

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE MODELAMIENTO
IMPLÍCITO Y EXPLÍCITO PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO
GEOMECÁNICO TRIDIMENSIONAL EN MINERA BATEAS - AREQUIPA-
2024**

PRESENTADO POR:

Bach. ROCIO LAURA CHOQUE ALARCON

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEOLOGO**

ASESOR:

Ing. MAURO ZEGARRA CARREON

CUSCO - PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor MAURO ALBERTO ZEGARRA CARREON.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS
MÉTODOS DE MODELAMIENTO IMPLÍCITO Y EXPLÍCITO PARA LA
ELABORACIÓN DEL MODELO GEOMECÁNICO TRIDIMENSIONAL EN
MINERA BATEAS - AREQUIPA - 2024

Presentado por: ROCIO LAURA CHOQUE ALARCON..... DNI N° 75170270.....;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO GEOLOGO.....
.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 06 de OCTUBRE de 2025.....

[Firma]
Firma

Post firma MAURO ALBERTO ZEGARRA CARREON.....

Nro. de DNI 23848124.....

ORCID del Asesor 0000-0003-0716-3980.....

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistemade Detección de Similitud: **oid:** 27259:499558691.....

Rocio Laura Choque Alarcón

**ANALISIS COMPARATIVO DE LOS METODOS DE
MODELAMIENTO IMPLICITO Y EXPLICITO PARA LA ELABOR...**



Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:499558691

138 páginas

Fecha de entrega

16 sep 2025, 3:23 p.m. GMT-5

37.111 palabras

Fecha de descarga

16 sep 2025, 3:35 p.m. GMT-5

194.198 caracteres

Nombre del archivo

VERSION FINAL_R.CH_REV0.pdf

Tamaño del archivo

5.3 MB

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
46 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A la memoria de mis abuelos, Mario Alarcón Quintanilla y María Bárcena, quienes hicieron de mi infancia una etapa llena de amor. Aunque ya no estén físicamente, sé que estarían orgullosos de este logro, los llevo conmigo en cada paso que doy.

A mi princesa, Marleny Alarcón, por motivarme a dar siempre lo mejor de mí, por su compañía y por ser mi apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis hermanos: Fiorela, Armandito, Valeria, Antonella y Dieguito, por ser mi inspiración diaria y el pilar que me impulsa a seguir creciendo.

Con amor,

Rocío Laura

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por bendecirme con la vida y la oportunidad de compartir este logro con las personas que más amo.

Detrás de cada meta alcanzada hay esfuerzo, sacrificio y muchas personas que forman parte del camino. Agradezco con todo mi corazón a mi familia, por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Cada palabra de aliento y cada gesto de cariño han sido fundamentales en mi desarrollo personal y profesional.

A mi mentor, el Ing. Noe Cabello, por su guía constante y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo de investigación. Sus orientaciones técnicas, sugerencias y observaciones optimizó el resultado del estudio. Agradezco también la confianza depositada en mi trabajo y desempeño.

Al Ing. Gaither De la Sota, por la oportunidad de dar mis primeros pasos como profesional en Geomecánica Latina, experiencia que marcó el inicio de mi crecimiento en esta disciplina.

A mi maestra Erika Lira y a su familia, por la excelente formación en mis primeros años de estudio en el colegio y por su apoyo incondicional incluso después de mi egreso de la universidad.

A mis tíos, Alexander Alarcón y Janet Bárcena, por cuidarme desde niña y acompañarme en los momentos más importantes de mi vida. Tenerlos a mi lado es una bendición.

A mis amigos, Roly Aymachoque, Jonathan Benito y Úrsula Alarico, por demostrarme que el tiempo y la distancia no debilitan la amistad, sino que la hacen más fuerte.

A mis colegas, el Ing. Luis Arce y Thalia Sipión, por su colaboración en las campañas de recolección de datos e información necesaria para el desarrollo de esta investigación.

A mi alma máter, la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco y a todos los que formaron parte de este proceso.

Con cariño,

Rocío Laura

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: Generalidades.....	15
1.1. Ámbito de Estudio.....	15
1.1.1 Localización Política	15
1.1.2 Localización Geográfica.....	15
CAPÍTULO II: Planteamiento del Problema	17
2.1 Situación Problemática.....	17
2.2 Formulación de problema	18
2.2.1 Formulación del problema general	18
2.2.2 Formulación del problema específicos	18
2.3 Justificación de la investigación.....	18
2.4 Objetivos	19
2.4.1 Objetivo General.....	19
2.4.2 Objetivos Específicos	20
CAPÍTULO III: Marco Teórico Conceptual	21
3.1 Bases Teóricas.....	21
3.1.1 Antecedentes Locales	21
3.1.2 Antecedentes nacionales.....	21
3.1.3 Antecedentes internacionales	23
3.2 Marco Conceptual	25
3.2.1 Modelo Implícito	25
3.2.2 Modelo Explícito	27

3.2.3 Logueo Geomecánico	28
3.2.4 Mapeo Geomecánico	28
3.2.5 Geoestadística	29
3.2.6 Variables aleatorias.....	29
3.2.7 Variable discreta	29
3.2.8 Variable Continua	30
3.2.9 Variable Estocástica	30
3.2.10 Variables regionalizadas	31
3.2.11 Análisis variográfico.....	31
3.2.12 Análisis exploratorio de datos.	32
3.2.13 Kriging ordinario	32
3.2.14 Validación cruzada	33
3.2.15 Medidas de dispersión o diseminación	33
3.2.16 Media	33
3.2.17 Varianza.....	34
3.2.18 Desviación Estándar	35
3.2.19 Error Estándar de la Media	35
3.2.20 Nivel de Confianza	36
3.2.21 Intervalo de Confianza (IC).....	36
3.2.22 Probabilidades	37
3.2.23 Función de Distribución Acumulativa de la Variable Aleatoria Discreta	37
3.2.24 Elipsoide de Búsqueda (Modelamiento).....	38
3.2.25 Métodos de Interpolación: Métodos Determinísticos y Probabilísticos	38
3.2.26 Distancia Inversa Ponderada (IDW).....	39
3.2.27 Studio RM de Datamine	39

3.3 Antecedentes empíricos de la investigación.....	40
3.3.1 Geología.....	40
3.3.2 Geomorfología.....	45
3.3.3 Hidrología.....	46
3.3.4 Hidrogeología	48
3.3.5 Geología Estructural	53
3.3.6 Clasificación Geomecánica	55
3.4 Hipótesis.....	56
3.4.1 Hipótesis General	56
3.4.2 Hipótesis Específicas.....	56
3.5 Identificación de Variables e Indicadores	57
3.5.1 Variables Independientes.....	57
3.5.2 Variable Dependiente	57
3.6 Operacionalización de Variables.....	57
CAPÍTULO IV: Metodología de la Investigación	59
4.1 Tipo y nivel de investigación	59
4.1.1 Tipo de Investigación	59
4.2.2 Nivel de Investigación	59
4.2.3 Método de Investigación	59
4.3. Unidad de análisis	60
4.3.1 Parámetros del RMR	60
4.4. Población de Estudio.....	62
4.5. Tamaño de muestra	62
4.6. Técnicas de selección de muestra.....	62
4.6.1 Criterios de selección de muestras.....	62

4.7. Técnicas de recolección de información	63
4.7.1. Recursos primarios: Investigaciones en Campo	63
4.7.2 Recursos complementarios	66
4.8 Técnicas de análisis e interpretación de la información.....	67
4.8.1 Proceso y análisis de datos	67
4.8.2 Construcción del Modelo Geomecánico tridimensional	68
4.9 Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas	69
4.9.1 Definición de lineamientos para la obtención de datos	69
4.9.2 Criterios de Comparación de secuencia de modelado	69
4.9.3 Análisis de precisión y eficiencia	69
CAPÍTULO V: Resultados	70
5.1. Definición de los criterios y lineamientos para la obtención y registro de datos en las investigaciones geomecánicas.....	70
5.2 Secuencia de modelado para los métodos: implícito y explícito, destacando sus características intrínsecas y diferencias.....	71
5.2.1 Análisis de datos	71
5.2.2 Construcción del Modelo Geomecánico tridimensional	81
5.3 Análisis de ventajas y desventajas de los métodos de modelado implícito y explícito para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de la Mina Bateas.	97
5.3.1 Método Implícito	97
5.3.2 Método Explícito	97
CAPÍTULO VI: Discusión de Resultados	99
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
ANEXOS.....	105

Anexo 1: Matriz de consistencia	106
Anexo 2: Instrumentos de recolección de información.....	107
Anexo 3: Registro Geomecánico en Sondajes Diamantinos	108
Anexo 4: Registro Geomecánico mediante Líneas de Detall.....	112
Anexo 5: Registro Geomecánico mediante Celdas	116
Anexo 6: Base de datos parcial de los valores del registro Geomecánico	120
Anexo 7: Resultados de laboratorio	131
Anexo 8: Plano com información litológica y estructural en el nivel 12 de la Mina Bateas ..	133
Anexo 8: Base de datos parcial de las estructuras (Diaclasas y Fallas)	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del proyecto.....	16
Figura 2: Modelo Geomecánico elaborado por el método implícito	26
Figura 3: Modelo Geomecánico elaborado por el método explícito.....	27
Figura 4: Columna estratigráfica del distrito de Caylloma.....	42
Figura 5: Geología Local de la zona de estudio.....	48
Figura 6: Fisiografía e hidrografía del área de Estudio.....	48
Figura 7: Modelo hidrogeológico conceptual, Minera Bateas.....	51
Figura 8: Presencia de agua en las labores subterráneas.....	53
Figura 9: Principales estructuras en el ámbito de la Mina Bateas	54
Figura 10: Registro Geomecánico de la masa rocosa en sondajes diamantinos	63
Figura 11: Registro Geomecánico de la masa rocosa mediante líneas de detalle	65
Figura 12: Registro Geomecánico de la masa rocosa mediante celdas.	66
Figura 13: Histograma de Frecuencias de la base de datos Geomecánicos.....	72
Figura 14: Distribución de probabilidad (RMR)	73
Figura 15: Función de distribución acumulativa de la probabilidad (RMR).....	73
Figura 16: Diagrama estereográfico de diaclasas, densidad de polos en rocas caja	74
Figura 17: Diagrama estereográfico de diaclasas, rosetas de diaclasas	75
Figura 18: Diagrama estereográfico de diaclasas, densidad de polos.....	75
Figura 19: Diagrama estereográfico de diaclasas, rosetas de diaclasas	76
Figura 20: Diagrama estereográfico de fallas, densidad de polos	76
Figura 21: Diagrama estereográfico de fallas, rosetas de fallas.....	77
Figura 22: Vista tridimensional del registro geomecánico en sondajes diamantinos.	81

Figura 23: Vista tridimensional del registro geomecánico en líneas de detalle.....	82
Figura 24: Vista tridimensional del registro geomecánico en celdas.	82
Figura 25: Delimitación de los dominios cercano y lejano a la estructura mineralizada	84
Figura 26: Variograma de índices RMR para el eje X.....	84
Figura 27: Alcance en el eje Y	84
Figura 28: Alcance en el eje Z	85
Figura 29: Plano nivel 4500 mostrando el índice RMR en el Modelo y sondajes.....	86
Figura 30: Sección transversal mostrando el índice RMR en el Modelo y sondajes.....	87
Figura 31: Vista Isométrica.....	87
Figura 32: Vista Isométrica.....	88
Figura 33: Vista Isométrica, modelo geométrico y modelo de bloques interceptada con la sección 18.	
Figura 34: Vista en planta de las líneas de sección.....	89
Figura 35: Sección transversal con información de las investigaciones geomecánicas.	90
Figura 36: Sección en planta con información de la zonificación geomecánica.	90
Figura 37: Sección transversal interpretada.....	91
Figura 38: Proceso de interpolación por el método explícito	92
Figura 39: Vista Isométrica de secciones unidas	93
Figura 40: Sección interpretada N° 78.....	93
Figura 41: Vista Isométrica del modelo Geomecánico 3D – Método Explícito.....	94
Figura 42: Secciones de comparación, zona SW	95
Figura 43: Secciones de comparación, zona NE.....	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Localización Política	15
Tabla 2: Localización Geográfica	15
Tabla 3: Clasificación RMR del macizo rocoso	56
Tabla 4: Operacionalización de variables	58
Tabla 5: Parámetros del RMR89.....	61
Tabla 6: Tamaño de muestra.....	62
Tabla 7: Registro Geomecánico en sondajes diamantino por campaña.....	64
Tabla 8: Registro Geomecánico mediante Líneas de detalle	64
Tabla 9: Registro Geomecánico mediante celdas	66
Tabla 10: Criterios para la clasificación geomecánica	70
Tabla 11: Resultado del análisis estadístico de la base de datos geomecánicos.....	71
Tabla 12: Análisis de frecuencia de la base de datos Geomecánicos	71
Tabla 13: Análisis de probabilidades de la base de datos Geomecánicos	72
Tabla 14: Sistemas de discontinuidades estructurales	77
Tabla 15: Clasificación geomecánica en las rocas caja	79
Tabla 16: Clasificación geomecánica en el ámbito de la mineralización	80
Tabla 17: Alcance del elipsoide de búsqueda para la estimación RMR	85

LISTA DE ABREVIATURAS

RMR – Rock Mass Rating – Clasificación del macizo rocoso de Bieniawski

RQD – Rock Quality Designation – Índice de calidad de la roca

UCS – Uniaxial Compressive Strength – Resistencia a la compresión uniaxial

ASTM - American Society for Testing and Materia /Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

GSI – Geological Strength Index – Índice geológico de resistencia

IDW – Inverse Distance Weighting – Distancia inversa ponderada

EEM – Error Estándar de la Media

BLUE – Best Linear Unbiased Estimator – Mejor estimador lineal insesgado

FDA – Función de Distribución Acumulativa

ISRM – International Society for Rock Mechanics

SIG – Sistema de Información Geográfica

IC – Intervalo de Confianza

NE – Noreste

SW – Suroeste

RM – Resource Model – Modelo de Recursos

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla un análisis comparativo entre dos metodologías de modelamiento: implícito y explícito, para la construcción del modelo geomecánico tridimensional de la mina Bateas ubicada en Arequipa. La investigación se sustenta con los registros geomecánicos obtenidos en campo en las diferentes campañas de investigación, laboratorio e información complementaria de la mina que incluyó: 47155.2 m lineales de sondajes diamantinos, distribuidos en 260 sondajes y 3,398.59 m de mapeo geomecánico, valores expresados mediante el índice de clasificación RMR (Rock Mass Rating).

Los datos fueron integrados en el software Studio RM de Datamine, para generar los sólidos geomecánicos para ambas metodologías. El modelo implícito fue elaborado a partir de algoritmos de interpolación condicionado por el elipsoide de búsqueda, su procesamiento es más corto en cuestión de tiempo y recursos, sin embargo, presenta limitaciones en cuanto a la precisión de los dominios geomecánicos. En contraste, el método explícito se basó en la interpretación de 140 secciones transversales orientadas de forma perpendicular a la estructura mineralizada, permitiendo correlacionar con la información litológica y estructural observadas en campo.

En conclusión, los resultados muestran que el método explícito proporciona una representación más realista de la masa rocosa, evidencia con mayor precisión y coherencia los dominios geomecánicos en relación a la estructura mineralizada y su entorno, concordancia con la litología, geología estructural y las observaciones realizadas en campo.

Palabras clave: Modelo Geomecánico 3D, Método Implícito, Método explícito, Rock Mass Rating.

ABSTRACT

This study presents a comparative analysis of two modeling methodologies: implicit and explicit, for the construction of the three dimensional geomechanical model of the Bateas mine, located in Arequipa. The research is supported by geomechanical records obtained from field investigation campaigns, laboratory testing, and complementary mine data, which included 47,155.2 linear meters of diamond drilling distributed across 260 drill holes, and 3,398.59 meters of geomechanical mapping, with values expressed through the Rock Mass Rating (RMR) classification system.

The data were integrated into Datamine's Studio RM software to generate geomechanical solids for both methodologies. The implicit model was developed using interpolation algorithms conditioned by the search ellipsoid. This process requires less time and fewer resources; however, it presents limitations in terms of accuracy when defining geomechanical domains. In contrast, the explicit method was based on the interpretation of 140 cross-sections oriented perpendicularly to the mineralized structure, enabling correlation with lithological and structural information observed in the field.

In conclusion, the results show that the explicit method provides a more realistic representation of the rock mass, evidencing geomechanical domains with greater precision and consistency in relation to the mineralized structure and its surroundings, in agreement with lithology, structural geology, and field observations.

Keywords: 3D Geomechanical Model, Implicit Method, Explicit Method, Rock Mass Rating.

INTRODUCCIÓN

El modelo Geomecánico tridimensional en minería subterránea es una herramienta fundamental para la planificación y operación de sus actividades. Debido a la complejidad en el diseño minero, surge la necesidad de desarrollar herramientas de modelado más precisas y eficientes. En este contexto, se plantea la interrogante sobre cuál de los métodos de modelado es el más adecuado para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas, el método implícito o el método explícito. Por ello, el objetivo del presente trabajo es realizar el análisis comparativo entre ambas metodologías, para determinar cuál de estos proporciona mayor confiabilidad, precisión y eficiencia para la elaboración del modelo Geomecánico 3D de la mina Bateas.

En el Capítulo I se presentan las generalidades del estudio, describiendo el ámbito geográfico y político de la Mina Bateas, ubicada en Caylloma, Arequipa.

El Capítulo II aborda el planteamiento del problema, destacando la falta de un modelo geomecánico 3D confiable. Se formula el problema general y los específicos, se plantean los objetivos, se justifica la importancia de comparar ambos métodos de modelamiento en función de su aplicabilidad en la mina.

En el Capítulo III se desarrolla el marco teórico y conceptual. Se revisan antecedentes locales, nacionales e internacionales de estudios similares, se conceptualizan términos claves. Además, se presenta información de la geología, geomorfología, hidrogeología y clasificación geomecánica de la Mina Bateas. Finalmente, se formulan las hipótesis y se identifican las variables de estudio.

El Capítulo IV expone la metodología de investigación, donde se describe el tipo y nivel de estudio, los métodos aplicados y la unidad de análisis. Se establecen la población, muestra y criterios de selección, así como las técnicas de recolección de los datos de entrada. También se explica el procesamiento de la información en el software Studio RM y los criterios de comparación entre ambos métodos de modelado.

El Capítulo V presenta los resultados obtenidos. En esta sección se muestran los criterios aplicados en la recopilación de datos, la secuencia de modelado para ambos métodos y la construcción de sólidos tridimensionales. Asimismo, se realiza un análisis comparativo de ventajas y desventajas.

El Capítulo VI corresponde a la discusión, donde se contrastan los hallazgos con investigaciones previas, los resultados obtenidos y la hipótesis planteada.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, que sintetizan los principales aportes del estudio y sugieren lineamientos para mejorar la práctica de modelamiento geomecánico en futuras investigaciones y proyectos mineros.

El resultado, no solo beneficiará directamente a la seguridad y eficiencia de las operaciones en Minera Bateas, sino que también contribuirán al avance del conocimiento en el campo de la geomecánica, pudiendo servir como base para futuras investigaciones y aplicaciones en contextos geológicos y mineros similares.

CAPÍTULO I: Generalidades

1.1. Ámbito de Estudio

1.1.1 Localización Política

La zona de estudio se encuentra ubicada en la zona sur del Perú, distrito y provincia de Caylloma, región Arequipa a una distancia aproximada de 300 km de recorrido vía terrestre desde la ciudad de Arequipa. El estudio se realizó en las excavaciones subterráneas y su entorno físico. (Ver plano 01 y Figura 1).

Tabla 1: Localización Política

Nivel	Nombre
Departamento	Arequipa
Provincia	Caylloma
Distrito	Caylloma

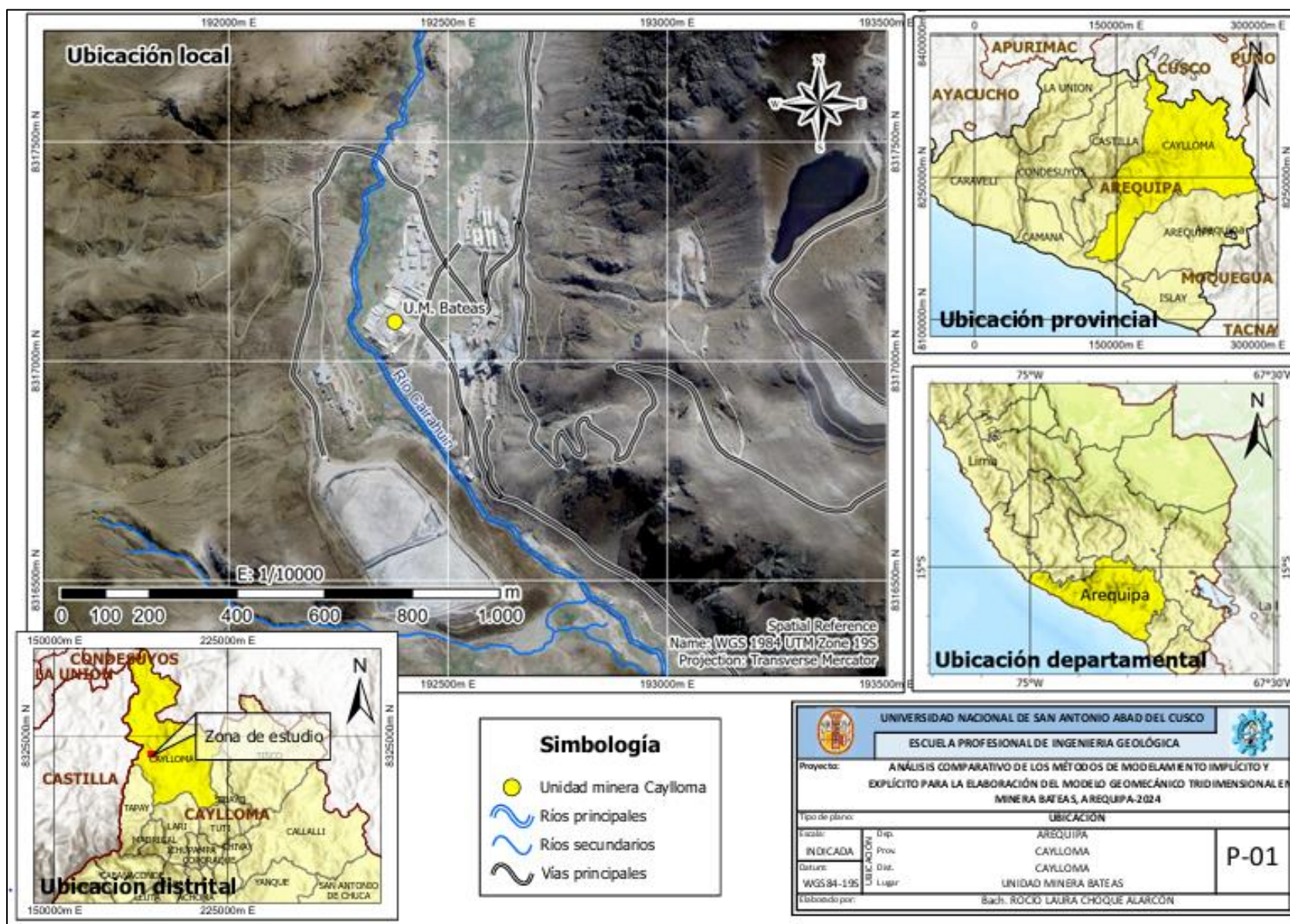
1.1.2 Localización Geográfica

La unidad minera se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

Tabla 2: Localización Geográfica

Coordenadas		
Geográficas	Latitud	15°12'14.65"
	Longitud	71°51'46.83"
UTM-WSG84 Zona 19 L	Este (m)	192388
	Norte (m)	8317086
	Altura (m)	< 4500

Figura 1: Ubicación del proyecto



CAPÍTULO II: Planteamiento del Problema

2.1 Situación Problemática

La elaboración del Modelo Geomecánico 3D de una unidad minera, es una herramienta fundamental para la evaluación y planeamiento de las operaciones mineras, ya que permite garantizar la seguridad y eficiencia de las mismas.

Existen dos enfoques generales para la elaboración de un Modelo Geomecánico 3D: el modelamiento implícito y explícito, cada método tiene sus ventajas y desventajas en términos de precisión, tiempo de elaboración y recursos necesarios.

En países como Estados Unidos, Canadá y Australia, afrontan el problema de elegir entre los enfoques de modelamiento implícito y explícito de forma estratégica. Estas unidades mineras combinan ambos enfoques: el modelamiento implícito para una evaluación rápida al inicio de sus operaciones y el modelamiento explícito para las labores que requieren de más detalle.

En Perú afrontan el mismo problema, realizando la comparación de estos enfoques de modelamiento adaptadas a las condiciones y recursos disponibles de cada unidad minera.

La falta de un modelo Geomecánico 3D confiable, puede traer diferentes dificultades, como riesgos para la seguridad del personal, planificación ineficiente, mayores costos operativos y pérdida de productividad.

Esta investigación busca identificar cuál de los dos métodos de modelado representa con mayor exactitud la realidad geomecánica y geológica de la mina Bateas, con el objetivo de optimizar la toma de decisiones según las condiciones que específicas que presenta su entorno.

2.2 Formulación de problema

2.2.1 Formulación del problema general

En el análisis comparativo, ¿cuál de los métodos de modelamiento, implícito y explícito es el más adecuado en términos de confiabilidad, precisión y eficiencia para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas?

2.2.2 Formulación del problema específicos

- ¿Cuáles son los criterios y lineamientos que se deben considerar para la recopilación de datos en las investigaciones geomecánicas?
- ¿Cuáles son las diferencias más relevantes de la secuencia de modelado del método implícito y explícito?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los métodos de modelado implícito y explícito para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas?

2.3 Justificación de la investigación

La importancia de esta investigación se basa en la necesidad de elaborar un modelo Geomecánico tridimensional confiable de la Mina Bateas, que permita garantizar operaciones mineras seguras y eficientes.

Para ello, se comparan los métodos de modelado: implícito y explícito, para determinar cuál de estas metodologías proporciona mejores resultados en términos de confiabilidad, precisión y eficiencia.

El análisis comparativo entre estos métodos resulta conveniente porque responde a una problemática recurrente en minería subterránea, determinar qué enfoque brinda mayor confiabilidad y precisión para la caracterización geomecánica.

La relevancia social radica en la prevención de accidentes y proteger la vida de los trabajadores, además de reducir riesgos asociados a problemas geomecánicos. De este modo la investigación promueve prácticas mineras más responsables.

Los resultados de este estudio tienen una implicancia práctica significativa, ya que ofrecen a los profesionales del área de planeamiento y geomecánica criterios para elegir el método de modelado más adecuado en función de las condiciones del yacimiento. Esto se traduce en diseños de explotación más seguros, sostenimiento adecuado y reducción de costos operativos.

El estudio aporta un valor teórico al campo de la geomecánica, ya que al aplicarse en un mismo caso de estudio permite contrastar y comprobar la eficiencia de cada enfoque.

Además, propone un procedimiento replicable para la elaboración de modelos geomecánicos 3D, desde la recolección de datos hasta la construcción en software especializado. Esta sistematización representa una utilidad metodológica valiosa, al ofrecer una guía que puede ser aplicada en otros proyectos mineros de entornos geológicos y mineros similares.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

Realizar el análisis comparativo entre los métodos de modelado implícito y explícito para la elaboración del modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas, con el objetivo de determinar cuál de estos, proporciona mayor confiabilidad, precisión y eficiencia.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Definir los criterios y lineamientos para la obtención y registro de datos en las investigaciones geomecánicas.
- Establecer la secuencia de modelado para los métodos: implícito y explícito, destacando sus características intrínsecas y diferencias.
- Analizar las ventajas y desventajas de los métodos de modelado implícito y explícito para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas.

CAPÍTULO III: Marco Teórico Conceptual

3.1 Bases Teóricas

3.1.1 Antecedentes Locales

3.1.1.1 Antecedente I

Quevedo A. (2018), en su tesis “Modelamiento Geomecánico de la Veta Animas en mina Caylloma- Arequipa”, tiene como objetivo la elaboración del modelo Geomecánico 3D en la Veta Animas, utilizando la información recopilada del logeo geomecánico de los sondajes diamantinos, los mapeos geomecánicos hasta el nivel 12 expresados en valores RMR y ensayos de mecánica de rocas. Para la interpretación e identificación de los dominios geomecánicos se llevaron a cabo 11 secciones, estas secciones extrapoladas fueron utilizadas para generar sólidos basados en los valores de RMR89, lo que permitió el diseño del modelo geomecánico 3D de la mina.

Este trabajo de investigación sirve como referencia para los resultados obtenidos en el modelo geomecánico, el cual abarca los niveles superiores de la Mina Bateas. Dicho modelo proporciona información sobre las condiciones geológicas y geomecánicas en valores de RMR. Cabe resaltar que, para su elaboración, se emplearon ambos enfoques de modelado de forma simultánea: el método implícito y el explícito.

3.1.2 Antecedentes nacionales

3.1.2.1 Antecedente I

Gálvez J, (2019), en su tesis “Estimación geoestadística del RQD, RCU, JRC y densidad aplicada a entender el comportamiento Geomecánico del Cerro La Falda, La Encañada – Cajamarca, 2019”, Se enfoca en emplear técnicas geoestadísticas para analizar y comprender la

variabilidad espacial de parámetros Geomecánicos, entre estos el RQD, RCU, JRC y densidad en la región del cerro la Falda. Estos parámetros cuantitativos permiten aplicar métodos estadísticos y geoestadísticos como el variograma y el kriging ordinario, ofreciendo una representación detallada de sus distribuciones espaciales. Los resultados mostraron que los parámetros Geomecánicos del macizo rocoso en el sector La Falda son totalmente independientes, por lo tanto, es importante siempre tratarlos de manera separada y no asumir dependencia entre dichos parámetros.

El aporte de este trabajo de investigación resalta que la base de datos tiene naturaleza numérica lo que permite utilizar una metodología geoestadística. El estudio en el cerro La Falda concluyen con una buena correlación entre los valores reales y predictivos, sin embargo, para aplicar correctamente un método geoestadístico como el Kriging es fundamental revisar si estos datos presentan un patrón espacial.

3.1.2.2 Antecedente II

Llamoctanta J, (2018), en su tesis “Estimación del comportamiento de parámetros geomecánicos aplicando técnicas geoestadísticas en la concesión Mi Grimalda1, Caserío de Piñipata, Hualgayoc- Cajamarca”, se enfoca en la utilización de técnicas geoestadísticas para evaluar la variabilidad espacial de los parámetros geomecánicos (Variables de naturaleza numérica). En este estudio, se analizaron parámetros como RQD (Rock Quality Designation), RCU (Resistencia a la compresión uniaxial) y JRC (Coeficiente de rugosidad conjunta), con el objetivo de entender mejor el comportamiento geomecánico en la concesión minera no metálica Mi Grimalda 1. Mediante la aplicación de variogramas y kriging, se logró interpolar estos parámetros, proporcionando una visión de la distribución espacial de las características geomecánicas. Los resultados mostraron que la estimación del macizo rocoso mediante técnicas

geoestadísticas proporciona una fuente de confiabilidad, con la interpolación de los datos se realizó una zonificación del comportamiento del macizo rocoso.

La integración de técnicas geoestadísticas utilizadas en variables numéricas (valores RMR) se ha propuesto para mejorar la precisión y confiabilidad de las predicciones geomecánicas. El aporte para este estudio se basa en el uso organizado de herramientas geoestadísticas y la forma en que se aplican.

3.1.3 Antecedentes internacionales

3.1.3.1 Antecedente I

Alvarado F, (2020), Magister en Minería en su tesis “Modelamiento geoestadístico de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)” Se enfoca en la aplicación de la geoestadística para la estimación y clasificación geomecánica (RMR). En este estudio se emplearon métodos de simulaciones para obtener un modelo geotécnico, como la simulación directa y la simulación conjunta considerando el puntaje de RMR, para validar y comparar los datos de RMR obtenidos en campo. El objetivo principal fue generar un modelo predictivo de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR). Los resultados mostraron que el análisis de ambos enfoques concuerda en el área de estudio. El modelamiento geoestadístico del RMR permitió identificar zonas críticas que requieren una atención especial en términos de estabilidad y diseño de estructuras.

La contribución de los resultados del estudio del modelamiento geoestadístico de los parámetros RMR son importantes. El aporte de las simulaciones geoestadísticas mediante sus métodos pueden ser cruciales para la construcción del modelo Geomecánico 3D, sin embargo, es recomendable definir la naturaleza de la variable en evaluación para aplicar herramientas estadísticas y geoestadísticas.

3.1.3.2 Antecedente II

Villagrán C, (2019), en su tesis “Modelamiento implícito de unidades geotécnicas básicas de mina ministro Hales, región de Antofagasta”, compara y examina tanto el modelo implícito como el explícito mediante secciones homólogas y sólidos 3D, buscando contrastes y similitudes en aspectos como geometría, volumen, espesor y forma de los contactos y límites de las unidades. Esto equivale al desarrollo de un modelo implícito, que se considera más eficiente en términos de tiempo y comprensión. Lleva a cabo el análisis del modelado implícito de las unidades geotécnicas básicas, identificando las diferencias y similitudes con el modelo explícito utilizando el software de modelado Leapfrog Geo 4.2. Primero realiza una revisión de la base de datos y controles geológicos, definiendo los límites o superficies de contacto entre las unidades. Concluye que la obtención del modelo implícito es equivalente al modelo por el método explícito, reduciendo el tiempo de elaboración y como consecuencia mayor productividad en la unidad minera.

El aporte de este trabajo de investigación servirá como base para corroborar los resultados de la equivalencia de la metodología implícita con la metodología explícita en cuestión de tiempo, recursos, eficiencia y precisión.

3.1.3.3 Antecedente III

Bermúdez Martínez, (2019), en su tesis “Impacto del cambio de metodología de modelamiento geológico de método explícito a implícito en división andina-Codelco Chile”, realiza una comparación detallada entre los enfoques de modelado geológico explícito e implícito, centrándose en cómo afectan la reinterpretación de las unidades geológicas y, por ende, las unidades utilizadas para estimar las variables del modelo de recursos. Se concluye que el enfoque implícito permite generar modelos en menos tiempo en comparación con el enfoque explícito, ya

que logra una interpolación espacial óptima al integrar los datos de sondeo con las unidades geológicas de manera eficiente.

El aporte de esta tesis es la proporción de una guía práctica para evaluar la precisión, la eficiencia y aplicabilidad (tiempo y recursos) de los métodos de modelamiento implícito y explícito en variables regionalizadas para compararlas con la elaboración del modelo Geomecánico 3D con ambas metodologías en base a variables discretas.

3.2 Marco Conceptual

3.2.1 Modelo Implícito

Hernández G, (2022). Indica que este método se obtiene evaluando un conjunto de datos de entrada mediante una función matemática a través del espacio, este método es automatizado.

Cowan et al., (2003). Menciona que el método de modelado implícito fue desarrollado con el propósito de generar modelos geológicos directamente a partir de los datos de entrada, evitando así la labor manual de digitalizar cada nodo de triangulación. Este modelo puede ser ajustado y mejorado según sea necesario, pero su creación fundamentalmente se basa en algoritmos informáticos que combinan datos medidos e interpretaciones del usuario. La contribución del geólogo se manifiesta a través de la introducción de tendencias, temporalidades de las unidades y otros términos geológicamente significativos. En lugar de digitalizar manualmente cada nodo de triangulación, el método utiliza funciones de base radial.

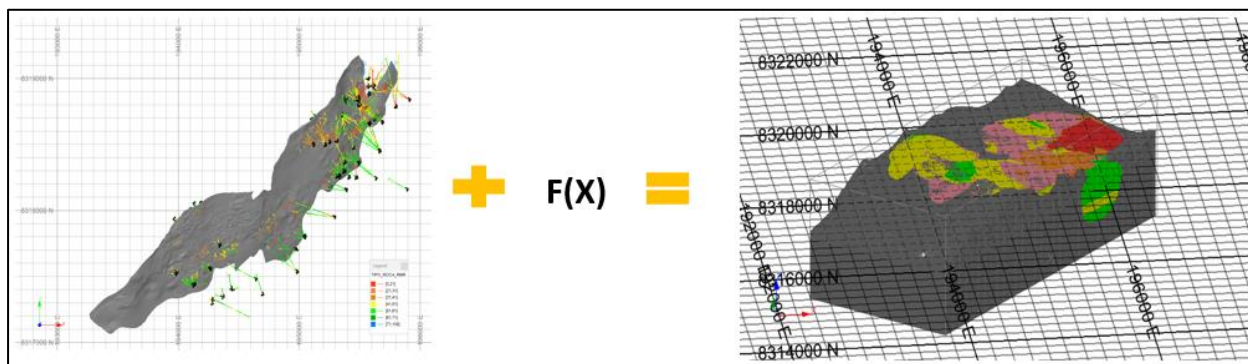
Caumon G. Viseur S. Le Loc'h G. y Sausse J (2008) Definen el modelo implícito como una representación tridimensional de la geometría de las estructuras geológicas y sus propiedades que se construye a partir de datos geológicos y geofísicos mediante técnicas de interpolación y

modelado matemático. Este modelo proporciona una representación continua y suave de la subsuperficie terrestre, permitiendo la visualización y análisis detallados de la distribución de las formaciones geológicas.

M. Robson J. y R. Ruffell A. (2009) Conceptualizan el modelo implícito como una técnica que permite la construcción de modelos geológicos tridimensionales a partir de datos de superficie y subsuelo. Utiliza algoritmos matemáticos para inferir la geometría y las características de las formaciones geológicas entre los puntos de datos conocidos, lo que resulta en una representación continua y realista de la subsuperficie.

Boucher R. y Rivas S. (2010) Definen el modelo implícito como una aproximación matemática de la distribución de las propiedades geológicas en el subsuelo. Este modelo se construye a partir de datos de muestreo, perforación y geofísica, utilizando algoritmos de interpolación para estimar las características de la formación entre los puntos de datos conocidos. El resultado es un modelo tridimensional que proporciona una representación detallada de la estructura y composición del subsuelo.

Figura 2: Modelo Geomecánico elaborado por el método implícito



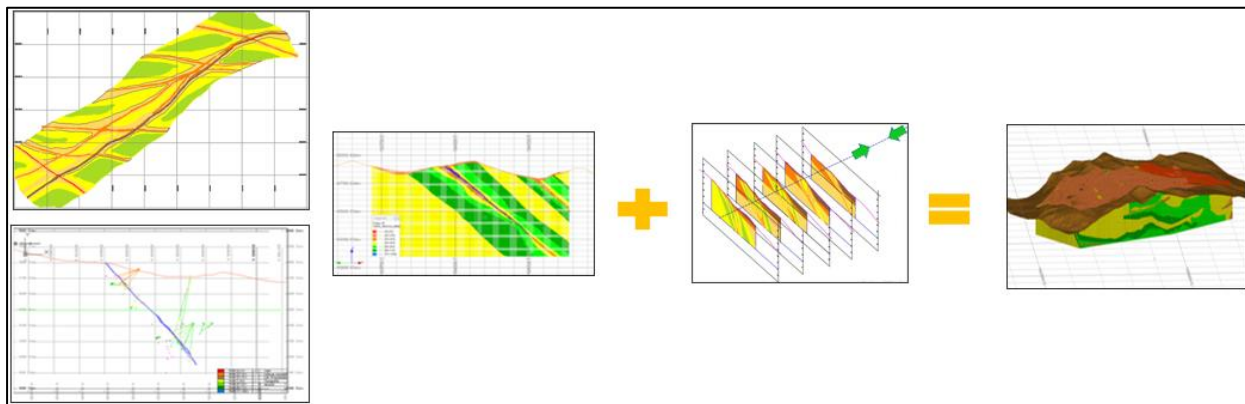
3.2.2 Modelo Explícito

Hernández G, (2022). Indica que el modelo explícito Es un proceso completamente manual, que consta unir las unidades similares mediante polilíneas, se realiza en dos conjuntos de secciones transversales, para posteriormente unir las intersecciones en un tercer conjunto de secciones en plantas y triangularlo resultando en un conjunto de sólidos posibles de cubicar.

Boyle y Latscha, (2013). Señala que el modelado explícito representa la metodología más tradicional y extendida para delinear los límites de las unidades geológicas y las envolventes de ley. En este enfoque, el geólogo de modelado utiliza secciones transversales para llevar a cabo la interpretación, las cuales son explícitamente definidas por el usuario. Estas secciones bidimensionales se combinan para formar superficies tridimensionales.

Cowan et al., (2003). El modelador identifica y traza estructuras geológicas como vetas y fallas de manera explícita en secciones regularmente espaciadas. Aunque el modelador puede emplear datos para orientar el dibujo y puede haber herramientas para agilizar el proceso, esencialmente se trata de un procedimiento manual de dibujo.

Figura 3: Modelo Geomecánico elaborado por el método explícito



3.2.3 Logueo Geomecánico

Se define como la recolección, descripción y clasificación de propiedades físicas y estructurales de muestras obtenidas en perforación, esto con el fin de evaluar el comportamiento mecánico del subsuelo.

Según la International Society for Rock Mechanics (ISRM, 2007), el logueo geomecánico caracteriza la masa rocosa para fines de estabilidad, diseño de excavaciones y análisis estructurales.

Sönmez y Ulusay (2002) destacan lo esencial de esta práctica para la aplicación de sistemas de clasificación geomecánica como el RMR (Rock Mass Rating) y Q-system, que determinan la calidad del macizo rocoso y su comportamiento.

3.2.4 Mapeo Geomecánico

Es una técnica que caracteriza la masa rocosa y evalúa su comportamiento mecánico para esto identifica, registra y analiza las condiciones geológicas y estructurales de afloramientos rocosos o superficies expuestas.

Según Bieniawski (1989), el mapeo geomecánico nos ayuda en la clasificación de macizos rocosos, la cual se logra según los parámetros esenciales como la resistencia de la roca intacta, la orientación y la frecuencia de discontinuidades, y las condiciones de relleno y apertura de fracturas, datos necesarios para la aplicación de sistemas como RMR y Q.

Hoek (2013) afirman que esta técnica es importante para proyectos de ingeniería civil y minería, pues permite generar modelos geotécnicos que orientan el diseño de estructuras.

3.2.5 Geoestadística

Olea, (1999) “Geoestadística, se puede considerar como una colección de técnicas numéricas que permiten la caracterización de atributos espaciales, empleando modelos principalmente aleatorios de una manera similar al análisis temporal de series de tiempo de datos temporales”.

Matheron, G (1962), definió a la Geoestadística como "la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales". La Geoestadística es la aplicación de la Teoría de las Variables Regionalizadas a la estimación de procesos o fenómenos geológicos en el espacio.

3.2.6 Variables aleatorias

Es la herramienta matemática que permite pasar del estudio de sucesos aislados al estudio de las distribuciones de probabilidad, que son funciones reales, por lo tanto, hace posible la aplicación del análisis matemático y de otras herramientas matemáticas a la estadística (Batanero, 2001). Si X es una función que le asigna a cada uno de los resultados de un experimento aleatorio (aquel cuya respuesta no puede ser establecida de antemano) un número real, entonces X se llama una Variable Aleatoria. Estas pueden ser discretas o continuas (Giraldo, 2006).

3.2.7 Variable discreta

Wackernagel, H. (1998), describe las variables discretas en geoestadística como datos que representan características puntuales en el espacio geográfico y que pueden ser contados o enumerarse.

Olea, R. A. (1999) aborda las variables discretas en geoestadística como aquellas que representan atributos puntuales que pueden contarse en ubicaciones específicas. Esto puede incluir variables como la presencia o ausencia de depósitos minerales en sitios de exploración, o el número de afloramientos rocosos en un área determinada.

Cressie, N. (1993) examina el concepto de variables discretas en el contexto de datos espaciales, donde señala que estas variables pueden tomar un conjunto finito o numerable de valores posibles en ubicaciones discretas en el espacio geográfico.

3.2.8 Variable Continua

Cressie, N. (1993) describe las variables continuas en geoestadística como datos que experimentan cambios graduales en el espacio geográfico.

Chiles, J. P. y Delfiner, P. (2012) definen las variables continuas en geoestadística como datos que representan mediciones que pueden tomar un rango infinito de valores dentro de un intervalo específico.

Journel, A. G. y Huijbregts, C. J. (1989) discuten las variables continuas en el contexto de la estimación y predicción de fenómenos geológicos y minerales en yacimientos. Por ejemplo, la concentración de un metal en un depósito mineral sería una variable continua que pueden ser modeladas utilizando técnicas geoestadísticas como la kriging.

3.2.9 Variable Estocástica

Son variables que toman un determinado valor con una cierta probabilidad. Entonces, una variable estocástica X viene definida por el conjunto de posibles valores que puede tener (rango,

conjunto de estados, espacio muestral, o espacio físico) y una distribución de probabilidad sobre este conjunto.

3.2.10 Variables regionalizadas

(Mora.1996) Variable regionalizada fue propuesto por Matheron para calificar un fenómeno que se desarrolla tanto en el espacio y/o en el tiempo y manifiesta una cierta estructura.

Miyashiro (1996) la define como una variable distribuida en el espacio; utilizando para representar un fenómeno natural.

Journel, A. G. y Huijbregts, C. J. (1989) Las variables regionalizadas son aquellas cuyos valores varían de manera espacial y están correlacionados en cierta medida.

Chiles, J. P. y Delfiner, P. (2012) Las variables regionalizadas exhiben dependencia espacial, lo que implica que la información obtenida en un punto geográfico puede usarse para predecir valores en puntos cercanos.

Olea, R. A. (1999) Las variables regionalizadas muestran autocorrelación espacial, lo que significa que los valores en ubicaciones cercanas están más relacionados entre sí que los valores en ubicaciones más distantes.

Ejemplo: En un depósito mineral, la resistencia a la compresión no confinada puede variar considerablemente entre diferentes bloques o unidades litológicas debido a la variabilidad en la composición y la historia geológica.

3.2.11 Análisis variográfico

Pinheiro, (2017). El análisis variográficos permite verificar la clasificación de una función aleatoria en el espacio, la cual puede ser continua o discontinua, así también si es estacionaria o

no dependiendo de si los variogramas se estabilizan en torno a una meseta para distancias de separación grandes.

3.2.12 *Análisis exploratorio de datos.*

Es un modo de análisis de los datos que utiliza el resumen numérico y visual para explorar datos en busca de patrones no anticipados.

- Según Emery, (2020); lo mencionan como el análisis preparatorio de datos, que tiene como objetivo proporcionar una comprensión global de los datos disponibles y guiar las elecciones futuras con respecto a su modelamiento.
- Según Hartwig y Dearing,(1979), argumentan que el investigador debe aprender todo lo posible acerca de una variable o conjunto de variables antes de utilizar los datos para probar hipótesis o teorías acerca de las relaciones sociales.
- Más recientemente, Eugene Horber y Dominique Ladiray, (1995) plantean que el “razonamiento” exploratorio es un esquema de análisis que enriquece las posibilidades del investigador para hallar nuevas respuestas a los problemas que se plantee.

3.2.13 *Kriging ordinario*

Alperin, M. (2013) define el kriging como “un método de estimación lineal que calcula los valores de las variables minimizando la varianza del error de estimación, además se le puede describir con la sigla BLUE (Best Linear Unbiased Estimator) para numerar sus propiedades. Adicionalmente, el kriging proporciona un error de estimación conocido como varianza de kriging que no son afectados por los valores medidos de las variables sino de su ubicación espacial y de

los parámetros del modelado del variograma experimental, es decir que considera la variabilidad espacial de la variable en estudio”.

3.2.14 Validación cruzada

(Emery, 2013) Sirve para verificar la adecuación entre los datos y los parámetros adoptados de los modelos del variograma y vecindad de kriging, utilizando la llamada validación cruzada. Mediante el método de kriging, se puede calcular el error de estimación que es la diferencia entre el valor estimado y el valor verdadero, realizando el análisis estadístico de los errores cometidos en todos los sitios con datos.

(Rossi & Deutsh, 2014) Esta técnica, a veces también llamada jackknifing, ha sido utilizado para validar modelos de variogramas alternativos. La idea es volver a estimar cada intervalo de muestreo de perforación $z(x_\alpha)$ ($\alpha = 1, \dots, n$) ignorando la muestra en esa ubicación y utilizando las otras $(n - 1)$ muestras en la nueva estimación.

3.2.15 Medidas de dispersión o diseminación

Buscan señalar la diseminación que presentan las variables creando intervalos en un conjunto de datos y resumir dicha información en un solo valor tomando como punto de referencia la media aritmética. Mayorga R, et al. “Medidas de dispersión”, (2021).

3.2.16 Media

La media o promedio aritmético, es una medida de tendencia central utilizada para representar un conjunto de datos mediante en un valor único. Se obtiene sumando todos los valores y dividiéndolos por la cantidad total de datos observaciones.

$$\mu = \sum[x \cdot P(x)]$$

Según Triola (2018), la media permite describir el comportamiento de una variable cuantitativa destaca 1 cuando los datos se distribuyen de forma simétrica y no hay valores atípicos extremos.

Navidi (2021) señala que es utilizada en estudios de ingeniería, geología y ciencias aplicadas para sintetizar resultados de ensayos, mediciones geotécnicas o evaluaciones de propiedades físicas.

3.2.17 Varianza

Es la medida de dispersión que cuantifica la variabilidad de un conjunto de datos con respecto a su media. Se calcula con el promedio de los cuadrados de las diferencias entre cada valor y la media del conjunto:

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

De acuerdo con Triola (2018), es un indicador la cual nos permite interpretar la consistencia o heterogeneidad de una muestra, ya que observa qué tan dispersos están los datos. Si la varianza baja nos indicaría que los datos están agrupados cerca de la media y si es una varianza alta representa mayor dispersión.

Navidi (2021) destaca su utilidad en el análisis de incertidumbre y control de calidad en geotecnia y geomecánica, esto para analizar la variabilidad de propiedades físicas de los materiales.

3.2.18 Desviación Estándar

La desviación estándar es una medida de dispersión señala cuánto se alejan, en promedio, los valores de un conjunto de datos respecto a su media. Se obtiene extrayendo la raíz cuadrada de la varianza, y se expresa en las mismas unidades de los datos iniciales:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Según Triola (2018), es necesaria para comprender la variabilidad de los datos de forma más precisa que con la varianza, ya que describe directamente el grado de dispersión sin elevar los valores al cuadrado.

Navidi (2021) señala que, en ingeniería y geomecánica, la desviación estándar es clave para estimar la confiabilidad de parámetros como la resistencia de materiales, el grado de fracturamiento o la variabilidad de propiedades geotécnicas.

3.2.19 Error Estándar de la Media

El error estándar de la media (EEM) es una medida estadística la cual cuantifica la variabilidad de la media muestral respecto a la media poblacional, esta se calcula dividiendo la

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

desviación estándar de la muestra entre la raíz cuadrada del tamaño muestral, sirve para estimar la precisión de la media al estimador el parámetro poblacional.

Según Triola (2018), nos muestra lo confiable de una media obtenida en una muestra, la cual resulta menor cuando la muestra es más grande o cuando los datos tienen menor dispersión. El valor hallado servirá para hallar intervalos de confianza y pruebas de hipótesis.

Navidi (2021) destaca que, en ingeniería y ciencias aplicadas, la EEM sirve para estudiar la incertidumbre con respecto a la medición de propiedades físicas en general cuando se trabaja con un número limitado de muestras.

3.2.20 Nivel de Confianza

Es el parámetro estadístico del grado de certeza con el cual se consigue un intervalo de confianza contenga al valor verdadero de un parámetro poblacional. Se expresa en porcentaje, siendo comunes los niveles del 90 %, 95 % o 99 %.

$$CI = \bar{x} \pm z \frac{s}{\sqrt{n}}$$

De acuerdo con Triola (2018), un nivel de confianza del 95 % nos da a entender que en caso el muestreo se repita varias veces el 95% de los intervalos calculados incluirían la media poblacional verdadera.

Navidi (2021) dice que el nivel de confianza está relacionado con el valor crítico de una distribución estadística, e incluye que, a mayor nivel de confianza, el intervalo de confianza resultante será más amplio.

3.2.21 Intervalo de Confianza (IC)

Denominado como un rango de valores, calculado a partir de datos muestrales, se estima usando un determinado nivel de confianza para hallar un parámetro poblacional desconocido, como la media o la proporción.

$$CI = \bar{x} \pm z \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Según Triola (2018), el IC se determina en torno a la media muestral, la cual se amplía o reduce en función del nivel de confianza elegido y del error estándar.

Navidi (2021), lo define como una herramienta para la inferencia estadística, ya que permite realizar estimaciones y cuantificar la incertidumbre asociada a esas estimaciones. Cuanto mayor es el nivel de confianza, más amplio será el intervalo.

3.2.22 Probabilidades

La probabilidad es una medida cuantitativa sobre la posibilidad de que ocurra un evento específico dentro de un espacio muestral determinado. Se expresa como un valor entre 0 y 1, donde 0 indica imposibilidad absoluta y 1 certeza total.

Triola (2018) la define como la herramienta base de la estadística inferencial, ya que modela los fenómenos aleatorios y ayuda a tomar decisiones bajo condiciones de incertidumbre, las probabilidades podemos dividirlos en teóricas, empíricas y subjetivas.

Navidi (2021) nos dice que, en contextos de ingeniería y ciencias aplicadas, esta se emplea para determinar riesgos, modelar fallas estructurales, planificar mantenimientos y diseñar con márgenes de seguridad adecuados.

3.2.23 Función de Distribución Acumulativa de la Variable Aleatoria Discreta

La función de distribución acumulativa (FDA) de una variable aleatoria discreta se define como una función la cual describe la probabilidad de que dicha variable pueda tomar un valor menor o igual a un determinado número. se expresa como:

$$F(x) = P(X \leq x).$$

De acuerdo con Walpole et al. (2012), la FDA en probabilidad y estadística, es la herramienta que permite conocer de forma acumulativa cómo se distribuyen las probabilidades de los distintos valores posibles de una variable.

Navidi (2021) señala que, para variables discretas, la FDA tiene un comportamiento escalonado tipo "step function" por la naturaleza de los valores que toma la variable

3.2.24 Elipsoide de Búsqueda (Modelamiento)

Define la dirección, extensión y forma del espacio alrededor de un punto de muestreo, de esto se logra seleccionar los principales datos para interpolación espacial.

Domínguez y Deutsch (2007) nos dicen que el elipsoide de búsqueda se caracteriza por tres ejes principales (mayor, intermedio y menor), estas se orientan respecto a la anisotropía geológica o estructural del yacimiento.

Según Isaaks y Srivastava (1989), con el uso adecuado del elipsoide de búsqueda se puede conseguir estimaciones más realistas y coherentes en los modelos de bloques, ya que evita sesgos por agrupamiento o falta de representatividad.

3.2.25 Métodos de Interpolación: Métodos Determinísticos y Probabilísticos

Los métodos de interpolación estiman valores desconocidos en una zona de estudio con datos conocidos de ubicaciones. Los métodos se dividen en dos: determinísticos y probabilísticos (geoestadísticos).

De acuerdo con Isaaks y Srivastava (1989), los métodos determinísticos calculan los valores de puntos desconocidos mediante funciones matemáticas que no consideran la variabilidad estadística del fenómeno. En cambio, los métodos probabilísticos (geoestadísticos) son modelos

estadísticos que incorporan la estructura espacial de los datos, usualmente representada a través del semivariograma, siendo el más representativo el kriging, que proporciona estimaciones óptimas de mínimos cuadrados y el error de estimación asociado.

Domínguez y Deutsch (2007) destacan que los métodos probabilísticos ofrecen mayor robustez en contextos con anisotropía, como ocurre frecuentemente en minería, geotecnia y geomecánica.

3.2.26 Distancia Inversa Ponderada (IDW)

Es un método determinístico el cual estima valores en puntos desconocidos asignando mayor peso a los datos ubicados más cerca del punto de estimación.

Según Isaaks y Srivastava (1989) es un promedio ponderado de los valores cercanos, donde el peso de cada valor es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Lo cual nos resulta que a puntos más cercanos al punto a estimar tienen mayor influencia que los más lejanos.

Burrough y McDonnell (1998) nos dicen que es utilizado por su simplicidad y facilidad de implementación en sistemas de información geográfica (SIG). Aunque, los resultados pueden ser sensibles respecto a los puntos de muestreo y no proporciona estimaciones de error, lo que limita su aplicabilidad en donde la incertidumbre debe ser cuantificada.

3.2.27 Studio RM de Datamine

Es una plataforma de software desarrollada por Datamine, la cual está diseñada para el modelamiento geológico y la estimación de recursos minerales. Debido a que permite gestionar, visualizar, analizar y modelar datos espaciales y geológicos con altos estándares de precisión.

Según Datamine (2022), Studio RM se especializa en construcción de modelos geológicos tridimensionales, generación de modelos de bloques, interpolación de leyes y parámetros geotécnicos mediante métodos como kriging, IDW y estimación por polígono. También incluye un análisis geoestadístico, control de calidad de datos y visualización interactiva.

Domínguez y Deutsch (2007) nos dicen que herramientas como Studio RM son innovadoras en la industria minera moderna por su capacidad para integrar múltiples fuentes de información en un entorno digital unificado.

3.3 Antecedentes empíricos de la investigación

3.3.1 Geología

3.3.1.1 Geología Regional. – El marco geológico regional corresponde al cuadrángulo de Caylloma, Hoja 31-S (INGEMMET, 1988).

La secuencia estratigráfica muestra desde la unidad más antigua a la unidad más reciente, compuesta por rocas sedimentarias que corresponden al grupo Yura de edad Jurásica-cretácica, sobreyaciendo al grupo Yura se exponen secuencias sedimentarias de ambiente continental representadas por las formaciones “Murco y Arcurquina”, sobre las cuales se emplazan secuencias volcánicas (formación Santa Rosa), secuencias de rocas de origen ígneo (eventos piroclásticos del terciario y fenómenos volcánicos del cenozoico superior) y depósitos cuaternarios (ver Figura 4).

Las unidades litológicas que conforman el área de interés en un contexto regional:

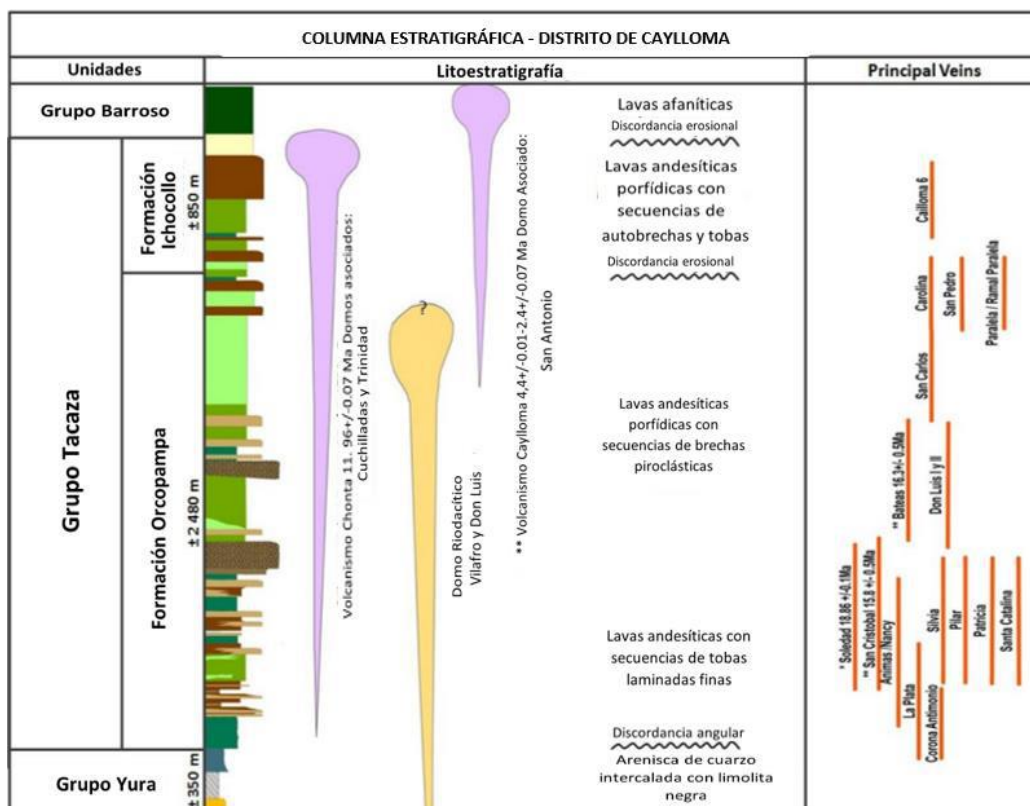
- Las rocas sedimentarias del grupo Yura, se conforman por areniscas cuarcíticas con niveles de lutitas negras (pelitas bituminosas).

- Las rocas sedimentarias de la formación Murco, se conforman por lutitas, limolitas y areniscas (grauvacas) de color gris oscuro.
- Las rocas sedimentarias de la formación Arcurquina, se conforman por facies de Calizas con nódulos de Chert y lutitas calcáreas (margas).
- Las rocas volcánicas se constituyen por secuencias alternadas de lavas y piroclastos (brechas y areniscas de ambiente fluvial-lacustre), derrames piroclásticos de composición andesítica y dacítica (volcánicos terciarios), brechas inimgbríticas, flujos de lava y apófisis de riodacitas (volcánicos Kenko), aglomerados volcánicos, lavas andesíticas porfiríticas y afaníticas (volcánico Salhuarque), depósitos lacustrinos, arcillosos y brechas pocos consolidadas (volcánicos Molloco), lavas andesíticas y basálticas afaníticas (volcánicos barroso), conos volcánicos, coladas andesíticas, basálticas y lavas escoriaceas con cenizas (volcánicos Andagua).
- Depósitos cuaternarios se constituyen por suelos aluviales, morrénicos (Qal-mo) e hidromórficos (bofedales y turbas).

3.3.1.2 Geología Local

En el área de estudio predomina la presencia de rocas sedimentarias, tales como areniscas y pelitas bituminosas que corresponderían estratigráficamente al grupo Yura; a estas rocas sedimentarias sobreyace en marcada discordancia angular una potente secuencia de rocas volcánicas constituidas por lavas y flujos piroclásticos de composición intermedia (andesitas, tobas andesíticas y rocas volcanoclásticas de composición dacítica) que estratigráficamente corresponderían al grupo Tacaza y grupo Barroso. Ver Figura 4, Columna estratigráfica simplificada del distrito de Caylloma, Echavarría, L. (2003).

Figura 4: Columna estratigráfica del distrito de Caylloma.



Fuente: Minera Bateas

En el ámbito de la Mina, como rocas caja de las estructuras mineralizadas se exponen predominantemente rocas volcánicas tipificadas como “brechas y lavas andesíticas volcanoclásticas” y en menor proporción hacia el extremo NE, se exponen rocas sedimentarias tipificadas como “areniscas grauvacas y pelitas bituminosas” que corresponderían estratigráficamente al grupo Yura.

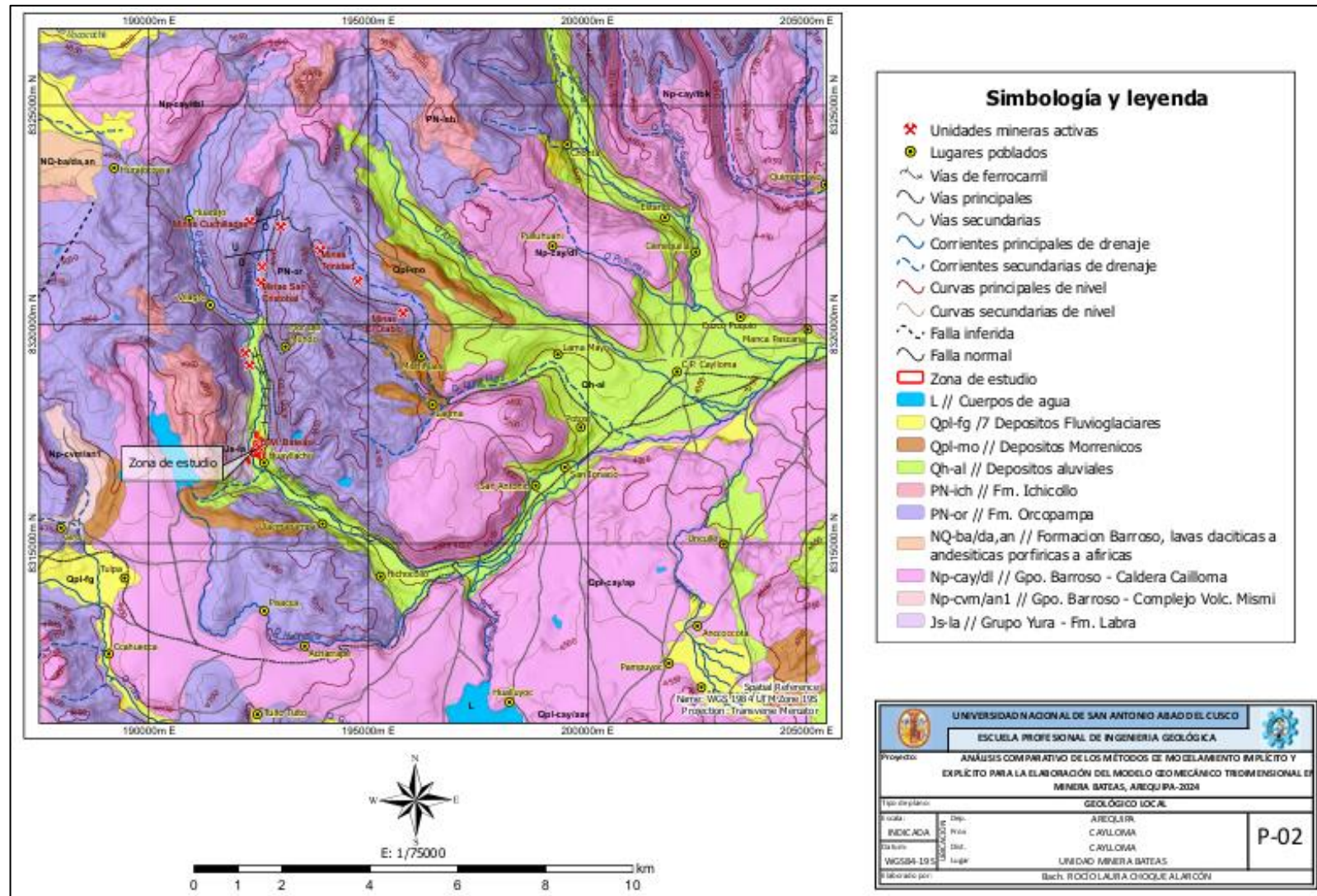
Se resume las unidades litológicas que conforman el área de estudio en el ámbito de la mina:

- Tobas andesíticas cristalolíticas. - Rocas piroclásticas de textura fragmental conformada por líticos subangulosos de andesitas micro-porfídicas y microcristalinas en una matriz cripto-microcristalina de feldespatos y máficos alterados en menor grado

a arcillas, carbonatos, sericitas y cloritas con venillas irregulares de cuarzo, calcita y disseminaciones de pirita.

- Tobas andesíticas. - Rocas volcánicas de textura porfídica y amigdalar, color gris-verdosa conformada por plagioclasas tabulares y máficos prismáticos alterados a arcillas y cloritas respectivamente en una matriz cripto microcristalina de feldespatos y máficos alterados a sericitas y cloritas. Al extremo NE de la mina subyaciendo a las rocas volcánicas se presentan rocas sedimentarias jurásicas definidas como pelitas bituminosas (intercalaciones de limolitas, arcillitas y areniscas con niveles orgánicos estructuralmente muy fracturadas a intensamente fracturadas).
- Brechas silicificadas y carbonatizadas. - Se constituyen por sulfuros de minerales polimetálicos (Pb, Ag, Zn y Cu), asociados con minerales de “cuarzo”, “rodonitas”, “rodocrosita” y “calcita” con disseminación de sulfuros (piritas y minerales opacos) de textura bandeada coloforme y fluidal con impregnaciones de agregados criptocristalinos de minerales oxidados de manganeso.
- Depósitos morrénicos. - Se constituyen de clastos soportados y retrabajados sin ningún arreglo, dispersos en una matriz areno-limosa y areno-arcillosa. El tamaño promedio de los clastos varía entre 10 a 30 centímetros, existiendo bloques erráticos de más de 1 metro de diámetro, los clastos corresponden a fragmentos líticos, heterométricos y polimícticos. Estos depósitos se habrían formado en varias etapas de glaciación.
- Depósitos de cobertura. - Estos suelos se emplazan en las partes inferiores (bajas) de la superficie del terreno, se constituyen por “depósitos coluviales” y “suelos residuales con escasa cobertura vegetal”.

Figura 5: Geología Local de la zona de estudio



3.3.2 Geomorfología

A escala regional, en la zona de interés se observa un relieve de altas cordilleras con pendientes abruptas en la parte alta e intermedias a suaves en la parte baja, peneplanicie, depresión de Caylloma, zonas volcánicas y otras. (INGEMMET, 1988).

La unidad Minera Bateas, se caracteriza por presentar una geomorfología influenciada por procesos fluvio-glaciares, con valles amplios de pendiente suave y contrafuertes formados por colinas rocosas de elevación moderada, alineadas principalmente en dirección “NE-SW”. El relieve está condicionado por la actividad tectónica a lo largo de su historia geológica, así como por el tipo de litología y los procesos de geodinámica externa que siguen actuando hasta ahora. Los principales agentes geodinámicos que han contribuido al modelado actual del terreno incluyen la desglaciación, variaciones de temperatura, precipitaciones, escorrentía superficial y agua subterránea.

Las unidades geomorfológicas representativas en el área de estudio y alrededores son:

3.3.2.1 Altas cumbres. - Estas geoformas presentan altitudes variables entre 4,500 a 5,500 m.s.n.m. Se caracterizan por sus fuertes pendientes en las partes altas, delimitan los valles, definen las microcuencas, los drenajes superficiales y el flujo de agua subterránea.

3.3.2.2 Peneplanicie. - Se presenta hacia el NE de la zona de estudio, caracterizada por estar compuesta por una sola unidad geológica, la formación Sencca, la misma que muestra disyunción columnar y/o cónica.

3.3.2.3 Depresión de Caylloma. – Tiene un control vulcano tectónico, se caracteriza por presentar paredes onduladas por la actividad glaciaria, el piso cubierto de material volcánico del pleistoceno y pendientes hacia el centro.

3.3.2.4 Caldera volcánica. – Estas geoformas son extensas depresiones en la zona central, formadas por las explosiones que destruyen la parte central de la estructura volcánica y generan su colapso, tienen forma elipsoidal a circular y están rodeadas total o parcialmente por fuertes escarpes.

3.3.2.5 Zonas volcánicas. – Estas geoformas se caracterizan por su modelado en forma de “conos y domos”. Existen tres formas controladas por la naturaleza litológica de las rocas; la primera se caracteriza por su forma cónica con paredes de unos 30° y mesetas en los alrededores del mismo.

3.3.2.6 Otras geoformas. – A estas geoformas se les puede integrar en dos grupos: 1) Formas de erosión (valles fluviales y valles glaciares), formados producto de la acción fluvial o glacial asociada a un control lito-estructural; 2) formas de acumulación (conos de escoria, morrenas, fluvio glacial, terrazas, conos aluviales y deslizamientos).

3.3.2.7 Bofedales. – Son geoformas que se ubican alrededor de las lagunas, ocupando áreas generalmente planas u onduladas, cuya superficie se encuentra “permanente o intermitentemente inundada”, el nivel freático en estos sectores está a escasa profundidad aflorando a modo de acuíferos libres.

3.3.2.8 Lagunas. – Son geoformas de origen glacial, cuyas descargas generan arroyos y riachuelos en su drenaje hacia aguas abajo. (Ver Figura 6).

3.3.3 Hidrología

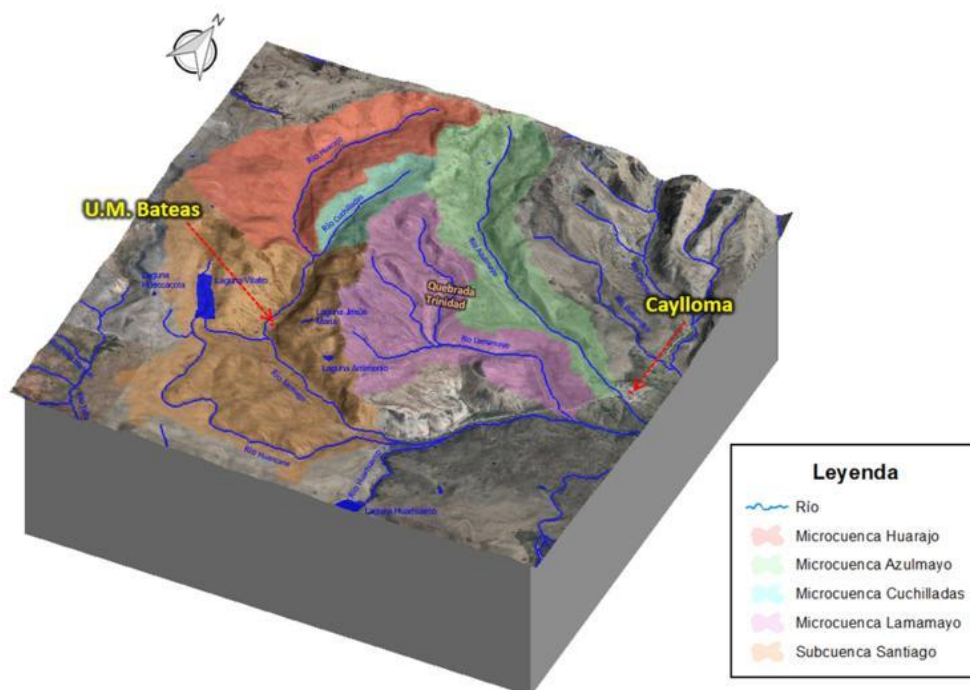
A escala regional (Dávila, 1988), el área de Estudio se enmarca dentro de la cuenca hidrográfica de los ríos “Apurímac y Molloco”, la cual corresponde a la región hidrográfica del

Amazonas, cuenca principal Apurímac, subcuenca Santiago; los drenajes o cursos de agua presentan dos patrones preponderantes:

- Centrípeto; que se desarrolla en la zona de la depresión de Caylloma, cuyas aguas discurren hacia las partes más bajas. Estas convergen hacia el colector principal, el río Apurímac y como río secundario, Hornillas. En el punto de confluencia de estos dos ríos se forma un pequeño cañón de dirección norte-sur, que sirve como salida para las aguas de la depresión de Caylloma.
- Centrífugo; se desarrolla en los alrededores de la depresión de Caylloma, las aguas discurren hacia el norte o hacia el sur, controladas por la divisoria continental de aguas.

3.3.3.1 Fisiografía e hidrografía. – La zona de estudio está dentro del sistema hidrográfico conformado por el río “Apurímac y sus tributarios”, tienen su nacimiento en la vertiente nororiental del nevado Culluncuya a 5,000 m.s.n.m.; los cuales desembocan en la laguna Huarhuaco, donde nace el río Huarhuaco. A este río también se une el río Santiago antes de desembocar en el río Apurímac. Este sistema se encuentra entre la subcuenca Santiago (hasta su confluencia con la quebrada Huancané) y las microcuencas “Lamamayo y Azulmayo”; estas microcuencas hidrográficas asocian diferentes patrones de drenaje y cuerpos de agua superficial (río Santiago, quebradas Huarajo, Cuchilladas, Trinidad, Huancané y las lagunas Vilafro, Jesús María y Antimonio), presenta una dirección de flujo preferencial que va de “NW a SE” (Ver Figura 6).

Figura 6: Fisiografía e hidrografía del área de Estudio.



Fuente: GLSA (2022)

3.3.4 Hidrogeología

En esta sección se sintetizan los aspectos relacionados con la hidrogeología vinculada a la Mina, tales como la geometría del acuífero, las unidades hidrogeológicas, el origen de las aguas subterráneas, el comportamiento del agua en el entorno geológico, la interacción entre aguas superficiales y subterráneas, las zonas de recarga y descarga, así como la dirección del flujo, entre otros. Esta síntesis se ha elaborado utilizando información del Estudio Hidrogeológico de Minera Bateas y datos recopilados en las investigaciones geomecánicas de campo.

3.3.4.1 Geometría del acuífero. - La geometría del reservorio acuífero en la zona de estudio es libre, de forma poligonal e irregular. En la Figura 7 se observan bofedales en

Quebrada Santiago, con flancos empinados; estos acuíferos se conforman por “depósitos cuaternarios”, “rocas volcánicas y rocas sedimentarias”.

3.3.4.2 Unidades hidrogeológicas. - Las unidades hidrogeológicas, se caracterizan por el grado variable de almacenamiento y transmisión de agua a través de la “permeabilidad natural e inducida de suelos y rocas”. En este contexto en el área de Estudio (superficie e interior mina) se han identificado dos unidades hidrogeológicas representativas:

- **Acuífero.** - Se define como una formación geológica permeable, por su capacidad de almacenar y transmitir el agua a través de la permeabilidad “natural e inducida” que exponen los depósitos cuaternarios, rocas volcánicas y rocas sedimentarias. Los acuíferos en el área de estudio están formados por depósitos sedimentarios (fluvioglaciares, aluviales y coluviales), rocas volcánicas y sedimentarias, cuya permeabilidad depende de factores como contenido de arcilla de la matriz, compactación, edad y grado de fracturamiento. Los suelos permeables se encuentran en la superficie de la mina, el valle intermedio y el curso inferior del río Santiago, presentándose como acuíferos de suelos fluvioglaciares, coluviales y aluviales recientes (gravas, arenas y limos). Las rocas permeables, principalmente volcánicas y sedimentarias, tienen su capacidad de transmisión hidráulica influida mayormente por el grado de fracturamiento estructural y en menor grado por su porosidad natural.
- **Acuitardo.** - Se define como una formación geológica semipermeable, debido a que, teniendo la capacidad de almacenar agua, lo transmite lentamente.

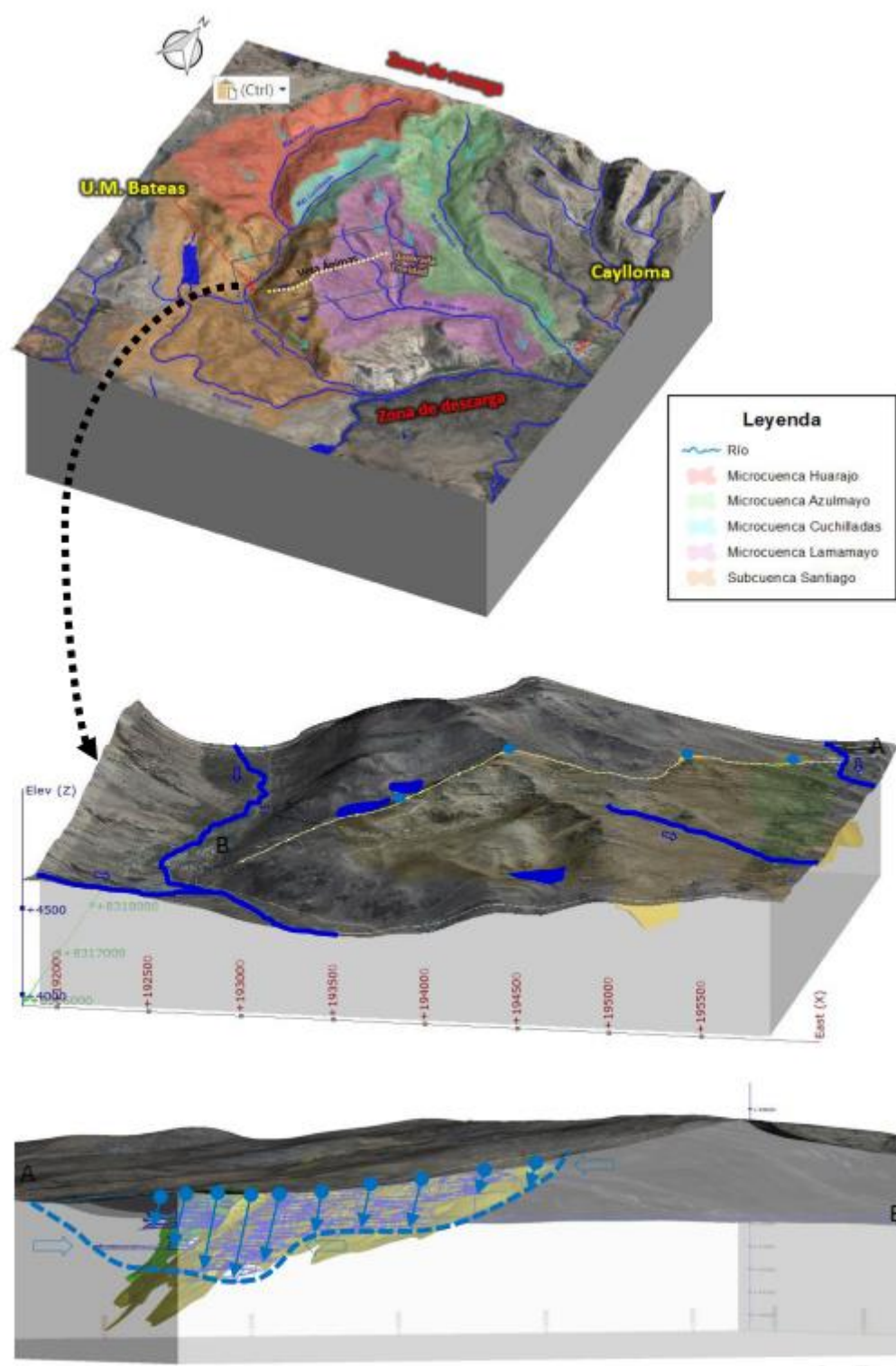
Los acuitardos en el área de estudio, corresponden a rocas volcánicas (levemente fracturadas a fracturadas). Estas unidades hidrogeológicas se exponen distales a “fallas

y zonas de corte” en masas rocosas con valores RMR ⁸⁹ mayores a 80 (zonas muy puntuales).

Las unidades geológicas definidas como “acuicludo y acuífugo”, no se observan en áreas evaluadas de la mina subterránea; esto debido a que las masas rocosas por lo general son permeables y semipermeables (masas rocosas fracturadas, muy fracturadas, intensamente fracturadas a descompuestas).

3.3.4.3 Modelo Hidrogeológico conceptual. – En la Figura 7, se muestra el modelo hidrogeológico conceptual donde incluye la zona de estudio. Se observan las microcuencas de interés, zonas de recarga y descarga, direcciones de flujo superficial, direcciones de flujo subterráneo y controles estructurales.

Figura 7: Modelo hidrogeológico conceptual, Minera Bateas



Fuente: GLSA (2022)

De la Figura 7, las zonas de “recarga y descarga” de los acuíferos y acuitardos a escala local, se muestran en la vista en planta del modelo hidrogeológico conceptual; las zonas de recarga corresponden a los afloramientos rocosos del grupo Tacaza y grupo Yura, los cuales son recargados por lluvias en las partes altas de las microcuencas “Huarajo, Cuchilladas, Lamamayo y Santiago” en cuyas áreas se emplazan algunos cuerpos de agua superficial (lagunas, bofedales y manantiales); el agua meteórica de las precipitaciones en parte se infiltra en las rocas a través de su permeabilidad natural e inducida, se almacena en los cuerpos de agua superficial, se evapora, se evotranspira a través de la escasa vegetación y la otra parte se discurre según la fisiografía y el drenaje hacia las quebradas que drenan al río Santiago.

Conociendo el principio del flujo de agua subterránea (el flujo se transporta desde zonas de mayor a menor altura piezométrica), se ha conceptualizado que las redes de flujo en áreas de interés, los cuales presentan dirección predominante “Suroeste a Noreste y Noreste a Suroeste”, convergiendo ambos vectores de flujo hacia la zona de minado más profunda en el Nivel 18, condicionados principalmente por el control estructural y las excavaciones subterráneas que se constituyen como áreas de descarga en interior Mina.

Figura 8: Presencia de agua en las labores subterráneas



Fuente: GLSA (2022)

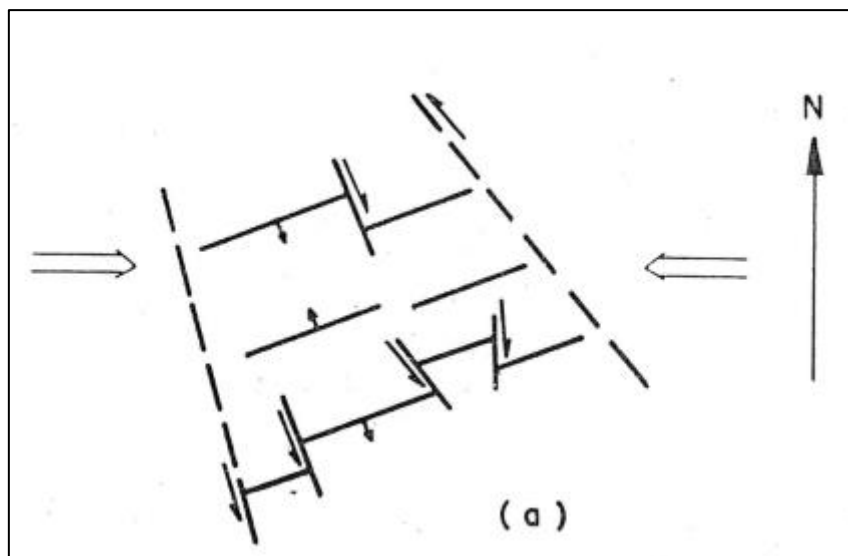
3.3.5 Geología Estructural

A escala regional, según el Cuadrángulo de Caylloma, INGEMMET (1988) y la información técnica proporcionada por Minera Bateas, existen dos sistemas de fallas principales con rumbo “NW-SE y NE-SW”, los cuales serían resultados de los mecanismos “compresivos y tensionales” respectivamente en concordancia con los eventos tectónicos ocurridos en la región (compresión-orogenia distensión).

El sistema andino (NW-SE), incluye al corredor estructural Caylloma en el cual se hospeda la mineralización predominante y probablemente se asocie a un mayor desarrollo sobre su conjugado (NE-SW); las fallas NW-SE tendrían un desplazamiento en rumbo de

tipo sinistral, y las fallas NE-SW tendrían un desplazamiento de tipo dextral. Ver análisis en el Capítulo de IV: Resultados.

Figura 9: Principales estructuras en el ámbito de la Mina Bateas



Fuente: INGEMMET (1988)

Las estructuras mineralizadas en la Mina subterránea (Vetas Principales) se constituyen por rellenos de fracturas tensionales y fallas paralelas con movimiento normal dextral, de orientación preponderante “N50-70°E/45-60°SE”. Existe fallamientos postmineralización “que cortan” y “desplazan” las Vetas, son fallas normales abiertas y de alto ángulo, su intersección con las Vetas genera zonas de corte, persistentes en el rumbo de las estructuras mineralizadas, que deben ser consideradas en el diseño de las excavaciones y la selección del sostenimiento, debido a que esto constituye un factor de riesgo para el desprendimiento de rocas.

3.3.6.1. Mineralización y alteraciones – La mineralización en el área de interés, es de tipo epitermal, se constituye principalmente por “sulfosales, sulfuros de plata y metales base (Pb-Zn-Cu)”;

como minerales accesorios se exponen “cuarzo, rodonita y calcita”.

La mineralización de “sulfuros y sulfosales” se presenta en bandas intercaladas con brechas mineralizadas de fragmentos líticos constituidos por “rodocrositas y rodonitas” en una matriz de “cuarzo y sílice”, con disseminaciones y vetillas de galena y sulfosales de plata; la mineralización se emplaza entre dos fallas longitudinales ubicadas al piso y techo de la veta principal, formando fracturas tipo Riedel en rumbo. Los tipos de alteración predominantes en la mineralización y rocas caja son “propilítica y argílica”; la alteración propilítica está asociado a “cloritas, calcitas” y piritas” y la alteración argílica se constituye por minerales arcillosos óxidos y limonitas; la silicificación y adularización (transformación de plagioclasas a adularia por incremento de potasio en condiciones de presión y temperaturas adecuadas), se encuentran en las estructuras internas del mineral y como impregnaciones en las rocas caja acompañados con disseminaciones de pirita.

3.3.6 Clasificación Geomecánica

Los datos registrados se expresan en términos del RMR (1989) de Bieniawski y sus modificaciones por Romana (2000) tomando en cuenta la sectorización en base a la litología con la finalidad de conceptualizar un modelo Geomecánico considerando el modelo Geológico es decir considerando la estructura mineralizada y sus rocas encajonantes.

La caracterización geomecánica de la masa rocosa, se basa en el análisis e interpretación detallada de datos litológicos y estructurales suministrados por Minera Bateas, complementados

con información recolectada en las diferentes campañas de registro Geomecánico en sondajes, líneas de detalle y celdas Geomecánicas en labores subterráneas y en superficie.

Tabla 3: Clasificación RMR del macizo rocoso

RMR	Descripción
91-100	Muy Buena A
81-90	Muy Buena B
71-80	Buena A
61-70	Buena B
51-60	Regular A
41-50	Regular B
31-40	Mala A
21-30	Mala B
0-20	Muy mala

Fuente: Clasificación RMR, Bieniawski (1989)

3.4 Hipótesis

3.4.1 Hipótesis General

El método explícito empleado para la elaboración del modelo Geomecánico 3D, muestra una mayor precisión y confiabilidad en comparación con el método implícito, ya que el Modelo Geomecánico 3D generado es acorde a la caracterización geomecánica y geológica de la Mina Bateas.

3.4.2 Hipótesis Específicas

- Los datos obtenidos en las investigaciones geomecánicas deben tener como característica ser cuantitativos y homogéneos, para asegurar la precisión y validez del análisis de los mismos para ambos métodos.

- La secuencia de modelado para ambos métodos se diferencia por el enfoque empleado posterior al proceso de análisis de la base de datos e información como topografía, geología e información complementaria. El Modelo Geomecánico 3D generado mediante el método implícito se crea a partir de un algoritmo, mientras que en el método explícito se desarrolla a partir de secciones interpretadas.
- El método implícito empleado para la elaboración del modelo geomecánico 3D es más eficiente en términos de tiempo y recursos en comparación con el método explícito. No obstante, su precisión es menos favorable en comparación con el método explícito, ya que este último, se acerca más a las condiciones reales de la Mina Bateas.

3.5 Identificación de Variables e Indicadores

3.5.1 Variables Independientes

En este trabajo, la variable independiente es **el método de modelado utilizado para la elaboración del modelo geomecánico tridimensional**. Es decir, se comparará el método implícito con el método explícito para determinar cuál de ellos es más adecuado para este caso.

3.5.2 Variable Dependiente

La variable dependiente es **el modelo geomecánico tridimensional** de la Minera Bateas, considerando la confiabilidad, precisión y eficiencia, la cual se medirá a través de la información geomecánica y geológica que se presenta la mina.

3.6 Operacionalización de Variables

La siguiente tabla muestra la operacionalización de variables, estableciendo los criterios para la recopilación de datos que se alineen con los objetivos de esta investigación.

Tabla 4: Operacionalización de variables

Variable Dependiente	Variable Independiente	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadores	
Modelo Geomecánico 3D	Método de modelado	Es un enfoque sistemático que se emplea para representar las propiedades geomecánicas del macizo rocoso de un yacimiento en tres dimensiones, que refleje el comportamiento mecánico del subsuelo	Método de modelado	Implícito	
				Explícito	
			Procedimiento para modelado	Información Básica	Topografía Superficial
					Topografía Subterránea
					Modelo Geológico 3D
					Modelo estructural
				Investigaciones Geomecánicas	Registro geomecánico de testigos de roca en sondajes diamantinos expresados en valores RMR 89
					Registro geomecánico de excavaciones subterráneas mediante celdas y líneas de detalle expresados en valores RMR 89.
					Ensayos de laboratorio (EMR, EMS, petrografía).
				Proceso y análisis de datos	Herramientas estadísticas y geoestadísticas para el análisis e interpretación de datos registrados.
				Procedimiento para modelado	Uso de herramientas, software y método de interpolación.

CAPÍTULO IV: Metodología de la Investigación

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de Investigación

4.1.1.1 Correlacional - Explicativo. - La investigación se enfoca en comparar cada método de modelado, evaluando sus ventajas, desventajas, y relacionarlo con la precisión del resultado. Además, el estudio busca dar a conocer qué método resulta ser más adecuado para la elaboración del modelo Geomecánico 3D. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) los estudios correlacionales se orientan a identificar la relación existente entre dos o más variables.

4.2.2 Nivel de Investigación

4.2.2.1 Aplicada. - Según Bernal (2010) la investigación aplicada se orienta a generar conocimientos, destinados a resolver problemas concretos en contextos determinados. Por lo tanto, al realizar la comparación de las metodologías de modelamiento implícito y explícito, se mostrará las ventajas y desventajas de cada una, permitiendo demostrar cuál de estas dos metodologías es la más adecuada para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas.

4.2.3 Método de Investigación

4.2.3.1 Mixta. - La investigación integra los enfoques cuantitativos y cualitativos. Por un lado, se basa en datos numéricos provenientes de las investigaciones geomecánicas, como los valores del índice RMR, que son procesados mediante evaluación estadística y técnicas de interpolación para desarrollar el modelo geomecánico tridimensional utilizando el método implícito. Por otro lado, incorpora un enfoque cualitativo al analizar las ventajas y desventajas de cada método de modelamiento, así como su relación con las características geológicas específicas

de Minera Bateas. Los métodos mixtos combinan el análisis numérico y cualitativo, lo que permite obtener una comprensión más completa del fenómeno estudiado según Creswell y Plano Clark (2018).

4.3. Unidad de análisis

4.3.1 Parámetros del RMR

Para este estudio, se hará uso de una base de datos construida a partir del registro geomecánico realizado en líneas de detalle, celdas de explotación y sondajes diamantinos, considerando los parámetros de la metodología propuesta por Bieniawski (1989). Ver **Tabla 5**.

- Resistencia a la compresión uniaxial
- RQD
- Espaciamiento entre discontinuidades
- Condición de las discontinuidades
- Agua subterránea

Los valores obtenidos a partir del sistema de clasificación geomecánica se expresan en valores RMR, este índice que tiene naturaleza cuantitativa. El análisis se efectuará diferenciando zonas según las litologías presentes (caja piso, estructura mineralizada y caja techo). Este enfoque permitirá construir un modelo geomecánico alineado con el modelo geológico.

Tabla 5: Parámetros del RMR89

Parámetros de caracterización				Valoración
Resistencia		Roca muy dura	> 250 Mpa	15
		Roca dura	100 - 250 Mpa	12
		Roca medianamente dura	50- 100	7
		Roca suave	25 - 50	4
		Roca muy suave	< 25 Mpa	(2) (1) (0)
RQD		Excelente	90-100 %	20
		Buena	75-90 %	17
		Regular	50- 75 %	13
		Mala	25 - 50 %	8
		Muy mala	< 25 %	3
Espaciamiento		Distancia perpendicular entre discontinuidades	> 2 m	20
			0.6 - 2 m	15
			200 - 600 mm	10
			60 - 200 mm	8
			<60 mm	5
Condiciones de las discontinuidades	Persistencia	Extensión en área denotada por una línea	< 1 m	6
			1 - 3 m	4
			3 - 10 m	2
			10 - 20 m	1
			> 20 m	0
	Apertura	Cerrada	0	6
		Muy angosta	< 0.1 mm	5
		Angosta	0.1 - 1.0 mm	4
		Abierta	1.0 - 5.0 mm	1
		Muy abierta	> 5.0 mm	0
	Rugosidad	Muy lisa		0
		Lisa		1
		Ligeramente Rugosa		3
		Rugosa		5
		Muy rugosa		6
	Relleno	Suave	> 5mm	0
			< 5 mm	2
		Duro	> 5 mm	2
			< 5 mm	4
		Ninguno		6
	Meteorización	No meteorizada		6
		Ligeramente Meteorizada		5
		Meteorizada		3
		Altamente Meteorizada		1
		Descompuesta		0
Presencia de agua		Flujo		0
		Goteo		4
		Mojado		7
		Húmedo		10
		Seco		15

Fuente: Bieniawski (1989)

4.4. Población de Estudio

La población de estudio comprende el área que engloba las labores subterráneas de la mina Bateas y sus alrededores, incluyendo las áreas de influencia.

4.5. Tamaño de muestra

El tamaño de muestra está compuesto por el registro Geomecánico mediante líneas de detalle, celdas y sondajes diamantinos de la Mina Bateas. En la **Tabla 6**, se visualiza los detalles:

Tabla 6: Tamaño de muestra

Registro mediante:	Número de sondajes/ estaciones	Longitud (m)
Sondajes diamantinos	260	47155.2
Líneas de detalle	26	978.41
Celdas	146	2420.18

4.6. Técnicas de selección de muestra

4.6.1 Criterios de selección de muestras

- El registro de información geomecánica se fundamentará en los sondajes diamantinos disponibles dentro del área de estudio, asegurando que estos intercepten la estructura mineralizada y sus alrededores.
- El registro geomecánico en labores subterráneas se llevará a cabo mediante el método de líneas de detalle y celdas, garantizando el registro representativo de la zona de estudio.

- Las muestras de roca destinadas a los ensayos de mecánica de rocas y suelos deberán ser obtenidas directamente de la zona de interés, asegurando su representatividad en función de las condiciones geomecánicas.

4.7. Técnicas de recolección de información

4.7.1. Recursos primarios: Investigaciones en Campo

Registros de datos Geomecánicos, estructurales, litología y otros parámetros relevantes obtenidos en campo (in situ). Esta información se obtiene del registro mediante:

4.7.1.1 Registro Geomecánico en Sondajes Diamantinos. - El registro de los parámetros de RMR han sido obtenidos en los almacenes de superficie de minera Bateas (sala de logueo), para testigos rocosos de sondajes diamantinos correspondientes al ámbito de estudio (superficie e interior mina), con la finalidad de caracterizar la masa rocosa a través de un índice numérico cuantitativo en dominios geomecánicos. Ver ejemplo de registros en **Anexo 3.**

Figura 10: Registro Geomecánico de la masa rocosa en sondajes diamantinos



El registro se realizó en las diferentes campañas, haciendo un total de 47155.2 metros de sondeaje diamantino. Ver detalle en la **Tabla 7**

Tabla 7: Registro Geomecánico en sondajes diamantino por campaña

Registro Geomecánico en sondajes diamantino por campaña		
Campaña	Número de sondajes	Longitud (m)
1	183	23371.04
2	26	10290.71
3	51	13493.20
Total	260	47155.20

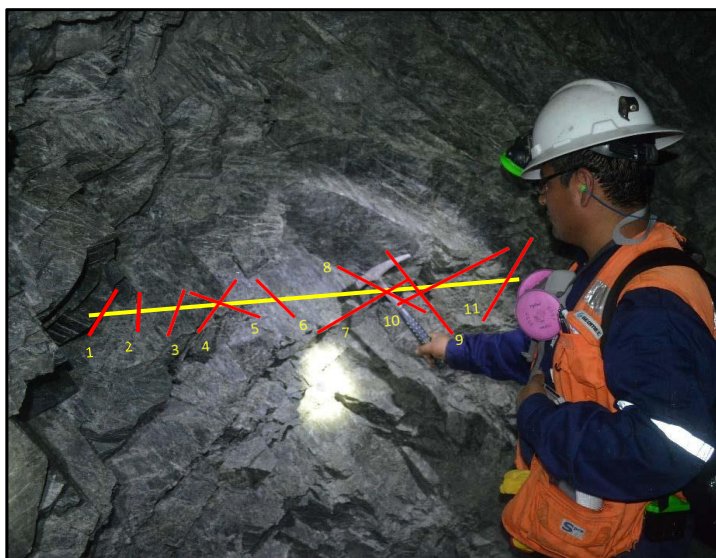
4.7.1.2 Registro Geomecánico mediante Líneas de Detalle. - El levantamiento de información geomecánica mediante mapeo por líneas de detalle se ha llevado a cabo en las labores subterráneas de Minera Bateas en sus diferentes niveles, con el objetivo de caracterizar la calidad del macizo rocoso en función de sus condiciones estructurales y geomecánicas. Este procedimiento permite obtener datos sobre la orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad y relleno de las discontinuidades, proporcionando una base cuantitativa para la delimitación de dominios geomecánicos.

Tabla 8: Registro Geomecánico mediante Líneas de detalle

Registro Geomecánico mediante líneas de detalle		
Campaña	Número de sondajes	Longitud (m)
1	26	978.41
Total	26	978.41

El registro de estos parámetros se ha realizado siguiendo un formato estandarizado (ver **Anexo 4**), asegurando la coherencia y precisión de la información recolectada. La metodología aplicada en el mapeo de líneas de detalle complementa los datos obtenidos a partir del análisis de testigos de perforación, permitiendo una evaluación integral del macizo rocoso y su comportamiento geomecánico.

Figura 11: Registro Geomecánico de la masa rocosa mediante líneas de detalle

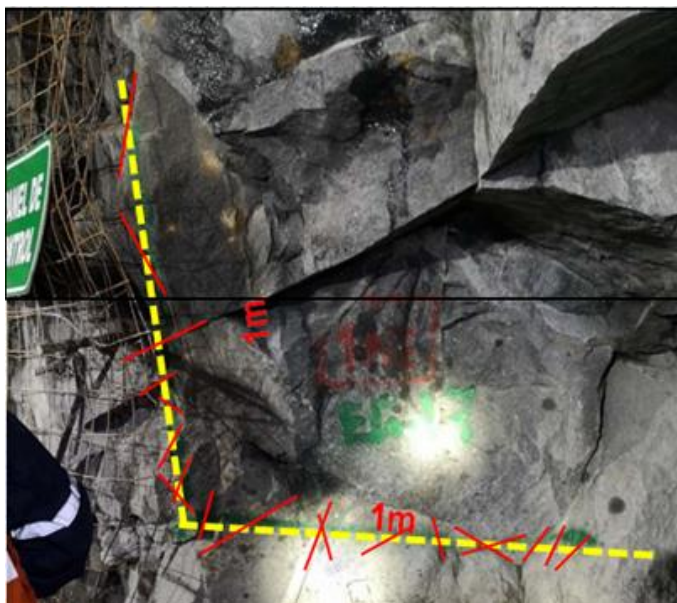


Fuente: GLSA

4.7.1.3 Registro Geomecánico mediante Celdas. - Se ha llevado a cabo el registro mediante celdas en los distintos niveles de la Mina Bateas. Ver formato estandarizado en el **Anexo 5**. Para ello, se seleccionaron cuadrículas de 1x1 metro en los diferentes dominios geomecánicos, lo que permitió evaluar *in situ* la calidad del macizo rocoso. Durante el proceso, se registraron parámetros como el RQD, resistencia, espaciamiento, las condiciones de las discontinuidades y la presencia de agua subterránea, con el fin de obtener la caracterización de la masa rocosa. Estos datos fueron tomados en diferentes campañas, ver Tabla 9.

Tabla 9: Registro Geomecánico mediante celdas

Registro Geomecánico mediante celdas		
Campaña	Número de sondajes	Longitud (m)
1	39	235.80
2	19	1625.55
3	88	558.83
Total	26	2420.18

Figura 12: Registro Geomecánico de la masa rocosa mediante celdas.

4.7.2 Recursos complementarios

La siguiente información fue solicitada previamente a Minera Bateas para complementar las actividades y observaciones en campo:

- Plano topográfico superficial en coordenadas UTM-WGS84.
- Plano topográfico subterráneo en coordenadas UTM-WGS84.

- Planos Geológicos por niveles de toda la Mina.
- Registros digitales del logueo geológico de los sondajes diamantinos en el ámbito de las estructuras mineralizadas.
- Modelo geológico actualizado en 3D.
- Modelo estructural actualizado.
- Resultados de los ensayos de mecánica de rocas de estudios anteriores y actuales.
- Planos geomecánicos detallados por niveles de “rampas, galerías, cruceros, cámaras y tajos”.
- Estudio hidrogeológico de la Mina

4.8 Técnicas de análisis e interpretación de la información

4.8.1 Proceso y análisis de datos

- Organización y sistematización de la información geomecánica en hojas de cálculo. Como referencia. Ver **Anexo 6**
- Verificación y ajuste de datos obtenidos del mapeo geomecánico y de los sondajes diamantinos.
- Análisis estadístico de los datos geomecánicos para su interpretación.
- Integración de datos en el software Studio RM de Datamine.

4.8.2 Construcción del Modelo Geomecánico tridimensional

4.8.2.1 Modelo Geomecánico tridimensional por el método Implícito. – La construcción del Modelo Geomecánico 3D mediante el método implícito conlleva el proceso y análisis descrito en el ítem anterior (3.8.1). A partir de este análisis, se desarrollan los siguientes pasos:

- Configuración del elipsoide de búsqueda
- Delimitación de dominios (cercano y lejano) con referencia a la estructura mineralizada.
- Selección del método de interpolación.
- Proceso de interpolación.
- Visualización del modelo Geomecánico 3D en secciones transversales, longitudinales y vistas isométricas.

4.8.2.2 Modelo Geomecánico tridimensional por el método Explícito. – La construcción del Modelo Geomecánico 3D mediante el método explícito, implica seguir el proceso y análisis detallados en el ítem (3.8.1), al igual que en el método implícito, con la diferencia de que a partir de este punto se realizarán los siguientes pasos:

- Definición de la orientación de las secciones a interpretar.
- Generación de secciones
- Interpretación de secciones
- Proceso secuencial de las secciones interpretadas
- Visualización del modelo Geomecánico 3D en secciones transversales, longitudinales y vistas isométricas.

4.9 Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas

Para comprobar las hipótesis de este estudio, se definirá el lineamiento para el registro de la información base, se analizará las ventajas y desventajas de cada método de modelado y se comprobará la eficiencia y precisión por medio de secciones de comparación.

4.9.1 Definición de lineamientos para la obtención de datos

- Se analizará la homogeneidad de los datos y el tipo de variable estadística al que corresponde.

4.9.2 Criterios de Comparación de secuencia de modelado

- Descripción detallada del proceso para cada método de modelado.
- Análisis de comparación de cada proceso, identificando sus características y diferencias entre ambos enfoques.
- Comparación a través de secciones estratégicas, las cuales deberán ser representativas en el ámbito de la estructura mineralizada, la litología y la geología.

4.9.3 Análisis de precisión y eficiencia

- Medición de tiempo y recursos necesarios para cada método de modelado.
- Validación del modelo geomecánico comparando el resultado con las condiciones reales observadas en la Mina Bateas.

CAPÍTULO V: Resultados

5.1. Definición de los criterios y lineamientos para la obtención y registro de datos en las investigaciones geomecánicas

Los valores obtenidos para la elaboración del modelo Geomecánico se da a partir del sistema de clasificación geomecánica de Bieniawski (1989), es decir valores RMR por su naturaleza cuantitativa.

El RMR se basa en parámetros numéricos medibles como la resistencia a la compresión uniaxial, RQD, espaciamiento entre discontinuidades, condición de las discontinuidades y agua subterránea. Ver tabla 5.

A comparación de otros sistemas de clasificación geomecánica los valores RMR tienen mayor homogeneidad, proporciona un valor numérico directo, tiene naturaleza cuantitativa y clasificatoria. En la Tabla 10 se muestran los rangos y colores que se utilizará para la elaboración del modelo geomecánico 3D.

Tabla 10: Criterios para la clasificación geomecánica

TIPO DE ROCA		RMR
BUENA	II-A	71-80
	II-B	61-70
REGULAR	III-A	51-60
	III-B	41-50
MALA	IV-A	31-40
	IV-B	21-30
MUY MALA	V	21

5.2 Secuencia de modelado para los métodos: implícito y explícito, destacando sus características intrínsecas y diferencias.

5.2.1 Análisis de datos

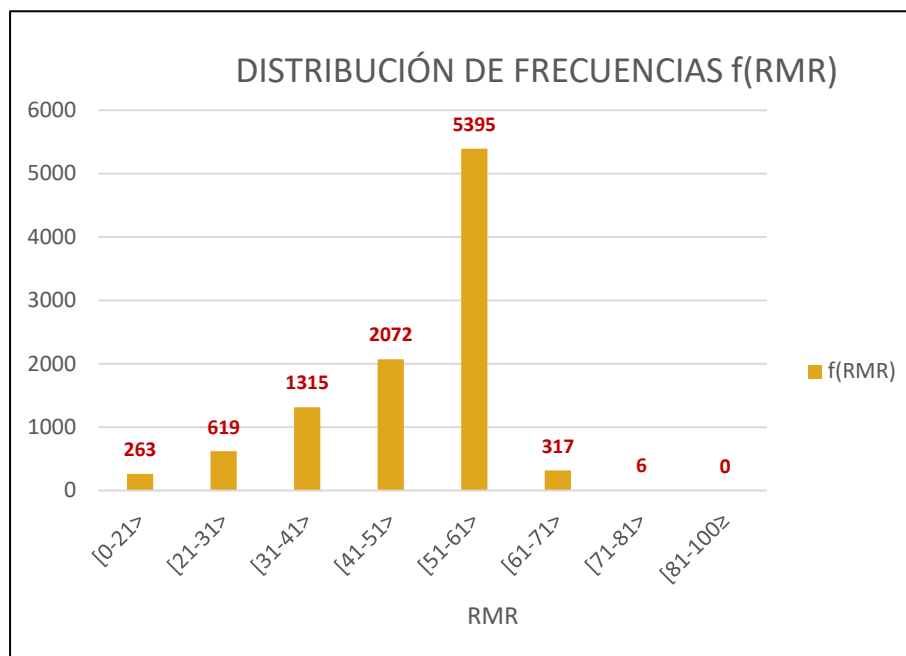
Previamente a la elaboración del modelo geomecánico 3D, es fundamental identificar el tipo de variable estadística al que corresponde la variable RMR, ya que esta definición, permitirá aplicar el enfoque de análisis más adecuado. Para fines de este análisis se utilizará la base de datos del registro Geomecánico en sondajes diamantinos, línea de detalle y celdas.

Tabla 11: Resultado del análisis estadístico de la base de datos geomecánicos

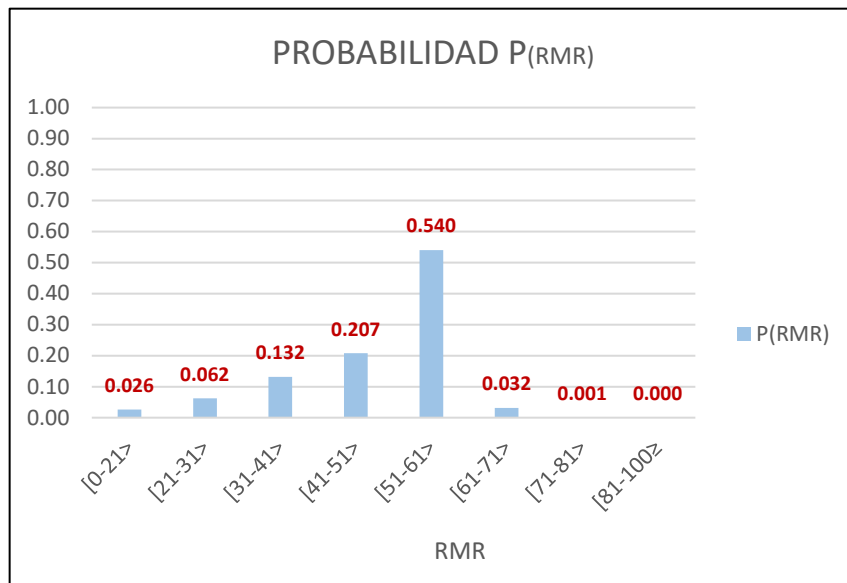
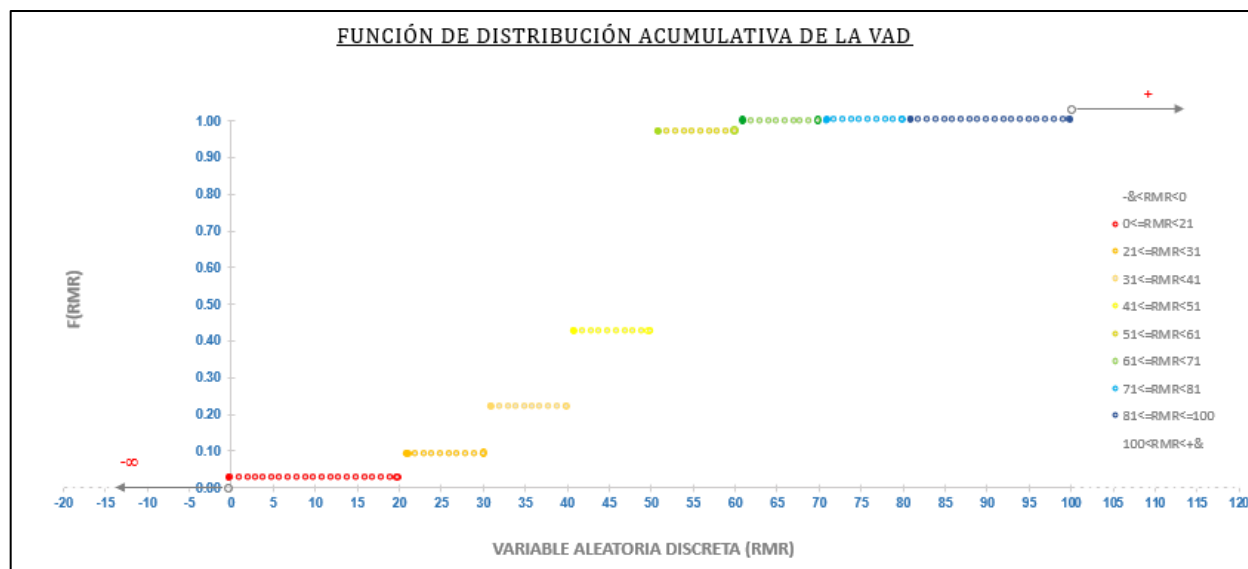
Análisis de datos		
Nº de datos	9987	
Media	48.56	
Varianza	131.83	
Desviación estándar	11.48	
Error estándar de la media	0.11	
Nivel confianza	0.95	
IC (Intervalo de Confianza)	48.34	48.79

Tabla 12: Análisis de frecuencia de la base de datos Geomecánicos

				FRECUENCIAS	
Tipo de Roca		xi	Xi	f(xi)	F(X)
		<∞-0>		0	
Muy mala	V	[0-21>	10.50	263	263
Mala	IVB	[21-31>	26.00	619	882
	IVA	[31-41>	36.00	1315	2197
Regular	IIIB	[41-51>	46.00	2072	4269
	IIIA	[51-61>	56.00	5395	9664
Buena	IIB	[61-71>	66.00	317	9981
	IIA	[71-81>	76.00	6	9987
Muy buena	I	[81-100≥	86.00	0	9987
		<100 - +∞>		0	

Figura 13: Histograma de Frecuencias de la base de datos Geomecánicos**Tabla 13:** Análisis de probabilidades de la base de datos Geomecánicos

				FRECUENCIAS		PROBABILIDADES		
Tipo de Roca		xi	Xi	f(xi)	F(X)	P(RMR)	F(RMR)	%P(RMR)
		$<-\infty-0>$		0		0.000	0.000	0.0000
Muy mala	V	[0-21>	10.50	263	263	0.026	0.026	2.6334
Mala	IVB	[21-31>	26.00	619	882	0.062	0.088	6.1981
	IVA	[31-41>	36.00	1315	2197	0.132	0.220	13.1671
Regular	IIIB	[41-51>	46.00	2072	4269	0.207	0.427	20.7470
	IIIA	[51-61>	56.00	5395	9664	0.540	0.968	54.0202
Buena	IIB	[61-71>	66.00	317	9981	0.032	0.999	3.1741
	IIA	[71-81>	76.00	6	9987	0.001	1.000	0.0601
Muy buena	I	[81-100≥	86.00	0	9987	0.000	1.000	0.0000
		$<100 - +\infty>$		0		0.000	0.000	100

Figura 14: Distribución de probabilidad (RMR)**Figura 15:** Función de distribución acumulativa de la probabilidad (RMR)

Posterior al análisis de datos, se evidencia que los parámetros del RMR se comportan como variables aleatorias discretas, lo que implica que no pueden tratarse como valores continuos ni

regionalizados. Por ello, resulta fundamental evaluar y seleccionar las técnicas de interpolación más adecuadas.

5.2.1.1 Análisis de datos estructurales. – Posterior al análisis estadístico se realiza el siguiente proceso para la elaboración del modelo Geomecánico 3D.

Con el objetivo de identificar patrones en la distribución espacial de las discontinuidades estructurales (fallas y diaclasas) presentes en la masa rocosa asociada a las estructuras mineralizadas y su entorno, se utilizó la información estructural contenida en los planos geológicos proporcionados por la mina Bateas, así como los registros obtenidos en las investigaciones realizadas.

Análisis en Diaclasas: Rocas Caja

Figura 16: Diagrama estereográfico de diaclasas, densidad de polos en rocas caja

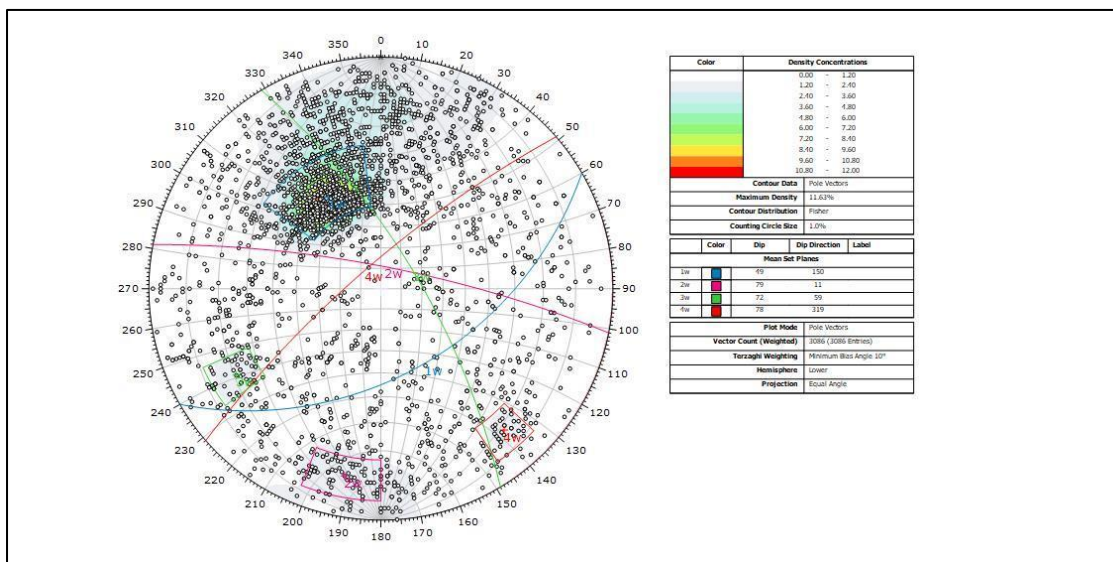
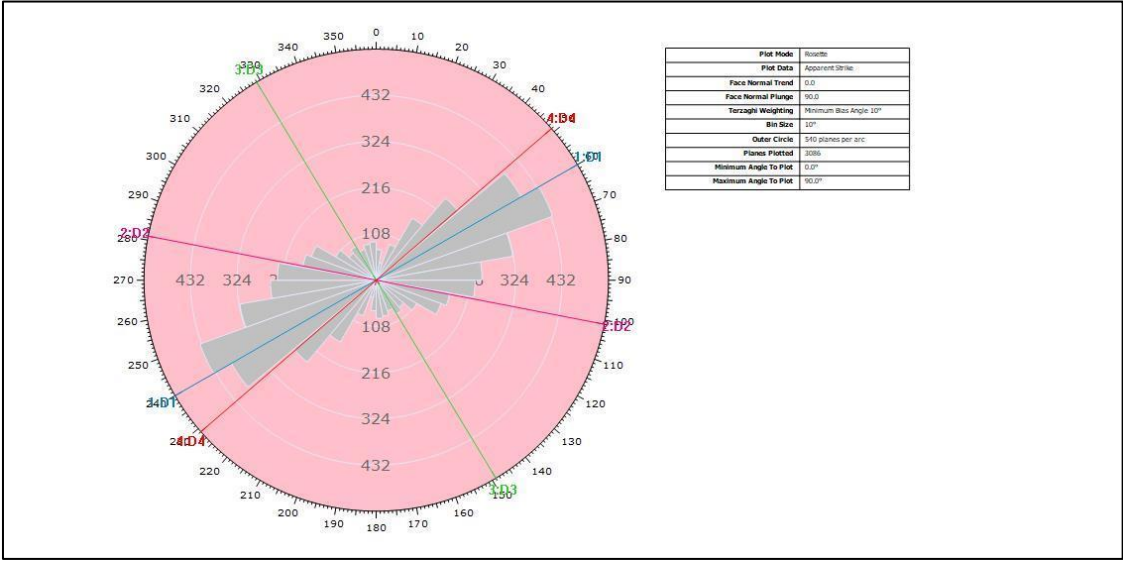


Figura 17: Diagrama estereográfico de diaclasas, rosetas de diaclasas



Análisis en diaclasas: En el ámbito de la mineralización

Figura 18: Diagrama estereográfico de diaclasas, densidad de polos

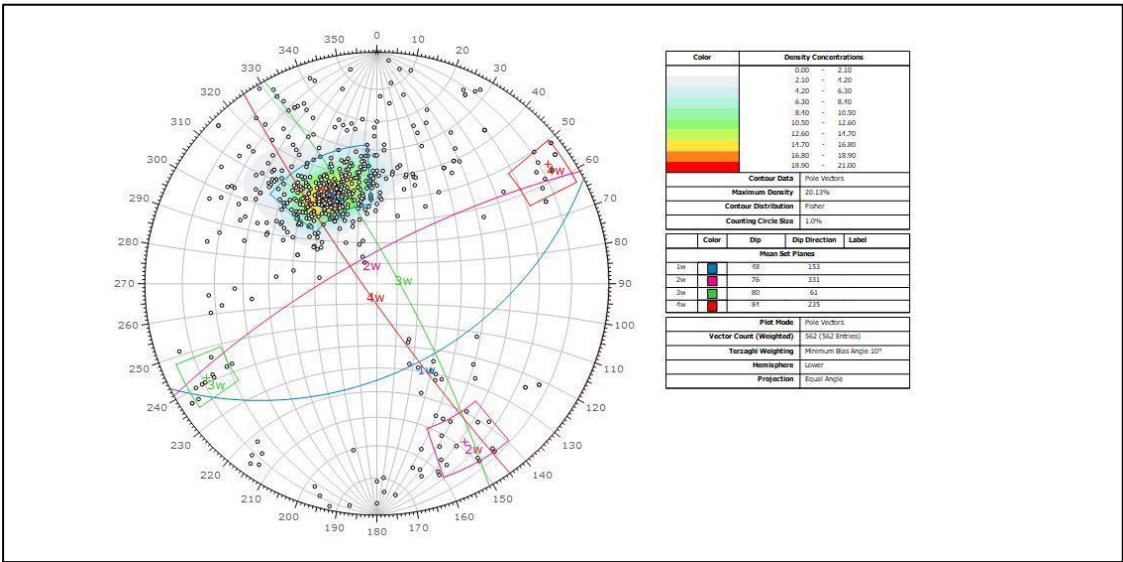
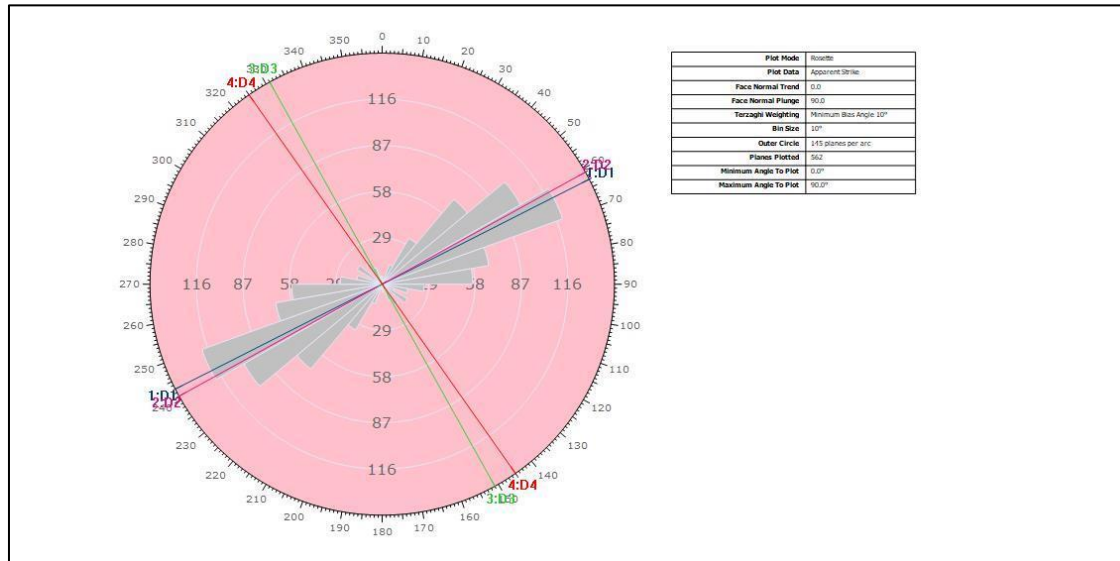


Figura 19: Diagrama estereográfico de diaclasas, rosetas de diaclasas



Análisis en Fallas: Rocas Caja y ámbito de la mineralización

Figura 20: Diagrama estereográfico de fallas, densidad de polos

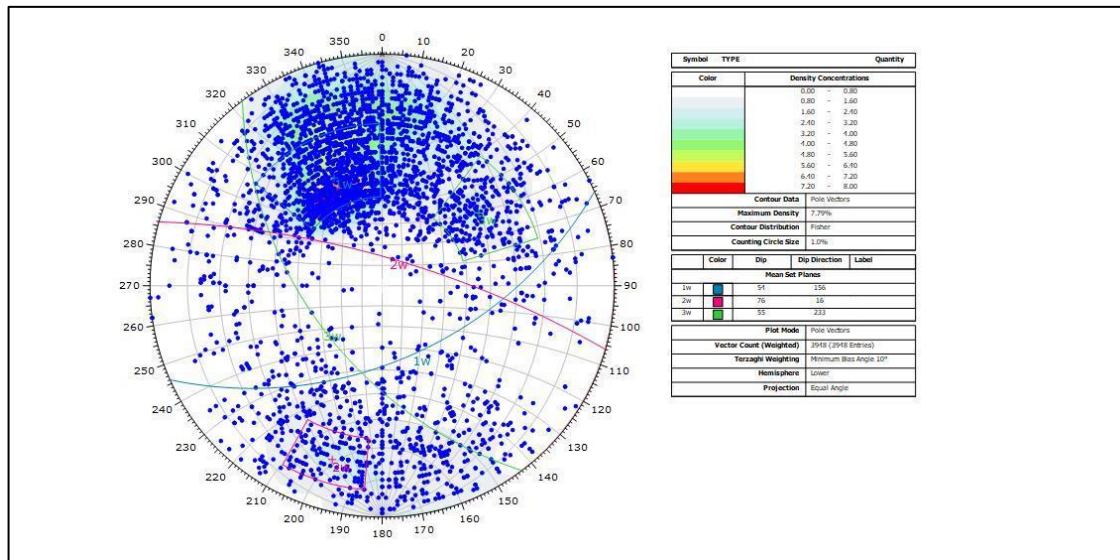
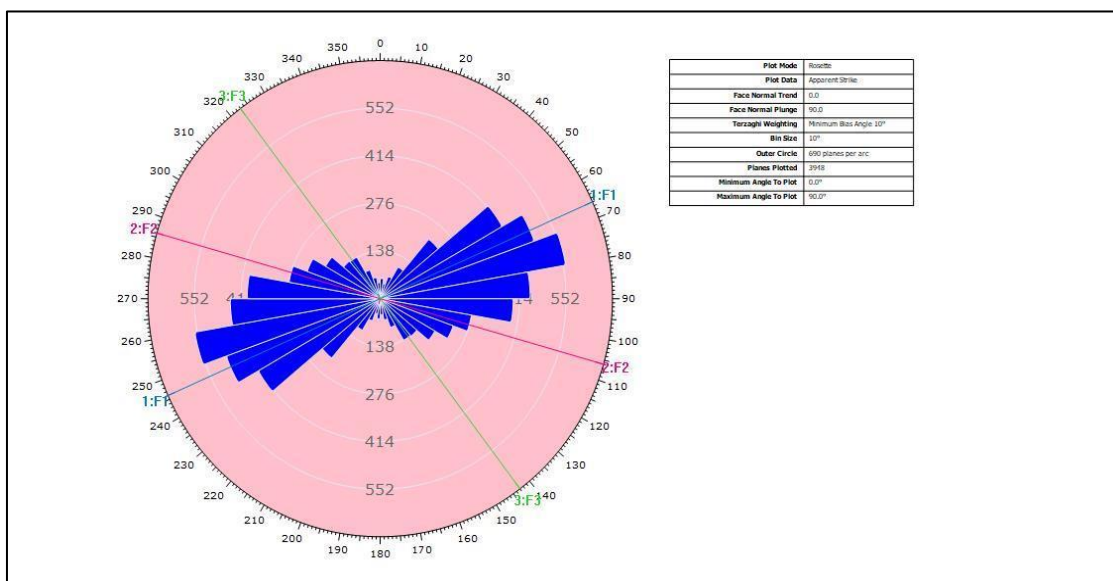


Figura 21: Diagrama estereográfico de fallas, rosetas de fallas

Los datos de orientación se han procesado empleando la técnica de proyección estereográfica equiangular, utilizando el software DIPS versión 7.016 desarrollado por Rocscience Inc. A continuación, se resume los datos obtenidos:

Tabla 14: Sistemas de discontinuidades estructurales

ZONA	DIACLASAS			
	D1	D2	D3	D4
Rocas caja	49/150	79/011	72/059	78/319
Ámbito de la mineralización	48/153	76/331	80/061	84/235
ZONA	FALLAS			
Rocas caja y ámbito de la mineralización	F1	F2	F3	
	54/156	76/016	55/233	

5.2.1.2 Investigaciones de laboratorio. – Los resultados de los ensayos de mecánica de rocas (Ver Anexo 7) fueron desarrollados según las normas ASTM correspondiente para cada ensayo.

Los ensayos realizados para fines del estudio son:

- Propiedades físicas (ASTM 2216-02)
- Compresión simple (ASTM D2938)
- Carga puntual (ASTM D5731)
- Compresión triaxial (ASTM D2664-95)
- Constantes elásticas (ASTM D3148)
- Corte directo (ASTM D5607-95)
- Tracción indirecta (ASTM D3967).

5.2.1.3 Clasificación Geomecánica. – Los resultados de la clasificación geomecánica se obtiene del proceso del análisis e interpretación de la información litológica, estructural, ensayos de laboratorio e información registrada en las investigaciones geomecánicas A continuación se presenta el resumen de las características de los dominios geomecánicos en las rocas caja y el ámbito de la estructura mineralizada.

Tabla 15: Clasificación geomecánica en el ámbito de las rocas caja

Rocas caja	Clasificación RMR			
	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
	61-80	41-60	21-40	<21
RQD	Rocas ligeramente fracturadas (<20%) y fracturadas (80%)	Rocas fracturadas (60%) a muy fracturas (40%).	Rocas muy fracturadas (40%) a intensamente fracturas (60%)	Intensamente fracturadas a trituradas
Resistencia a la compresión uniaxial	101-190 MPa	51-100 MPa	25-50 Mpa	1-24 Mpa
Espaciamiento	Entre “0.6-2.0 y 0.2-0.6 metros	0.2-0.6 y 0.06-0.2 metros	0.06-0.2 y < 0.06 metros	< 0.06 metros
Persistencia	>20, 10-20 y 3-10 metros	10-20, 3-10 y 1-3 metros	3 10, 1-3 y <1 metro	1-3 y < 1 metro
Apertura	<0.1, 0.1-1 mm	<0.1, 0.1-1 y 1-5 mm	1-5 y >5mm	1-5 y >5mm
Rugosidad	Rugosa	Ligeramente rugosas	Ligeramente rugosas	Ligeramente rugosas a lisas
Relleno	Sin relleno	Sin relleno	Rellenos blandos (óxidos, arcillas, carbonatos, sericitas y cloritas).	Rellenos blandos (óxidos, arcillas, carbonatos, sericitas y cloritas).
Meteorización	Ligera	Ligera a moderada	Moderada a alta	Muy alta a descompuesta
Presencia de agua	Húmeda	Húmeda a mojada	Húmeda a mojada	Mojada a goteo y puntualmente flujo

Tabla 16: Clasificación geomecánica en el ámbito de la mineralización

Ámbito de la mineralización	Clasificación RMR			
	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
	61-80	41-60	21-40	<21
RQD	Rocas ligeramente fracturadas (<10%) y fracturadas (90%)	Rocas fracturadas (40%) a muy fracturadas (60%).	Rocas muy fracturadas (30%) a intensamente fracturadas (70%)	Intensamente fracturadas a trituradas
Resistencia a la compresión uniaxial	101-160 MPa	51-100 MPa	25-50 Mpa	1-24 Mpa
Espaciamiento	Entre “0.6-2.0 y 0.2-0.6 metros	0.2-0.6 y 0.06-0.2 metros	0.06-0.2 y < 0.06 metros	< 0.06 metros
Persistencia	>20, 10-20 y 3-10 metros	10-20, 3-10 y 1-3 metros	3 10, 1-3 y <1 metro	1-3 y < 1 metro
Apertura	0.1, 0.1-1, 1-5 y >5 mm	0.1-1, 1-5 y >5 mm	1-5 y >5mm	1-5 y >5mm
Rugosidad	Muy rugosas	Muy rugosas a rugosas	Muy rugosas a rugosas	Muy rugosas, ligeramente rugosas a lisas
Relleno	Sin relleno con alternancia de rellenos duros	Rellenos duros y rellenos blandos	Rellenos blandos (óxidos, arcillas, carbonatos, sericitas y cloritas).	Rellenos blandos (óxidos, arcillas, carbonatos, sericitas y cloritas).
Meteorización	Ligera	Ligera a moderada	Moderada a alta	Muy alta a descompuesta
Presencia de agua	Húmeda	Húmeda a mojada	Mojada a goteo	Mojada a goteo y puntualmente flujo

5.2.2 Construcción del Modelo Geomecánico tridimensional

La elaboración del Modelo Geomecánico considerará los siguientes pasos en común para ambas metodologías.

- Información Básica
- Investigaciones Geomecánicas
- Investigaciones de laboratorio
- Análisis e interpretación de los datos registrados en las investigaciones geomecánicas.

Figura 22: Vista tridimensional del registro geomecánico en sondajes diamantinos.

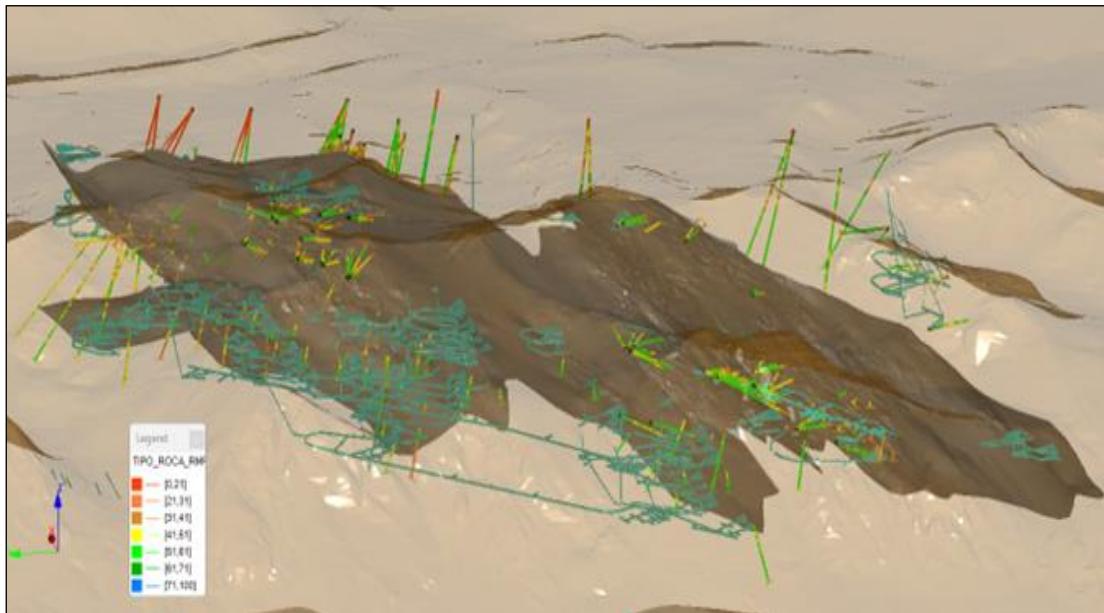


Figura 23: Vista tridimensional del registro geomecánico en líneas de detalle.

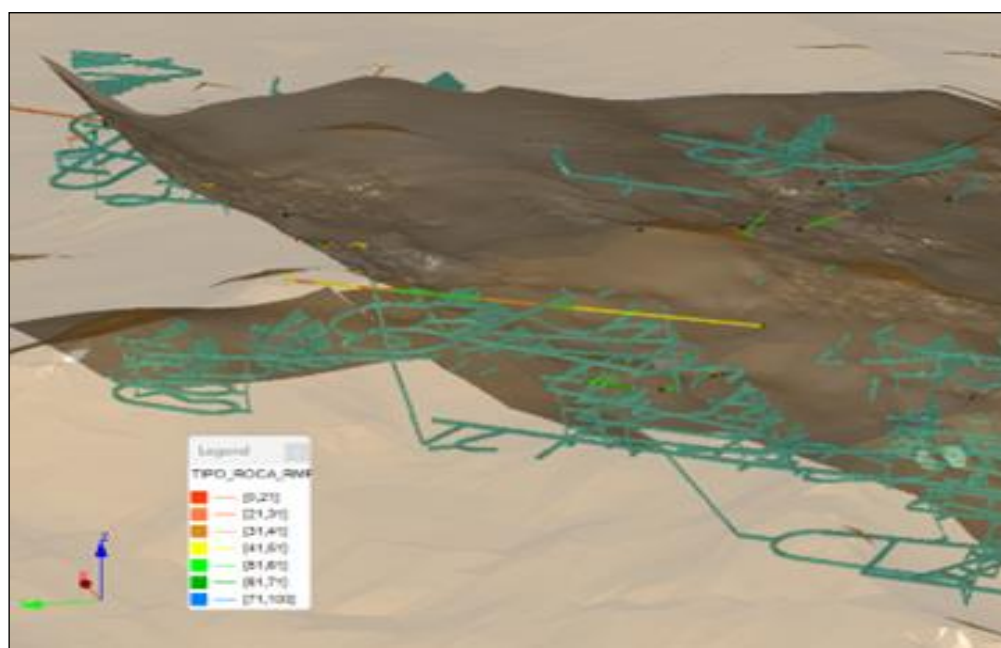
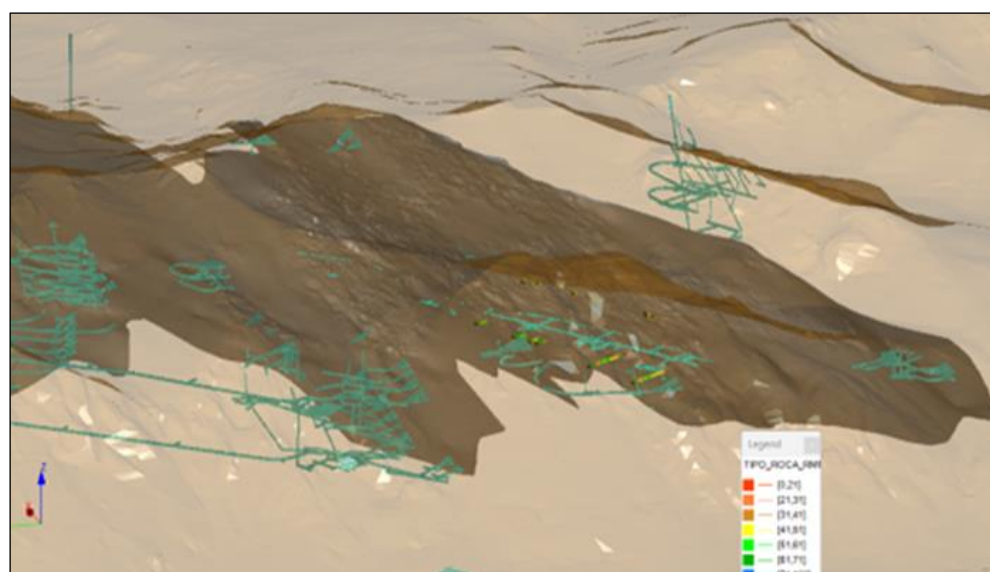


Figura 24: Vista tridimensional del registro geomecánico en celdas.

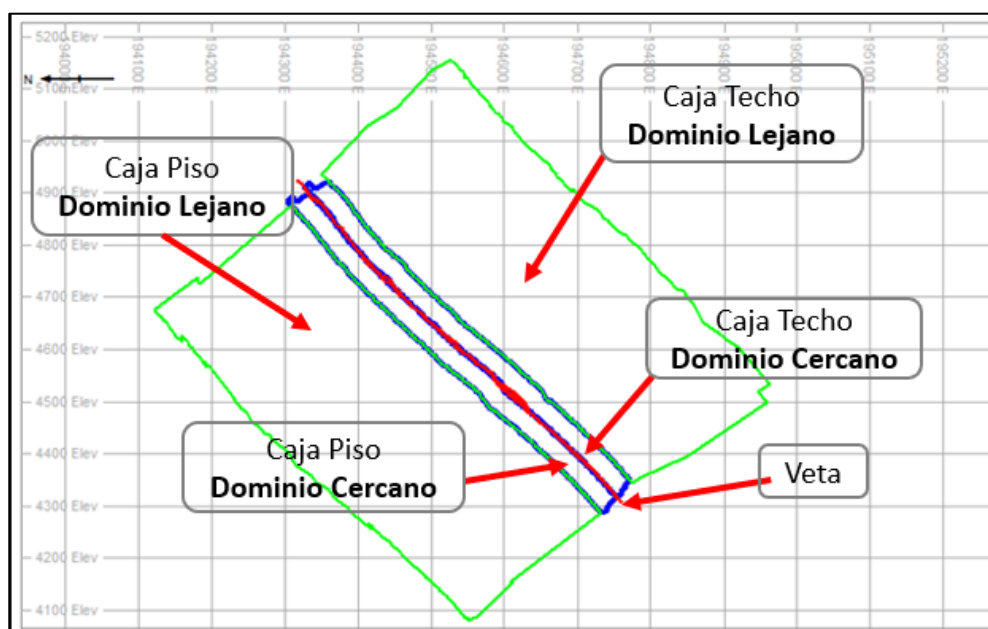


A partir de este paso se realizará la elaboración del modelo Geomecánico por cada metodología con la secuencia que le caracteriza a cada una de ellas.

5.2.2.1 Modelo Geomecánico tridimensional por el método Implícito. – Posterior al análisis estadístico se realiza el siguiente proceso para la elaboración del modelo Geomecánico 3D.

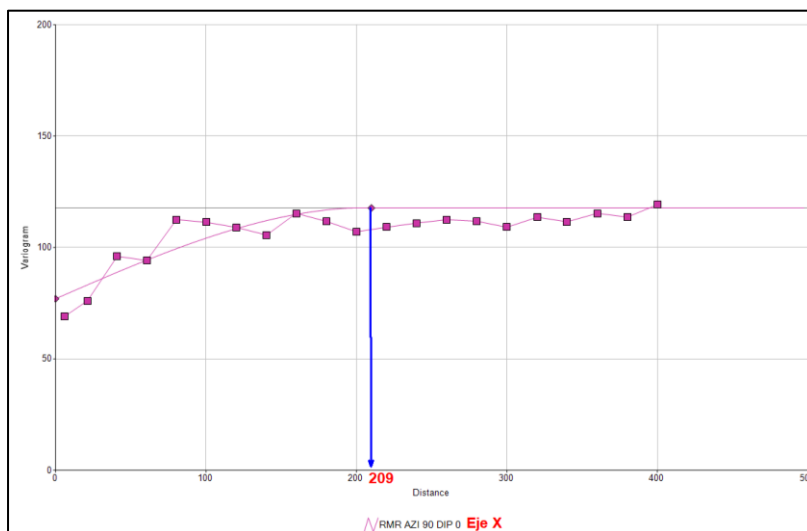
Configuración del elipsoide de búsqueda. – Este proceso es fundamental para el modelado por el método implícito, ya que determina el alcance del análisis espacial de las propiedades Geomecánicas, se delimita los dominios cercano y lejano en las cajas techo, piso y la estructura mineralizada.

Figura 25: Delimitación de los dominios cercano y lejano con respecto a la estructura mineralizada.



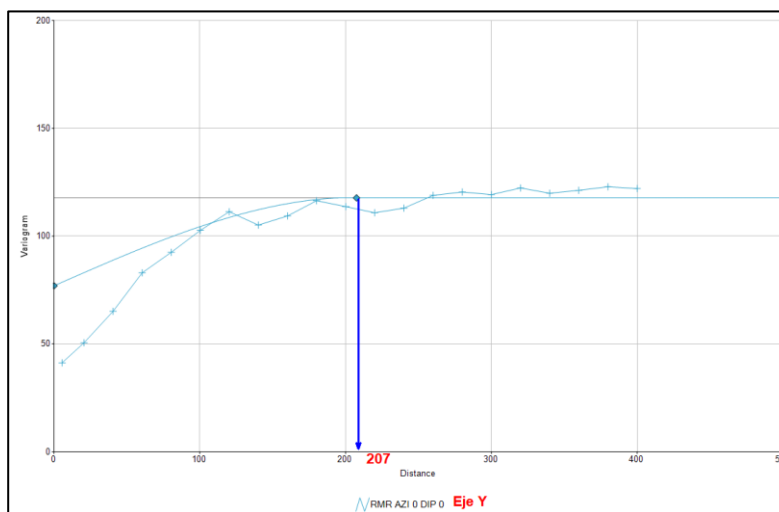
Variografía. – Se llevó a cabo un análisis de variografía en distintas direcciones con el objetivo de determinar las dimensiones óptimas de los ejes que conforman el elipsoide de búsqueda.

Figura 26: Variograma de índices RMR para el eje X

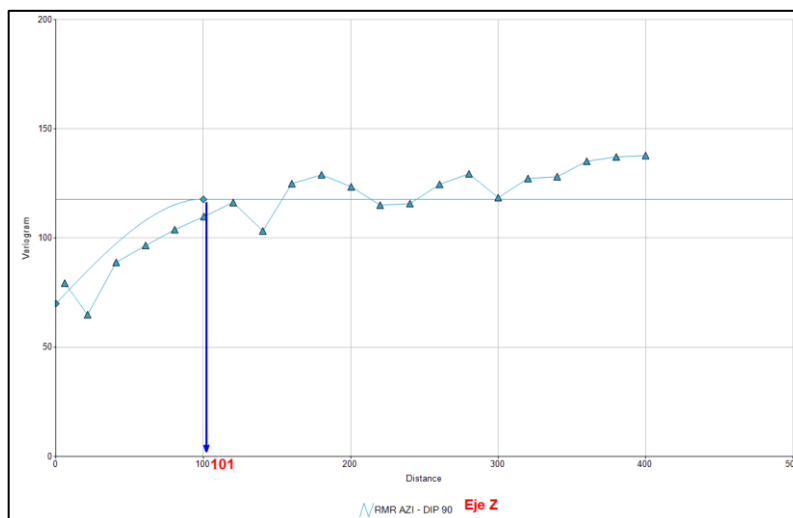


La gráfica del variograma muestra que existe correlación hasta aproximadamente hasta 209 metros para el eje X, sin embargo, para fines de este estudio redondearemos a 200.

Figura 27: Alcance en el eje Y



La gráfica del variograma muestra que existe correlación hasta aproximadamente hasta 207 metros para el eje Y, para fines de este estudio redondearemos a 200.

Figura 28: Alcance en el eje Z

La gráfica del variograma muestra que existe correlación hasta aproximadamente hasta 101 metros para el eje Z, para fines de este estudio redondearemos a 100.

- El elipsoide de influencia (búsqueda) para la variable RMR será de 200x200x100m.
- Las rotaciones del elipsoide serán: Rot1= 132°, Rot2=-42°, Rot3= 0°

Modelo de Bloques. - Las dimensiones del modelo de bloques son: Largo=4060m, ancho=1800m y altura=1260m. El tamaño de bloque unitario “4x2x2m”, orientado de acuerdo a la dirección de la estructura principal. El número de bloques en cada dimensión en base al tamaño unitario de “4x2x2m” es: Largo=1015, ancho=450 y altura=630 bloques.

Tabla 17: Alcance del elipsoide de búsqueda para la estimación RMR

Pasada	Dist x	Dst Y	Dist Z	Rot 1	Rot 2	Rot 3	Min Comp	Max Comp	Min - DDH
1	200	200	100	138	-42	0	3	16	2
2	400	400	200	138	-42	0	2	16	2

Selección del método de interpolación. – Para la proyección de valores RMR en zonas donde no se cuenta con registro Geomecánico o muestreo directo, se opta por aplicar un método de interpolación que permita estimar valores de forma coherente con el comportamiento esperado de la masa rocosa.

Considerando la naturaleza del RMR, se seleccionó la técnica de: Distancia Inversa Ponderada (IDW). Este método se basa en el principio de que las muestras cercanas tienen mayor influencia sobre el punto a estimar que aquellas más alejadas. Burrough, P. A., (1998). En este caso particular, se utilizó un exponente de ponderación igual a 2, ya que ofrece un balance adecuado entre la fidelidad a los datos originales y la suavidad de la superficie interpolada.

Visualización del modelo Geomecánico 3D.– Posterior al proceso de interpolación el modelo Geomecánico 3D se visualiza en secciones transversales, longitudinales y vistas isométricas.

Figura 29: Plano nivel 4500 mostrando el índice RMR en el Modelo y sondajes

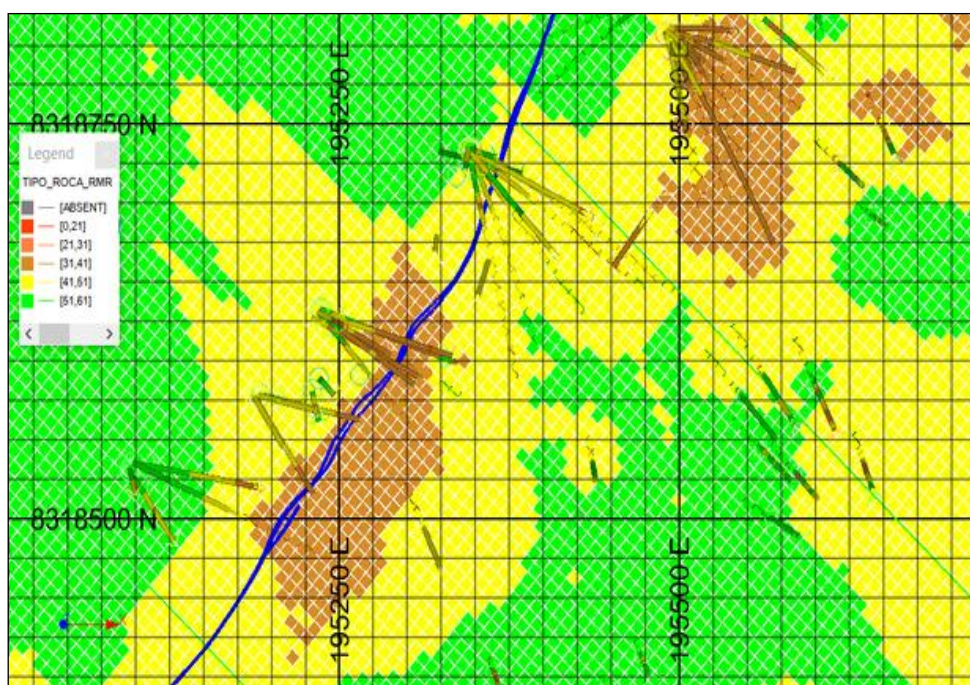


Figura 30: Sección transversal mostrando el índice RMR en el Modelo y sondajes

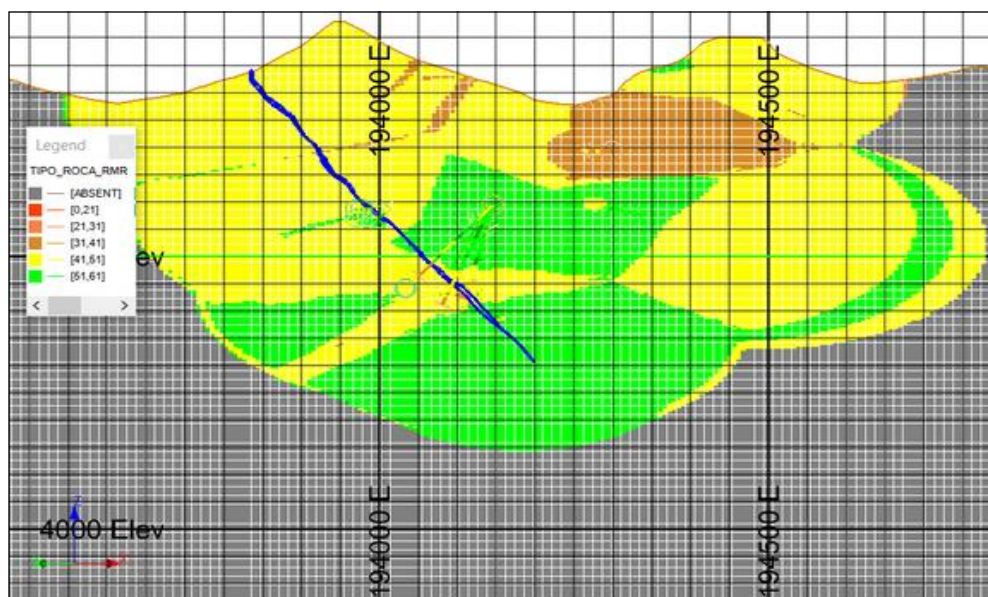


Figura 31: Vista Isométrica del modelo Geomecánico 3D

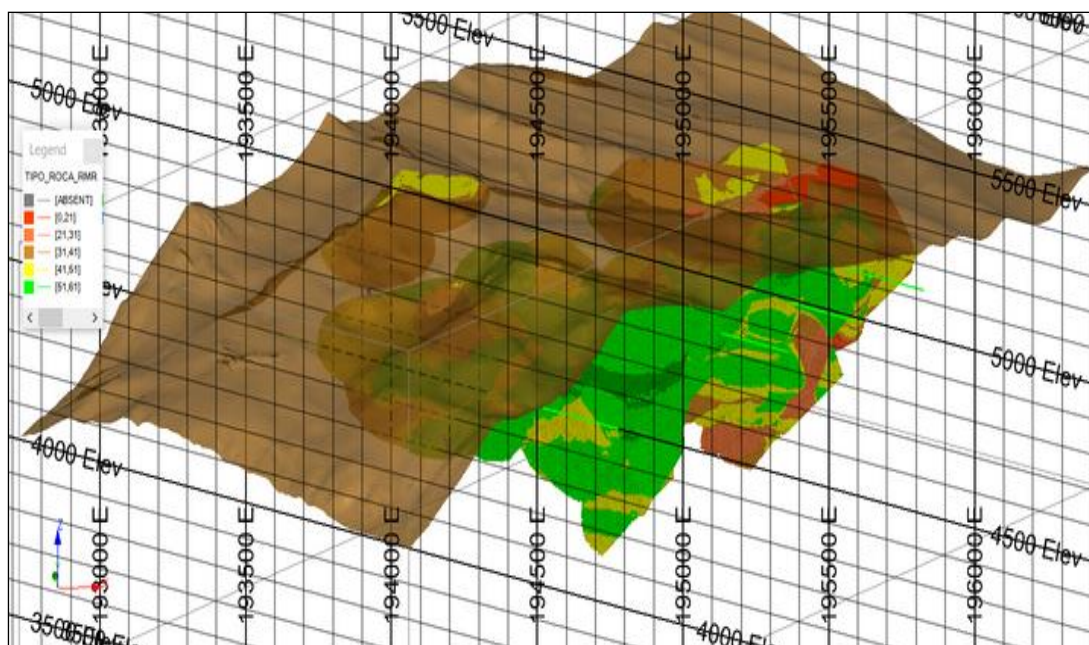


Figura 32: Vista Isométrica del modelo Geomecánico 3D

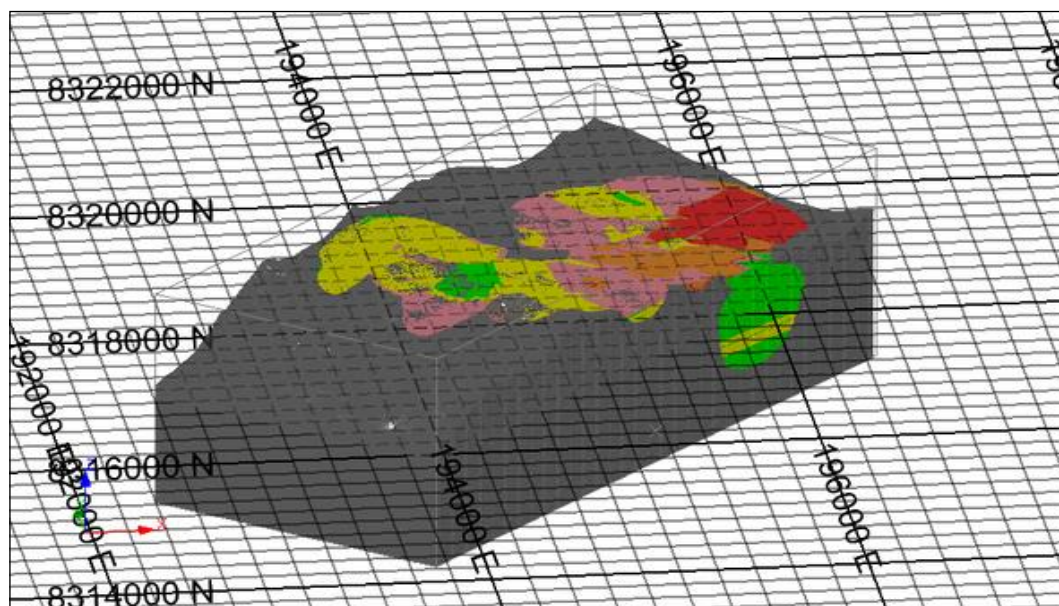
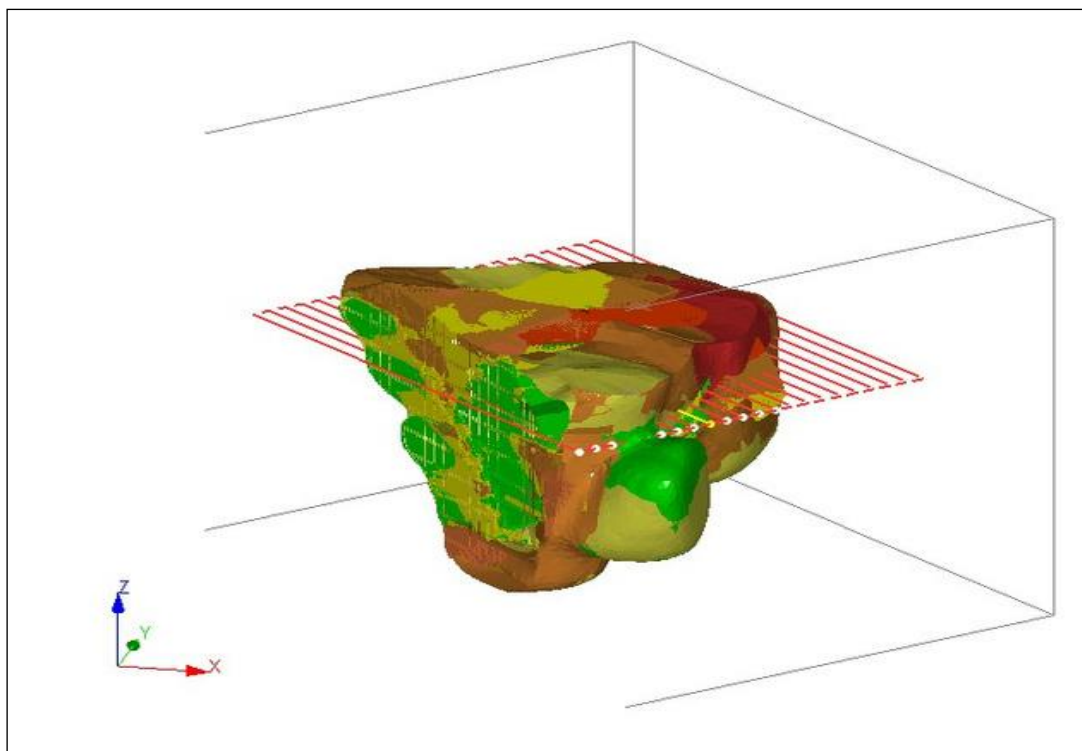


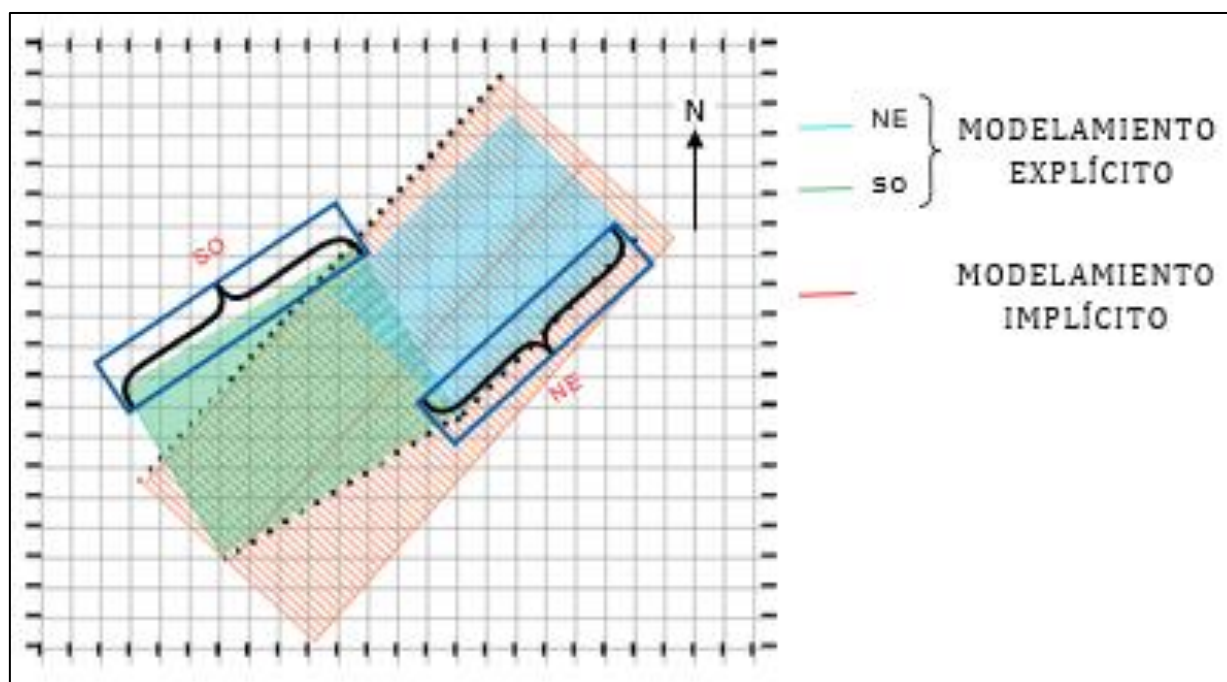
Figura 33: Vista Isométrica, modelo geométrico y modelo de bloques interceptada con la sección 18.



5.2.2.2 Modelo Geomecánico tridimensional por el método Explícito. – Posterior a los pasos desde el registro de datos hasta el proceso y análisis, el procedimiento de modelado por el método explícito, se realiza el siguiente proceso para la elaboración del modelo Geomecánico 3D.

Generación de secciones e interpretación. – El criterio utilizado para la distribución de las secciones se realiza tomando como referencia la orientación de la estructura mineralizada, estableciendo secciones 140 secciones transversales con un espaciamiento de 100 metros. Este enfoque permite evaluar adecuadamente la calidad del macizo rocoso tanto en la zona mineralizada como en la roca encajonante.

Figura 34: Vista en planta de las líneas de sección



En la Figura 34 se observan las líneas de sección de color rojo, las cuales se utilizaron para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D por el método implícito. En contraste, las líneas de color celeste representan las secciones utilizadas para el modelo geomecánico 3D desarrollado con

el enfoque explícito. La inclinación de las líneas, se debe a la variación en la orientación de la estructura mineralizada en una vista en planta.

Interpretación de secciones. – Posterior a la distribución de las secciones, estas deben contener la información geomecánica, es decir, los valores del índice RMR obtenidos durante las investigaciones previas (delimitación de los dominios geomecánicos). Es fundamental que esta información integre tanto las observaciones de campo como los registros geológicos, estructurales y otra información que pueda ser de utilidad para la interpretación más acercada a las condiciones reales de la mina.

Figura 35: Sección transversal con información de las investigaciones geomecánicas.

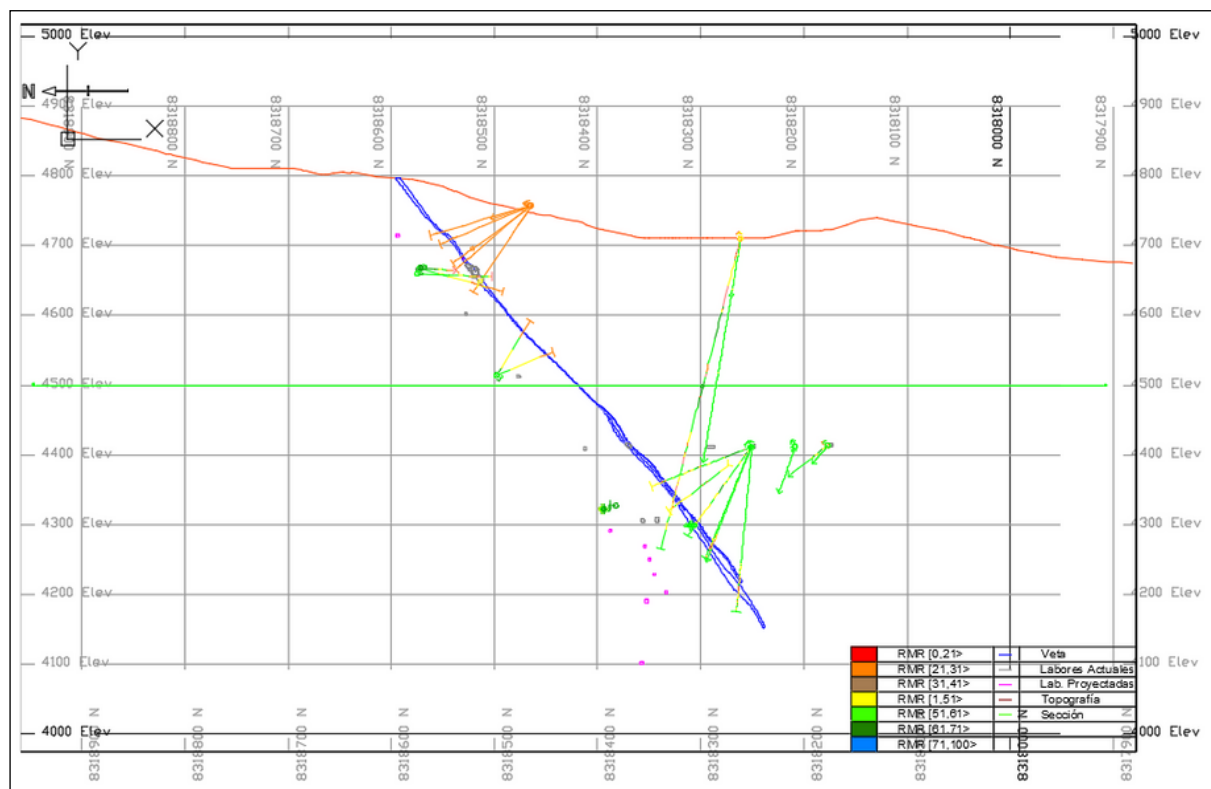


Figura 36: Sección longitudinal con información de la zonificación geomecánica.

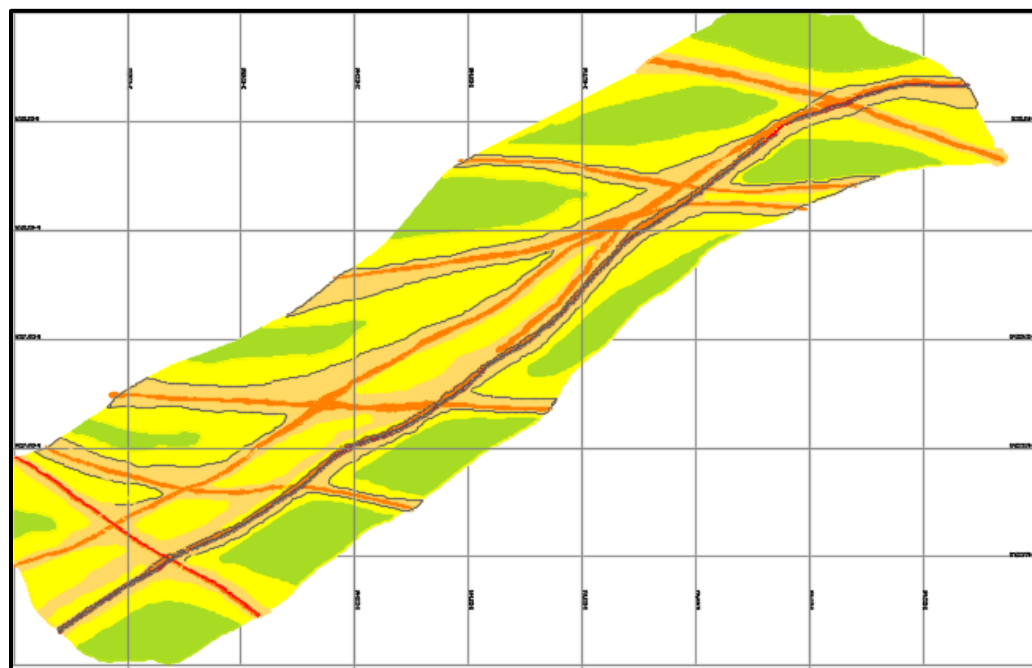
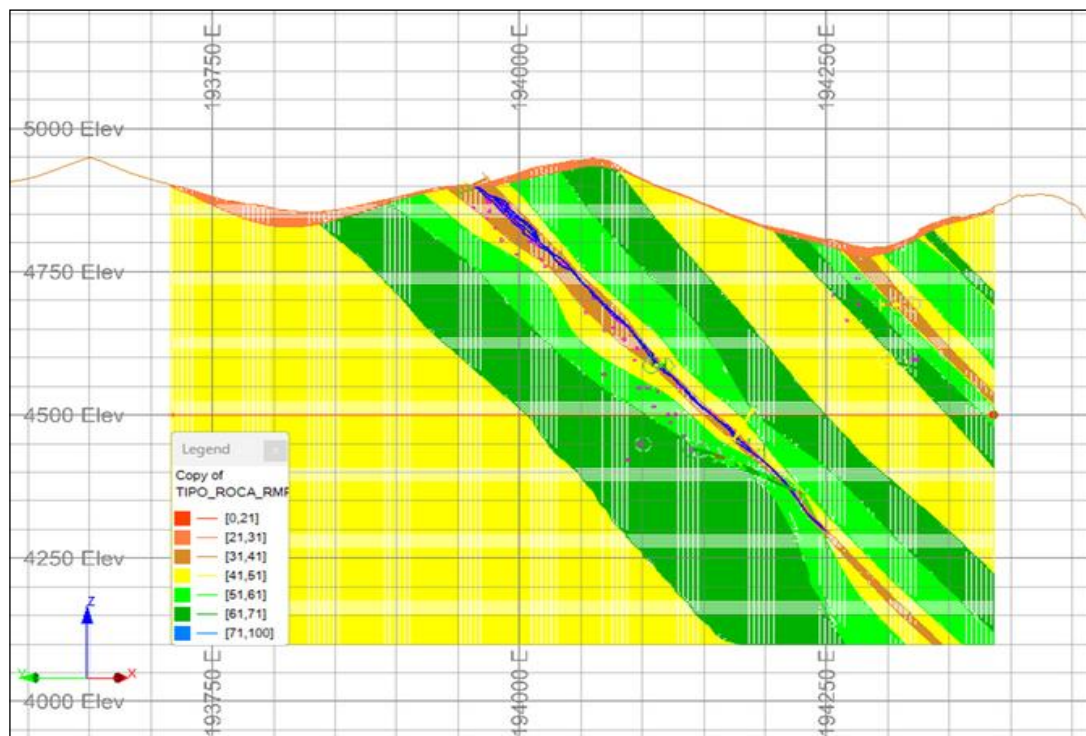
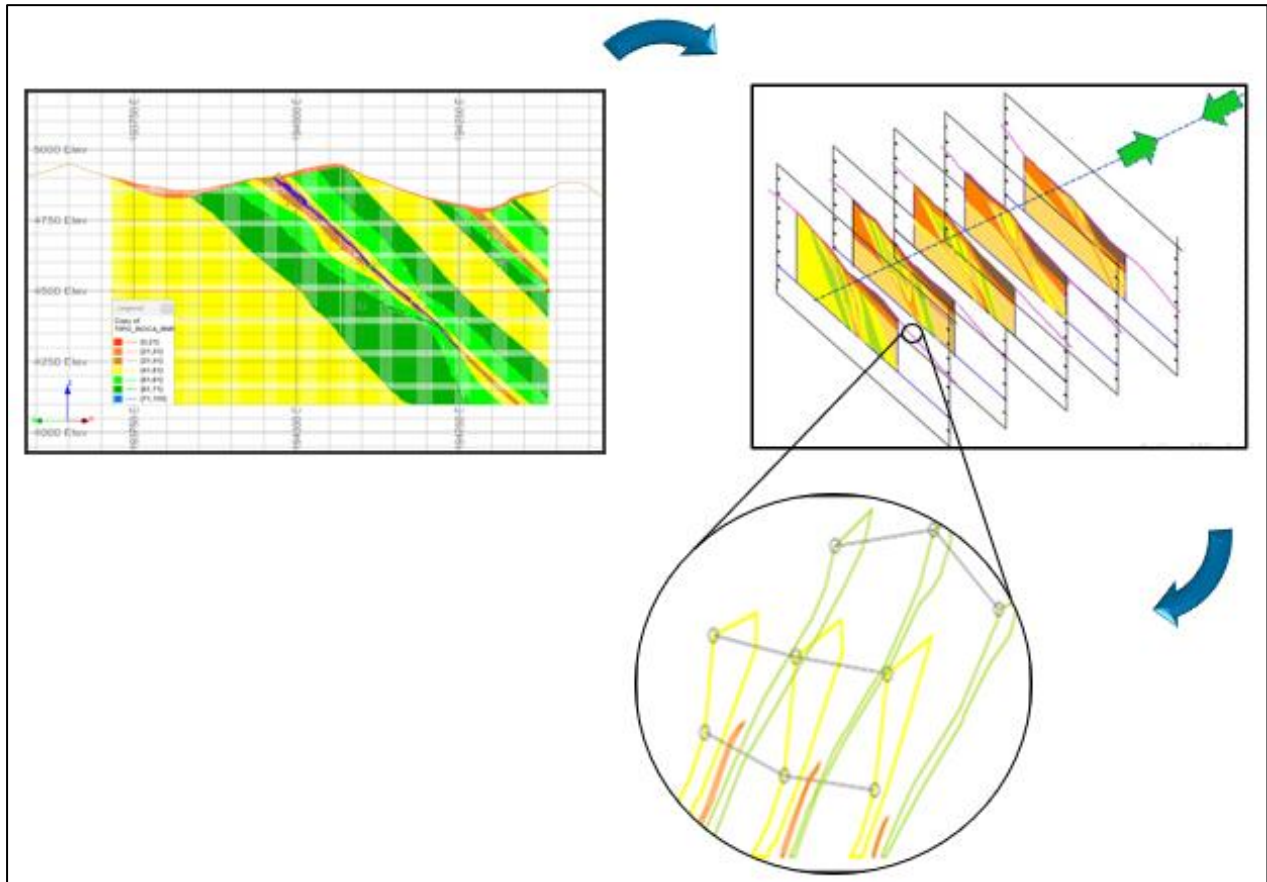


Figura 37: Sección transversal interpretada



Proceso de Interpolación. – Este procedimiento se lleva a cabo una vez que se han interpretado las secciones transversales de forma secuencial, permitiendo la construcción de los sólidos diferenciados según la calidad de la roca. Ver **Figura 38**

Figura 38: Proceso de interpolación por el método explícito



Visualización del modelo Geomecánico 3D.- Posterior al proceso de interpolación el modelo Geomecánico 3D se visualiza en secciones transversales, longitudinales y vistas isométricas.

Figura 39: Vista Isométrica de secciones unidas

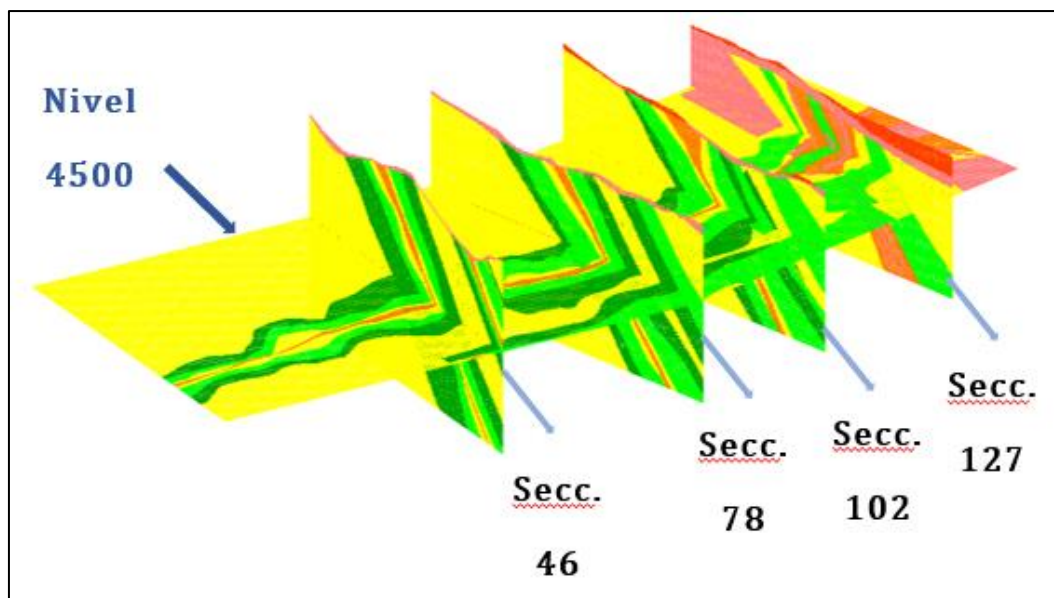


Figura 40: Sección interpretada N° 78

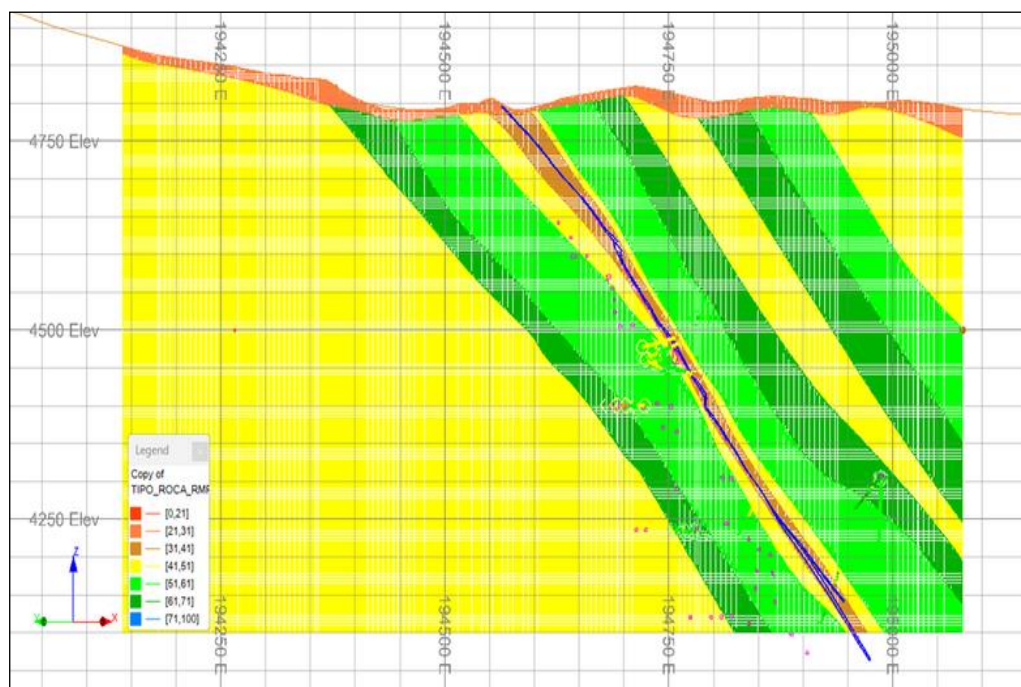
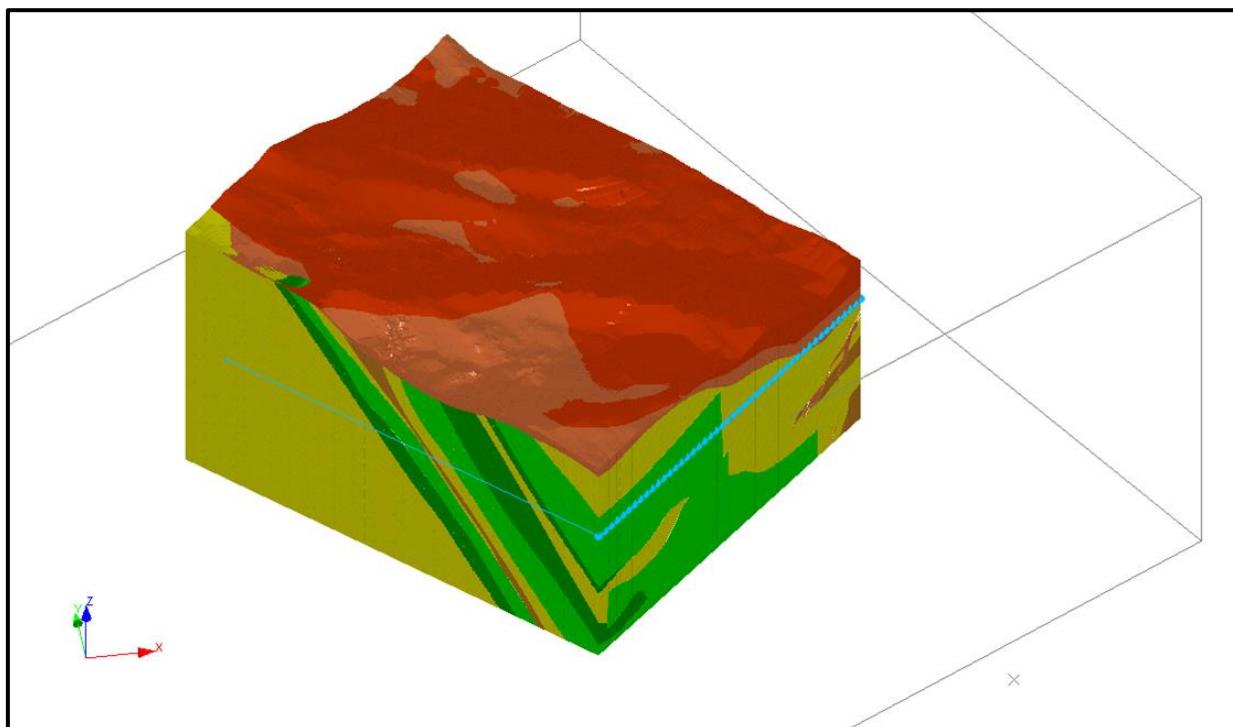
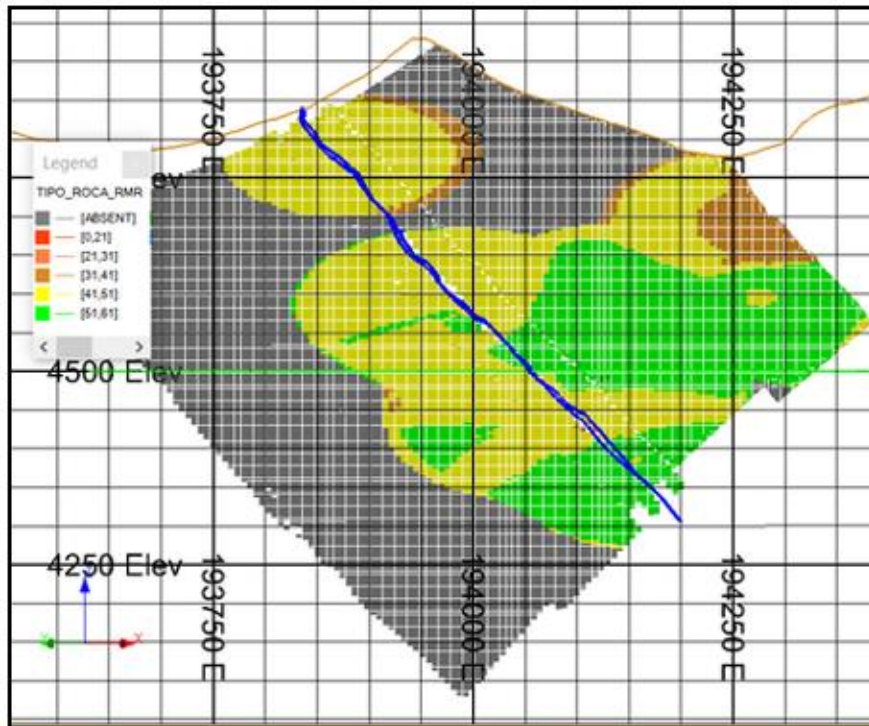


Figura 41: Vista Isométrica del modelo Geomecánico 3D – Método Explícito

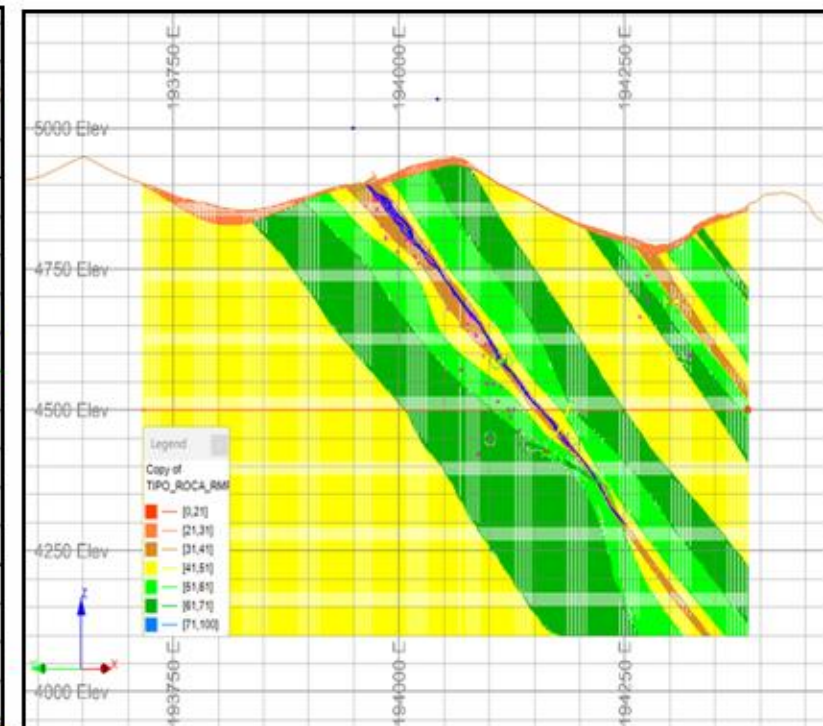


5.2.2.3 Secciones de comparación – Con los resultados obtenidos del modelo geomecánico 3D elaborado mediante ambas metodologías, se realiza la comparación de secciones estratégicas con el fin de evaluar y validar la precisión del modelo.

Figura 42: Secciones de comparación, zona SW

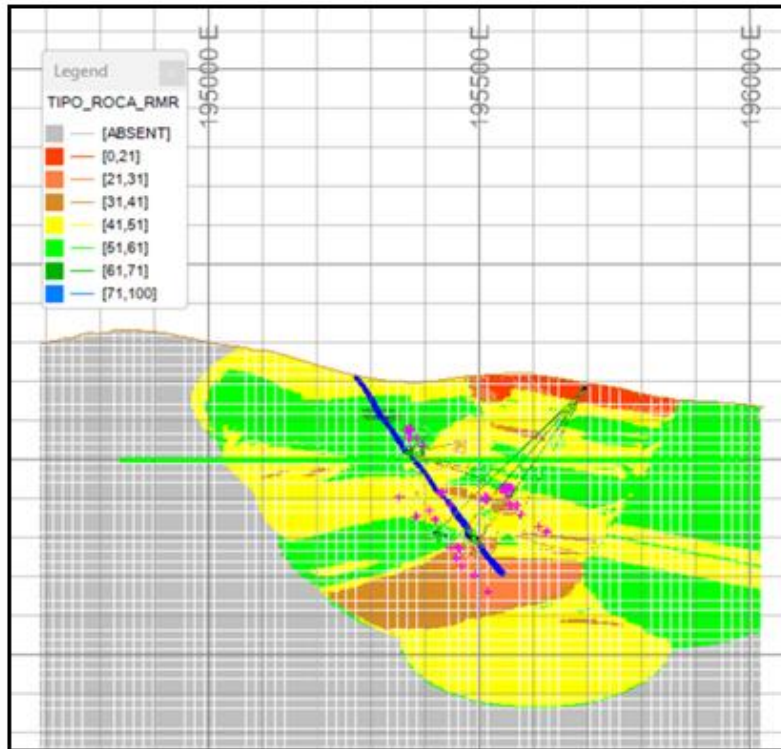


Sección transversal mostrando el índice RMR – Modelo elaborado por el enfoque Implícito

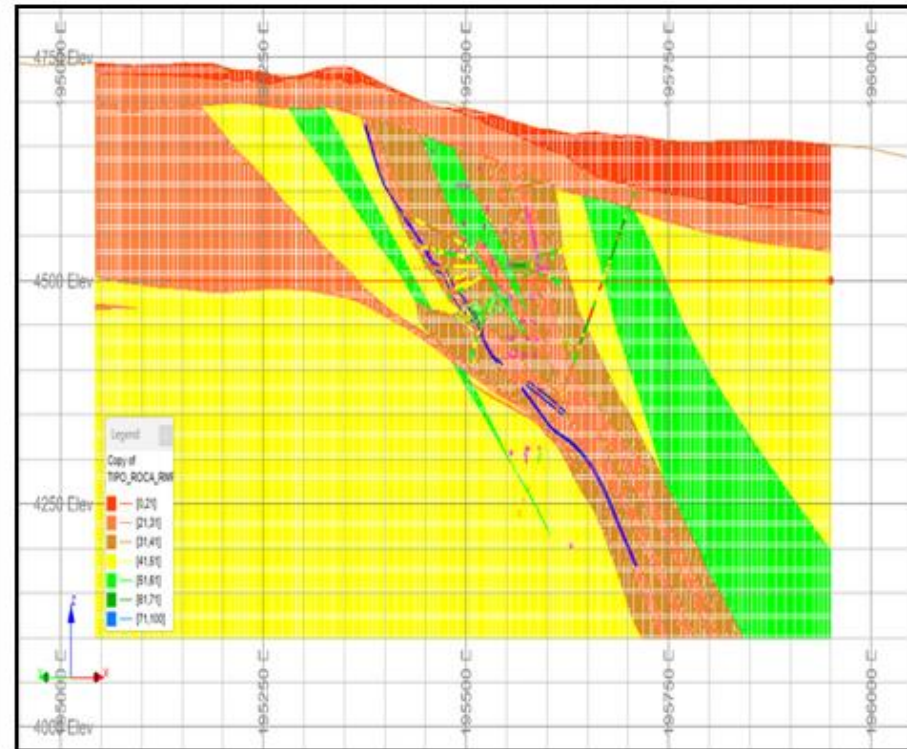


Sección transversal mostrando el índice RMR – Modelo elaborado por el enfoque Explícito

Figura 43: Secciones de comparación, zona NE



Sección transversal mostrando el índice RMR – Modelo elaborado por el enfoque Implícito



Sección transversal mostrando el índice RMR – Modelo elaborado por el enfoque Implícito

5.3 Análisis de ventajas y desventajas de los métodos de modelado implícito y explícito para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de la Mina Bateas.

5.3.1 Método Implícito

Ventajas:

- Este método permite obtener en corto tiempo una representación visual de la calidad del macizo rocoso, basada en los resultados que dependen de la configuración del elipsoide de búsqueda y de los dominios geomecánicos, tanto cercano como lejano.
- Permite reducir significativamente los costos operativos asociados a la elaboración del modelo geomecánico 3D, es decir menor demanda en recursos humanos para el proceso de interpretación.

Desventajas:

- Debido a que el modelo geomecánico es generado a partir de los datos de entrada y algoritmos automáticos, las oportunidades para realizar ajustes manuales al modelo son limitadas.
- El resultado del modelo geomecánico 3D no muestra la delimitación de los dominios geomecánicos conceptuados en las investigaciones realizadas.

5.3.2 Método Explícito

Ventajas:

- La elaboración del modelo geomecánico 3D a partir de secciones interpretadas permite obtener una representación más coherente y concordante en el ámbito de la estructura mineralizada y la información geológica.
- El modelo elaborado por este método permite ser ajustado con la información geológica, estructural, hidrogeológica y otros.

- Como resultado, el modelo geomecánico 3D se caracteriza por su eficiencia interpretativa, alta precisión y confiabilidad, ya que se construye a partir de criterios geomecánicos y geológicos validados, reflejando con mayor precisión las condiciones reales del macizo rocoso.

Desventajas:

- La elaboración del modelo geomecánico mediante este método demanda mayor tiempo en comparación con el enfoque implícito, ya que implica la construcción de secciones e interpretación acorde a la información registrada en las investigaciones realizadas.
- Considerando el tiempo que implica la elaboración de las secciones, implica una mayor inversión de recursos humanos (especialistas) y económicos.

CAPÍTULO VI: Discusión de Resultados

Este capítulo analiza los resultados obtenidos a partir de la elaboración del modelo geomecánico 3D de la Mina Bateas por ambos métodos, con el objetivo de evaluar su eficiencia, precisión y confiabilidad.

- De acuerdo con el primer objetivo para definir los criterios y lineamientos para la obtención y registro de datos en las investigaciones geomecánicas, se optó por utilizar la clasificación geomecánica de Bieniawski (1989), debido a su carácter cuantitativo y su homogeneidad. Esta elección permitió la adecuada integración de la información para la construcción del modelo geomecánico 3D aplicable a ambas metodologías. Esta variable también es coherente con el enfoque adoptado por Juan Gálvez (2019), Diego Quevedo (2018) y José Llamoctanta (2018), quienes también emplean parámetros numéricos en sus análisis con la finalidad de aplicar herramientas estadísticas, geoestadísticas, así como la integración del modelo geomecánico. Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis planteada, demostrando que la naturaleza numérica de los datos contribuye significativamente al modelo, independientemente del enfoque metodológico utilizado.
- A fin de establecer la secuencia de modelado para los métodos implícito y explícito, destacando sus características intrínsecas y diferencias, se describe la secuencia de pasos para la elaboración del modelo Geomecánico 3D. El método implícito generó sólidos de forma automática a través del elipsoide de búsqueda, mientras que el método explícito, los sólidos se elaboraron a partir de la secuencia de las secciones interpretadas. Esta diferencia respalda la segunda hipótesis específica, que indica que el modelo geomecánico 3D se genera a partir de un algoritmo en el caso implícito y por interpretación en el explícito y se corrobora lo indicado por Bermúdez (2019) que indica que el enfoque implícito permite

generar modelos en menos tiempo en comparación con el enfoque explícito, esto debido al proceso de interpretación.

- Para el objetivo planteado: Analizar las ventajas y desventajas de los métodos de modelado implícito y explícito para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de la Mina Bateas, se puede resumir que el método implícito se destaca por la rapidez y menor demanda de recursos, lo que concuerda con lo señalado por Bermúdez (2019) y Villagrán (2019) en sus estudios, sin embargo, el resultado generado mediante este enfoque presenta menor confiabilidad en zonas de baja densidad de datos, como también se menciona en los trabajos de Alvarado (2020) y Gálvez (2019), quienes señalan la necesidad de evaluar la regionalización antes de aplicar técnicas geoestadísticas.

Se da validez a la hipótesis planteada donde indica que el modelo geomecánico elaborado por el método implícito es eficiente en términos de tiempo y recursos, mientras que el modelo por el método explícito, aunque demandante en tiempo y recursos, tiene como resultado un modelo más preciso y confiable, especialmente en zonas de interés geomecánico.

CONCLUSIONES

- En cuanto a los criterios y lineamientos para la adquisición de datos de las investigaciones Geomecánicas, estas deben tener como principal característica ser numéricos y homogéneos, tal como los valores RMR empleados en este estudio.
- La secuencia de modelado para ambos enfoques emplea la misma información de base y los resultados de las investigaciones Geomecánicas expresadas en valores de RMR (input data). En el método implícito, la construcción del modelo Geomecánico se obtiene en función a la configuración del elipsoide de búsqueda y la delimitación de los dominios (cercano y lejano). En el método explícito, la construcción del modelo Geomecánico se obtiene en base a secciones transversales a la estructura mineralizada, las cuales se analiza, correlaciona e interpreta los resultados de las investigaciones Geomecánicas.
- Sobre las ventajas y desventajas, el modelo geomecánico 3D elaborado mediante el enfoque implícito facilita una visualización rápida de la calidad del macizo rocoso; sin embargo, no representa la configuración de los dominios geomecánicos conceptuados en las investigaciones realizadas y la información geológica en el ámbito de la estructura mineralizada. Por otro lado, el modelo Geomecánico elaborado mediante el enfoque explícito genera resultados más realistas y concordantes en el ámbito de la estructura mineralizada y los dominios Geomecánicos conceptuados en las investigaciones realizadas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda definir un protocolo estándar para el registro de información geomecánica que servirá como base para la construcción del modelo geomecánico 3D. El mismo debe priorizar que los datos sean cuantitativos y consistentes, evitando depender de métodos cualitativos que, al basarse en observaciones e interpretaciones subjetivas, pueden aumentar la dispersión y reducir la confiabilidad de los resultados.
- La geoestadística solo es aplicable a variables regionalizadas. Dado que el RMR se comporta como una variable aleatoria discreta y no cumple con los criterios de regionalización y correspondencia espacial, su estimación mediante geoestadística no es recomendable. Por lo tanto, la generación del modelo debe realizarse empleando el enfoque explícito, que resulta más apropiado para este tipo de información.
- Los modelos Geomecánicos conceptuales 3D elaborados mediante el enfoque explícito, son modelos de aproximación de una realidad compleja (masa rocosa). Por ello, es indispensable actualizarlos de manera periódica y paralela al avance de las operaciones mineras, con el objetivo de recalibrar y mejorar la precisión del modelo inicial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Condal A. y Gonzales M. (primera edición). (2021).” Geoestadística en el ámbito de las ciencias de la tierra. Análisis y discusión acerca de los principales métodos de análisis y estimación”. UTEM.
- Ferrari, F., Apuani, T. and Giani, G. P., (2014). “Rock Mass Rating spatial estimation by geostatistical analysis”. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences”.
- Alvarado, F. (2020). “Modelamiento geoestadístico de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)”.
- Villagrán C, (2019), en su tesis “Modelamiento implícito de unidades geotécnicas básicas de mina ministro Hales, región de Antofagasta”
- Bermúdez Martínez, (2019), en su tesis “Impacto del cambio de metodología de modelamiento geológico de método explícito a implícito en división andina-Codelco Chile”
- Gálvez J, (2019), en su tesis “Estimación geoestadística del RQD, RCU, JRC y densidad aplicada a entender el comportamiento geomecánico del Cerro La Falda, La Encañada – Cajamarca, 2019”,
- Llamoctanta J, (2018), en su tesis “Estimación del comportamiento de parámetros geomecánicos aplicando técnicas geoestadísticas en la concesión Mi Grimalda1, Caserío de Piñipata, Hualgayoc- Cajamarca”,
- Mercado G. y Obregón C, (2017), en su tesis “Modelamiento geomecánico a nivel de prefactibilidad de una mina subterránea”.

- Cuadrángulo de Caylloma, Hoja 31-S (INGEMMET, 1988).
- International Society for Rock Mechanics. (2007). The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974–2006. ISRM.
- Sönmez, H., & Ulusay, R. (2002). A study on the validity of the geological strength index (GSI) and the modified rock mass rating (RMR) systems. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 39(5), 797–817.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classifications: A complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*. Wiley.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., & Corkum, B. (2013). *Hoek–Brown failure criterion – 2002 edition*. Rocscience.
- Navidi, W. (2021). *Estadística para ingenieros y científicos (5.ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Triola, M. F. (2018). *Estadística (13.ª ed.)*. Pearson Educación.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias (9.ª ed.)*. Pearson Educación.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE MODELAMIENTO IMPLÍCITO Y EXPLÍCITO PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO GEOMECÁNICO TRIDIMENSIONAL EN MINERA BATEAS, AREQUIPA-2024"			
Bachiller: Rocío Laura Choque Alarcón			
PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPOTESIS
DESCRIPCIÓN	GENERAL		GENERAL
La elaboración del Modelo Geomecánico 3D de una unidad minera, es una herramienta fundamental para la evaluación y planeamiento de las operaciones mineras, ya que permite garantizar la seguridad y eficiencia de las mismas. Existen dos enfoques generales para la elaboración de un Modelo Geomecánico 3D: el modelamiento implícito y explícito, esta investigación busca identificar cual de los dos métodos de modelado representa con precisión la realidad geomecánica y geológica de la mina Bateas.	Realizar el análisis comparativo entre los métodos de modelado implícito y explícito para la elaboración del modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas, con el objetivo de determinar cuál de estos, proporciona mayor confiabilidad, precisión y eficiencia.	La importancia de esta investigación radica en la necesidad de elaborar un modelo Geomecánico tridimensional confiable de la Mina Bateas. Para ello, se compararán los métodos de modelado implícito y explícito, para determinar cuál de estas metodologías proporciona mejores resultados en términos de confiabilidad, precisión y eficiencia.	El método explícito empleado para la elaboración del modelo Geomecánico 3D, muestra una mayor precisión y confiabilidad en comparación con el método implícito, ya que el Modelo Geomecánico 3D generado es acorde a la caracterización geomecánica y geológica de la Mina Bateas.
FORMULACIÓN	ESPECÍFICOS	METODOLOGÍA	ESPECÍFICAS
¿En el análisis comparativo, ¿cuál de los métodos de modelamiento, implícito y explícito es el más adecuado en términos de confiabilidad, precisión y eficiencia para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas?	- Definir los criterios y lineamientos para la obtención y registro de datos en las investigaciones geomecánicas. - Establecer la secuencia de modelado para los métodos de modelado implícito y explícito, destacando sus características intrínsecas y diferencias. - Analizar las ventajas y desventajas de los métodos de modelado implícito y explícito para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas.	Método científico	- Los datos obtenidos en las investigaciones geomecánicas deben tener como característica ser cuantitativos y homogéneos, para asegurar la precisión y validez del análisis de los mismos para ambos métodos. - La secuencia de modelado para ambos métodos se diferencia por el enfoque empleado posterior al proceso de análisis de la base de datos e información como topografía, geología e información complementaria. El Modelo Geomecánico 3D generado mediante el método implícito se crea a partir de un algoritmo, mientras que en el método explícito se desarrolla a partir de secciones interpretadas. - El método implícito empleado para la elaboración del modelo geomecánico 3D es más eficiente en términos de tiempo y recursos en comparación con el método explícito. No obstante, su precisión es menos favorable en comparación con el método explícito, ya que este último, se acerca más a las condiciones reales de la Mina Bateas.
ESPECÍFICOS ¿Cuáles son los criterios y lineamientos que se deben considerar para la recopilación de datos en las investigaciones geomecánicas? ¿Cuáles son las diferencias más relevantes de la secuencia de modelado del método implícito y explícito? ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los métodos de modelado implícito y explícito para la elaboración del Modelo Geomecánico 3D de Minera Bateas?		Tipo de investigación: Correlacional - Explicativo Nivel : Aplicada Método de investigación: Mixta	

Anexo 2: Instrumentos de recolección de información**EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES**

- Laptop
- Cámara fotográfica
- Martillo de Schmidt
- Cuna para ensayo con martillo de Shmidt
- Equipo Till Test
- Goniómetros
- Lápiz imán rayadores
- Flexómetro de 5m
- Peine de Barton
- Martillo de geólogo
- Lupa aumentadora
- Protactor
- Formato de logueo y mapeo
- Libreta de apuntes,
- Lápiz
- Tablero

Anexo 3: Registro Geomecánico en Sondajes Diamantinos

[illegible]



CÓDIGO DEL SONDAJE :
FECHA DE INICIO:
FECHA DE TÉRMINO:

SAMIE22_2
18/06/2022
19/06/2022

LABOR:
NIVEL:
PROFUNDIDAD:

ANIMAS N° 15
250.75

ORIENTACIÓN
AZMUT:
INCLINACIÓN:

270.42
-36.18

COORDENADAS:
ESTE:
NORTE:
COTA:

194982.85
8317707.51
4393.96

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN NIVEL DE AGUA		DESCRIPCIÓN CUALITATIVA	SÍMBOLO	PROFUNDIDAD (m)	CONDICIÓN ESTRUCTURAL	GRADO DE ALTERACIÓN	CARACTERÍSTICAS DE TESTIGOS										PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN										CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
							LONGITUD PERFORADA (m)	LONGITUD RECUPERADA (m)	Nº DE DISCONTINUIDADES	GRÁFICO DE RECUPERACIÓN (%)	LONGITUD MODIFICADA (m)	Nº DE TROZOS > 10 cm	RQD(%)	GRÁFICO DE RQD (%)	VAL. RESISTENCIA	VAL. RQD	VAL. ESPACIAMIENTO	VAL. PERSISTENCIA	VAL. APERTURA	VAL. RUGOSIDAD	VAL. RELLENO	VAL. METEORIZACIÓN	INCLINACIÓN (°)	OP - 30°	30° - 60°	60° - 90°	DISC/m	VAL. PRESEN. DE AGUA	RMR89	Q	G.S.I.	RESISTENCIA VACÍO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
12		INICIO BOX 001		0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

OBSERVACIONES:
GRADO DE ALTERACIÓN(ROCA).
F(Fresca)
LA(Lev. Alterada)
A(Altera)
MA(Muy Alterada)
IF(Intens. Alterada)
R(Descompuesta)

NOTAS:

CONTRATISTA:
REGISTRADO POR:
REVISADO POR:
APROBADO POR:

GEOMECÁNICA LATINA S.A.
M.N./C.H.T.S./R.O.
N.C.
GOLSP

CRITERIOS PARA VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE MASA ROCOSA, SEGÚN LA CLASIFICACIÓN RMR89 DE BIENIAWSKI

1. RESISTENCIA.

RESISTENCIA		
Rating	Descripción (Mpa)	Rating
R5	> 250	15
R4	100 - 250	12
R3	50-100	7
R2	25-50	4
R1	<25	(2)(1)(0)

2. RQD.

CONDICIÓN ESTRUCTURAL		RQD	
Rating	Descripción	% Recuperación	Rating
M	0 f/m	90 - 100%	20
LF	1 - 5 f/m	75 - 90%	17
F	6 - 10 f/m	50 - 75%	13
MF	11 - 20 f/m	25 - 50%	8
IF	> 20 f/m	<25%	3
T	Triturado		

3. ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES.

ESPACIAMIENTO DE DISCONTIN



CÓDIGO DEL SONDAJE :

SAMIE22_4

LABOR:

CAM 502E

ORIENTACIÓN

AZMUT:

COORDENADAS:

ESTE:

195054.914

FECHA DE INICIO:

23/06/2022

FECHA DE TÉRMINO:

24/06/2022

NIVEL:

ANIMAS N° 15

INCLINACIÓN:

331.5

NORTE:

COTA:

4304.227

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN	NIVEL DE AGUA	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA	SMBLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	CONDICIÓN ESTRUCTURAL	GRADO DE ALTERACIÓN	RESISTENCIA (Mpa)	CARACTERÍSTICAS DE TESTIGOS										PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN										CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
								PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN					RECUPERACIÓN MODIFICADA					VAL. RESISTENCIA	VAL. RQD	VAL. ESPACIAMIENTO	VAL. PRESTANCIA	DISCONTINUIDADES	VAL. APERTURA	VAL. RUGOSIDAD	VAL. RELLENO	VAL. METEORIZACIÓN	FREC. FRACTUR. INCLINACIÓN (°)	0° - 30°	30° - 60°	60° - 90°	DISC/m	VAL. PRESENC. DE AGUA	RMR89	Q	G.S.L.	RESISTENCIA/MPa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
								LONGITUD MODIFICADA (m)	N° DE DISCONTINUIDADES	RECUPERACIÓN (%)	GRÁFICO DE RECUPERACIÓN (%)	LONGITUD MODIFICADA (m)	N° DE TIRAZOS > 30 cm	RQD (%)	GRÁFICO DE RQD (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
HQ		INICIO BOX 001		0.00	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

OBSERVACIONES:
(GRADO DE ALTERACIÓN/ROCA).
F(Fresca)
LA(Lav. Alterada)
A(Alterada)
MA(Muy Alterada)
IF(Intens. Alterada)
R(Descompuesta)

NOTAS:

CONTRATISTA:
REGISTRADO POR:
REVISADO POR:
APROBADO POR:

GEOMECÁNICA LATINA S.A.
M.M./C.H./T.S./R.O.
N.C.
GOLSP

CRITERIOS PARA VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE MASA ROCOSA, SEGÚN LA CLASIFICACIÓN RMR89 DE BIENIAWSKI

1. RESISTENCIA.

RESISTENCIA		
Rating	Descripción (Mpa)	Rating
R5	> 250	15
R4	100 - 250	12
R3	50-100	7
R2	25-50	4
R1	<25	(2)(1)(0)

2. RQD.

CONDICIÓN ESTRUCTURAL		RQD	
Rating	Descripción	% Recuperación	Rating
M	0 f/m	90 - 100%	20
LF	1-5 f/m	75 - 90%	17
F	6 - 10 f/m	50 - 75%	13
MF	11 - 20 f/m	25 - 50%	8
IF	> 20 f/m	<25%	3
T	Triturado		

3. ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES.

ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	
Descripción	Rating
> 3 m	20
0.6 - 2 m	15
200 - 600 mm	10
60 - 200 mm	8
< 60 mm	5

4. CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES.

PERSISTENCIA		APERTURA		RUGOSIDAD		RELLENO	
--------------	--	----------	--	-----------	--	---------	--

Anexo 4: Registro Geomecánico mediante Líneas de Detalle

 EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECÁNICA LATINA S.A.										REGISTRO GEOLÓGICO _ GEOMECÁNICO DE AFLORAMIENTOS ROCOSOS VALORACION DEL MACIZO ROCOSO RMR – Rock Mass Rating – Bieniawski 1989															
PROYECTO		UBICACIÓN		ESTACIÓN DE LÍNEA		COORDENADAS _ UTM WGS84				ORIENTACIÓN DE LÍNEA		FECHA		HORA		HOJA									
ESTUDIO DE ESTABILIDAD LOCAL Y GLOBAL UEA SAN CRISTOBAL		TJ 730 - VT 400 S		LD_17_2		PUNTO		ESTE		NORTE		COTA		AZIMUT (°)		INCLINACIÓN									
						INICIO		194730.439		8317867.143		4313.81		124											
						FINAL																			
LONGITUD		LITOLOGÍA	TIPO DE JUNTAS	ORIENTACIÓN		RESISTENCIA COMPRESIVA		RQD		ESPACIADO		CONDICION DE LAS JUNTAS										RMR	TIPO		
DE (m)	A (m)			Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	(Mpa)	VAL	%	VAL	(m)	VAL	PERSISTENCIA (m)	VAL	APERTURA (mm)	VAL	RUGOSIDAD TIPO	VAL	RELLENO TIPO/(mm)	VAL	ALTERACION TIPO	VAL			AGUA SUBTERRANEA COND	VAL
0.00	1.00	Toba Andesítica porfídica-amigdalal	D	79	340	25-50	4	25-35	8	< 0.06	5	3-10	2	1-5	1	LR	3	Suave<5	2	AM	1	M	7	33	Mala, IV A
1.00	3.00		D	71	335	100-160	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	6	AM	1	H	10	63	Buena, II B
3.00	6.00	Brecha Silicificada	D	80	331	25-50	4	25-35	8	< 0.06	5	3-10	2	1-5	1	LR	5	Suave<5	2	AM	1	M	7	35	Mala, IV A
6.00	16.00		D	89	235	50-100	7	50-75	13	0.2-0.6	10	10-20	1	1-5	1	LR	3	Suave<5	2	M	3	M	7	47	Regular, III B
16.00	18.00	Toba Andesítica cristaloídica	D	80	240	100-160	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	6	AM	1	H	10	63	Buena, II B
18.00	27.00		D	89	244	50-100	7	35-50	8	0.6-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	6	LM	5	M	7	54	Regular, III A
27.00	30.00		D	4	75	50-100	7	50-75	13	0.2-0.6	10	10-20	1	1-5	1	LR	5	Suave<5	2	M	3	M	7	49	Regular, III B
30.00	32.00		D	10	71	50-100	7	35-50	8	0.6-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	6	LM	5	M	7	54	Regular, III A
32.00	40.00		D	10	80	100-160	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	6	AM	1	H	10	63	Buena, II B

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (RMR - BIENIAWSKI)									
R. COMPRE. UNIAIAL		>250	15	250 ~ 100	12	100 ~ 50	7	50 ~ 25	4
RQD (%)		100 ~ 90	20	90 ~ 75	17	75 ~ 50	13	51 ~ 25	8
ESFACIAMIENTO (m)		>2	20	2 ~ 0.6	15	0.6 ~ 0.2	10	0.2 ~ 0.06	8
CONDICION DE JUNTAS	Persistencia	< 1 m	6	1 ~ 3 m	4	3 ~ 10 m	2	10 ~ 20 m	1
	Apertura	Cerrada	6	< 0.1 mm	5	0.1 ~ 1.0 mm	4	1.0 ~ 5.0 mm	1
	Rugosidad	Muy Cerrada	0	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1
	Releno	Limpia	6	Duro, < 3 mm	4	Duro, > 3 mm	2	Suave, < 3 mm	2
	Impermeabilizacion	Sana	6	Lig. Intemp.	5	Mod. Intemp.	3	Muy Intemp	1
Agua Subterranas		Seco	15	Humedo	10	Mojado	7	Goteo	4

VALOR TOTAL RMRs (suma de valoraciones)				
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21
DESCRIPCION	I - Muy Buena	II - Buena	III - Regular	IV - Mala

Tipo de alteracion		Tipos de juntas		Observacion
A1	Roca sana no alterada	D	Diaclasa	
A2	Roca poco alterada	F	Falla	
A3	Roca mod. Alterada	FM	Foliación met.	
A4	Roca muy mala	MF	Microfalia	
A5	Roca descompuesta			

Observaciones:
Caja piso; Roca volcanica de textura porfídica y amigdalal conformada por plagioclasas tabulares y máficos prismáticos alterados a arcillas y cloritas.
Estructura; Carbonatizada(rodocrosita, calcita), rodonitas y diseminación de sulfuros(pirita y minerales opacos), de textura bandeada.
Caja techo; Roca piroclástica de textura fragmental conformada conformada por liticos subangulosos de andesitas micro-porfídicas.

SUPERVISOR GLSA

		EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECÁNICA LATINA S.A.										REGISTRO GEOLÓGICO _ GEOMECÁNICO DE AFLORAMIENTOS ROCOSOS VALORACION DEL MACIZO ROCOSO RMR – Rock Mass Rating – Bieniawski 1989													
PROYECTO		UBICACIÓN		ESTACIÓN DE LÍNEA		COORDENADAS _ UTM WGS84				ORIENTACIÓN DE LÍNEA				FECHA		HORA		HOJA							
ESTUDIO DE ESTABILIDAD LOCAL Y GLOBAL UEA SAN CRISTOBAL		TJ 730 W		LD_17_3		PUNTO		ESTE		NORTE		COTA		AZIMUT (°)		INCLINACIÓN									
						INICIO		194669.738		8317804.681		4315.81		148				27/06/2017 12:00 a.m. 1 1							
LONGITUD		LITOLOGÍA	TIPO DE JUNTAS	ORIENTACIÓN		RESISTENCIA COMPRESIVA		RQD		ESPACIADO		CONDICION DE LAS JUNTAS										AGUA SUBTERRANEA		RMR	TIPO
DE (m)	A (m)			Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	(Mpa)	VAL	%	VAL	(m)	VAL	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	COND	VAL							
0.00	3.00	Yoba Andesítica porfídica-amigdalar	D	79	340	100-160	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	0	AM	1	H	10	03	Buena, II B
3.00	5.00		D	71	335	50-100	7	50-75	13	0.2-0.6	10	10-20	1	1-5	1	LR	3	Suave<5	2	M	3	M	7	47	Regular, III B
5.00	9.00	Brecha Silicificada	D	80	331	50-100	7	35-50	8	0.0-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	0	LM	5	M	7	54	Regular, III A
9.00	11.00		D	89	235	100-160	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	0	AM	1	H	10	03	Buena, II B
11.00	21.00	Yoba Andesítica cristalinica	D	80	240	50-100	7	35-50	8	0.0-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	0	LM	5	M	7	54	Regular, III A
21.00	23.00		D	89	244	50-100	7	50-75	13	0.2-0.6	10	oct-20	1	1-5	1	LR	3	Suave<5	2	M	3	M	7	47	Regular, III B
23.00	25.00		D	4	75	50-100	7	35-50	8	0.0-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	0	LM	5	M	7	54	Regular, III A
25.00	31.00		D	10	71	100-160	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	0	AM	1	H	10	03	Buena, II B

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (RMR - BIENIAWSKI)									
R. COMPRES. UNIAXIAL	>250	15	250 ~ 100	12	100 ~ 50	7	50 ~ 25	4	<25 (2); <5 (1); <1(0)
RQD (%)	100 ~ 90	20	90 ~ 75	17	75 ~ 50	13	51 ~ 25	8	<25
ESPACIAMIENTO (m)	>2	20	2 ~ 0.6	15	0.6 ~ 0.2	10	0.2 ~ 0.06	8	< 0.06
CONDICION DE JUNTAS	Persistencia	< 1 m	0	1 ~ 3 m	4	3 ~ 10 m	2	10 ~ 20 m	1
	Apertura	Cerrada	0	< 0.1 mm	5	0.1 ~ 1.0 mm	4	1.0 ~ 5.0 mm	1
	Rugosidad	Muy Cerrada	0	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1
	Relleño	Limpia	0	Duro, < 5 mm	4	Duro, > 5 mm	2	Suave, < 5 mm	2
	Intemperización	Sana	0	Lig. Intemp.	5	Mod. Intemp.	3	Muy Intemp.	1
Aguas Subterráneas									

VALOR TOTAL RMR _Σ (suma de valoraciones)				
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21
DESCRIPCION	I - Muy Buena	II - Buena	III - Regular	IV - Mala

Tipo de alteracion		Tipos de juntas		Observacion
A1	Roca sana no alterada	D	Diaclasa	
A2	Roca poco alterada	F	Falla	
A3	Roca mod. Alterada	FM	Foliación met.	
A4	Roca muy mala	MF	Microfalla	
A5	Roca descompuesta			

Observaciones:
 Caja piso; Roca volcánica de textura porfídica y amigdalar conformada por plagioclasas tabulares y máficos prismáticos alterados a arcillas y cloritas.
 Estructura; Carbonatizada(rodocrosita, calcita), rodonitas y diseminación de sulfuros(pirita y minerales opacos), de textura bandeada.
 Caja techo; Roca piroclástica de textura fragmental conformada por liticos subangulosos de andesitas micro-porfídicas.

SUPERVISOR GLSA

		EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECÁNICA LATINA S.A.				REGISTRO GEOLÓGICO _ GEOMECÁNICO DE AFLORAMIENTOS ROCOSOS																			
						VALORACION DEL MACIZO ROCOSO																			
						RMR – Rock Mass Rating – Bieniawski 1989																			
PROYECTO		UBICACIÓN		ESTACIÓN DE LÍNEA		COORDENADAS _ UTM WGS84				ORIENTACIÓN DE LÍNEA				FECHA		HORA		HOJA							
						PUNTO		ESTE		NORTE		COTA		AZIMUT (°)		INCLINACIÓN									
ESTUDIO DE ESTABILIDAD LOCAL Y GLOBAL UEA SAN CRISTOBAL		TJ 626 E		LD_17_4		INICIO		194322.845		8317605.443		4437.05		149		0		28/06/2017		10:00 a.m.		1			
						FINAL						4437.05													
LONGITUD		LITOLOGÍA	TIPO DE JUNTAS	ORIENTACIÓN		RESISTENCIA COMPRESIVA		RQD		ESPACIADO		CONDICION DE LAS JUNTAS										AGUA SUBTERRANEA	RMR	TIPO	
DE (m)	A (m)			Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	(Mpa)	VAL	%	VAL	(m)	VAL	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION									
0.00	19.00	Toba Andesítica porfídica-amigdalar	D	70	185	100-100	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	0	AM	1	H	10	03	Buena, II B
19.00	22.00		D	72	180	50-100	7	35-50	8	0.0-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	0	LM	5	M	7	54	Regular, III A
22.00	23.00	Brecha Silicificada	D	70	180	50-100	7	50-75	13	0.2-0.6	10	44105	1	1-5	1	LR	3	Suave<5	2	M	3	M	7	47	Regular, III B
23.00	24.00		D	80	54	25-50	4	25-35	8	< 0.06	5	3-10	2	> 5	0	LR	3	Blandos>5	0	AM	1	G	4	27	Mala, IV B
24.00	25.00	Toba Andesítica cristalobítica	D	80	62	50-100	7	50-75	13	0.2-0.6	10	44105	1	1-5	1	LR	3	Suave<5	2	M	3	M	7	47	Regular, III B
25.00	26.00		D	55	63	25-50	4	25-35	8	< 0.06	5	3-10	2	1-5	1	LR	5	Suave<5	2	AM	1	M	7	35	Mala, IV A
26.00	27.00		D	50	300	50-100	7	35-50	8	0.0-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	0	LM	5	M	7	54	Regular, III A
27.00	38.00		D	59	305	100-100	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	0	AM	1	H	10	03	Buena, II B

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (RMR - BIENIAWSKI)									
R. COMPRES. UNIAxIAL	>250	15	250 ~ 100	12	100 ~ 50	7	50 ~ 25	4	<25 (2); <5 (1); <1(0)
RQD (%)	100 ~ 90	20	90 ~ 75	17	75 ~ 50	13	51 ~ 25	8	<25
ESPACIAMIENTO (m)	>2	20	2 ~ 0.6	15	0.6 ~ 0.2	10	0.2 ~ 0.06	8	< 0.06
CONDICION DE JUNTAS	Persistencia	< 1 m	0	1 ~ 3 m	4	3 ~ 10 m	2	10 ~ 20 m	1
	Apertura	Cerrada	0	< 0.1 mm	5	0.1 ~ 1.0 mm	4	1.0 ~ 5.0 mm	1
	Rugosidad	Muy Cerrada	0	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1
	Relleño	Limpio	0	Duro, < 5 mm	4	Duro, > 5 mm	2	Suave, < 5 mm	2
	Intemperización	Sana	0	Lig. Intemp.	5	Mod. Intemp.	3	Muy Intemp.	1
Agua Subterráneas	Seco	15	Humedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo

VALOR TOTAL RMR _Σ (suma de valoraciones)				
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21
DESCRIPCION	I - Muy Buena	II - Buena	III - Regular	IV - Mala

Tipo de alteracion		Tipos de juntas		Observacion
A1	Roca sana no alterada	D	Diaclasa	
A2	Roca poco alterada	F	Falla	
A3	Roca mod. Alterada	FM	Foliación met.	
A4	Roca muy mala	MF	Microfalia	
A5	Roca descompuesta			

Observaciones:
 Caja piso; Roca volcánica de textura porfídica y amigdalar conformada por plagioclasas tabulares y máficos prismáticos alterados a arcillas y cloritas.
 Estructura; Carbonatizada (rodrosita, calcita), rodonitas y diseminación de sulfuros (pirita y minerales opacos), de textura bandeada.
 Caja techo; Roca piroclástica de textura fragmental conformada por líticos subangulosos de andesitas micro-porfídicas.

SUPERVISOR GLSA

		EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECÁNICA LATINA S.A.										REGISTRO GEOLÓGICO _ GEOMECÁNICO DE AFLORAMIENTOS ROCOSOS													
												VALORACION DEL MACIZO ROCOSO													
												RMR – Rock Mass Rating – Bieniawski 1989													
PROYECTO		UBICACIÓN		ESTACIÓN DE LÍNEA		COORDENADAS _ UTM WGS84						ORIENTACIÓN DE LÍNEA				FECHA		HORA		HOJA					
						PUNTO		ESTE		NORTE		COTA		AZIMUT (°)		INCLINACIÓN									
ESTUDIO DE ESTABILIDAD LOCAL Y GLOBAL UEA SAN CRISTOBAL		TJ 626 E		LD_17_5		INICIO		194339.407		8317675.194		4437.05		151				29/06/2017		10:00 a.m.					
FINAL																									
LONGITUD	LITOLOGÍA	TIPO DE JUNTAS	ORIENTACIÓN		RESISTENCIA COMPRESIVA		RQD		ESPACIADO		CONDICION DE LAS JUNTAS										AGUA SUBTERRANEA		RMR	TIPO	
DE (m)	A (m)		Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	(Mpa)	VAL	%	VAL	(m)	VAL	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	COND	VAL								
0.00	13.00	Toba Andesítica porfídica-amigdalal	D	70	185	100-100	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	0	AM	1	H	10	63	Buena, II B
13.00	17.00		D	72	180	50-100	7	35-50	8	0.0-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	0	LM	5	M	7	54	Regular, III A
17.00	21.00		D	70	180	50-100	7	50-75	13	0.2-0.6	10	44105	1	1-5	1	LR	3	Suave<5	2	M	3	M	7	47	Regular, III B
21.00	22.00	Brecha Silicificada	D	60	54	25-50	4	25-35	8	< 0.06	5	3-10	2	> 5	0	LR	3	Blando>5	0	AM	1	G	4	27	Mala, IV B
22.00	24.00		D	60	62	50-100	7	35-50	8	0.0-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	0	LM	5	M	7	54	Regular, III A
24.00	25.00		D	55	63	50-100	7	50-75	13	0.2-0.6	10	44105	1	1-5	1	LR	3	Suave<5	2	M	3	M	7	47	Regular, III B
25.00	26.00	Toba Andesítica cristalinítica	D	50	300	50-100	7	35-50	8	0.0-2	15	3-10	2	1-5	1	LR	3	Sin Relleno	0	LM	5	M	7	54	Regular, III A
26.00	38.00		D	59	305	100-100	12	50-75	13	0.2-0.6	10	3-10	2	0.1-1	4	R	5	Sin Relleno	0	AM	1	H	10	63	Buena, II B

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (RMR - BIENIAWSKI)									
R. COMPRES. UNIAxIAL	>250	15	250 ~ 100	12	100 ~ 50	7	50 ~ 25	4	<25 (2); <5 (1); <1(0)
RQD (%)	100 ~ 90	20	90 ~ 75	17	75 ~ 50	13	51 ~ 25	8	<25
ESPACIAMIENTO (m)	>2	20	2 ~ 0.6	15	0.6 ~ 0.2	10	0.2 ~ 0.06	8	< 0.06

CONDICION DE JUNTAS									
Persistencia	< 1 m	0	1 ~ 3 m	4	3 ~ 10 m	2	10 ~ 20 m	1	> 20 m
Apertura	Cerrada	0	< 0.1 mm	5	0.1 ~ 1.0 mm	4	1.0 ~ 5.0 mm	1	> 5.0 mm
Rugosidad	Muy Cerrada	0	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla
Relleño	Limpia	0	Duro, < 5 mm	4	Duro, > 5 mm	2	Suave, < 5 mm	2	Suave, > 5 mm
Intemperacion	Sana	0	Lig. Intemp.	5	Mod. Intemp.	3	Muy Intemp.	1	Descomp.
Agua Subterraneeas	Seco	15	Humedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo

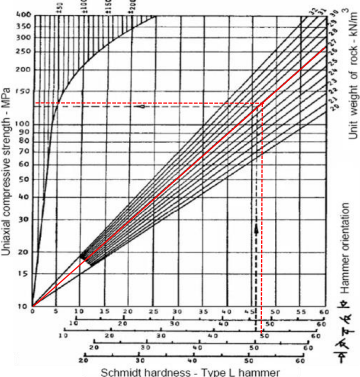
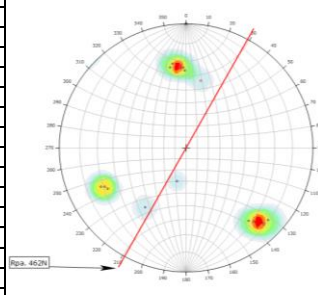
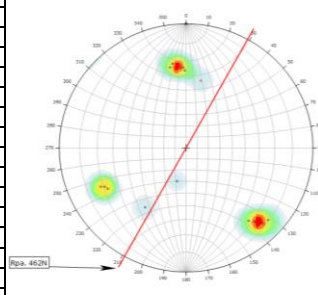
VALOR TOTAL RMRs (suma de valoraciones)				
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21
DESCRIPCION	I - Muy Buena	II - Buena	III - Regular	IV - Mala

Tipo de alteracion		Tipos de juntas		Observacion
A1	Roca sana no alterada	D	Diaclasa	
A2	Roca poco alterada	F	Falla	
A3	Roca mod. Alterada	FM	Foliación met.	
A4	Roca muy mala	MF	Microfalla	
A5	Roca descompuesta			

Observaciones:
 Caja piso; Roca volcánica de textura porfídica y amigdalal conformada por plagioclasas tabulares y máficos prismáticos alterados a arcillas y cloritas.
 Estructura; Carbonatizada (rodrosita, calcita), rodonitas y diseminación de sulfuros (pirita y minerales opacos), de textura bandeada.
 Caja techo; Roca piroclástica de textura fragmental conformada por litos subangulosos de andesitas micro-porfídicas.

SUPERVISOR GLSA

Anexo 5: Registro Geomecánico mediante Celdas

 REGISTRO GEOMECÁNICO DE EXCAVACIONES _ MÉTODO DE CELDAS										CLASIFICACIÓN RMR DEL MACIZO ROCOSO		Jv	RQD (%)																																																																																																									
										RMR	DESCRIPCIÓN																																																																																																											
EMPRESA:		MINERA BATEAS S.A.C.		UBICACIÓN EN COORDENADAS		FECHA:		27/6/2022		91-100	MUY BUENA "A"	4	100																																																																																																									
PROYECTO:		ACTUALIZACIÓN DEL MODELO GEOMECÁNICO 3D Y DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD LOCAL Y GLOBAL DE LABORES SUBTERRÁNEAS		UTM_WGS84		REALIZADO:		N.C. // LA // R.CH		81-90	MUY BUENA "B"	5	98																																																																																																									
ESTACIÓN:		EG_01	AZIMUT (°):	209	ESTE:	194748	LITOLOGÍA			71-80	BUENA "A"	6	95																																																																																																									
					NORTE:	8317889	Andesita			61-70	BUENA "B"	7	93																																																																																																									
					COTA:	4231				51-60	REGULAR "A"	8	90																																																																																																									
					REF.:	RP. 462N TOPE				41-50	REGULAR "B"	9	88																																																																																																									
										31-40	MALA "A"	10	85																																																																																																									
										21-30	MALA "B"	11	83																																																																																																									
										0-20	MUY MALA	12	80																																																																																																									
												13	78																																																																																																									
												14	75																																																																																																									
												15	73																																																																																																									
												16	70																																																																																																									
												17	68																																																																																																									
												18	65																																																																																																									
												19	63																																																																																																									
												20	60																																																																																																									
												21	58																																																																																																									
												22	55																																																																																																									
												23	53																																																																																																									
												24	50																																																																																																									
												25	48																																																																																																									
												26	45																																																																																																									
												27	43																																																																																																									
												28	40																																																																																																									
												29	38																																																																																																									
												30	35																																																																																																									
												31	33																																																																																																									
												32	30																																																																																																									
												33	28																																																																																																									
												34	25																																																																																																									
												35	23																																																																																																									
												36	20																																																																																																									
												37	18																																																																																																									
												38	15																																																																																																									
												39	13																																																																																																									
												40	10																																																																																																									
												41	8																																																																																																									
												42	5																																																																																																									
												43	3																																																																																																									
												44	0																																																																																																									
CONDICIONES DE DISCONTINUIDADES										VALORACIÓN RMR ₈₉ DEL MACIZO ROCOSO																																																																																																												
Parám.	OC	RQD	Espaciamiento entre discontinuidades	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Agua Subterránea	Orientación Discontinuidades																																																																																																												
Val.	15 12 7 4 2	20 17 13 8 3	20 15 10 8 5	6 4 2 1 0	6 5 4 1 0	6 5 3 1 0	6 4 2 2 0	6 5 3 1 0	15 10 7 4 0	0 -2 -5 -10 -12																																																																																																												
Punto de Mapeo	1.- > 250 Mpa 2.- 100-250 Mpa 3.- 50-100Mpa 4.- 25-50 Mpa 5.- <25 Mpa	1.- 90-100% 2.- 75-90% 3.- 50-75% 4.- 25-50% 5.- < 25%	1.- > 2 m 2.- 0.6-2 m 3.- 200-600 mm 4.- 60-200 mm 5.- < 60mm	1.- < 1 m 2.- 1-3 m 3.- 3-10 m 4.- 10-20 m 5.- > 20 m	1.- Cerrada 0 2.- Muy Angosta < 0.1 mm 3.- Angosta 0.1 - 1.0 mm 4.- Abierta 1.0 - 5.0 mm 5.- Muy Abierta > 5.0 mm	1.- Muy rugosa 2.- Rugosa 3.- Ligeramente Rugosa 4.- Lisa 5.- Muy lisa	1.- Ninguna 2.- Relleno Duro < 5 mm 3.- Relleno Duro > 5 mm 4.- Relleno Blando < 5 mm 5.- Relleno Blando > 5 mm	1.- No meteorizada 2.- Ligeramente meteorizada 3.- Meteorizada 4.- Muy meteorizada 5.- Descompuesta	1.- Seco 2.- Húmedo 3.- Mojado 4.- Goteo 5.- Flujo	1.- Muy favorable 2.- Favorable 3.- Regular 4.- Desfavorable 5.- Muy desfavorable																																																																																																												
VER PLANO	12 12 12 2	13 13 13 3	10 10 8 20	0 1 0 0	1 5 6 0	5 5 5 1	2 2 6 0	5 5 5 3	10 10 10 7	58 62 66 60 36 62																																																																																																												
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN EL MARTILLO SCHMIDT										R.M.R.																																																																																																												
Average dispersion of strength for most rocks - MPa										DESCRIPCIÓN																																																																																																												
Unit weight of rock - kN/m ³										OBSERVACIONES																																																																																																												
Schmidt hardness - Type L hammer										BUENA "B"																																																																																																												
Hammer orientation										Roca fracturada a muy fracturada, buena, ligeramente meteorizada, húmeda.																																																																																																												
																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Desde</th> <th>Hasta</th> <th>Tip. De Est.</th> <th>Buz. (°)</th> <th>D-Buz. (°)</th> <th>Frec.</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>66</td><td>178</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>64</td><td>179</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>67</td><td>169</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>69</td><td>171</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>71</td><td>064</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>73</td><td>065</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>70</td><td>062</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>82</td><td>312</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>77</td><td>318</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>75</td><td>320</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>82</td><td>315</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>60</td><td>034</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>D</td><td>31</td><td>015</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>F</td><td>58</td><td>192</td><td>1</td><td>Venillas de CaCO3</td></tr> </tbody> </table>										Desde	Hasta	Tip. De Est.	Buz. (°)	D-Buz. (°)	Frec.	Observaciones			D	66	178	1				D	64	179	1				D	67	169	1				D	69	171	1				D	71	064	1				D	73	065	1				D	70	062	1				D	82	312	1				D	77	318	1				D	75	320	1				D	82	315	1				D	60	034	1				D	31	015	1				F	58	192	1	Venillas de CaCO3				
Desde	Hasta	Tip. De Est.	Buz. (°)	D-Buz. (°)	Frec.	Observaciones																																																																																																																
		D	66	178	1																																																																																																																	
		D	64	179	1																																																																																																																	
		D	67	169	1																																																																																																																	
		D	69	171	1																																																																																																																	
		D	71	064	1																																																																																																																	
		D	73	065	1																																																																																																																	
		D	70	062	1																																																																																																																	
		D	82	312	1																																																																																																																	
		D	77	318	1																																																																																																																	
		D	75	320	1																																																																																																																	
		D	82	315	1																																																																																																																	
		D	60	034	1																																																																																																																	
		D	31	015	1																																																																																																																	
		F	58	192	1	Venillas de CaCO3																																																																																																																
EFFECTO DE LA ORIENTACIÓN (RUMBO Y BUZAMIENTO) DE LAS DISCONTINUIDADES RESPECTO AL EJE DE LAS EXCAVACIONES										LITOLOGÍA																																																																																																												
Rumbo perpendicular (L) al eje de la excavación										METEORIZACIÓN																																																																																																												
Rumbo paralelo (//) al eje de la excavación										TIPO DE ESTRUCTURA																																																																																																												
Excavación hacia el buzamiento (Buz. 45°-90°)										ESTIMACIÓN DEL RQD																																																																																																												
Excavación contra el sentido del buzamiento (Buz. 20°-45°)										GRADO																																																																																																												
Muy favorable										ÍNDICES DE RESISTENCIA "EN CAMPO"																																																																																																												
Favorable										RANGO (Mpa)																																																																																																												
Regular										1																																																																																																												
Desfavorable										2																																																																																																												
										4																																																																																																												
										7																																																																																																												
										12																																																																																																												
										15																																																																																																												
Notas: Roca andesita, color gris verdosa, textura microporfirítica, con venillas de carbonatos, ligeramente alterada.										RQD=110-2.5 (Jv)																																																																																																												

Anexo 6: Base de datos parcial de los valores del registro Geomecánico

BHID	FROM	TO	LENGTH	RMR	X	Y	Z
SAMIE17_M_100	0	6.4	6.4	60	194305.662	8317720.49	4499.1195
SAMIE17_M_100	6.4	10.1	3.7	48	194307.641	8317716.73	4496.38383
SAMIE17_M_100	10.1	51.7	41.6	60	194316.521	8317699.89	4484.11393
SAMIE17_M_100	51.7	55.6	3.9	46	194325.44	8317682.97	4471.78985
SAMIE17_M_100	55.6	58.9	3.3	35	194326.852	8317680.3	4469.83967
SAMIE17_M_100	58.9	65	6.1	40	194328.694	8317676.8	4467.2936
SAMIE17_M_100	65	69.05	4.05	40	194330.684	8317673.03	4464.54438
SAMIE17_M_100	69.05	96.3	27.25	46	194336.819	8317661.39	4456.0665
SAMIE17_M_100	96.3	110.9	14.6	35	194345.023	8317645.83	4444.73106
SAMIE17_M_101	0	14.6	14.6	50	195344.085	8318729.78	4524.83697
SAMIE17_M_101	14.6	15.6	1	32	195343.069	8318724.93	4530.86218
SAMIE17_M_101	15.6	43.7	28.1	57	195341.174	8318715.89	4542.1015
SAMIE17_M_101	43.7	46.9	3.2	32	195339.136	8318706.16	4554.19053
SAMIE17_M_101	46.9	62.5	15.6	57	195337.912	8318700.32	4561.45167
SAMIE17_M_101	62.5	67.4	4.9	52	195336.577	8318693.95	4569.36941
SAMIE17_M_101	67.4	89.8	22.4	60	195334.799	8318685.47	4579.91351
SAMIE17_M_102	0	37.3	37.3	57	194312.206	8317719.66	4494.64849
SAMIE17_M_102	37.3	47.1	9.8	60	194326.227	8317702.5	4486.67367
SAMIE17_M_102	47.1	61.1	14	60	194333.312	8317693.83	4482.64394
SAMIE17_M_102	61.1	69.6	8.5	38	194340.01	8317685.63	4478.83431
SAMIE17_M_102	69.6	78.8	9.2	40	194345.279	8317679.19	4475.83741
SAMIE17_M_102	78.8	92	13.2	46	194351.947	8317671.03	4472.04471
SAMIE17_M_103	0	11.3	11.3	40	195352.993	8318731.96	4515.46268
SAMIE17_M_103	11.3	83.4	72.1	46	195388.487	8318713.31	4504.09655
SAMIE17_M_103	83.4	90.4	7	46	195421.038	8318693.36	4493.7534
SAMIE17_M_103	90.4	117.5	27.1	46	195434.978	8318684.44	4489.66133
SAMIE17_M_103	117.5	119.3	1.8	32	195446.769	8318676.76	4486.37995
SAMIE17_M_103	119.3	130.4	11.1	35	195452.025	8318673.29	4484.96925
SAMIE17_M_103	130.4	162.05	31.65	46	195469.434	8318661.79	4480.32464
SAMIE17_M_103	162.05	185.4	23.35	60	195491.831	8318646.99	4474.34913
SAMIE17_M_104	0	31.53	31.53	52	194372.436	8317791.11	4496.0154
SAMIE17_M_104	31.53	70.5	38.97	56	194375.738	8317758.98	4481.94668
SAMIE17_M_104	70.55	89.85	19.3	56	194377.216	8317732.36	4470.07102
SAMIE17_M_104	89.85	97.3	7.45	57	194377.63	8317720.15	4464.61078
SAMIE17_M_104	97.3	98.9	1.6	32	194377.767	8317716.02	4462.77351
SAMIE17_M_104	98.9	103.8	4.9	35	194377.865	8317713.05	4461.45704
SAMIE17_M_104	103.8	105.2	1.4	32	194377.959	8317710.17	4460.18358
SAMIE17_M_104	105.2	113.9	8.7	46	194378.109	8317705.55	4458.14711

SAMIE17_M_104	113.9	124.9	11	52	194378.396	8317696.54	4454.19312
SAMIE17_M_104	124.9	135.75	10.85	48	194378.708	8317686.52	4449.83564
SAMIE17_M_104	135.75	159.05	23.3	50	194379.18	8317670.85	4443.0842
SAMIE19_20	0	12.5	12.5	0	194987.246	8317530.89	4774.33566
SAMIE19_20	12.5	13.95	1.45	48	194985.209	8317534.17	4768.52651
SAMIE19_20	13.95	15.94	1.99	28	194984.707	8317534.97	4767.094
SAMIE19_20	15.94	18.55	2.61	53	194984.036	8317536.06	4765.17844
SAMIE19_20	18.55	22.59	4.04	46	194983.065	8317537.62	4762.4092
SAMIE19_20	22.59	23.45	0.86	25	194982.35	8317538.77	4760.36871
SAMIE19_20	23.45	25.63	2.18	50	194981.906	8317539.49	4759.10277
SAMIE19_20	25.63	26.13	0.5	25	194981.515	8317540.12	4757.98675
SAMIE19_20	26.13	28.67	2.54	49	194981.071	8317540.83	4756.72081
SAMIE19_20	28.67	30.76	2.09	27	194980.395	8317541.92	4754.79275
SAMIE19_20	30.76	38.45	7.69	52	194978.967	8317544.22	4750.7201
SAMIE19_20	38.45	40.3	1.85	33	194977.574	8317546.46	4746.74739
SAMIE19_20	40.3	43.8	3.5	36	194976.793	8317547.72	4744.51951
SAMIE19_20	43.8	45.92	2.12	39	194975.973	8317549.04	4742.17919
SAMIE19_20	45.92	46.6	0.68	44	194975.564	8317549.7	4741.01319
SAMIE19_20	46.6	52.65	6.05	45	194974.582	8317551.28	4738.21064
SAMIE19_20	52.65	71.76	19.11	57	194970.909	8317557.2	4727.73334
SAMIE19_20	71.76	73.67	1.91	56	194967.84	8317562.14	4718.98005
SAMIE19_20	73.67	83.13	9.46	53	194966.18	8317564.81	4714.24528
SAMIE19_20	83.13	86.49	3.36	48	194964.309	8317567.83	4708.90668
SAMIE19_20	86.49	91.9	5.41	45	194963.028	8317569.89	4705.25462
SAMIE19_20	91.9	95.84	3.94	43	194961.663	8317572.09	4701.36103
SAMIE19_20	95.84	97.63	1.79	27	194960.827	8317573.43	4698.9749
SAMIE19_20	97.63	102.08	4.45	52	194959.916	8317574.9	4696.3764
SAMIE19_20	102.08	105.4	3.32	39	194958.782	8317576.73	4693.14076
SAMIE19_20	105.4	107.55	2.15	41	194957.983	8317578.01	4690.86291
SAMIE19_20	107.55	109.4	1.85	31	194957.399	8317578.95	4689.1972
SAMIE19_20	109.4	122.3	12.9	37	194955.246	8317582.42	4683.05491
SAMIE19_20	122.3	123.84	1.54	37	194953.138	8317585.82	4677.0417
SAMIE19_20	123.84	125.49	1.65	19	194952.672	8317586.57	4675.7133
SAMIE19_20	125.49	130.04	4.55	22	194951.767	8317588.02	4673.13146
SAMIE19_20	130.04	131.45	1.41	30	194950.897	8317589.43	4670.64955
SAMIE19_20	131.45	137.2	5.75	41	194949.852	8317591.11	4667.66794
SAMIE19_20	137.2	141.6	4.4	45	194948.37	8317593.5	4663.4412
SAMIE19_20	141.6	149.1	7.5	38	194946.633	8317596.29	4658.48573
SAMIE19_20	149.1	152.35	3.25	50	194945.063	8317598.82	4654.00914
SAMIE19_20	152.35	155.73	3.38	40	194944.096	8317600.38	4651.24823
SAMIE19_20	155.73	157.65	1.92	30	194943.322	8317601.63	4649.04117

SAMIE19_20	157.65	161	3.35	51	194942.553	8317602.87	4646.8466
SAMIE19_20	161	171.41	10.41	56	194940.544	8317606.1	4641.11656
SAMIE19_20	171.41	173.76	2.35	48	194938.681	8317609.1	4635.80296
SAMIE19_20	173.76	179.14	5.38	57	194937.553	8317610.92	4632.58398
SAMIE19_20	179.14	182.32	3.18	57	194936.303	8317612.93	4629.01936
SAMIE19_20	182.32	185	2.68	53	194935.447	8317614.31	4626.5791
SAMIE19_20	185	187.75	2.75	51	194934.655	8317615.58	4624.31791
SAMIE19_20	187.75	200.64	12.89	55	194932.372	8317619.26	4617.80499
SAMIE19_20	200.64	228.57	27.93	54	194926.412	8317628.86	4600.80645
SAMIE19_20	228.57	240.08	11.51	55	194920.655	8317638.13	4584.38257
SAMIE19_20	240.08	242.75	2.67	55	194918.585	8317641.47	4578.47764
SAMIE19_20	242.75	249.65	6.9	55	194917.188	8317643.72	4574.49244
SAMIE19_20	249.65	249.95	0.3	55	194916.137	8317645.41	4571.49416
SAMIE19_20	249.95	257.68	7.73	56	194914.964	8317647.3	4568.15026
SAMIE19_20	257.68	275.24	17.56	49	194911.272	8317653.24	4557.61882
SAMIE19_20	275.24	303.65	28.41	52	194904.561	8317664.05	4538.47568
SAMIE19_20	303.65	319.68	16.03	61	194898.074	8317674.5	4519.96967
SAMIE19_20	319.68	329.45	9.77	56	194894.307	8317680.56	4509.22586
SAMIE19_20	329.45	358.31	28.86	63	194888.668	8317689.65	4493.1393
SAMIE19_20	358.31	367.42	9.11	66	194883.125	8317698.57	4477.32757
SAMIE19_20	367.42	377.19	9.77	63	194880.369	8317703.01	4469.46543
SAMIE19_20	377.19	387.3	10.11	66	194877.467	8317707.69	4461.18687
SAMIE19_20	387.3	397.45	10.15	66	194874.509	8317712.45	4452.75006
SAMIE19_20	397.45	411.25	13.8	66	194871.013	8317718.08	4442.77664
SAMIE19_20	411.25	417.25	6	66	194868.122	8317722.74	4434.53139
SAMIE19_20	417.25	425.1	7.85	57	194866.1	8317725.99	4428.76387
SAMIE19_20	425.1	437.1	12	52	194863.202	8317730.66	4420.4978
SAMIE19_20	437.1	440.39	3.29	53	194860.97	8317734.25	4414.13064
SAMIE19_20	440.39	462.66	22.27	59	194857.239	8317740.26	4403.48677
SAMIE19_20	462.66	478.9	16.24	63	194851.617	8317749.32	4387.45017
SAMIE19_20	478.9	482.04	3.14	66	194848.788	8317753.87	4379.37982
SAMIE19_20	482.04	491.65	9.61	66	194846.926	8317756.87	4374.07038
SAMIE19_20	491.65	494.44	2.79	51	194845.116	8317759.79	4368.90668
SAMIE19_20	494.44	502.35	7.91	61	194843.554	8317762.3	4364.45092
SAMIE19_20	502.35	507.41	5.06	61	194841.661	8317765.35	4359.04986
SAMIE19_20	507.41	515.25	7.84	49	194839.778	8317768.39	4353.67796
SAMIE19_20	515.25	519.21	3.96	60	194838.055	8317771.16	4348.76412
SAMIE19_20	519.21	525.7	6.49	55	194836.529	8317773.62	4344.41246
SAMIE19_20	525.7	529.9	4.2	55	194834.969	8317776.13	4339.96086
SAMIE19_20	529.9	535.72	5.82	52	194833.506	8317778.49	4335.78826
SAMIE19_20	535.72	538.55	2.83	49	194832.243	8317780.52	4332.18617

SAMIE19_20	538.55	542.61	4.06	54	194831.237	8317782.14	4329.31699
SAMIE19_20	542.61	552.65	10.04	55	194829.179	8317785.45	4323.44537
SAMIE19_20	552.65	562.15	9.5	54	194826.326	8317790.05	4315.30839
SAMIE19_20	562.15	568.1	5.95	55	194824.071	8317793.68	4308.8746
SAMIE19_20	568.1	578.16	10.06	51	194821.734	8317797.45	4302.2076
SAMIE19_20	578.16	587.3	9.14	44	194818.931	8317801.96	4294.21221
SAMIE19_20	587.3	593.15	5.85	43	194816.743	8317805.48	4287.96997
SAMIE19_20	593.15	593.54	0.39	0	194815.832	8317806.95	4285.37147
SAMIE19_20	593.54	609.05	15.51	46	194813.51	8317810.69	4278.75028
SAMIE19_20	609.05	622.05	13	48	194809.348	8317817.39	4266.87795
SAMIE19_20	622.05	631.6	9.55	46	194806.056	8317822.69	4257.48753
SAMIE19_20	631.6	636.95	5.35	53	194803.881	8317826.2	4251.28277
SAMIE22_1	0	3.5	3.5	62	194981.437	8317707.52	4302.92693
SAMIE22_1	3.5	10.8	7.3	64	194977.079	8317707.55	4299.73918
SAMIE22_1	10.8	14.2	3.4	62	194972.761	8317707.58	4296.58095
SAMIE22_1	14.2	18.3	4.1	64	194969.734	8317707.61	4294.36724
SAMIE22_1	18.3	23	4.7	44	194966.182	8317707.63	4291.76981
SAMIE22_1	23	26.8	3.8	59	194962.752	8317707.66	4289.26093
SAMIE22_1	26.8	30.9	4.1	59	194959.564	8317707.68	4286.92915
SAMIE22_1	30.9	44.78	13.88	64	194952.308	8317707.73	4281.62214
SAMIE22_1	44.78	45.1	0.32	22	194946.577	8317707.78	4277.43084
SAMIE22_1	45.1	51.35	6.25	67	194943.925	8317707.8	4275.49163
SAMIE22_1	51.35	68.87	17.52	67	194934.333	8317707.87	4268.47563
SAMIE22_1	68.87	84.13	15.26	59	194921.103	8317707.96	4258.80022
SAMIE22_1	84.13	85.55	1.42	47	194914.372	8317708.01	4253.87692
SAMIE22_1	85.55	114.05	28.5	58	194902.297	8317708.1	4245.04567
SAMIE22_1	114.05	118.45	4.4	43	194889.019	8317708.2	4235.33484
SAMIE22_1	118.45	151.9	33.45	53	194873.744	8317708.31	4224.16296
SAMIE22_1	151.9	153	1.1	49	194859.801	8317708.41	4213.96511
SAMIE22_1	153	161.55	8.55	59	194855.906	8317708.44	4211.1168
SAMIE22_1	161.55	168.9	7.35	50	194849.49	8317708.49	4206.42373
SAMIE22_1	168.9	173.4	4.5	53	194844.707	8317708.52	4202.92606
SAMIE22_1	173.4	178	4.6	43	194841.035	8317708.55	4200.24008
SAMIE22_1	178	181.1	3.1	48	194837.927	8317708.57	4197.96733
SAMIE22_1	181.1	185	3.9	56	194835.102	8317708.59	4195.9012
SAMIE22_1	185	194.1	9.1	51	194829.856	8317708.63	4192.0641
SAMIE22_1	194.1	195.4	1.3	35	194825.659	8317708.66	4188.99441
SAMIE22_1	195.4	200.6	5.2	51	194823.035	8317708.68	4187.07586
SAMIE22_1	200.6	204.7	4.1	43	194819.282	8317708.71	4184.33085
SAMIE22_1	204.7	210.45	5.75	51	194815.307	8317708.74	4181.42351
SAMIE22_1	210.45	216.9	6.45	49	194810.383	8317708.77	4177.82253

SAMIE22_1	216.9	229.4	12.5	55	194802.736	8317708.83	4172.22921
SAMIE22_1	229.4	236.8	7.4	54	194794.705	8317708.89	4166.35549
SAMIE22_1	236.8	243.49	6.69	62	194789.018	8317708.93	4162.19666
SAMIE22_1	243.49	246.4	2.91	62	194785.144	8317708.96	4159.3631
SAMIE22_1	246.4	249	2.6	56	194782.92	8317708.98	4157.73676
SAMIE22_1	249	250.75	1.75	58	194781.165	8317708.99	4156.4528
SAMIE22_10	0	48.9	48.9	41	195660.575	8318451.45	4665.48209
SAMIE22_10	48.9	49.6	0.7	51	195648.954	8318462.24	4646.41204
SAMIE22_10	49.6	51.1	1.5	52	195648.439	8318462.72	4645.5662
SAMIE22_10	51.1	52.6	1.5	51	195647.736	8318463.37	4644.41276
SAMIE22_10	52.6	55.6	3	52	195646.682	8318464.35	4642.68262
SAMIE22_10	55.6	58.1	2.5	52	195645.393	8318465.54	4640.568
SAMIE22_10	58.1	60.9	2.8	52	195644.152	8318466.7	4638.53027
SAMIE22_10	60.9	64	3.1	52	195642.769	8318467.98	4636.26186
SAMIE22_10	64	67.1	3.1	52	195641.317	8318469.33	4633.8781
SAMIE22_10	67.1	70.2	3.1	52	195639.864	8318470.68	4631.49435
SAMIE22_10	70.2	73.3	3.1	52	195638.412	8318472.02	4629.11059
SAMIE22_10	73.3	76.4	3.1	52	195636.959	8318473.37	4626.72684
SAMIE22_10	76.4	77.6	1.2	51	195635.952	8318474.31	4625.07359
SAMIE22_10	77.6	79.6	2	51	195635.202	8318475	4623.84326
SAMIE22_10	79.6	82.6	3	51	195634.031	8318476.09	4621.92088
SAMIE22_10	82.6	85.6	3	52	195632.625	8318477.4	4619.61402
SAMIE22_10	85.6	88.6	3	52	195631.219	8318478.7	4617.30716
SAMIE22_10	88.6	91.6	3	52	195629.814	8318480.01	4615.0003
SAMIE22_10	91.6	94	2.4	51	195628.549	8318481.18	4612.92412
SAMIE22_10	94	96.6	2.6	52	195627.377	8318482.27	4611.00174
SAMIE22_10	96.6	98.2	1.6	52	195626.393	8318483.18	4609.38694
SAMIE22_10	98.2	99.1	0.9	50	195625.807	8318483.72	4608.42574
SAMIE22_10	99.1	100.5	1.4	51	195625.269	8318484.22	4607.54145
SAMIE22_10	100.5	102.4	1.9	51	195624.495	8318484.94	4606.27268
SAMIE22_10	102.4	103.6	1.2	51	195623.769	8318485.62	4605.0808
SAMIE22_10	103.6	105.2	1.6	52	195623.113	8318486.23	4604.00426
SAMIE22_10	105.2	107.6	2.4	51	195622.176	8318487.1	4602.46636
SAMIE22_10	107.6	108.1	0.5	51	195621.497	8318487.73	4601.35137
SAMIE22_10	108.1	109.5	1.4	51	195621.052	8318488.14	4600.62087
SAMIE22_10	109.5	112.6	3.1	52	195619.997	8318489.12	4598.89072
SAMIE22_10	112.6	115.7	3.1	52	195618.545	8318490.47	4596.50697
SAMIE22_10	115.7	118.1	2.4	51	195617.256	8318491.66	4594.39234
SAMIE22_10	118.1	119.6	1.5	51	195616.343	8318492.51	4592.89289
SAMIE22_10	119.6	120.5	0.9	52	195615.78	8318493.03	4591.97014
SAMIE22_10	120.5	121.4	0.9	51	195615.359	8318493.42	4591.27808

SAMIE22_10	121.4	124.5	3.1	52	195614.421	8318494.29	4589.74018
SAMIE22_10	124.5	127.6	3.1	52	195612.969	8318495.64	4587.35642
SAMIE22_10	127.6	130.6	3	52	195611.54	8318496.97	4585.01111
SAMIE22_10	130.6	133.6	3	52	195610.134	8318498.27	4582.70425
SAMIE22_10	133.6	136.6	3	52	195608.728	8318499.58	4580.39739
SAMIE22_10	136.6	139.4	2.8	52	195607.37	8318500.84	4578.16743
SAMIE22_10	139.4	142.5	3.1	52	195605.987	8318502.12	4575.89901
SAMIE22_10	142.5	145.6	3.1	52	195604.535	8318503.47	4573.51526
SAMIE22_10	145.6	147.5	1.9	51	195603.363	8318504.56	4571.59288
SAMIE22_10	147.5	150.6	3.1	52	195602.192	8318505.64	4569.67049
SAMIE22_10	150.6	153.7	3.1	52	195600.739	8318506.99	4567.28674
SAMIE22_10	153.7	156	2.3	51	195599.474	8318508.17	4565.21056
SAMIE22_10	156	157.6	1.6	51	195598.561	8318509.02	4563.7111
SAMIE22_10	157.6	160.6	3	52	195597.483	8318510.02	4561.94251
SAMIE22_10	160.6	163.6	3	52	195596.077	8318511.32	4559.63565
SAMIE22_10	163.6	166.6	3	52	195594.672	8318512.63	4557.32879
SAMIE22_10	166.6	168.4	1.8	52	195593.547	8318513.67	4555.4833
SAMIE22_10	168.4	171.4	3	52	195592.422	8318514.71	4553.63781
SAMIE22_10	171.4	174.5	3.1	52	195590.993	8318516.04	4551.29251
SAMIE22_10	174.5	177.6	3.1	52	195589.541	8318517.39	4548.90875
SAMIE22_10	177.6	180.7	3.1	52	195588.088	8318518.74	4546.52499
SAMIE22_10	180.7	183.8	3.1	52	195586.636	8318520.08	4544.14124
SAMIE22_10	183.8	186.9	3.1	52	195585.183	8318521.43	4541.75748
SAMIE22_10	186.9	190	3.1	52	195583.731	8318522.78	4539.37373
SAMIE22_10	190	193.1	3.1	52	195582.278	8318524.13	4536.98997
SAMIE22_10	193.1	196.2	3.1	52	195580.826	8318525.48	4534.60622
SAMIE22_10	196.2	199.3	3.1	52	195579.373	8318526.83	4532.22246
SAMIE22_10	199.3	200.6	1.3	52	195578.342	8318527.78	4530.53076
SAMIE22_10	200.6	201.7	1.1	51	195577.78	8318528.3	4529.60802
SAMIE22_10	201.7	202.2	0.5	51	195577.405	8318528.65	4528.99286
SAMIE22_10	202.2	203.9	1.7	52	195576.89	8318529.13	4528.14701
SAMIE22_10	203.9	205.4	1.5	52	195576.14	8318529.83	4526.91668
SAMIE22_10	205.4	208.5	3.1	52	195575.062	8318530.83	4525.14809
SAMIE22_10	208.5	210.1	1.6	52	195573.961	8318531.85	4523.34105
SAMIE22_10	210.1	211.6	1.5	52	195573.235	8318532.52	4522.14917
SAMIE22_10	211.6	214.6	3	52	195572.181	8318533.5	4520.41903
SAMIE22_10	214.6	217	2.4	51	195570.915	8318534.68	4518.34285
SAMIE22_10	217	220.1	3.1	52	195569.627	8318535.87	4516.22823
SAMIE22_10	220.1	223.2	3.1	52	195568.174	8318537.22	4513.84447
SAMIE22_10	223.2	225.6	2.4	52	195566.886	8318538.42	4511.72985
SAMIE22_10	225.6	226.8	1.2	52	195566.042	8318539.2	4510.34574

SAMIE22_10	226.8	227.7	0.9	51	195565.55	8318539.66	4509.53833
SAMIE22_10	227.7	228.5	0.8	51	195565.152	8318540.03	4508.88472
SAMIE22_10	228.5	229.8	1.3	52	195564.66	8318540.48	4508.07732
SAMIE22_10	229.8	230.6	0.8	50	195564.168	8318540.94	4507.26992
SAMIE22_10	230.6	231.5	0.9	50	195563.77	8318541.31	4506.61631
SAMIE22_10	231.5	232.4	0.9	51	195563.348	8318541.7	4505.92425
SAMIE22_10	232.4	233.5	1.1	51	195562.88	8318542.14	4505.1553
SAMIE22_10	233.5	233.9	0.4	52	195562.528	8318542.46	4504.57858
SAMIE22_10	233.9	235.6	1.7	52	195562.036	8318542.92	4503.77118
SAMIE22_10	235.6	238.6	3	52	195560.935	8318543.94	4501.96414
SAMIE22_10	238.6	241.6	3	52	195559.529	8318545.24	4499.65728
SAMIE22_10	241.6	244.6	3	52	195558.124	8318546.55	4497.35042
SAMIE22_10	244.6	247.6	3	52	195556.718	8318547.85	4495.04356
SAMIE22_10	247.6	250.6	3	52	195555.312	8318549.16	4492.7367
SAMIE22_10	250.6	253.6	3	52	195553.907	8318550.46	4490.42984
SAMIE22_10	253.6	256.6	3	52	195552.501	8318551.77	4488.12298
SAMIE22_10	256.6	259.4	2.8	52	195551.142	8318553.03	4485.89302
SAMIE22_10	259.4	260.1	0.7	50	195550.322	8318553.79	4484.54735
SAMIE22_10	260.1	260.6	0.5	52	195550.041	8318554.05	4484.08598
SAMIE22_10	260.6	262.4	1.8	52	195549.502	8318554.55	4483.20168
SAMIE22_10	262.4	265.5	3.1	52	195548.354	8318555.62	4481.31774
SAMIE22_10	265.5	268.2	2.7	52	195546.995	8318556.88	4479.08778
SAMIE22_10	268.2	269.9	1.7	51	195545.965	8318557.84	4477.39608
SAMIE22_10	269.9	273	3.1	52	195544.84	8318558.88	4475.55059
SAMIE22_10	273	275.5	2.5	52	195543.528	8318560.1	4473.39752
SAMIE22_10	275.5	277.6	2.1	52	195542.45	8318561.1	4471.62893
SAMIE22_10	277.6	280.6	3	52	195541.256	8318562.21	4469.6681
SAMIE22_10	280.6	283.6	3	52	195539.85	8318563.51	4467.36124
SAMIE22_10	283.6	286.6	3	52	195538.444	8318564.82	4465.05438
SAMIE22_10	286.6	289.6	3	52	195537.039	8318566.12	4462.74752
SAMIE22_10	289.6	292.6	3	52	195535.633	8318567.43	4460.44066
SAMIE22_10	292.6	295.6	3	52	195534.227	8318568.73	4458.1338
SAMIE22_10	295.6	298.6	3	52	195532.821	8318570.04	4455.82694
SAMIE22_10	298.6	301.1	2.5	52	195531.533	8318571.23	4453.71232
SAMIE22_10	301.1	302.7	1.6	52	195530.572	8318572.12	4452.13596
SAMIE22_10	302.7	304.6	1.9	52	195529.752	8318572.88	4450.79029
SAMIE22_10	304.6	307.2	2.6	52	195528.698	8318573.86	4449.06015
SAMIE22_10	307.2	310.3	3.1	52	195527.363	8318575.1	4446.86863
SAMIE22_10	310.3	313.4	3.1	52	195525.91	8318576.45	4444.48487
SAMIE22_10	313.4	316.5	3.1	52	195524.458	8318577.8	4442.10112
SAMIE22_10	316.5	319.6	3.1	52	195523.005	8318579.15	4439.71736

SAMIE22_10	319.6	320.4	0.8	50	195522.091	8318580	4438.2179
SAMIE22_10	320.4	321.9	1.5	52	195521.553	8318580.5	4437.33361
SAMIE22_10	321.9	325	3.1	52	195520.475	8318581.5	4435.56502
SAMIE22_10	325	327.7	2.7	52	195519.116	8318582.76	4433.33505
SAMIE22_10	327.7	330.5	2.8	52	195517.828	8318583.95	4431.22043
SAMIE22_10	330.5	333.6	3.1	52	195516.445	8318585.24	4428.95202
SAMIE22_10	333.6	336.7	3.1	52	195514.993	8318586.58	4426.56826
SAMIE22_10	336.7	338.9	2.2	51	195513.751	8318587.74	4424.53053
SAMIE22_10	338.9	339.8	0.9	50	195513.025	8318588.41	4423.33866
SAMIE22_10	339.8	341.4	1.6	52	195512.439	8318588.95	4422.37746
SAMIE22_10	341.4	343.2	1.8	36	195511.643	8318589.69	4421.07024
SAMIE22_10	343.2	343.8	0.6	49	195511.08	8318590.22	4420.1475
SAMIE22_10	343.8	344.9	1.1	51	195510.682	8318590.59	4419.49389
SAMIE22_10	344.9	346	1.1	50	195510.167	8318591.06	4418.64804
SAMIE22_10	346	346.1	0.1	52	195509.885	8318591.33	4418.18667
SAMIE22_10	346.1	354	7.9	37	195508.011	8318593.07	4415.11085
SAMIE22_10	354	358.15	4.15	45	195505.188	8318595.69	4410.47791
SAMIE22_10	358.15	359.9	1.75	48	195503.806	8318596.97	4408.2095
SAMIE22_10	359.9	364.99	5.09	48	195502.203	8318598.46	4405.57968
SAMIE22_10	364.99	367.55	2.56	40	195500.411	8318600.12	4402.63843
SAMIE22_10	367.55	377.2	9.65	45	195497.551	8318602.77	4397.94397
SAMIE22_10	377.2	378.25	1.05	22	195495.044	8318605.1	4393.83007
SAMIE22_10	378.25	380.4	2.15	41	195494.294	8318605.8	4392.59974
SAMIE22_10	380.4	382.7	2.3	45	195493.251	8318606.77	4390.88882
SAMIE22_10	382.7	384.74	2.04	49	195492.235	8318607.71	4389.22019
SAMIE22_10	384.74	385.2	0.46	51	195491.649	8318608.25	4388.259
SAMIE22_10	385.2	385.7	0.5	10	195491.424	8318608.46	4387.8899
SAMIE22_10	385.7	387.9	2.2	54	195490.792	8318609.05	4386.85182
SAMIE22_10	387.9	389.2	1.3	54	195489.972	8318609.81	4385.50615
SAMIE22_10	389.2	394.6	5.4	50	195488.402	8318611.27	4382.93015
SAMIE22_10	394.6	396.6	2	50	195486.668	8318612.88	4380.08503
SAMIE22_10	396.6	400.6	4	50	195485.263	8318614.18	4377.77817
SAMIE22_10	400.6	401.6	1	52	195484.091	8318615.27	4375.85578
SAMIE22_10	401.6	404.6	3	50	195483.154	8318616.14	4374.31787
SAMIE22_10	404.6	405.9	1.3	49	195482.147	8318617.07	4372.66463
SAMIE22_10	405.9	408.8	2.9	53	195481.163	8318617.99	4371.04982
SAMIE22_10	408.8	421.2	12.4	50	195477.578	8318621.31	4365.16733
SAMIE22_10	421.2	422	0.8	56	195474.486	8318624.18	4360.09224
SAMIE22_10	422	438.66	16.66	45	195470.395	8318627.98	4353.37927
SAMIE22_10	438.66	439.3	0.64	45	195466.342	8318631.74	4346.72783
SAMIE22_10	439.3	443.5	4.2	50	195465.208	8318632.8	4344.86696

SAMIE22_10	443.5	444.5	1	50	195463.99	8318633.93	4342.86768
SAMIE22_10	444.5	447.75	3.25	50	195462.994	8318634.85	4341.23365
SAMIE22_10	447.75	449.8	2.05	46	195461.752	8318636	4339.19593
SAMIE22_10	449.8	450.7	0.9	10	195461.061	8318636.64	4338.06172
SAMIE22_10	450.7	453.3	2.6	44	195460.241	8318637.41	4336.71605
SAMIE22_10	453.3	456.1	2.8	44	195458.976	8318638.58	4334.63988
SAMIE22_10	456.1	461.7	5.6	46	195457.008	8318640.41	4331.41027
SAMIE22_10	461.7	463.3	1.6	43	195455.321	8318641.97	4328.64204
SAMIE22_10	463.3	465.9	2.6	43	195454.337	8318642.89	4327.02724
SAMIE22_10	465.9	470.45	4.55	53	195452.662	8318644.44	4324.27823
SAMIE22_10	470.45	474.3	3.85	48	195450.694	8318646.27	4321.04863
SAMIE22_10	474.3	476.5	2.2	53	195449.277	8318647.58	4318.72254
SAMIE22_10	476.5	482.4	5.9	58	195447.379	8318649.34	4315.60828
SAMIE22_10	482.4	489.2	6.8	53	195444.404	8318652.11	4310.72543
SAMIE22_10	489.2	494.6	5.4	58	195441.546	8318654.76	4306.03481
LD_17_10	0	26.46	26.46	65	195088.901	8318625.45	4656.61233
LD_17_10	26.46	42.34	15.88	55	195107.945	8318616.57	4659.19231
LD_17_10	42.34	51.66	9.32	65	195119.279	8318611.28	4660.72786
LD_17_10	51.66	51.98	0.32	35	195123.615	8318609.26	4661.31527
LD_17_10	51.98	52.35	0.37	25	195123.925	8318609.12	4661.35731
LD_17_10	52.35	54.57	2.22	45	195125.09	8318608.58	4661.51514
LD_17_10	54.57	57.64	3.07	55	195127.469	8318607.47	4661.83748
LD_17_10	57.64	59.4	1.76	45	195129.642	8318606.45	4662.13179
LD_17_10	59.4	62.24	2.84	55	195131.711	8318605.49	4662.41209
LD_17_10	62.24	62.61	0.37	45	195133.155	8318604.81	4662.60769
LD_17_10	62.61	63.14	0.53	35	195133.559	8318604.63	4662.66253
LD_17_10	63.14	63.46	0.32	45	195133.942	8318604.45	4662.71433
LD_17_10	63.46	64.31	0.85	55	195134.468	8318604.2	4662.78562
LD_17_11	0	2	2	65	193946.372	8317574.08	4585.87813
LD_17_11	2	5	3	55	193947.301	8317571.78	4585.57346
LD_17_11	5	9	4	45	193948.603	8317568.56	4585.14691
LD_17_11	9	10.5	1.5	35	193949.625	8317566.03	4584.81177
LD_17_11	10.5	10.8	0.3	25	193949.96	8317565.2	4584.70209
LD_17_11	10.8	11.6	0.8	35	193950.164	8317564.69	4584.63506
LD_17_11	11.6	12.8	1.2	45	193950.536	8317563.77	4584.51319
LD_17_11	12.8	16.94	4.14	35	193951.529	8317561.32	4584.1878
LD_17_11	16.94	17.44	0.5	25	193952.391	8317559.18	4583.90507
LD_17_11	17.44	18.44	1	35	193952.67	8317558.49	4583.81366
LD_17_11	18.44	19.94	1.5	25	193953.135	8317557.34	4583.66133
LD_17_11	19.94	20.64	0.7	45	193953.544	8317556.33	4583.52727
LD_17_11	20.64	22.64	2	55	193954.046	8317555.09	4583.36275

LD_17_12	0	2	2	65	193959.375	8317574.07	4586
LD_17_12	2	4	2	55	193960.124	8317572.22	4586
LD_17_12	4	9	5	45	193961.435	8317568.97	4586
LD_17_12	9	10.3	1.3	35	193962.615	8317566.05	4586
LD_17_12	10.3	10.35	0.05	25	193962.868	8317565.43	4586
LD_17_12	10.35	11.15	0.8	35	193963.027	8317565.03	4586
LD_17_12	11.15	12.85	1.7	45	193963.495	8317563.87	4586
LD_17_12	12.85	13.71	0.86	35	193963.975	8317562.69	4586
LD_17_12	13.71	14.71	1	25	193964.323	8317561.82	4586
LD_17_12	14.71	15.21	0.5	35	193964.604	8317561.13	4586
LD_17_12	15.21	18.71	3.5	45	193965.353	8317559.27	4586
LD_17_12	18.71	21.71	3	55	193966.571	8317556.26	4586
LD_17_13	0	0.8	0.8	65	193935.15	8317566.63	4586
LD_17_13	0.8	2.8	2	55	193935.674	8317565.33	4586
LD_17_13	2.8	5.8	3	45	193936.611	8317563.01	4586
LD_17_13	5.8	5.9	0.1	25	193937.191	8317561.58	4586
LD_17_13	5.9	7.9	2	35	193937.585	8317560.6	4586
LD_17_13	7.9	9.4	1.5	25	193938.24	8317558.98	4586
LD_17_13	9.4	11.7	2.3	35	193938.952	8317557.22	4586
LD_17_13	11.7	12.2	0.5	25	193939.477	8317555.92	4586
LD_17_13	12.2	13.2	1	35	193939.758	8317555.22	4586
LD_17_13	13.2	13.4	0.2	25	193939.982	8317554.67	4586
LD_17_13	13.4	15.4	2	35	193940.394	8317553.65	4586
LD_17_13	15.4	15.45	0.05	25	193940.778	8317552.7	4586
LD_17_13	15.45	20.35	4.9	45	193941.705	8317550.4	4586
LD_17_13	20.35	22.35	2	55	193942.998	8317547.2	4586
LD_17_13	22.35	23.85	1.5	65	193943.653	8317545.58	4586
LD_17_14	0	2	2	65	195708	8318935	4514
LD_17_14	2	3.5	1.5	45	195708	8318933.25	4514
LD_17_14	3.5	4.3	0.8	35	195708	8318932.1	4514
LD_17_14	4.3	6.35	2.05	65	195708	8318930.68	4514
LD_17_14	6.35	7.35	1	35	195708	8318929.15	4514
LD_17_14	7.35	8.85	1.5	45	195708	8318927.9	4514
LD_17_14	8.85	9.25	0.4	35	195708	8318926.95	4514
LD_17_14	9.25	9.4	0.15	25	195708	8318926.68	4514
LD_17_14	9.4	14.4	5	45	195708	8318924.1	4514
LD_17_14	14.4	16.4	2	65	195708	8318920.6	4514
LD_17_15	0	11	11	55	195711.821	8318922.04	4509
LD_17_15	11	12.36	1.36	45	195716.114	8318917.6	4509
LD_17_15	12.36	13.16	0.8	55	195716.864	8318916.82	4509
LD_17_15	13.16	18.16	5	65	195718.878	8318914.74	4509

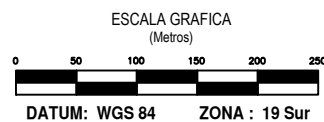
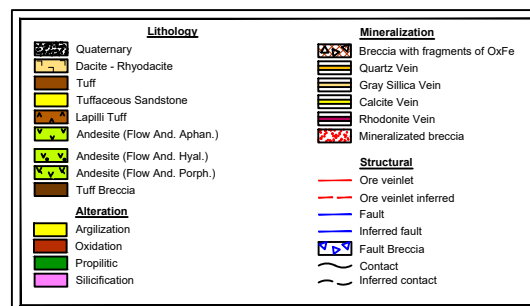
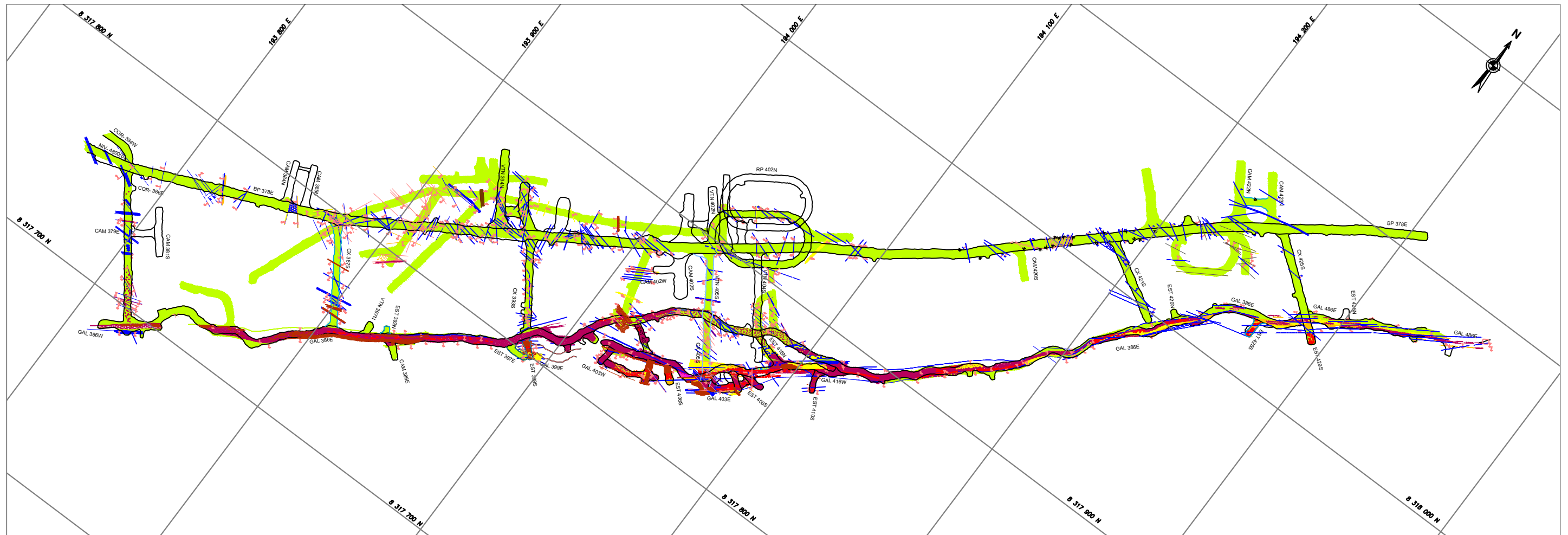
LD_17_15	18.16	19.12	0.96	55	195720.948	8318912.59	4509
LD_17_15	19.12	19.52	0.4	45	195721.421	8318912.1	4509
LD_17_15	19.52	23.18	3.66	55	195722.831	8318910.64	4509
EG_19_13	78.5	89.5	11	48	194704.24	8317726.87	4361.7268
EG_19_14	0	7	7	53	195175.855	8318622.69	4566.80733
EG_19_14	7	12	5	34	195178.268	8318617.26	4567.69419
EG_19_14	12	39	27	53	195184.705	8318602.81	4570.05914
EG_19_14	39	43	4	25	195190.94	8318588.8	4572.35019
EG_19_14	43	49	6	35	195192.951	8318584.29	4573.08923
EG_19_14	49	57.5	8.5	25	195195.868	8318577.74	4574.16085
EG_19_14	57.5	60.5	3	24	195198.181	8318572.54	4575.01076
EG_19_14	60.5	64.5	4	16	195199.589	8318569.38	4575.52809
EG_19_14	64.5	66	1.5	32	195200.695	8318566.89	4575.93456
EG_19_15	0	2.5	2.5	41	195234.296	8318632.7	4572.43724
EG_19_15	2.5	12.5	10	38	195229.171	8318636.15	4571.51343
EG_19_15	12.5	20.5	8	40	195221.792	8318641.13	4570.18314
EG_19_15	20.5	66.5	46	54	195199.654	8318656.06	4566.19229
EG_19_16	0	26	26	48	195499.159	8318720.88	4539.02528
EG_19_16	26	52	26	48	195483.197	8318700.45	4537.07583
EG_19_16	52	91	39	38	195463.244	8318674.92	4534.63902
EG_19_17	0	5	5	57	195563.984	8318815.4	4528.37815
EG_22_01	0	4.79	4.79	62	194746.876	8317886.89	4231
EG_22_02	0	4.75	4.75	57	194748.672	8317891.03	4232
EG_22_03	0	7.46	7.46	61	194753.143	8317895.6	4233
EG_22_04	0	18.38	18.38	51	194764.089	8317918.99	4234
EG_22_05	0	13.25	13.25	53	194757.155	8317932.52	4236
EG_22_06	0	2.32	2.32	66	194763.985	8317930.44	4236
EG_22_07	0	2.08	2.08	48	194762.449	8317928.12	4236
EG_22_10	0	5.48	5.48	66	194821.366	8317935.76	4242
EG_22_11	0	9.31	9.31	44	195497.382	8318916.07	4460
EG_22_12	0	22.36	22.36	33	195497.312	8318934.04	4460
EG_22_13	0	8.62	8.62	40	195518.043	8318948.84	4460
EG_22_14	0	1.87	1.87	40	195523.199	8318953.48	4460
EG_22_15	0	5.97	5.97	51	195502.537	8318939.56	4460
EG_22_16	0	0.9	0.9	63	194906.248	8318073.48	4416.04
EG_22_17	0	7.53	7.53	52	194903.762	8318070.29	4416.02
EG_22_18	0	6.54	6.54	56	194909.096	8318075.41	4416.22
EG_22_19	0	6.08	6.08	56	194879.846	8318094.12	4420.9015
EG_22_19a	0	5.03	5.03	56	194877.245	8318098.52	4421.8929
EG_22_20	0	2.42	2.42	62	194841.498	8318094.59	4427.4402

N°123/LM R/UNI 2021		BLOQUES										
	BP480	25.71	42.80	58.30	-	-	53.21	46.86	15.80	6.02	0.31	-
	BYPASS 480E	25.89	94.80	115.70	-	-	107.19	51.77	19.06	10.11	0.28	-
	CA490S	26.04	150.10	135.70	-	-	141.11	56.19	25.70	14.22	0.26	-
GLSA-190024- 190026/LMR/iTEST 2019	VTN 565-NV10	33.83	239.71	233.49	-	-	33.50	58.39	27.51	43.70	0.16	26.28
	VTN 527-NV12	30.76	155.87	163.92	-	-	24.83	53.01	26.26	34.73	0.18	15.51
	M01	-	48.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M02	-	88.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M03	-	262.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M04	-	271.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C-CT	25.27	28.71	33.15	-	-	13.25	38.47	19.80	10.96	0.24	-
	N-CT	24.79	30.42	42.27	-	-	14.61	34.39	11.31	11.26	0.24	-
	N-CP	24.44	56.02	46.37	-	-	15.37	34.92	11.10	13.31	0.23	-
	A-CT	-	108.69	-	-	-	-	-	-	24.27	0.21	-
	A-CP	25.65	99.39	68.60	-	-	20.69	32.25	7.08	23.04	0.21	-
	C-MIN	-	54.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	N-MIN	-	45.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GLSA/ UNI 2017	N1-R	25.75	84.90	-	92.00	29.58	12.31	54.23	25.66	10.15	0.27	10.80
	N2-N1	32.30	140.50	-	107.00	29.72	23.02	57.13	26.72	30.69	0.19	10.10
	N3-J	24.60	-	-	-	-	13.23	52.50	23.07	16.98	0.24	-
	N4-S	24.79	133.70	-	-	-	-	-	-	17.52	0.22	-
	N5-CT	30.97	157.10	-	-	-	20.28	58.83	31.83	33.28	0.17	8.20
	N6-CP	27.17	-	126.00	-	-	13.30	51.91	22.52	13.58	0.25	-
	N7-N	26.06	156.70	-	-	-	21.54	58.23	29.82	26.38	0.20	15.00
	N8-CP	26.02	-	215.20	-	-	21.51	55.63	25.15	-	-	-
	N9-J	25.74	-	160.20	-	-	8.97	48.81	19.53	-	-	-
	N10-T	25.13	-	51.40	-	-	-	-	-	6.73	0.31	-
	N11-L	25.93	-	135.30	-	-	-	-	-	24.41	0.22	-
	N12-NP	25.34	-	181.20	-	-	-	-	-	18.77	0.24	-
	N13-CT	26.32	-	148.30	-	-	-	-	-	24.38	0.21	-
	N14-R	25.18	-	121.20	-	-	16.96	53.15	22.55	15.30	0.27	-

Nota: * Resultados de ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Rocas "UNI/GLSA".

Anexo 8: Plano con información litológica y estructural en el nivel 06 de la Mina Bateas

PLANO GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL



 Minera Bateas Compañía de Fortuna Silver Mines Inc.	Departamento de Geología	PROY.:	MINERA BATEAS S.A.C.	ESC.: 1:2000	
		TOP. : Planeamiento			FECHA: Julio 2021
		GEOL.: Dpt. Geología		Unidad Caylloma: VETA ANIMAS - ANIMAS NE SECCION LONGITUDINAL AÑO 2022	SUBCOD.:
		DIB.: Modelamiento			
		REV.: M. Flores Z.			
		APRO : J. Quispe A.			

Anexo 8: Base de datos parcial de las estructuras (Diaclasas y Fallas)

DATA ESTRUCTURAL DIACLASAS				
	DIP	Dip Direction	TIPO	OBSERVACIÓN
Nv 6	84	195	D	CAJA PISO
Nv 6	44	166	D	CAJA PISO
Nv 6	74	278	D	CAJA PISO
Nv 6	72	224	D	CAJA PISO
Nv 6	80	133	D	CAJA PISO
Nv 6	42	211	D	CAJA PISO
Nv 6	87	128	D	CAJA PISO
Nv 6	28	294	D	CAJA PISO
Nv 6	39	164	D	CAJA PISO
Nv 6	46	172	D	CAJA PISO
Nv 6	36	255	D	CAJA PISO
Nv 6	38	164	D	CAJA PISO
Nv 6	60	263	D	CAJA PISO
Nv 6	78	196	D	CAJA PISO
Nv 6	75	196	D	CAJA PISO
Nv 6	75	358	D	CAJA PISO
Nv 6	73	358	D	CAJA PISO
Nv 6	76	091	D	CAJA PISO
Nv 6	88	221	D	CAJA PISO
Nv 6	60	036	D	CAJA PISO
Nv 6	60	036	D	CAJA PISO
Nv 6	35	215	D	CAJA PISO
Nv 6	68	212	D	CAJA PISO
Nv 6	70	212	D	CAJA PISO
Nv 6	74	259	D	CAJA PISO
Nv 6	64	031	D	CAJA PISO
Nv 6	55	245	D	CAJA PISO
Nv 6	52	162	D	CAJA PISO
Nv 6	48	156	D	CAJA PISO
Nv 6	40	154	D	CAJA PISO
Nv 6	54	165	D	CAJA PISO
Nv 6	60	165	D	CAJA PISO
Nv 6	36	172	D	CAJA PISO
Nv 6	75	204	D	CAJA PISO
Nv 6	70	204	D	CAJA PISO
Nv 6	45	175	D	CAJA PISO
Nv 6	56	176	D	CAJA PISO

DATA ESTRUCTURAL FALLAS			
DIP	Dip Direction	TIPO	OBSERVACIÓN
43	285	F	CAJA PISO
64	239	F	CAJA PISO
49	246	F	CAJA PISO
48	246	F	CAJA PISO
70	202	F	CAJA PISO
68	015	F	CAJA PISO
55	236	F	CAJA PISO
70	015	F	CAJA PISO
81	106	F	CAJA PISO
41	239	F	CAJA PISO
65	263	F	CAJA PISO
68	282	F	CAJA PISO
62	263	F	CAJA PISO
45	248	F	CAJA PISO
25	248	F	CAJA PISO
58	232	F	CAJA PISO
65	232	F	CAJA PISO
80	327	F	CAJA PISO
64	028	F	CAJA PISO
30	257	F	CAJA PISO
72	215	F	CAJA PISO
75	135	F	CAJA PISO
81	221	F	CAJA PISO
52	351	F	CAJA PISO
85	182	F	CAJA PISO
60	229	F	CAJA PISO
42	229	F	CAJA PISO
64	122	F	CAJA PISO
25	185	F	CAJA PISO
28	218	F	CAJA PISO
44	218	F	CAJA PISO
40	208	F	CAJA PISO
26	208	F	CAJA PISO
36	271	F	CAJA PISO
46	271	F	CAJA PISO
43	271	F	CAJA PISO