)			1
	INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	Lig.Intemp (5)	Mod.Intemp (3)	Muy Intemp (2)	Descompuesta (0)			2
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)				4
AJUSTE POR ORIENTACIÓN	Muy Favorb (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy desfavorb (-12)				-5
VALOR TOTAL RMR (Suma de valores 1 a 6) =									36
CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0				IV-A
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA				

B) Punto de medición estación: progresiva N°02 del XC 315 NE/veta Ximena

Tabla 17 Cálculo del RMR en la medición 3

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (RMR)								
CLASIFICACIÓN DE BIENIASWKI (1989)								
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES							VALORACIÓN
	VALOR ESTIMADO							
R.COMPRE.UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2), <5 (2), <1 (0)			7
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	25 (3)			8
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)			8
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	1-3m long (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)		2
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm (5)	0.1-1mm (4)	1-5mm (1)	>5mm (0)		1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)		3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)		1
	INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	Lig.Intemp (5)	Mod.Intemp (3)	Muy Intemp (2)	Descompuesta (0)		2
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)			4
AJUSTE POR ORIENTACIÓN	Muy Favorb (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy desfavorb (-12)			-5
VALOR TOTAL RMR (Suma de valores 1 a 6) =								31
CLASE DE MACIZO ROCOSO								IV-A
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0			
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA			

Tabla 18 Cálculo del RMR en la medición 1 **Tabla N°19:** Cálculo del RMR en la medición 2

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (RMR)							
CLASIFICACIÓN DE BIENIASWKI (1989)							
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACIÓN
	VALOR ESTIMADO						
R.COMPRE.UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2), <5 (2), <1 (0)		4
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	25 (3)		8
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)		8
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	1-3m long (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)	2
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm (5)	0.1-1mm (4)	1-5mm (1)	>5mm (0)	1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)	1
	INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	Lig.Intemp (5)	Mod.Intemp (3)	Muy Intemp (2)	Descompuesta (0)	2
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)		4
AJUSTE POR ORIENTACIÓN	Muy Favorb (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy desfavorb (-12)		-5
VALOR TOTAL RMR (Suma de valores 1 a 6) =							28
CLASE DE MACIZO ROCOSO							
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0		IV - B
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA		

Tabla 19 Cálculo del RMR en la medición 2

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (RMR)									
CLASIFICACIÓN DE BIENIASWKI (1989)									
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES								VALORACIÓN
	VALOR ESTIMADO								
R.COMPRE.UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2), <5 (2), <1 (0)				4
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	25	(3)			8
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)				10
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	1-3m long (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)			2
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm (5)	0.1-1mm (4)	1-5mm (1)	>5mm (0)			1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)			3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)			1
	INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	Lig.Intemp (5)	Mod.Intemp (3)	Muy Intemp (2)	Descompuesta (0)			2
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)				4
AJUSTE POR ORIENTACIÓN	Muy Favorb (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy desfavorb (-12)				-5
VALOR TOTAL RMR (Suma de valores 1 a 6) =									30
CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0				IV - B
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA				

Tabla 20 Cálculo del RMR en la medición 3

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (RMR)								
CLASIFICACIÓN DE BIENIASWKI (1989)								
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES							VALORACIÓN
	VALOR ESTIMADO							
R.COMPRE.UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2), <5 (2), <1 (0)			4
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	25 (3)			8
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)			8
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long (6)	1-3m long (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)		2
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm (5)	0.1-1mm (4)	1-5mm (1)	>5mm (0)		1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)		3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)		0
	INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	Lig.Intemp (5)	Mod.Intemp (3)	Muy Intemp (2)	Descompuesta (0)		2
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)			4
AJUSTE POR ORIENTACIÓN	Muy Favorb (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy desfavorb (-12)			-5
VALOR TOTAL RMR (Suma de valores 1 a 6) =								27
CLASE DE MACIZO ROCOSO								
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0			IV - B
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA			

Determinación del tipo de sostenimiento

En la actualidad esta labor tiene todo el tramo con sostenimiento de cuadros de madera; por ser una labor de acceso principal y de acuerdo a las recomendaciones geomecánicas y de acuerdo al estudio que se realizó, líneas arriba; se consideró la rehabilitación con la instalación de cimbras de 3.50 x 3.00 metros. Al ser un acceso de prioridad se requiere el armado de un conjunto de cimbras, para garantizar el sostenimiento en dicho acceso, por consiguiente, mejora la estabilidad de la misma.

Considerando el modelo de sostenimiento estandarizado de la Empresa Minera en la mina Alpayana en base al RMR mencionado en la tabla 13 y de acuerdo a la clasificación GSI como complemento para determinar el tipo de soporte a utilizar.

Luego, de acuerdo a lo establecido el RMR calculado, para el sostenimiento debe ser:

A) Estación: progresiva N°01 del XC 315 NE/ Veta Ximena

- ✓ Estación de medición 1: RMR 34
- ✓ Estación de medición 2: RMR 36
- ✓ Estación de medición 3: RMR 31

B) Estación: progresiva N°02 del XC 315 NE/ Veta Ximena

- ✓ Estación de medición 1: RMR 28
- ✓ Estación de medición 2: RMR 30
- ✓ Estación de medición 3: RMR 27

Se concluye que el RMR de la roca es de clase IV B – mala

En ambos casos, y el tipo de sostenimiento a emplearse es:

Sostenimiento con cimbras metálicas (Esp. 1.20 m) y marchavantes.

Como una comparación a y de acuerdo al RMR estandarizado, el tipo de sostenimiento en base a la cartilla geomecánica GSI de la Unidad

Minera Alpaya, sería:

C) Estación: progresiva N°01 del XC 315 NE/veta Ximena

Tabla 21 Sostenimiento en la medición 1

Medición 1	Cálculo de GSI
<ul style="list-style-type: none"> Fracturamiento 23 f/m Resistencia: se indenta con 1 golpe de picota Factores influyentes: agua subterránea (flujo de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> Paso 1: intensamente fracturada (IF) Paso 2: pobre (P) Paso 3: intensamente fracturada / pobre (IF/P) Paso 4: cimbras metálicas o cuadros de madera (esp. 1.00 a 1.20 m) y Marchavantes o shotcrete 2" más P. sistemático a 1.0 x 1.0 m (perno helicoidal o split set de 5' o 7') con malla. GSI: intensamente fracturada / pobre

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Sostenimiento en la medición 2

Medición 1	Cálculo de GSI
<ul style="list-style-type: none"> Fracturamiento 23 f/m Resistencia: se indenta con 1 golpe de picota Factores influyentes: agua subterránea (flujo de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> Paso 1: intensamente fracturada (IF) Paso 2: pobre (P) Paso 3: intensamente fracturada / pobre (IF/P) Paso 4: cimbras metálicas o cuadros de madera (esp. 1.00 a 1.20 m) y Marchavantes o shotcrete 2" más P. sistemático a 1.0 x 1.0 m (perno helicoidal o split set de 5' o 7') con malla. GSI: intensamente fracturada / pobre

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Sostenimiento en la medición 3

Medición 1	Cálculo de GSI
 <ul style="list-style-type: none"> Fracturamiento 23 f/m Resistencia: se indenta con 1 golpe de picota Factores influyentes: agua subterránea (flujo de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> Paso 1: intensamente fracturada (IF) Paso 2: pobre (P) Paso 3: intensamente fracturada / pobre (IF/P) Paso 4: cimbras metálicas o cuadros de madera (esp. 1.00 a 1.20 m) y Marchavantes o shotcrete 2" más P. sistemático a 1.0 x 1.0 m (perno helicoidal o split set de 5' o 7') con malla. GSI: intensamente fracturada / pobre

Fuente: Elaboración propia

D) Estación: progresiva N° 02 del XC 315 NE/veta Ximena

Tabla 24 Sostenimiento en la medición 1

Medición 1	Cálculo de GSI
<ul style="list-style-type: none"> Fracturamiento 23 f/m Resistencia: se indenta con 1 golpe de picota Factores influyentes: agua subterránea (flujo de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> Paso 1: intensamente fracturada (IF) Paso 2: pobre (P) Paso 3: intensamente fracturada / pobre (IF/P) Paso 4: cimbras metálicas o cuadros de madera (esp. 1.00 a 1.20 m) y Marchavantes o shotcrete 2" más P. sistemático a 1.0 x 1.0 m (perno helicoidal o split set de 5' o 7') con malla. GSI: intensamente fracturada / pobre

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Sostenimiento en la medición 2

Medición 2	Cálculo de GSI
<ul style="list-style-type: none"> Fracturamiento 23 f/m Resistencia: se <u>indent</u> con 1 golpe de picota Factores influentes: agua subterránea (flujo de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> Paso 1: intensamente fracturada (IF) Paso 2: pobre (P) Paso 3: intensamente fracturada / pobre (IF/P) Paso 4: cimbras metálicas o cuadros de madera (esp. 1.00 a 1.20 m) y <u>marchavantes</u> o <u>shotcrete</u> 2" más P. sistemático a 1.0 x 1.0 m (perno helicoidal o <u>split</u> set de 5' o 7') con malla. GSI: intensamente fracturada / pobre

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 Sostenimiento en la medición 3

Medición 3	Cálculo de GSI
<ul style="list-style-type: none"> Fracturamiento 27 f/m Resistencia: se <u>indent</u> con 1 golpe de picota Factores influentes: agua subterránea (flujo de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> Paso 1: intensamente fracturada (IF) Paso 2: pobre (P) Paso 3: intensamente fracturada / pobre (IF/P) Paso 4: cimbras metálicas o cuadros de madera (esp. 1.00 a 1.20 m) y <u>marchavantes</u> o <u>shotcrete</u> 2" más p. sistemático a 1.0 x 1.0 m (perno helicoidal o <u>split</u> set de 5' o 7') con malla. GSI: intensamente fracturada / pobre

Fuente: Elaboración propia

Herramientas, materiales y equipos para ejecución de cimbras

Tabla 27 Herramientas, materiales y equipos

Herramientas	Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> Barretillas de 4', 6', 8' y 10' Como de 6 lbs. Puntas Llave de boca Llave francesa de 10" y 12" Nivel de mano Flexómetro Plomada Soga de nylon de ½" de 	<ul style="list-style-type: none"> Vigas H Rieles 45 Arena de 3/4 Cemento Alambre de 8" Cimbra y accesorios Tablas de 2"x8"x10" Chanfer Tuercas Clavos Sogas Sacos metaleros Planchas acanaladas 	<ul style="list-style-type: none"> Máquina de soldar Bastón luminos Amoladora Roto martillo Andamio Detector de gases Equipo oxicorte

Procedimiento de ejecución de cimbras

- Recibir la orden de trabajo escrita por el supervisor.
- Actividad con PETAR; firmado por el jefe de guardia y supervisor.
- Inspeccionar el área de trabajo aplicando las herramientas de gestión: IPERC continuo y CHECK LIST de labor y andamios.
- Verificar los materiales, herramientas, y equipo aplicando el CHECK LIST del equipo correspondiente.
- Trasladar las herramientas y materiales de almacén superficie hacia la labor con el apoyo de los equipos Scooptram y locomotora.
- Inspeccionar e instalar el reflector en una zona segura donde se pueda obtener una buena iluminación para la visibilidad del área.
- Realizar el desatado de rocas según el procedimiento ISA-PI-PET 03 desatado de rocas en labores horizontales.
- Instalar el andamio correctamente nivelado con el piso
- Realizar el picado de la base de la cimbra haciendo uso de puntas y comba y/o uso de rotomartillo de 30 cm de patilla.
- Para la instalación de las cimbras se realizará según el procedimiento ISA-PI-PET 07 Sostenimiento con cimbras.
- Iniciar la instalación de cimbras en avanzada con presentación de 2 juegos de cimbras de 3.50 x 3.00 metros espaciados a 1.20 según la recomendación del área de geomecánica y colocar los distanciadores entre cimbras.
- Recuperar el primer cuadro de madera.
- Colocar guardacabezas y/o machacantes de 2.50 m a 3.00 sobre las dos primeras cimbras instaladas.
- Una vez instalada la segunda cimbra empezar con el vaciado de las patillas de los dos juegos instalados.

- Proceder a encofrar los muros y vaciar a una altura de 1.20 m.
- Colocar las planchas acanaladas y soldar por detrás de las cimbras.
- Colocar los bolsacretes correctamente empaquetados entre el hastial de la labor y la parte posterior de las cimbras.
- Instalar la tercera cimbra según el punto de dirección y gradiente y colocar los respectivos distanciadores.
- A partir de la cimbra instalada realizar la recuperación de los cuadros de madera por cada cimbra siguiente a instalar hasta culminar con el sostenimiento por cada cimbra siguiente a instalar hasta culminar con el sostenimiento de tramo a rehabilitar.
- Continuar con el mismo proceso anterior para los juegos de cimbras restantes.

Especificaciones del estándar

- Para el armado de cimbra la cuadrilla debe formar de 01 maestro y 03 ayudantes de servicios.
- Personal debe contar con su orden de trabajo: ISA-PI-OT-08 –FOR-01 ISA-PI-IPERC-06-FOR-01 Iperc Continuo PETAR: ISA-PI-PT- 01-FOR- 08 – PETAR
- El maestro y ayudantes realizaran la inspección de la labor y llenaran su check list: ISA-PI-CHL- 01-FOR-03 de labores.
- Campo de aplicación: Tipo de labores: Permanentes
- Características del macizo rocoso: GSI: IF – T / MP; Q: 0.4 – 0.05 y RMR: 36
- Contradicciones: Presencia de agua acida
- De la distancia entre cimbras: Condiciones normales: 1.2 m (considerar que el espaciamiento es de eje a eje).
- De la verticalidad y paralelismo:

- Las cimbras deben de ser completamente verticales para ello el personal deberá contar con plomada y nivel.
- Las cimbras deben estar alineadas entre sí. Para ello se utilizará el punto de dirección de la labor.
- Del perfil de las cimbras:
- Condiciones normales: Tipo H 13lb/pie
- Condiciones de presiones: Tipo H 20lb/pie.
- Del anclaje de las cimbras:
- En el inicio y término de las cimbras deberán estar sujetos con cáncamos.
- Entre cimbra y cimbra se mantendrá la distancia por medio de tirante.
- La presentación de la cimbra metálica:
- Se requiere de una plataforma para dichos trabajos.
- La profundidad de la patilla:
- Mínimo: 1 pie (30cm); y en el lado de la cuneta: 1 1/2pies mínimo (45 cm).
- Solamente se avanzará la distancia necesaria para armar la siguiente cimbra:
- En Todos los casos se utilizará marchavantes en el momento de la instalación.
- Del Empaquetado De Las Cimbras:
- Se pueden empaquetar con tablas de 2 x 2 x 8' pies o 3 x 3 x 8' pies, luego con redondos de madera, y bolsacrete en los arcos de las cimbras u otros.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Cálculo de costos de sostenimiento

Se evalúa que según el RMR estandarizado el tipo de sostenimiento a emplear es cimbra metálica; tanto, en las estaciones: progresiva N°01 y en la progresiva N°02. En el presente cuadro nos muestra los costos de la instalación de una cimbra. Ver tabla N°27.

Tabla 28 Costo de instalación de cimbra

Ítem	Descripción	Costo Sub Total
01	SUELDO DE – PERSONAL	244.12
02	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	21883.70
03	EQUIPO DE TRASLADO	476.64
04	ARMADO DE CUADROS CON CIMBRA Y EMPAQUETADO CON BLOSA CREST	1177.44
	TOTAL	22604.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Evaluación según RMR estandarizado

Informes	Unidad
Sostenimiento que se recomienda	cimbra
Tipo de cimbra	a
Sección de la labor	H6
Espaciamiento de cimbras	3 x 3
Distancia de sostenimiento	1.2 x
Precio unitario de cimbra metálica	1.2
	Metros
	Metros
	Metros
	Metros
	Soles
<i>Cálculo de sostenimiento con cimbras</i>	
N.º de cimbras	100/1.
	20
Costo de sostenimiento	90*22
	604.4
	6

Fuente: Elaboración propia

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis general

Se hizo la evaluación geomecánica en las estaciones N°01 y progresiva N°02, que se encuentra en el XC 315 NE/veta Ximena, de acuerdo a los valores encontrados y según el Rock Mass Rating estandarizado y la cartilla geomecánica Geological Strength Index en la Minera Alpayana. El tipo de sostenimiento recomendado es la construcción de cimbras metálicas con un espaciado variable promedio de 1.2 x 1.2 m en una distancia de 100 metros lineales.

4.3.2. Prueba de hipótesis N° 01

La evaluación geomecánica a través de los análisis cualitativos y cuantitativos del macizo rocoso tuvo una influencia importante en la determinación del tipo de soporte en el XC 315 NE/veta Ximena, de la unidad minera Alpayana, dichas evaluaciones realizadas en el campo, a través de las siguientes consideradas:

- Esfuerzo a la compresión uniaxial de roca intacta
- Rock Quality Designation
- Espaciado de las fracturas
- Condiciones de Discontinuidades
- Agua subterránea
- Ajuste por orientación de estructuras

4.3.3. Prueba de hipótesis N° 02

Con las características evaluadas en geomecánica de la masa rocosa, y de acuerdo a su análisis técnico del índice geomecánico del Rock Mass Rating de Bieniawski; que, dio como resultado una valoración promedio de RMR 36 y esto significa que es una roca **mala**, que necesita de tipo de sostenimiento como el uso de las cimbras; asimismo, a través del Geological Strength Index de Marinos y Hoek, también se determinó el uso de cimbras. Al respecto, en el

presente estudio se consideraron el uso de las herramientas, materiales y equipos para ejecución de cimbras y también los procedimientos de ejecución de cimbras, aplicado en el XC 315 NE/ veta Ximena, que se observa en la figura del plano N°11. También, se determinó los costos unitarios de sostenimiento, que se presenta en la siguiente tabla: N°31.

Tabla 30 Costo de sostenimiento de cimbra

<i>Informes</i>		<i>Unidad</i>
<i>Sostenimiento estimado</i>	<i>Cimbr</i>	<i>pza.</i>
	<i>a</i>	
<i>Tipo de cimbra</i>	<i>H6</i>	<i>Metros</i>
<i>Sección de la labor</i>	<i>3 x 3</i>	<i>Metros</i>
<i>Distancia entre cimbras</i>	<i>1.2 x</i>	<i>Metros</i>
	<i>1.2</i>	
<i>Longitud de sostenimiento</i>	<i>100</i>	<i>Metros</i>
<i>Precio unitario de cimbra</i>	<i>22604</i>	<i>Soles</i>
<i>metálica</i>	<i>.46</i>	
<i>Cálculo de sostenimiento en</i>		
<i>cimbras</i>		
<i>N.º de cimbras</i>	<i>100/1.</i>	<i>90 cimbras</i>
	<i>20</i>	
<i>Costo de sostenimiento</i>	<i>90*22</i>	<i>2'034,401.4</i>
	<i>604.4</i>	
	<i>6</i>	

Fuente: Elaboración propia

4.4. Discusión de resultados

El resultado de la evaluación geomecánica del XC 315 NE/veta Ximena, son diferentes según la clasificación geomecánica de Bieniaswski, se señala que la calidad del macizo rocoso es mala VI-A con un RMR 34, 36 y 31 en las estaciones: progresiva N°01, y RMR 28, 30 y 27 en la progresiva N°02. En la presente evaluación geomecánica del XC 876 se empleó el sistema de clasificación de macizos rocosos RMR de Bieniawski se presenta un resumen del resultado mediante el cuadro siguiente:

A) Estación: progresiva N°01 del XC 315 NE/veta Ximena

Tabla 31 Resumen del cálculo de RMR

Parámetros	
1	<i>Resistencia a la compresión uniaxial de roca intacta</i>
2	<i>RQD</i>
3	<i>Espaciamiento de las discontinuidades</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Persistencia</i> • <i>Apertura</i> • <i>Rugosidad</i> • <i>Relleno</i> • <i>Intemperismo</i>
4	<i>Condición de discontinuidades</i>
5	<i>Agua subterránea</i>
6	<i>Ajuste por orientación de estructuras</i>
	<i>RMR</i>
	<i>Roca tipo</i>

Fuente: Elaboración propia

B) Estación: progresiva N°02 del XC 876 del nivel 21

Tabla 32 Resumen del cálculo de RMR

Parámetros	M1
1	<i>Resistencia a la compresión uniaxial de roca intacta</i>
2	<i>RQD</i>
3	<i>Espaciamiento de las discontinuidades</i>
4	<i>Condición de Discontinuidades</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Relleno</i> • <i>Intemperism</i> • <i>O</i>
5	<i>Agua subterránea</i>
6	<i>Ajuste por orientación de estructuras</i>
	<i>RMR</i>
	<i>Roca tipo</i>

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. La principal formación rocosa que se presenta, es el Grupo Casapalca, formado por dos miembros litológicos: el miembro inferior formado por capas rojas y por areniscas rojizas, limonita y lutita, con grado de caliza. Asimismo, presenta un conjunto de intrusiones de diorita-pórfido a granodiorita que ocurren en la parte central y noreste del cinturón de vetas.
2. El presente estudio, se encuentra en la unidad estructural denominado falla Americana que corresponde a este sistema; las fallas laterales del sistema N 50° E a N 75 °W atraviesan la secuencia litológica, afectando las vetas en de la mina que se encuentran al noreste.
3. Despues, de una evaluación geomecánica de la zona XC 315 NE/veta Ximena, se concluye que el tipo de sostenimiento recomendado para cada progresión se obtuvo en base a la clasificación RMR y GSI, en las estaciones progresiva N°01 y N°02; que el tipo de soporte es la instalación de cimbras metálicas con un intervalo de espaciado de 1,2 x 1,2 m en una distancia de 100 metros.
4. Se determinaron las propiedades de masa rocosa en la zona XC 315 NE/veta Ximena, que fueron: resistencia a la compresión, espaciamiento entre discontinuidades, persistencia, aperturas, rugosidad, relleno, meteorización y orientación, con este análisis de determinaron que las propiedades de la roca son críticas obteniéndose un RMR 36.
5. Al elegir el tipo de soporte para la XC 315, el costo unitario es un factor crucial. Si bien es recomendable reducir costos, se debe priorizar el soporte geomecánico analizado. Esto permite evitar riesgos de desprendimientos de rocas que podrían poner en peligro las operaciones mineras, así como la seguridad del personal, los equipos respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Se debe evaluar continuamente la caracterización geomecánica para obtener los parámetros geotécnicos que se deben tener en cuenta en el planeamiento, diseño durante las operaciones mineras, especialmente en la zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana S.A. Unidad Americana.
2. Durante la explotación por el método de minado sub level stoping, se recomienda establecer un tiempo determinado para establecer el minado en retroceso; porque la masa rocosa presenta un RMR de clase IV – mala e intensamente fracturada.
3. La Compañía Minera Alpayana S.A. Unidad Amamerica, presenta un índice de accidentes e incidentes, por el tipo de roca de roca mala, por ello se considera no reducir costos en sostenimiento, caso contrario tendría en el incremento de caída de rocas y, afectaría a la productividad de la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barton, N. (1992- 1993).** Predicting the behavior of underground openings in rock. New Delhi.
- Bateman, Alan. (1 959).** Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Madrid, España: Ed. Omega.
- Beltrán, C. (2 010).** Estudio Experimental de Relleno Hidráulico en La Mina Atacocha. Perú.
- Bieniawski Z.T. (1989).** "Engineering Rock Mass Clasification" Wiley – Interscience Publication.
- Bustillos, M & López J., C. (1990).** "Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras", Entorno Gráfico S. L. Madrid, España 705 pp.
- Carras Pallete, C. (2002).** "Geología de Minas". Ed. Omega. Madrid, España, 984 pp.
- Córdova Rojas, D. (2011).** Técnicas Geomecánicas Básicas para Evaluación de la Estabilidad de Excavaciones Rocosas Subterráneas. Mina Uchucchacua, Perú.
- Cuervas, J. (2015),** Evaluación de la estabilidad de excavaciones mineras de pequeño diámetro mediante clasificaciones geomecánicas y análisis empíricos: el caso de la mina de San Juan, Ecuador. España.
- Dave, L. (1998).** Tecnología de Pasta para Aplicaciones de Relleno Subterráneo. Golder Paste Tecnology Ltd. Curso Internacional, Perú.
- Condori, N. (2017).** "Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura". Puno-Perú.
- De La Rosa, L. (2015),** Caracterización geomecánica del macizo rocoso de rampa Laboreo Oeste de Mina Alto de la Blenda para determinar la estabilidad y necesidad de sostenimiento de la Labor.
- Del Río, T. (2005).** "Comercialización de Minerales". Ed. Lirio. Lima, Perú, 2005. 436pp.
- Delgado Peña, R. "Los Minerales y la Economía Peruana". Ed. Retama. Lima, Perú, 2006. 133 pp.

Gonzales, S. (2021), Evaluación geomecánica para el diseño del sostenimiento el túnel de exploración Chaquicocha fase II Minera Yanacocha SRL, Cajamarca.

Gutierrez, R. (2023), Evaluación geomecánica del macizo rocoso para el diseño de sostenimiento y estabilidad en la zona de explotación Hércules, Unidad Minera Huancapeti. Ayacucho.

Hoek, E. (1999). Strength of rocks and rock masses. ISRM New Journal 5 (2), pg 12-26. Bath, C., y S. Duda.1968. Secular Seismic Energy release in the circum pacific belt.

Mendoza J. (2022), Evaluación geomecánica del macizo rocoso en la construcción y sostenimiento de la chimenea-2226, por el método raise climber Mina Lourdes en la U.E.A Parcoy (Consorcio Minero Horizonte S.A), Cajamarca.

Rios, R. (2019). “Evaluación geomecánica para la determinación del tipo de sostenimiento del macizo rocoso en los túneles carreteros-Los Ángeles”.

Weiss F. y Córdova D. (1991). “Influencia de las condiciones naturales en la selección del método de explotación en minería subterránea”, Informe INGEMMET.

Villota, O. (2022), Evaluación y Caracterización del macizo rocoso para la identificación del comportamiento de los diferentes tipos de sostenimiento en la Mina El Roble, El Carmen de Atrato, Chocó. Colombia.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Objetivo General: Evaluar las propiedades geomecánicas del macizo rocoso a través del mapeo sistemático de discontinuidades para proponer un diseño de sostenimiento optimizado basado en las clasificaciones RMR, Q y GSI de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpaya S.A. Unidad Americana.			
Herramientas de Medición y Orientación	Datos a Recolectar	Parámetros de Evaluación	Procedimiento
Brújula geológica	Es la herramienta para medir la orientación, el rumbo y buzamiento.	1. Orientación 2. Resistencia de la roca intacta 3. RQD 4. Espaciado y Persistencia 5. Rugosidad 6. Apertura y Relleno 7. Presencia de agua subterránea	<p>Paso 1: Inspección del área de trabajo y limpieza de la cara donde se realizará el mapeo geomecánico.</p> <p>Paso 2: Se instala la línea de detalle, se fija con el flexómetro, se marca con el spray y se mide el azimut con la brújula.</p> <p>Paso 3: Se recolecta toda la información de datos de la roca intacta con ayuda de la picota, lupa, después se estima la resistencia con el Martillo de Schmidt y se anota todo en un formato de logueo.</p> <p>Paso 4: Se realiza la caracterización de discontinuidades, se registra en la tabla de apoyo la posición, orientación, persistencia, apertura, relleno y rugosidad.</p> <p>Paso 5: Registro fotográfico y muestreo.</p> <p>Paso 6: Procesamiento de datos en gabinete</p>
Cinta métrica	Se establece la línea de detalle.		
Peine de Bartón	Se utiliza para calcar el perfil de rugosidad de una superficie de roca y determinar el JRC		
Martillo de Schmidt	Permite estimar la resistencia a la compresión simple (UCS) de la pared de la roca de forma no destructiva.		
Herramientas de Campo			
Picota de geólogo	Se expone planos de fractura		
Cincel y combo	Limpiar juntas y extraer muestras		
Cepillo de cerdas	Se utiliza para observar el relleno real		
Lupa de mano	Se utiliza para observar los minerales del relleno		
Registro de Datos y Documentación			
Formatos geomecánicos: RMR, Q y GSI	Recolección de datos y hojas estandarizadas para determinación de cálculos		

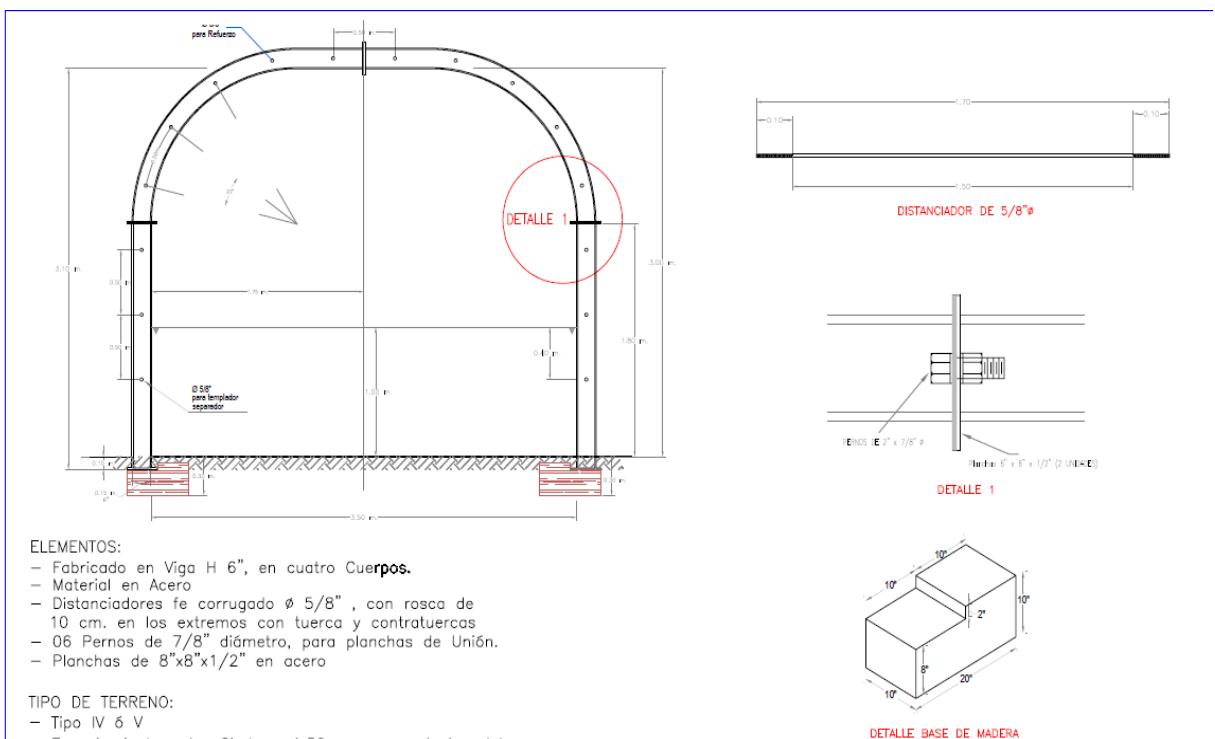
Cámara fotográfica	Registro visual de estaciones de mapeo		
Spray	Se utiliza para marcar la línea de detalle		

Instalación de cimbras metálicas

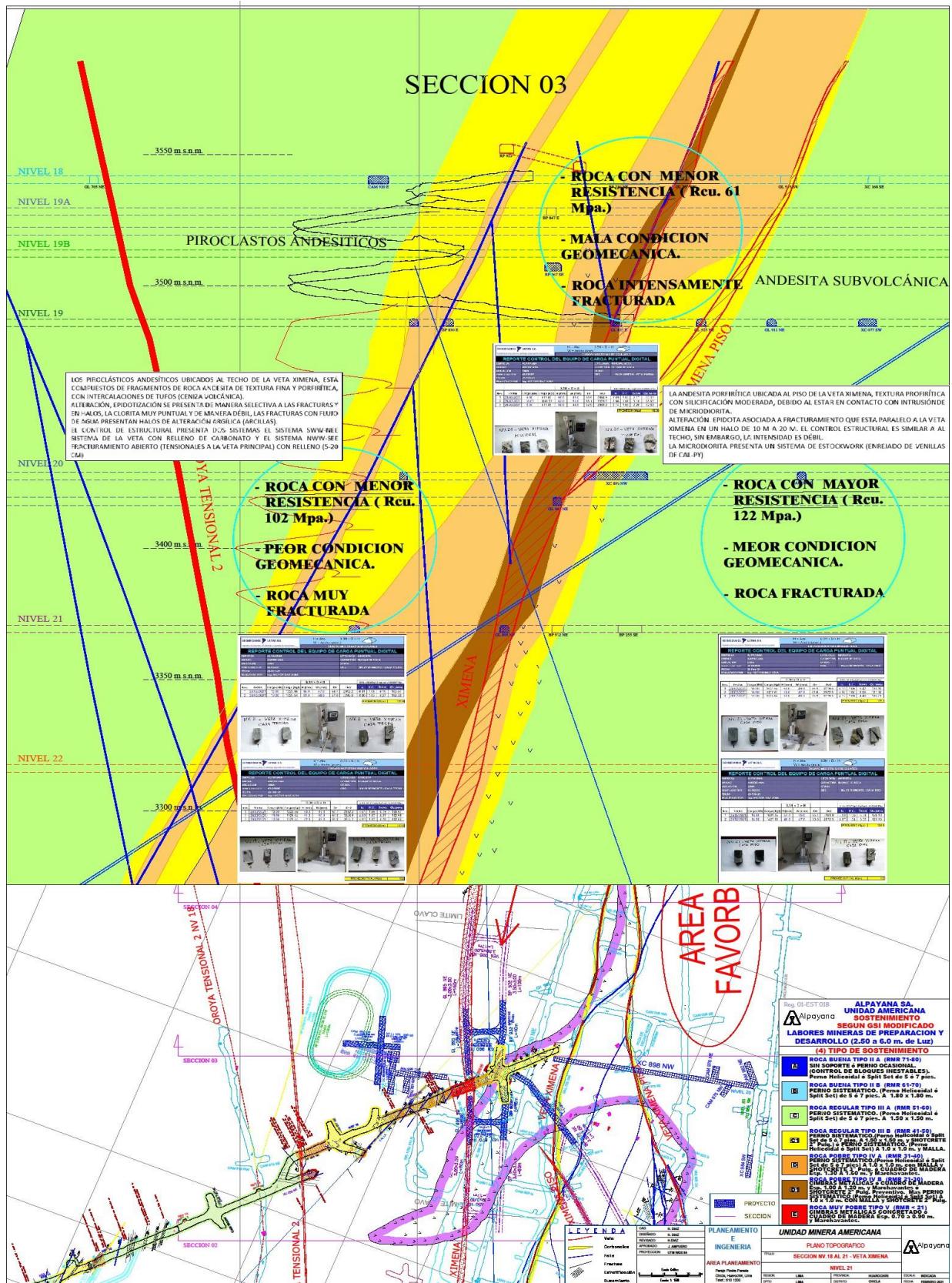


Sostenimiento con cimbras metálicas

Plano de instalación de cimbra



Zonificación geomecánica nivel 21 – unidad minera Americana



MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: Evaluación Geomecánica en el Sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana S.A. Unidad Americana Tesista: Bach. CARHUAS PANDURO, Cristopher Estefano						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓNES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVEST
<p>GENERAL: ¿Es posible efectuar la Evaluación Geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>A. ¿Cómo influye la aplicación de la evaluación geomecánica para realizar el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana?</p> <p>B. ¿Cómo obtener los Parámetros Geotécnicos, para realizar un adecuado sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana?</p>	<p>GENERAL: Efectuar la evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>A. Aplicar la evaluación geomecánica para realizar el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.</p> <p>B. Obtener los Parámetros Geotécnicos, para realizar un adecuado sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.</p>	<p>GENERAL Con la Evaluación Geomecánica se determinará el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>A. Con la aplicación de la evaluación geomecánica se realizará el tipo de sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.</p> <p>B. Con los Parámetros Geotécnicos, se realizará realizaremos un adecuado sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.</p>	<p>INDEPENDIENTE X: Evaluación Geomecánica de la zona XC 315 NE/ Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.</p> <p>DEPENDIENTE Y: Sostenimiento de la Zona XC 315 NE/Veta Ximena en la Compañía Minera Alpayana.</p>	<p>Evaluación Identificación Operaciones Control de estabilidad Soporte Sostenimiento</p>	<p>Mapeos geomecánicos RMR Índice Q Labores mineras Zona XC 315 NE Zonificación Parámetros geotécnicos Bloques rocosos Discontinuidades Paneles de zonificación Esfuerzos Estabilidad Activo Pasivo</p>	<p>TIPO: Aplicada. NIVEL: Evaluativa .</p>