

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



TESIS

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL CÁLCULO DE
RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA ESPERANZA, ALGAMARCA,
2021**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

Autor:

Bach. ORRILLO MENDOZA ROBERTO CARLOS

Asesor:

Dr. Ing. ALEJANDRO CLAUDIO LAGOS MANRIQUE

CAJAMARCA - PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Roberto Carlos Orrillo Mendoza

DNI: 73113379

Escuela Profesional: Ingeniería de Minas

2. Asesor: Alejandro Claudio Lagos Manrique

Facultad: Ingeniería

3. Grado académico o título profesional

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL CÁLCULO DE RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA ESPERANZA, ALGAMARCA, 2021

6. Fecha de evaluación: 16-07-2024

7. Software antiplagio:

TURNITIN

URKUND (ORIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 11%

9. Código Documento: oid:3117:367842696

10. Resultado de la Evaluación de Similitud: 11%

APROBADO

PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 17 de Julio de 2024



Ing. Alejandro C. Lagos Manrique

FIRMA DEL ASESOR

Alejandro Claudio Lagos Manrique

DNI: 09224934



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 20148258601 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18/07/2024 16:21:44-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a mi Alma Máter Universidad Nacional de Cajamarca y a todos mis docentes de la EAPIM que me formaron como profesional, que sin su apoyo no hubiese sido posible la culminación de esta tesis.

Roberto Carlos

DEDICATORIA

A mis hijos Nicolle y Mateo, mis queridos padres
y hermanos, por su apoyo constante,
incondicional y por sus sabios consejos que me
sirvieron de mucho para superar mis momentos
difíciles.

Roberto Carlos

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	3
2.1.1. En el ámbito Internacional.....	3
2.1.2. En el ámbito nacional	3
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1. Rock Quality Designation (RQD).....	17
2.2.2. Clasificación de la masa rocosa Rock Mass Rating (RMR).....	19
2.2.3. Resistencia uniaxial de la matriz rocosa	19
2.2.4. Índice de Resistencia Geológica, Geological Strength Index (GSI)	23
2.2.7. Reserva minera.....	26
2.2.8. Cálculo de Reservas	27
2.2.8.1. Reservas Inferidas	27
2.2.8.2. Reservas Inferidas	27
2.2.8.3. Reservas probadas	27
2.2.9. Modelación del yacimiento	28
2.2.10. Dilución	30
2.2.10.1. En metalurgia.....	31
2.2.10.2. En planeamiento minero	31
2.2.10.3. En reducción de ley	31
2.2.11. Factores que intervienen en la dilución.....	31
2.2.11.1. Método de explotación.....	31
2.2.11.2. Naturaleza de la mineralización.....	31
2.2.12. Cálculo de la dilución	31
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	33
CAPÍTULO III	34
MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	34
3.3. ACCESIBILIDAD	35
3.4. GEOLOGÍA LOCAL.....	35
3.4.1. Formación Chimú	35
3.4.2. Formación Santa	35
3.4.3. Formación Carhuaz.....	36
3.4.4. Formación Farrat.....	36
3.5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	36
3.6. YACIMIENTO MINERAL	36
3.6.1. Características de la actividad minera.....	37

	Pág.
3.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.7.1. Tipo, nivel, diseño y método de la investigación	37
3.7.2. Población de estudio	38
3.7.3. Muestras	38
3.7.4. Unidad de análisis	38
3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	38
3.8.1. Técnicas	38
3.8.2. Instrumentos y equipos	38
3.8.2.1. Instrumentos	38
3.9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	39
CAPÍTULO IV	40
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
4.1. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO	40
4.1.1.1. Cálculo del RQD	41
4.1.1.2. Cálculo del RMR y Q de Barton de la Estación Geomecánica 1 (EG-01)	42
4.1.2. Estación geomecánica 02 (EG- 02)	49
4.1.2.1. Cálculo del RQD de la (EG-02)	49
4.1.2.2. Cálculo del RMR y Q de Barton de la Estación Geomecánica 1 (EG-02)	50
4.1.3. Estación geomecánica 3 (EG- 03)	55
4.1.3.1. Cálculo del RQD	55
4.1.3.2. Cálculo del RMR y Q de Barton de la Estación Geomecánica 3 (EG-03)	56
4.1.4. Estación geomecánica 4 (EG- 04)	61
4.1.4.1. Cálculo del RQD	61
4.1.4.2. Cálculo del RMR y Q de Barton de la Estación Geomecánica 4 (EG-04)	62
4.1.5. Cálculo del GSI	67
4.1.6. Análisis de los resultados de los análisis geomecánicos	68
4.1.7. Cálculo de reservas del Nivel 2 de la Mina Esperanza	68
4.1.7.1. Análisis del incremento del desmote por dilución geomecánica	71
4.1.7.2. Tonelaje de desmote vs Dilución	73
4.1.7.3. Tonelaje de desmote vs Factor de dilución	74
4.1.7.4. Factor de dilución vs porcentaje de dilución	74
4.1.7.5. Calidad geomecánica de la roca vs tonelaje	75
4.1.7.6. Tonelaje del mineral, tonelaje de desmote y dilución geomecánica ..	76
4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1. CONCLUSIONES	79
5.2. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Familias de diaclasas asociadas a pliegues. Blyth y de Freitas, 1984	6
Figura 2 Planos de esquistosidad en relación con los pliegues. Las flechas marcan el sentido del máximo acortamiento. Blyth y de Freitas, 1984.	
Figura 3 Dirección y buzamiento en un plano de discontinuidad.....	16
Figura 4 Medida y cálculo del RQD	17
Figura 5 Corrección de los espaciados de las discontinuidades	22
Figura 6 Correcciones de los valores para RQD	22
Figura 7 Correcciones de los valores de la Resistencia a la compresión Uniaxial	
Figura 8 Estimación del Índice Geológico de Resistencia (GSI)	25
Figura 9 Estimación del Índice Geológico de Resistencia (GSI)	26
Figura 10 Estimación del Índice GSI en base a descripciones geológicas....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11 Tipos de reservas.....	27
Figura 12 Modelamiento geológico	29
Figura 13 Dos interpretaciones distintas de un mismo yacimiento.....	29
Figura 14 La dilución en una veta	30
Figura 15 Tipos de dilución de una zona mineralizada. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 16 Dilución operativa de diseño	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17 Dilución operativa real.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18 Las variables que inducen la dilución del mineral. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 19 Imagen satelital con accesibilidad al área de estudio (Google Maps, 2023).	34
Figura 20 Vista panorámica de la Mina Nivel 2 Nueva Esperanza ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 21 Las fracturas determinadas en la Estacion GM- 01.....	42
Figura 22 Correcciones de la Resistencia a la Compresión Uniaxial	44
Figura 23 Correcciones del RQD	44
Figura 24 Correcciones de espaciamiento de las discontinuidades	45
Figura 25 Esfuerzo Mayor vs Esfuerzo Menor (Izquierda) y Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de Corte (derecha) de las areniscas del frente de avance de la Estación EG- 01.....	47
Figura 30 Análisis estructural mediante el software DIP de las discontinuidades de la Estación EG- 01.	48
Figura 31 Las fracturas determinadas en la Estacion GM- 2.....	49
Figura 28 Esfuerzo Mayor vs Esfuerzo Menor (Izquierda) y Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de Corte (derecha) de las areniscas del frente de avance de la Estación EG- 02.....	53
Figura 29 Análisis estructural mediante el software DIP de las discontinuidades de la Estación EG- 02	¡Error! Marcador no definido.
Figura 30 Fracturas determinadas en la Estacion GM- 03	55

	Pág.
Figura 31 Esfuerzo Mayor vs Esfuerzo Menor (Izquierda) y Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de Corte (derecha) de las areniscas del frente de avance de la Estación EG- 03.....	58
Figura 32 Análisis estructural mediante el software DIP de las discontinuidades de la Estación EG- 03	60
Figura 33 Fracturas determinadas en la Estación GM- 04	61
Figura 34 Esfuerzo Mayor vs Esfuerzo Menor (Izquierda) y Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de Corte (derecha) de las areniscas del frente de avance de la Estación EG- 04.....	65
Figura 35 Análisis estructural mediante el software DIP de las discontinuidades de la Estación EG- 04	66
Figura 36 Aumento de la dilución vs Aumento de tonelaje de desmonte	74
Figura 37 Aumento del factor de dilución vs Aumento de tonelaje de desmonte .	74
Figura 38 Factor de dilución vs porcentaje de dilución.....	75
Figura 39 Se muestra que el tonelaje del mineral se mantiene constante	76
Figura 40 Block diagrama en donde se representa las partes de la galería de la Mina Esperanza Novel 2 y la dilución geomecánica.	78

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Valores de RQD	8
Tabla 2 Valores de índice de diaclasado.....	8
Tabla 3 Valores de índice de rugosidad	9
Tabla 4 Valores de índice de rugosidad	9
Tabla 5 Valores de índice de rugosidad.....	Error! Marcador no definido.
Tabla 6 Valores de factor de reducción por agua en las diaclasas	11
Tabla 7 Valores del factor de reducción de tensiones.....	11
Tabla 8 Clasificación macizo rocoso según parámetro "Q"	12
Tabla 9 Clasificación rocosa con GSI.....	12
Tabla 10 Clasificación de Q de Barton según Lien y Lunde (1974).....	15
Tabla 11 Clasificación Geomecánica RQD	18
Tabla 12 Clasificación de la roca según RMR ₈₉	19
Tabla 13 Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de suelos y rocas a partir de índices de campo.	20
Tabla 14 Parámetros de clasificación para Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski 1989)	21
Tabla 15 Corrección por orientación de discontinuidades	23
Tabla 16 Orientación de las discontinuidades	23
Tabla 17 Calidad del macizo rocoso en relacion al Índice RMR.....	23
Tabla 18Tabla Factor de dilución para diferentes tipos de métodos de explotación	33
Tabla 19 Accesibilidad de la zona de estudio	35
Tabla 20 Tipo de investigación.....	38
Tabla 21 Cálculo de RMR de la Estación Geomecánica 1 (EG-01)	43
Tabla 22 Corrección por orientación de discontinuidades	45

	Pág.
Tabla 23 Resultados de los Métodos utilizados	45
Tabla 24 Parámetros para el cálculo del RMR en la estación EG- 02.....	50
Tabla 25 Corrección por orientación de discontinuidades	50
Tabla 26 Resultados de los Métodos utilizados	51
Tabla 27 Parámetros calculados para la determinación del RMR de la EG- 03...	56
Tabla 28 Corrección por orientación de discontinuidades	56
Tabla 29 Resultados de los Métodos utilizados	57
Tabla 30 Parámetros para el cálculo del RMR en la estación EG- 04.....	62
Tabla 31 Corrección por orientación de discontinuidades	63
Tabla 32 Resultados de los Métodos utilizados	63
Tabla 33 Clasificación Rocosa GSI	67
Tabla 34 Resultado de los métodos geomecánicos utilizados	68
Tabla 35 Leyes de Au y Ag proporcionados por la empresa	70
Tabla 36 Resultados de las leyes y espesores promedios.....	70
Tabla 37 Incremento del tonelaje de desmonte por dilución geomecánica	73
Tabla 38 Incremento del ancho diluido en 0.6 m e incremento del tonelaje del material	76

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

RQD	: Rock Quality Designation
RMR	: Rock Mass Rating
GSI	: Geological Strength Index
m.s.n.m	: Metros sobre el nivel de mar
m	: Metros
Km	: kilómetros
h	: Hora
GPS	: Global Positioning System
EG	: Estación Geomecánica
MPA	: Mega Pascales
MN/m ³	: Mega Newton sobre metros cúbicos
TM	: Toneladas métricas
Ag	: Plata
Au	: Oro
TM/ m ³	: Toneladas sobre metros cúbicos
ELOS	: Equivalent linear overbreak/slough

N	: Norte
S	: Sur
E	: Este
W	: Oeste
SE	: Sur- este
SW	: Sur- oeste
AME	: Ancho mínimo de explotación
%Dil	: Porcentaje de dilución
Jn	: Índice de diaclasas
Jr	: Índice de rugosidad
Ja	: Índice que indica alteración de discontinuidades
Jw	: Coeficiente reductor por la presencia de agua

RESUMEN

La localidad de Algamarca está ubicada al SE de la ciudad de Cajamarca. Tiene afloramientos de rocas areniscas del Cretácico inferior. Las rocas de la Formación Chimú se encuentran formando el núcleo del anticlinal Algamarca que se formó como consecuencia de fuerzas comprensivas de dirección NE-SE debido a la convergencia de las Placas Nazca y Continental. Este escenario tectónico produjo fallas y fracturas de dirección NO-SE (fallas inversas) y de dirección NE- SW (fallas normales). Las vetas poseen una dirección NE-SW. Se ha desarrollado el análisis de la calidad del macizo rocoso al utilizar los parámetros de Q, RMR, RQD y GSI, del Nivel II de la Concesión Minera Nueva Esperanza, además se analizó la influencia de las fallas y fracturas en la calidad del macizo rocoso en el proceso de la explotación. Dentro de los objetivos están: determinar la caracterización geomecánica del macizo rocoso y su influencia en la dilución del mineral y en el cálculo de reservas en la explotación de las vetas, realizar el análisis de la calidad del macizo rocoso utilizando los parámetros de Q, RMR, RQD y GSI, determinar la influencia de las fallas y fracturas en la calidad del macizo rocoso en el proceso de explotación minera. Las vetas son angostas de 1.20m en promedio, poseen un rumbo de NE- SO (relleno de fracturas de distensión) para su explotación se aplica una dilución de 0.30m. Estas vetas contienen minerales explotables de Au y Ag con leyes promedios diluidos de 11.86 gr/TM y 68.13 gr/TM respectivamente. La caracterización del macizo rocoso en el frente de avance arroja un valor del RMR de 55 que se clasifican como roca regular (Tipo III). Los esfuerzos compresivos que originaron el anticlinal Algamarca afectaron a las rocas cajas de las vetas por lo que se presentan muy fracturadas por tal motivo genera una dilución a veces de 0.60 y 0.90 m, incrementándose el tonelaje de los desmontes por lo que se incrementan los costos de producción y empobreciendo las leyes de Au y Ag.

Palabras claves: cálculo de reservas, dilución, frente de avance, caracterización geomecánica

ABSTRACT

The town of Algamarca is located SE of the city of Cajamarca. It has outcrops of sandstone rocks from the Lower Cretaceous. The rocks of the Chimú Formation form the core of the Algamarca anticline that was formed as a consequence of compressive forces in a NE-SE direction due to the convergence of the Nazca and Continental Plates. This tectonic scenario produced faults and fractures in the NW-SE direction (reverse faults) and in the NE-SW direction (normal faults). The veins have a NE-SW direction. The analysis of the quality of the rock mass has been developed by using the parameters of Q, RMR, RQD and GSI, from Level II of the Nueva Esperanza Mining Concession, and the influence of faults and fractures on the quality of the rock mass was also analyzed. In the exploitation process. Among the objectives are: determine the geomechanical characterization of the rock mass and its influence on the dilution of the mineral and the calculation of reserves in the exploitation of the veins, perform the analysis of the quality of the rock mass using the parameters of Q, RMR, RQD and GSI, determine the influence of faults and fractures on the quality of the rock mass in the mining exploitation process. The veins are narrow, measuring 1.20m on average, and have a NE-SW direction (filling of extension fractures). For exploitation, a dilution of 0.30m is applied. These veins contain exploitable Au and Ag minerals with average diluted grades of 11.86 gr/MT and 68.13 gr/MT respectively. The characterization of the rock mass at the advancing front yields an RMR value of 55, which is classified as regular rock (Type III). The compressive stresses that caused the Algamarca anticline affected the rocks of the veins, making them very fractured. For this reason, it generates a dilution of sometimes 0.60 and 0.90 m, increasing the tonnage of the clearings, which increases costs of production and impoverishes the grades of Au and Ag.

Keywords: reserve calculation, dilution, advance front, geomechanical characterization

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la industria minera la aplicación de la Geomecánica es de suma importancia pues permite analizar la calidad del macizo rocoso, además es una herramienta de mucha utilidad que permite entre otras cosas, el modelamiento de las labores mineras, define el cálculo de los recursos y las reservas de minerales.

La mina subterránea Nueva Esperanza Nivel II está ubicada en la provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, dentro de la zona mineralizada de Algamarca. Aquí existe una serie de vetas con minerales de alto valor económico. Dentro de esta zona mineralizada se ubica el Anticlinal de Algamarca en cuyo núcleo está la Formación Chimú. Esta estructura está afectada por las fallas: Algamarca (que se orienta en forma paralela al eje del Anticlinal, Falla Santo Cristo y La Cruz (transversal) y Falla Los Alisos oblicua al eje del anticlinal. Estas tres fallas han controlado el emplazamiento del stock de Caupur, Santa Cruz y La Cruz respectivamente de edad cenozoica.

Estudios diversos indican que el intrusivo Caupur es el causante de la mineralización las que se formaron en fallas dextrales y sinextrales originadas por fuerzas de compresión perpendiculares al eje del anticlinal Algamarca originándose fracturas de tensión las cuales fueron rellenados con minerales económicos, estas últimas perpendiculares al eje del anticlinal. La mineralización ocurre en una franja de 250 km de ancho, formando un zoneamiento a manera de un arco concordante al Anticlinal de Algamarca.

El macizo rocoso donde se emplazan las vetas de la Concesión Minera Nueva Esperanza, Nivel II de Algamarca está intensamente fracturada debido a la presencia de las fallas, antes mencionadas, afectando directamente a la calidad del macizo rocoso y generando además que el mineral arrancado se mezcle con material estéril proveniente de la roca caja fracturada generándose una gran dilución influenciando seriamente en el cálculo de reservas y además de pérdidas económicas.

Para ello nos formularnos la siguiente pregunta ¿Cuál es el resultado de la Caracterización Geomecánica del Macizo Rocoso y su influencia en el cálculo de Reservas en la explotación de las vetas del Nivel II de la Concesión Nueva Esperanza?

Obteniendo la siguiente hipótesis, que con la determinación de la caracterización geomecánica del macizo rocoso se podrá elaborar mapas geomecánicos los cuales serán de mucha utilidad en la realización del cálculo de reservas de minerales en las vetas del Nivel II; por lo que en este estudio se plantea determinar la Caracterización Geomecánica del Macizo Rocoso y su influencia en la dilución del mineral y en el cálculo de Reservas en la explotación de las vetas del Nivel II, realizar el análisis de la calidad del macizo rocoso utilizando los parámetros de RMR, RQD y GSI, además, determinar la influencia de las fallas y fracturas en la calidad del macizo rocoso en el proceso de explotación minera del Nivel II de la Concesión Minera Nueva Esperanza.

La Investigación se justifica porque con la realización de la caracterización geomecánica del macizo rocoso se podrá determinar zonas con intenso fracturamiento y de esta manera evitar el proceso de dilución y consiguientemente evitar pérdidas económicas y que puedan afectar al resultado de los cálculos de reservas de minerales. Además, proporcionará mayor conocimiento acerca de la relación de la calidad del macizo rocoso y su influencia en el cálculo de reservas.

Descripción del contenido de los capítulos; el Capítulo I comprende la introducción y el desarrollo; el Capítulo II corresponde al marco teórico, antecedentes internacionales, nacionales y locales, bases teóricas que serán de apoyo para la investigación; el Capítulo III corresponde a materiales y métodos, el contexto de la investigación, los procedimientos, la metodología, identificación de variables, técnicas, instrumentos y equipos; el capítulo IV corresponde al análisis y discusión de resultados; y el capítulo V, corresponde a las conclusiones y recomendaciones donde dichas conclusiones son el resultado de los objetivos planteados y las recomendaciones consistentes en sugerencias que complementen la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS.

2.1.1. En el ámbito Internacional

Parra, (2016), en su trabajo de tesis denominado Planificación de la Minería A Cielo Abierto Utilizando Fundamentos Geomecánicos, llegó a las siguientes conclusiones: 1). Considerar distintos criterios de aceptabilidad para la determinación de los ángulos de talud en un rajo, tiene como consecuencia un impacto en todo el proceso de planificación minera lo que finalmente trae efectos en el valor final de un proyecto, tanto en términos de reservas mineras como en su valorización económica. 2). El criterio más apropiado para la determinación de la resistencia de un macizo rocoso de un talud perteneciente a una mina a cielo abierto es el criterio de Hoek Brown para un macizo rocoso perturbado ($D=1$). Esta afirmación está sustentada en que al realizar un análisis de equilibrio límite usando dicho criterio, asumiendo un FS de 1.3 y un ángulo de talud de 52.1° , se obtuvieron alturas de talud razonables en comparación a las alturas de talud obtenidas con el criterio de Hoek Brown para un macizo rocoso no perturbado ($D=0$) y el criterio de Call Nicholas.

2.1.2. En el ámbito nacional

Maquera (2018), en su tesis titulada Aplicación de la Geomecánica para el control de Dilución en la Implementación de la Explotación por Cámaras y Pilares en la Unidad Minera Cori Puno S.A.C. Untaca. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas. El tesista llega a las siguientes conclusiones:

1. Por las características geológicas y geomecánicas especiales del sector Pomarani de la Mina Untuca Cori Puno SAC, sujeto a su origen a una intensa acción de esfuerzos de carácter mecánico que presenta una alta brechificación; que difiere claramente de las zonas de manto y presenta una mineralización también en brecha que ajustada al método de explotación por cámaras y pilares presenta inestabilidad en el techo y las paredes especialmente de las cámaras, lo que conduce inevitablemente a la dilución no planificada por el método de explotación elegida, al realizar la evaluación geomecánica mediante el uso del método

ELOS(m), que acondiciona el cociente entre el volumen de la labor y el área de las paredes de la cámara y para capas con un espesor ELOS (m) menores de 0.5 (m) comprende la perturbación por efecto de la voladura y al haber realizado la evaluación “in situ” a través de la esterogrametría corresponde a un 81.64 % de las labores y la zona ad yacente inmediata a esta zona cuyo espesor corresponde de 0.5(m) a 1.0 (m) que se considera como zona potencial de dilución moderada producida en la mina por el deslizamiento de la blocosidad del macizo rocoso por efecto de la acción de su propio peso especialmente en el techo de las cámaras y esta se produce en un 18.36% de la labores.

2. Las labores de explotación por el método de cámaras y pilares, tiene una carga promedio de macizo rocoso de 160 m. con estructuras mineralizadas con una inclinación de 10° hacia el SW, ajustado a los estándares planificados. En las zonas brechadas presenta una dilución de hasta el 20% en un 77.5% de las labores y esta corresponde a una dilución planificada como consecuencia del método de explotación, sin embargo para dilución mayores del 20% hasta un máximo del 30% se da en un 22.5% de las cámaras, existiendo una diferencia neta del 10% y que corresponde de acuerdo a lo determinado en el trabajo a una dilución no planificada y que se debe manejar o controlar en base a un ajuste de las operaciones unitarias de perforación y voladura en los frentes de las cámaras.

Soto (2016). Diseño de sostenimiento en el túnel Wayrasencca – Ollachea, Puno, Perú. Concluye que las características estructurales y geológicas analizadas mediante las clasificaciones geomecánicas de RMR Y Q, determinaron el tipo de sostenimiento a utilizar en los tramos de Roca según las recomendaciones de Bieniawski y Barton.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Caracterización Geomecánica

La caracterización geomecánica tiene como objetivo proporcionar una evaluación geomecánica del macizo rocoso que se estudia a partir de ensayos simples y de observaciones en campo.

2.2.2. Macizo Rocosó

El macizo rocoso se presenta en la naturaleza afectado por una serie de planos de discontinuidad o debilidad que separan bloques de matriz rocosa, formando los macizos rocosos. Para el estudio del comportamiento mecánico del macizo rocoso se deben tener en cuenta las propiedades tanto de la matriz como de las discontinuidades. Es un medio discontinuo, anisótropo y heterogéneo conformado en conjunto tanto por bloques de matriz rocosa y distintos tipos de discontinuidades que afectan al medio rocoso, mecánicamente los macizos rocosos pueden considerarse que presentan resistencia a la tracción nula. El conjunto de discontinuidades y bloques de matriz gobiernan el comportamiento mecánico global del macizo rocoso, es así, que para el estudio del comportamiento mecánico del macizo rocoso se debe analizar las propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades. (González de Vallejo et al., 2002).

2.2.3. Matriz Geomecánica para la toma de datos de los parámetros geomecánicos

Su importancia es evaluar la parte geomecánica a través de la matriz geomecánica donde se puede obtener datos del macizo rocoso y determinar su clasificación geomecánica en cada estación.

2.2.4. Discontinuidades del macizo rocoso

Según González de Vallejo, et al (2002). Las discontinuidades son cualquier plano de separación en el macizo rocoso, estas superficies o planos de discontinuidad de los macizos rocosos condicionan sus propiedades y comportamiento resistente, deformacional e hidráulico. Las discontinuidades le dan in carácter anisótropo a los macizos haciéndolos más deformables y débiles, lo que representa una gran dificultad al evaluar el comportamiento mecánico de los mismos. Las discontinuidades representan planos de alteración, meteorización y fractura, además de que permiten el flujo de agua.

2.1.4.1 Tipos de discontinuidades

a. Diaclasas o juntas

Son los planos de discontinuidad más frecuentes en los macizos rocosos y corresponden a superficies de fracturación o rotura de la roca sin desplazamiento o este haya sido muy pequeño. Dependiendo de su origen se distinguen varios tipos de diaclasas. Las discontinuidades pueden ser superficies de estratificación, juntas, fallas, las que cambian la continuidad de las propiedades mecánicas de los bloques rocosos, lo que confiere al macizo rocoso un comportamiento geomecánico discontinuo. Es la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, lo que causa variaciones en las propiedades mecánicas de los macizos rocosos. (González de Vallejo et al., 2002).

Las diaclasas pueden ser:

- **Diaclasas de origen tectónico**

Estas se encuentran asociadas a plegamientos y fallas, en el primer caso presentan una disposición característica como se observa en la figura y las diaclasas asociadas a fallas se encuentran dispuestas paralelamente a la superficie de falla y su frecuencia disminuye a medida que nos alejamos de la misma.

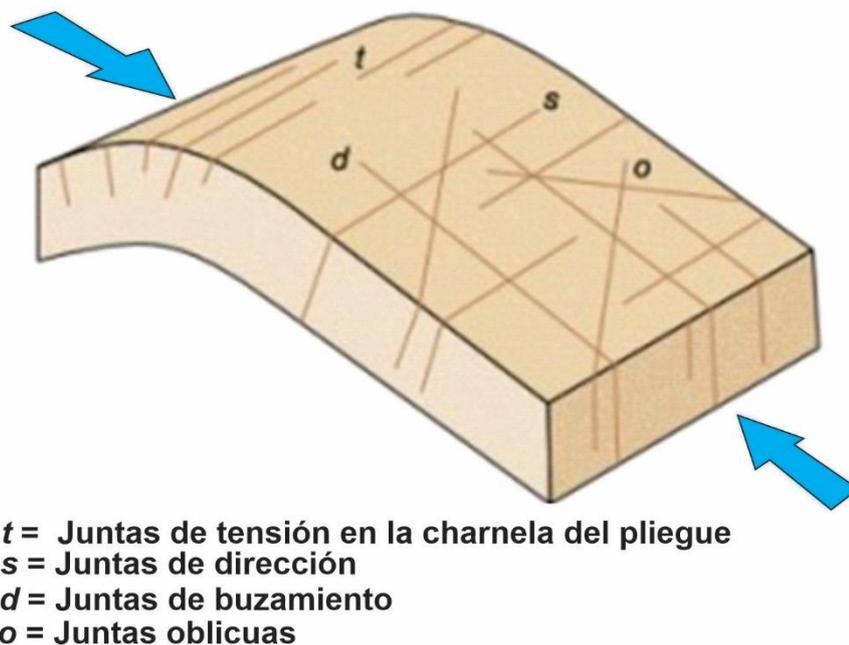


Figura 1 Familias de diaclasas asociadas a pliegues. Blyth y de Freitas, 1984
Fuente: González de Vallejo (2002).

- **Diaclasas de relajación**

Se producen debido a la reducción de la carga litostática, su disposición es paralela a la superficie topográfica y disminuyen a medida que aumenta la profundidad.

- b. Fallas**

Son discontinuidades que corresponden a planos de rotura o fracturación con desplazamiento relativo entre los bloques. La extensión de las fallas puede variar desde pocos metros hasta centenares de kilómetros, se asocian con zonas de debilidad conocidas como zonas de falla o brechas, en las que en varias ocasiones no se puede distinguir un plano de rotura neto.

- c. Planos de estratificación**

Son superficies que limitan los estratos en los que se disponen las rocas sedimentarias, son discontinuidades sistemáticas con una continuidad elevada y con un espaciado que oscila entre unos pocos centímetros y varios metros.

- d. Planos de esquistosidad**

Estas discontinuidades son de origen tectónico y aparecen dispuestas perpendicularmente a la dirección compresiva en rocas que han sufrido deformación importante.

- e. Superficies de laminación**

Son discontinuidades sistemáticas que se presentan en las rocas sedimentarias y corresponden a planos que limitan las láminas de una secuencia sedimentaria, su espaciado es reducido que varía entre milímetros a centímetros.

- f. Superficies de contacto litológico**

Son planos singulares de separación entre diferentes litologías de un macizo rocoso.

2.2.2. Q de Barton

Constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite establecer sistemas de sostenimientos para galerías. El sistema Q está basado en la evaluación numérica de seis parámetros que definen el índice Q. Este índice viene dado por la siguiente expresión.

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

Donde:

RQD= Índice de calidad de la roca,

Jn: Número de sistemas de fisuras

Jr= Rugosidad de las fisuras

Ja= Alteración de las fisuras

Jw= Factor de reducción por agua en las fisuras

SRF= Factor de reducción por esfuerzos (SRF).

En este método se toman en consideración tres factores:

RQD/Jn=Tamaño de los Bloques

Jr/Ja= Resistencia al corte entre bloques

Jw/SRF= Esfuerzos activos

Donde el resultado se puede interpretar acorde a la siguiente tabla:

Tabla 1 Valores de RQD

1 Índice de calidad tunelera de la roca	RQD (%)
A. Muy mala	0- 25
B. Mala	25- 50
C. Regular	50- 75
D. Buena	75- 90
E. Muy buena	90- 100

Fuente: Barton y Grimstad (1994)

Tabla 2 Valores de índice de diaclasado

2 Número de familias de diaclasas	Jn
A. Masivo sin o con pocas diaclasas	0.5- 1.0
B. Una familia de diaclasas	2
C. Una familia de diaclasas+ una aislada	3
D. Dos familias de diaclasas	4
E. Dos familias de diaclasas+ una aislada	6
F. Tres familias de diaclasas	8
G. Tres familias de diaclasas+ una aislada	12
H. Cuatro familias de diaclasas	16
I. Roca triturada	20

Fuente: Barton y Grimstad (1994)

Tabla 3 Valores de índice de rugosidad

4 Número de rugosidad de las diaclasas	Jr
a. Contacto en las paredes	
b. Contacto en las paredes antes del cizalleo de 10 cm	
d. Diaclasas sin continuidad	2
e. Rugosas o irregulares, onduladas	3
f. Relleno de falla o sup. de fricción ondulada	4
d. Dos familias de diaclasas+ una aislada	6
f. Tres familias de diaclasas	8
g. Tres familias de diaclasas+ una aislada	12
h. Cuatro familias de diaclasas	16
i. Roca triturada	20

Fuente: Barton y Grimstad (1994)

Tabla 4 Valores de índice de rugosidad

3 Número de rugosidad de las diaclasas	Jr
a). Contacto en las paredes	
b). Contacto en las paredes antes del cizalleo de 10 cm	
a. Diaclasas sin continuidad	4
b. Rugosas o irregulares, onduladas	3
c. Ondulación suave	2
d. Reliz de falla o superficie de fricción ondulada	1.6
f. Lisas y planas	1.5
g. Reliz de falla o superficie de fricción plana	1.0
c) Sin contacto de roca después del cizalleo	
h. Zona que contiene minerales arcillosos de espesor suficiente para impedir el contacto de paredes	1.0
i. Zonas arenosas de grava o de roca triturada de espesor suficiente para impedir el contacto de paredes	1.0

Fuente: Barton y Grimstad (1994)

Tabla 5 Valores de índice de rugosidad

5 Número de alteración de las diaclasas	Ja	Ángulo de fricción
a). Contacto en las paredes de la roca		
a. Relleno soldado, duro inablanable, relleno impermeable	0.75	-
b. Paredes inalteradas solo con manchas e superficie	1.0	25- 30°
c. Paredes ligeramente alteradas con recubrimiento de minerales inablandables, partículas arenosas, roca triturada sin arcilla ondulada	2.0	25- 30°
d. Recubrimiento limoso o areno arcilloso, pequeñas partículas de arcilla (inablandable)	3.0	25- 30°
e. Recubrimiento ablandable o con arcilla de baja fricción ó sea caolinita o mica, clorita, talco, yeso, grafito etc. y pequeñas cantidades de arcillas expansivas (recubrimiento sin continuidad de 1-2 mm de espesor o menos)	4.0	8- 16°
b) Contacto en las paredes antes de un cizalleo de 10 cm		
f. Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas	4.0	25- 30°
g. Relleno de minerales arcillosos muy consolidados e inablandables (continuos <5mm de espesor)	6.0	16- 24°
h. Relleno de minerales arcillosos de consolidación media o baja ablandables (continuos <5mm de espesor)	8.0	8- 16°
i. Relleno de arcillas expansivas, montmorillonita (continuos <5mm de espesor). El valor ja depende del porcentaje de partículas expansivas y del acceso del agua	8.0- 12.0	8- 12°
c) Sin contacto de las paredes después del cizalleo		
j. Zona de capa o arcilla desintegrada triturada (véase g, h, i para condiciones de arcilla)	6.0	8- 24°
k. Zona de capa o arcilla desintegrada o triturada (véase g, h, i para condiciones de arcilla)	8.0	
l. Zona de capa de arcilla desintegrada o triturada (véase g, h, i para condiciones de arcillas)	8.0- 12.0	
m. Zona de capa o arcilla limosa o arenosa, pequeñas fracciones de arcilla inablandables	5.0	6- 24°

Fuente: Barton y Grimstad (1994)

Tabla 6 Valores de factor de reducción por agua en las diaclasas

6 Factor de Reducción por agua en las diaclasas	Jw	Presión Kgf/cm2
a. Excavación seca o poca infiltración o sea <5 lit/min localmente	1.0	<1.0
b. Infiltración o presión mediana con lavado ocasional de los rellenos	0.66	1.0- 2.5
c. Gran infiltración o presión alta en roca competente con diaclasas sin relleno	0.50	2.5- 10.0
d. Gran infiltración a presión alta, lavado importante de los rellenos.	0.33	2.5- 10.0
e. Infiltración o presión excepcionalmente alta con las voladuras, disminuyendo con el tiempo.	0.2- 0.1	>10
f. Infiltración o presión excepcionalmente alta en todo momento.	0.1- 0.05	> 10

Fuente: Barton y Grimstad (1994)

Tabla 7 Valores del factor de reducción de tensiones

7 Factor de reducción de tensiones	SRF		
A. Zonas de debilidad que interceptan la excavación y que pueden ser la causa de que el macizo se desestabilice cuando se construye la galería.			
a. Múltiples zonas de debilidad que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada, roca circundante muy suelta (cualquier profundidad)	10.0		
b. Zonas de debilidad aisladas que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada (profundidad de excavación <50m)	5.0		
c. Zonas de debilidad aisladas que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada (profundidad de excavación >50m)	2.5		
d.	7.5		
e. Zonas de fracturas aisladas en roca competente sin arcilla, profundidad de excavación <50m)	5.0		
f. Zonas de fracturas aisladas en roca competente sin arcilla, profundidad de excavación >50m	2.5		
g. Diaclasas abiertas sueltas, diaclasado intenso, cualquier profundidad.	5.0		
	σ_c/σ_1	σ_1/σ_1	SRF
B. Rocas competentes, problemas de tensiones			
h. Tensiones bajas cerca de la superficie	200	13	2.5
i. Tensiones de nivel medio	200-10	13-0.66	1.0
j. Elevado nivel de tensiones, estructura muy cerrada generalmente favorable para la estabilidad, puede ser desfavorable para la estabilidad de las paredes	10- 5	0.66-0.33	0.5- 2
k. Planchoneo moderado despues de una hora en roca masiva.	5- 3	0.5- 0.65	5.50
l. Planchoneo y explosión de roca en pocos minutos sin roca masiva	3-2	0.65-1	50- 200
m. Intensa explosión de roca e inmediatamente deformación dinámica en roca masiva	2	1	200-400

C.	Roca fluyente, flujo plástico de roca incompetente, bajo la influencia de presiones altas de la roca			
n.	Presiones compresivas moderadas			5- 10
o.	Presiones compresivas altas			10- 20
D.	Roca expansiva, acción química, expansiva dependiendo de la presencia de agua			
p.	Presiones expansivas moderadas			5- 10
q.	Presiones expansivas altas			10- 20

Tabla 8 Clasificación macizo rocoso según parámetro "Q"

8	Descripción del macizo rocoso	Q	ΔQ
	Excepcionalmente malo	0.001 – 0.01	± 0.0005
	Extremadamente malo	0.01 – 0.1	± 0.005
	Muy malo	0.1 - 1	± 0.01
	Malo	1 - 4	± 0.3
	Regular	4 -10	± 1.5
	Bueno	10 - 40	± 3
	Muy bueno	40 - 100	± 8
	Extremadamente bueno	100 - 400	± 40
	Excepcionalmente bueno	400 - 1000	± 100

Tabla 9 Clasificación rocosa con GSI

Calidad del macizo rocoso	Clase	Valor de GSI
Muy mala	V	0- 20
Mala	VI	21- 40
Regular	III	41- 60
Buena	II	61- 80
Excelente	I	81- 100

Fuente: Hoek et al., (2002).

Los seis parámetros son:

R.Q.D: Índice de calidad de la roca.

Jn: Índice de diaclasado que indica el grado de fracturación.

Jr: Índice de que contempla la rugosidad, relleno y continuidad de las discontinuidades.

Ja: Índice de alteración de las discontinuidades.

Jw: Coeficiente reductor por la presencia de Agua.

SRF: (Stress reduction factor) Coeficiente que tiene en cuenta la influencia del estado tensional sobre el macizo rocoso

Para la clasificación de Q de Barton se necesitará insertar el valor correspondiente al número de familias de acuerdo a la tabla:

El rango de Variación de los parámetros es el siguiente:

RQD va desde 0 y 100, Jn entre 0,5 y 20, Jr 0,5 y 4, Ja entre 0,75 y 20, Jw: entre 0,05 y 1, y finalment el SRF entre 0,5 y 20.

Al explicar el significado de los parámetros utilizados para determinar el valor de Q, Barton (1974) las siguientes observaciones:

Tamaño de bloque (RQD / Jn),

representa la estructura de la masa de roca, es una medida bruta del bloque o tamaño de partícula.

Alteración (Ja)

Para la evaluación del grado de alteración del macizo rocoso se utilizará las clasificaciones de RMR y Q de Barton (Ja), se considerará valor mínimo y máximo como se puede observar en la siguiente tabla:

Rugosidad (Jr)

Varia desde muy rugoso a espejo de falla. Se considera la siguiente tabla para su valor mínimo y máximo, se tomará los datos de acuerdo a la clasificación de RMR y de Q de Barton

Jw:

Es un coeficiente asociado a la condición de aguas en las estructuras presentes en el macizo rocoso

Joint Water Reduction

Factor que puede variar de 0.05 flujo notorio de aguas, permanente o que no decae en el tiempo y a 1, estructuras secas o con flujos mínimos de agua.

SRF: "Stress Reduction Factor"

es un coeficiente asociado al posible efecto de la condición de esfuerzos en el macizo rocoso, que puede variar de 0.05 concentraciones importantes de esfuerzos en roca competente y a 400 potencial ocurrencia de estallidos de roca. Los tres factores de la expresión representan:

RQD/J_2 = Tamaño de bloques

J_r/J_a = La resistencia al golpe entre bloques

J_w/SRF = La influencia del estado tensional (Agua)

Resistencia al corte interbloque (J_r / J_a),

representa las características de rugosidad y fricción de las paredes de la junta o materiales de relleno. Este cociente se pondera a favor de las juntas rugosas, sin alterar en contacto directo. Es de esperar que este tipo de superficies estará cerca de pico de fuerza, que se dilatan fuertemente cuando es quilada, y por lo tanto van a ser especialmente favorables para la estabilidad de la galería. Cuando las articulaciones de roca tienen recubrimientos finos de mineral de arcilla y relleno, la fuerza se reduce significativamente. Sin embargo, el contacto de la pared de la roca después de haberse producido pequeños desplazamientos de corte puede ser un factor muy importante para la preservación de la excavación del fracaso final.

Tensión activa (J_w / SRF)

consta de dos parámetros de estrés. SRF es una medida de: 1) Soltando la carga en el caso de una excavación a través de zonas de cizalla y el rockrodamiento arcilla. 2) La tensión de roca en roca competente. 3) Apretar cargas en plástico rocas incompetentes. Se puede considerar como un parámetro total de estrés. El parámetro J_w es una medida de la presión del agua, que tiene un efecto adverso sobre la resistencia al corte de las articulaciones debido a una reducción en la tensión normal efectiva. El agua puede, además, ablandar y posible lavado en el caso de las articulaciones de barro llenas. Ha resultado imposible combinar estos dos parámetros en términos de inter - bloque de tensión efectiva, porque, paradójicamente, un valor alto de tensión normal efectiva a veces puede significar condiciones menos estables que un valor bajo, a pesar de la resistencia al corte superior. El cociente (J_w / SRF) es un complicado factor empírico que describe el

"estrés activo". Parece que la calidad de la galería, roca Q ahora puede ser considerada como una función de sólo tres parámetros son:

1. Tamaño de bloque (RQD / Jn)
2. Resistencia al corte Inter - bloque (Jr / Ja)
3. Estrés activa (Jw / SRF)

Los valores del índice de Q varían entre 0.001 y 1000 divididos en nueve parámetros de calidad de roca, donde el valor de 0,001 corresponde a una roca excepcionalmente mala y el valor de 1000 corresponde a una roca excepcionalmente buena.

Tabla 10 Clasificación de Q de Barton según Lien y Lunde (1974)

Valores de Q	Calidad
0.001-0.01	Roca excepcionalmente mala
0.01- 0.1	Roca extremadamente mala
0.1- 1	Roca muy mala
1- 4	Roca mala
4-10	Roca media
10-40	Roca buena
40- 100	Roca muy buena
100- 400	Roca extremadamente buena
400- 1000	Roca excepcionalmente buena

Fuente: González de Vallejo (2002)

2.1.4.2. Características de las discontinuidades

Las discontinuidades poseen los siguientes parámetros:

a. Orientación

La orientación está referida a la dirección y buzamiento de las discontinuidades; así como la identificación de las familias de discontinuidades, de las cuales su orientación media se determina a partir de valores representativos.

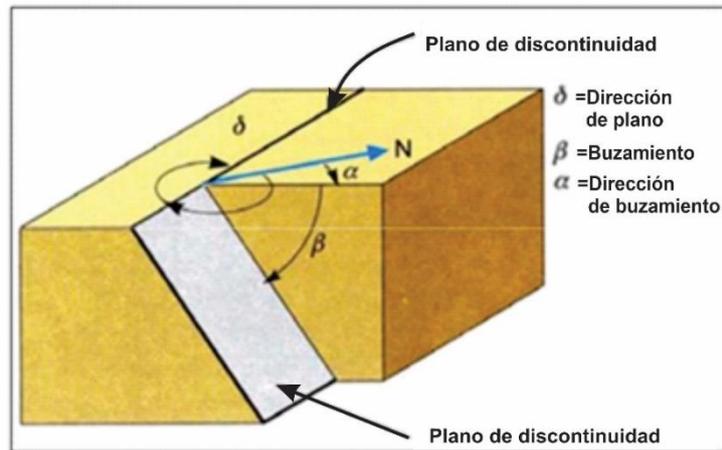


Figura 2 Dirección y buzamiento en un plano de discontinuidad.

Fuente: González de Vallejo (2002)

Espaciado: Distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, la medición de estas se realiza con una cinta métrica colocada de forma perpendicular a los planos a medir registrándose así la distancia entre las discontinuidades adyacentes.

Continuidad o Persistencia: Extensión o longitud superficial del plano de discontinuidad

Rugosidad: Irregularidades que se pueden observar a lo largo de la discontinuidad.

Abertura: Es la distancia medida sobre la perpendicular entre las paredes de la discontinuidad y su medida se realiza con una regla o cinta métrica que esté graduada en milímetros.

Relleno: Es el material de naturaleza diferente al de la roca que se encuentra entre las discontinuidades.

Filtraciones: El flujo de agua se da preferentemente a través de las discontinuidades (permeabilidad secundaria),

Resistencia a la compresión simple: Esta resistencia de las paredes de una discontinuidad depende del tipo de matriz rocosa, si hay relleno o no y el grado de alteración de las paredes, los cuales influyen en la resistencia al corte y la deformabilidad del plano de discontinuidad, especialmente si no tienen relleno.

Grado de alteración: Este grado de alteración es mayor en la superficie de las discontinuidades que en el macizo rocoso.

2.2.1. Rock Quality Designation (RQD).

El índice RQD (Rock Quality Designation) fue desarrollado en (1964-1967) por Deere. Establece la calidad del macizo rocoso in situ a partir del grado de fracturación, de manera cuantitativa. (González de Vallejo, Ferrer Gijon, Ortuño Abad, & Oteo Mazo, 2002) Relación porcentual de la sumatoria de los testigos carentes de discontinuidades naturales de longitud superior o igual a 10 cm respecto a la longitud total del sondeo, como se indica en la siguiente formula:

$$RQD = \frac{\sum \text{Longitud de trozos de testigos} \geq 10 \text{ cm}}{\text{longitud total del sondeo}} * 100$$

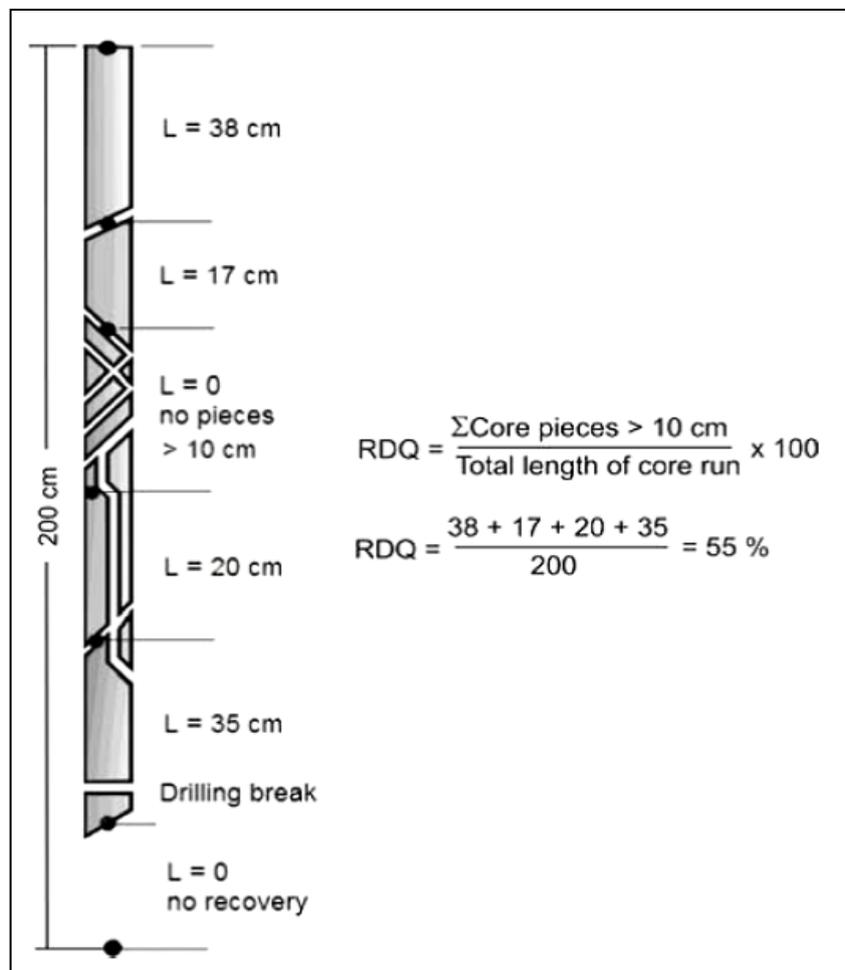


Figura 3 Medida y cálculo del RQD

Fuente: Practical Rock Engineering, Hoek (2007)

Teniendo en cuenta los valores del RQD, los macizos rocosos pueden ser categorizados de la siguiente manera:

Tabla 11 Clasificación Geomecánica RQD

RQD (%)	Calidad de la roca
100-90	Muy buena
90-75	Buena
75-50	Mediana
50-25	Mala
25-0	Muy mala

Fuente: Deere (1967).

Asimismo, el índice RQD se puede determinar de manera indirecta cuando no se dispone de sondeos utilizando del índice volumétrico de juntas (J_v) ($J_v =$ Joint Volumétric number), bien sea porque se puedan visualizar las discontinuidades en un afloramiento en superficie o por la realización de calicatas o trincheras de reconocimiento (EADIC, 2021). Este método se utiliza después de realizar el levantamiento litológico- estructural (Detail line) en el área o zona predeterminada de la operación minera.

Donde: $J_v =$ número de fisuras por metro cúbico

De acuerdo a esto se puede obtener el RQD mediante la siguiente expresión matemática:

$$RQD = 115 - 3,3 * J_v(\%)$$

El índice RQD en afloramientos de los macizos rocosos también se puede realizar mediante la utilización de la siguiente expresión matemática:

$$RQD = 100E^{(0.1*\lambda)} * (0.1 * \lambda + 1)$$

Donde: $\lambda = \frac{N^\circ \text{ discontinuidades}}{\text{longitud total del macizo rocoso}}$

En la actualidad, el índice RQD se utiliza como parámetro estándar en el registro de testigos de perforación y es un elemento básico de los principales sistemas de clasificación de masa: el sistema de clasificación geomecánica de Bienawiski (RMR) y el sistema Q Barton. (SGS, 2021).

2.2.2. Clasificación de la masa rocosa Rock Mass Rating (RMR)

Fue desarrollado por Bieniawski durante 1972 y 1973. Fue modificado años más tarde de acuerdo con los casos históricos que llegaron a estar disponibles y conforme a los estándares y procedimientos internacionales. Según González de Vallejo (2004), el RMR es una clasificación geomecánica de los macizos rocosos desarrollada por Bieniawski en 1973, con actualizaciones en 1979 y 1989. Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos:

Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.

Grado de fracturación en términos del RQD.

Espaciado de las discontinuidades.

Condiciones de las discontinuidades.

Condiciones hidrogeológicas.

Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación (galerías)

Tabla 12 Clasificación de la roca según RMR₈₉

RMR	Clase N°	Clasificación/ tipo
100- 81	I	Roca Muy Buena
80-61	II	Roca Buena
60-41	III	Roca Regular
40-21	IV	Roca Pobre
>20	V	Roca Muy Pobre

Fuente: Bieniawski (1973)

2.2.3. Resistencia uniaxial de la matriz rocosa

Se calcula contando el número de golpes propinados con picota de geólogo y compararlo a la tabla siguiente:

Resistencia Muy Alta: solo se astilla con varios golpes de la picota.

Resistencia Alta: se rompe con más de tres golpes de picota.

Resistencia Media: se rompe con uno a tres golpes de picota.

Resistencia Baja: se intenta superficialmente con la punta de la picota.

Resistencia muy baja: se intenta profundamente con la punta de la picota.

Tabla 13 Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de suelos y rocas a partir de índices de campo.

Clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (Mpa)
S1	Arcilla blanda	El puño penetra fácilmente varios cm	<0.025
S2	Arcilla débil	El dedo penetra fácilmente varios cm	0.025 - 0.05
S3	Arcilla firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo	0.05 - 0-1
S4	Arcilla rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo	0.1 - 0.025
S5	Arcilla muy rígida	Con cierta presión puede marcarse con la uña	0.25 - 0.5
S6	Arcilla dura	Se marca con dificultad al presionar con la uña	>0.5
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0.25 - 1.0
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	1.0 - 5.0
R2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5.0 - 25
R3	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25 - 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50 - 100
R5	Roca muy dura	Se requiere muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100 - 250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo solo saltan esquirlas.	> 250

Fuente: González de Vallejo (2002)

Condición de las discontinuidades, obedece a cinco parámetros que son: Longitud, abertura, rugosidad, relleno, alteración, condiciones hidrogeológicas.

Cada uno de estos parámetros recibe una puntuación que la suma total toma valores del 1 al 100 que se considera como el índice de calidad RMR (rock mass rating). Los cinco primeros parámetros se utilizan en superficie y el sexto se utiliza para correcciones en galerías.

En la siguiente figura se muestra los parámetros de clasificación RMR básico.

Tabla 14 Parámetros de clasificación para Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski 1989)

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de la carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple		
		Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		>2m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2 m	<0.06 m		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulado	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
Puntuación	6	5	3	1	0				
5	Agua freática	Caudal por 10 de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10 - 25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		

Fuente: Rivasplata, (2019)

2.2.4. Curvas de corrección

Gavilanes y Andrade proponen tres tablas de correcciones de espaciado de las discontinuidades, del RQD y valores a la resistencia de la compresión uniaxial, tal como se muestra en las siguientes figuras.

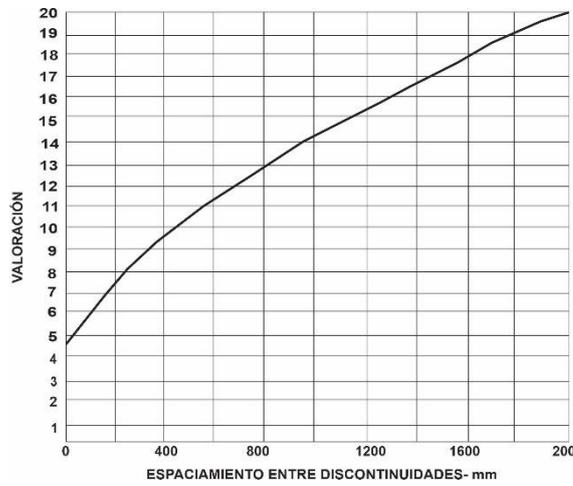


Figura 4 Corrección de los espaciados de las discontinuidades

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004)

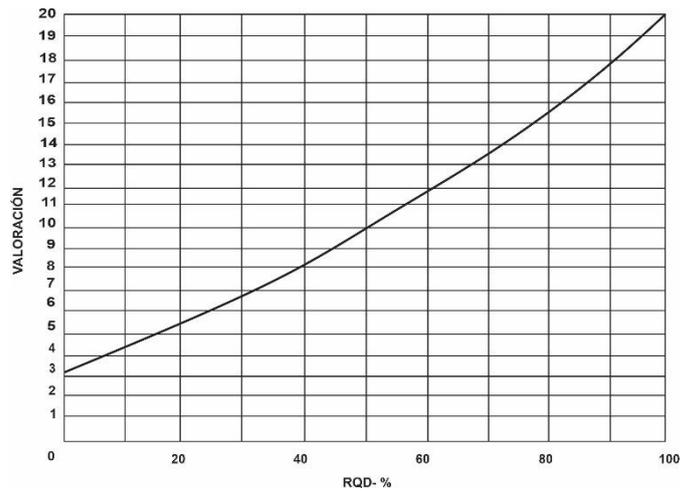


Figura 5 Correcciones de los valores para RQD

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004)

Tabla 15 Corrección por orientación de discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorable	favorable	Medias	Desfavorables	Muy desfavorable
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cementaciones	0	-2	-7	-15	-15
	Taludes	0	-5	-25	-50	5

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004)

Tabla 16 Orientación de las discontinuidades

Perpendicular al eje del galería				Excavación paralelo al eje del galería		Buz. 0 a 20° Cualquier dirección
Excavación con buz		Excavación contra buz				
Buz 45- 90°	Buz 20- 45°	Buz 45- 90°	Buz 20- 45°	Buz 45- 90°	Buz 20- 45°	Desfavorable
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	

Fuente: González de Vallejo (2002)

Tabla 17 Calidad del macizo rocoso en relacion al Índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesion	Ángulo de fricción
I	Muy Buena	81-100	> 4Kg/cm ²	> 45
II	Buena	61- 80	3-4 Kg/cm ²	35-45°
III	Regular	41- 60	2-4 Kg/cm ²	25-35°
IV	Mala	21- 40	1-2 Kg/cm ²	15-25°
V	Muy mala	< 20	< 1 Kg/cm ²	<15°

Fuente: González de Vallejo (2002)

2.2.4. Índice de Resistencia Geológica, Geological Strength Index (GSI)

Es un método de Clasificación geomecánica que se basa en la identificación y clasificación de dos características fundamentales para su cálculo, las cuales son la macroestructura y la condición de las superficies de las discontinuidades. Gavilanes y Andrade (2004). El valor de GSI se determina de acuerdo a dos parámetros geológicos que define principalmente la resistencia y deformabilidad de los macizos rocosos. El GSI estima la disminución de la resistencia que presenta

un macizo rocoso. (González de Vallejo, 2004). Fue desarrollado para subsanar los problemas detectados con el uso del índice RMR para evaluar la resistencia de macizos rocosos según el criterio generalizado de Hoek- Brown. La valoración del GSI también puede determinarse por medios de los valores del RMR y Q de Barton. Para un $RMR > 23$ el índice de resistencia geológica es

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

La evaluación del GSI, puede variar de 0 a 100, lo que permite definir 5 clases de macizos rocosos:

- Macizos de calidad Muy Mala (Clase V, $0 \leq GSI \leq 20$).
- Macizos de calidad Mala (Clase IV, $20 < GSI \leq 40$).
- Macizos de calidad Regular (Clase III, $40 < GSI \leq 60$).
- Macizos de calidad Buena (Clase II, $60 < GSI \leq 80$).
- Macizos de calidad Muy Buena (Clase I, $80 < GSI \leq 100$).

La valoración del GSI también puede determinarse por medio de los valores de RMR_{89} y Q de Barton;

Para un RMR_{89} Mayor 23, el índice de resistencia geológica es:

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

Para un $RMR_{89} < 23$, no se puede usar el valor de RMR para el cálculo de GSI, en su lugar se recurre a utilizar la valoración del Q de Barton donde los valores de J_w y SRF asuman una valoración de 1. El índice Q se calcula como:

$$Q = \frac{(RQD)}{J_n} * \frac{(J_r)}{j_a}$$

Por lo tanto el valor de Q se calcula como:

$$GSI = 9 \ln Q + 44$$

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICO GSI (Hoek & Marinos, 2000). A partir de la litología, estructura y la condición de superficie de las discontinuidades, se estima el valor promedio de GSI. No intente ser muy preciso. Escoger un rango de 33 a 37 es mas realista que fijar GSI=35. También notar que esta tabla no se aplica a mecanismos de falla controlado por estructuras. Donde se presenten planos estructuralmente débiles en una orientación desfavorable con respecto a la cara de la excavación, estos dominarán el comportamiento del macizo rocoso. La resistencia al corte de las superficies en rocas que son propensas a deteriorarse como resultado de cambios en la humedad, se reducirá cuando exista presencia de agua. Cuando se trabaje con rocas de categoría regular a muy mala, puede moverse hacia la derecha para condiciones húmedas. La presión de poros se maneja con un análisis de esfuerzos efectivos.		CONDICIONES SUPERFICIALES				
ESTRUCTURA		MUY BUENA Muy rugoso. Superficies frescas sin meteorización	BUENO Rugoso, ligeramente meteorizada, superficies con óxido.	REGULAR Lizas, moderadamente meteorizadas y superficies alteradas.	MALA Espejo de falla, altamente meteorizadas con recubrimiento compacto o rellenos o fragmentos	MUY MALA Espejo de falla, superficies altamente meteorizadas con recubrimiento de arcilla suave o rellenos
		DISMINUYE CALIDAD DE SUPERFICIE →				
	Intacta o Masivo: Especímenes de roca intacta o masivo in situ con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.	90			N/A	N/A
	Levemente fracturado: Macizo rocoso no disturbado, muy bien entrelazado, constituido por bloques cúbicos formados por tres familias de discontinuidades	80	70			
	Moderadamente Fracturado: Entrelazado, macizo rocoso parcialmente disturbado con bloques angulosos de varias caras formado por 4 o más familias de discontinuidades		60	50		
	Muy Fracturado/Disturbado/Agrietada: Foleada con bloques angulosos formados por la intersección de muchas familias de discontinuidades. Persistencia de planos de estratificación o esquistocidad			40	30	
	Desintegrado: Pobremente entrelazado, macizo altamente fracturado compuesto de una mezcla de pedazos de rocas angulosas y redondeadas				20	
	Foliado/Laminado/Cizallado: Falta de formación de bloques debido al pequeño espaciamiento o esquistocidad débil o planos de corte	N/A	N/A			10

Figura 6 Estimación del Índice Geológico de Resistencia (GSI)

Fuente: Hoek y Marinos, (2000)

DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LA CALIDAD GEOMECÁNICA DE LA MASA ROCOSAS SEGÚN GSI Y RMR (MODIFICADO)			CONDICIÓN SUPERFICIAL				
TIPO		RANGO RMR	CALIDAD				
II	II	61- 80	BUENA	BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) FRACTURAS RUGOSAS SE MUESTRAN INALTERADAS, CERRADAS. SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE LA PICOTA.	REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) FRACTURAS LISAS, LEVEMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. SE ROMPE CON MAS DE UN GOLPE DE PICOTA.	POBRE (MODERADAMENTE RESISTENTE Y ALTERADA) FRACTURAS LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, ABIERTAS (1 A 5 mm) CON RELLENO SUAVE. SE ROMPE CON UN GOLPE DE PICOTA.	MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA/ALTERADA) FRACTURAS PULIDAS, MUY ABIERTAS (MAYOR A 5 mm) CON RELLENOS DE DE ARCILLAS BLANDAS, SE INDENTA PROFUNDAMENTE CON GOLPES DE LA PICOTA.
III	III- A	51- 60	REGULAR A				
	III- B	41- 50	REGULAR B				
IV	IV- A	31- 40	MALA A				
	IV- B	21- 30	MALA B				
V	V	0- 20	MUY MALA				

CONDICIÓN ESTRUCTURAL	LEVEMENTE FRACTURADA TRES O MENOS SISTEMAS DE FRACTURAMIENTOS, MUY ESPACIADOS ÉNTRE SI . 2 A 5 FRACTURASA POR METRO CUADRADO	II LF	III- A LF	III- B LF	IV- A LF
	MODERADAMENTE FRACTURADA BLOQUES TRABADOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES DE 6 A 11 FRACTURAS POR METRO CUADRADO	II F	III- A F	III- B F	IV- A F
	MUY FRACTURADA BLOQUES PARCIALMENTE TRABADOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE FRACTURAMIENTOS. DE 12 A 20 FRACTURAS METRO CUADRADO	III- A MF	III- B MF	IV- A MF	IV- B MF
	TRITURADA BLOQUES LIGERAMENTE TRABADOS FRAGMENTOS ANGULOSOS Y REDONDEADOS FACILMENTE DISGREGABLES	—	—	IV- B T	V T

Figura 7 Estimación del Índice Geológico de Resistencia (GSI)

Fuente: Hoek y Marinos, Modificado (2023)

2.2.7. Reserva minera

Una reserva de mineral es la parte económicamente explotable de un recurso medido o indicado. Incluye los factores de dilución, tolerancias por pérdidas que pueden ocurrir cuando se explote (recuperación del yacimiento). Debe tomar en

cuenta factores mineros, metalúrgicos, económicos, de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales.

2.2.8. Cálculo de Reservas

Las reservas se clasifican en:

2.2.8.1. Reservas Inferidas

Es aquella porción del yacimiento mineral para la cual se puede estimar las reservas con un bajo nivel de certeza.

2.2.8.2. Reservas Inferidas

Es aquella porción del yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje y contenido metálico con un razonable nivel de confianza, sobre la base de información recogida en el campo y de muestreo proveniente de afloramientos, cateos, trincheras.

2.2.8.3. Reservas probadas

Son reservas estimadas sobre la base de cálculos efectuados con la misma información empleada para identificar los recursos indicados, se alcanza un alto nivel de confianza, porque los lugares de muestreo y estudio geológico se encuentran lo suficientemente próximos el uno del otro.

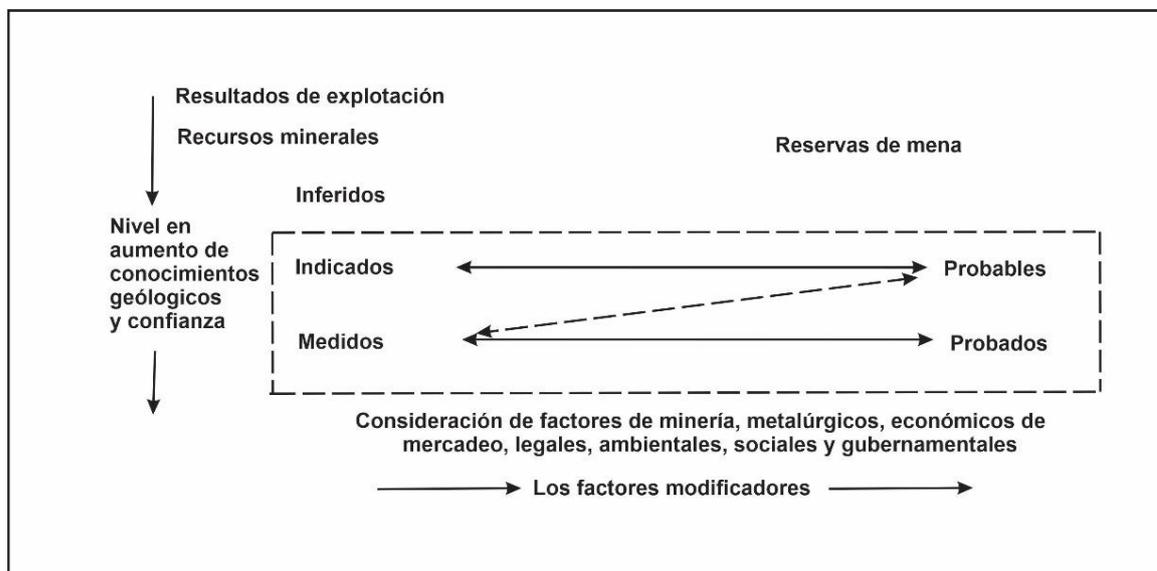


Figura 8 Tipos de reservas

Cálculo de reservas

El cálculo de reservas de minerales es un proceso que se inicia en el cateo y continua a través de toda la vida del yacimiento. Durante la vida de una mina, los

cálculos de reservas son revisados continuamente para apoyar en el desarrollo del planeamiento, en el análisis de eficiencias y costos, en el control de calidad y en mejorar los métodos de extracción y procesamiento. Para un buen estimado de reservas se requiere también para financiar un proyecto minero, en la compra o venta de una propiedad y para propósitos contables como depreciación y para cálculos de impuestos. También se usa en la determinación del valor de las acciones en la bolsa. Es importante recordar que la confiabilidad del estimado de reservas varía a través del tiempo en la medida que más y más información es disponible. El más bajo nivel de certeza es en el momento del descubrimiento del yacimiento y el más alto cuándo el depósito ha sido extraído (incluso así es posible que no todo se conozca).

A continuación se presentan algunas formulas aplicadas para el cálculo de reservas:

$$\text{Ley diluida} = \frac{\text{sumatoria (ancho de veta x ley de mineral)}}{\text{sumatoria ancho diluido}}$$

$$\text{Ancho diluido} = \frac{\text{sumatoria de ancho diluido}}{\text{numero de muestras}}$$

$$\text{Ley corregida} = \text{ley diluida} \times \text{porcentaje de castigo}$$

$$\text{Ley promedio} = \frac{\text{sumatoria (ley x ancho diluido)}}{\text{sumatoria de ancho}}$$

$$\text{Promedio ancho de veta} = \frac{\text{sumatoria de ancho de veta}}{\text{numero de muestras}}$$

2.2.9. Modelación del yacimiento

Para poder estimar reservas debemos generar un Modelo del Yacimiento que lo represente de la mejor manera posible. La modelación de un yacimiento consta de dos etapas: una primera, que consiste en la definición de la morfología (geometría, forma) de las mineralizaciones y de los contenidos de cada una de ellas, y una segunda en la que se evalúa, con criterios técnico económicos, la cantidad de reservas recuperables y su valor actual y futuro con vistas a estudiar la rentabilidad de su extracción y comercialización. En la primera etapa se crea el modelo geológico del yacimiento, y en la segunda el modelo económico del mismo. Ambos modelos son numéricos. Este proceso se refleja en el esquema siguiente:



Figura 9 Modelamiento geológico

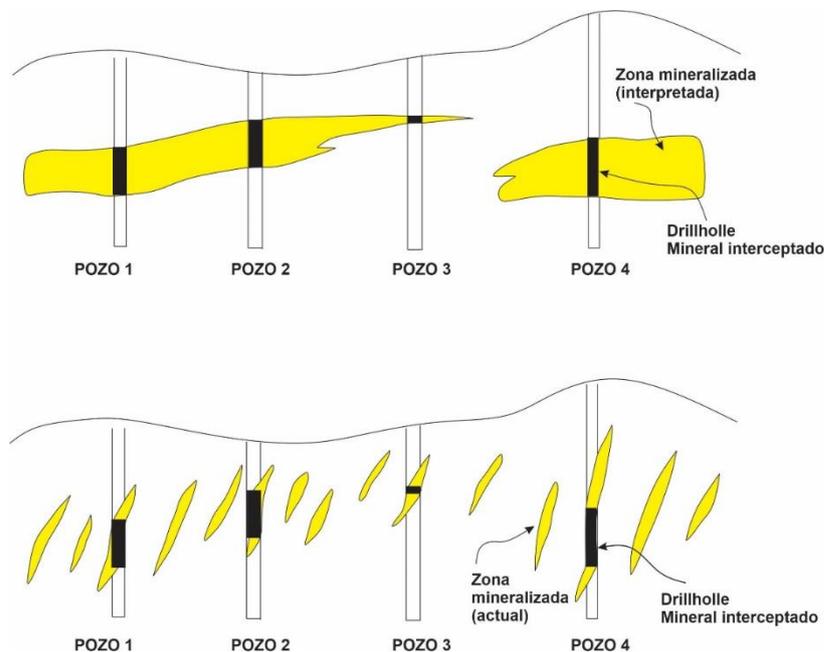


Figura 10 Dos interpretaciones distintas de un mismo yacimiento.

Las muestras a partir de las cuales se efectúa la modelación y estiman las reservas de un yacimiento, representan una fracción mínima de éste. Por ejemplo, en un pequeño pórfido de cobre, de una malla densa de sondeos se recuperaron unas 200 toneladas de testigos, con esta información se estimaron 60 millones de toneladas de mineral y 150 millones de toneladas de estéril, esto da la pauta de la tremenda diferencia que hay entre lo que contamos como información y lo que estimamos. Por lo tanto, es de fundamental importancia el correcto manejo de la

información, caso contrario podemos caer en los errores de sobreestimación o subestimación del mineral y el estéril.

2.2.10. Dilución

La dilución es la porción de material no deseable, que por motivos de diseño y operación se mezcla con el mineral a extraer. En realidad, la dilución no significa solamente bajar la ley del mineral, es elevar, en mucho los costos, ya que el envío de una tonelada de estéril a la planta, es más costoso que el envío de una tonelada de mineral. De todo lo que se ha realizado, hasta ahora, en términos del cálculo de la dilución en minas, se puede deducir que el valor aceptable de dicho parámetro este en alrededor de 10%, lo que sirve hoy para establecer el estándar mundial “benchmarking”. Aunque la dilución puede controlarse muchas veces es inevitable, por lo que debe considerarse en el diseño. Son aquellos residuos de roca de baja ley, inevitablemente retirados con el material en el proceso de minería, que contribuyen a bajar la ley del mineral explotado. Es decir, se refiere a la cantidad de material estéril o de baja ley que se mezcla con el mineral que se quiere extraer. Contreras (2013).

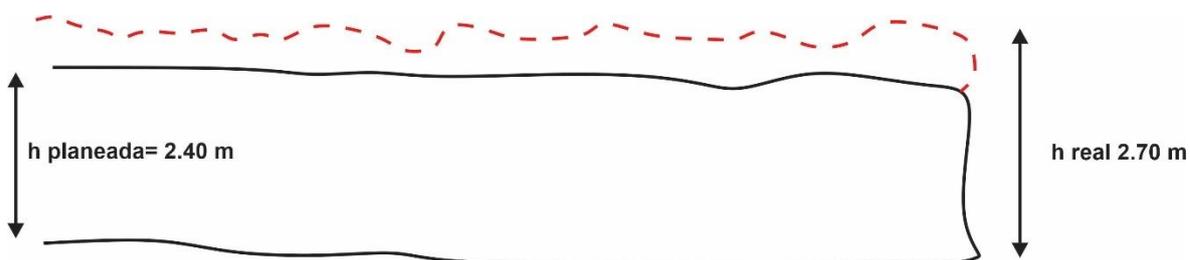


Figura 11 La dilución en una veta

Fuente: (Contreras 2013)

Es una fuente de costos directos e indirectos, la dilución puede afectar negativamente a la recuperación metalúrgica y a la ley del concentrado. Además, las instalaciones de procesamiento de mineral serán copado por el material que contribuye muy poco al final de la producción de mineral valioso. Se pueden distinguir dos tipos: La dilución de producción y la dilución estructural. La primera aparece durante el mismo proyecto minero.

Se pueden distinguir dos tipos de dilución: La dilución de producción y la dilución estructural. La primera aparece durante el mismo proyecto minero. La disolución estructural es inherente a la disposición del depósito de mineral, se tiene dos ejemplos: la presencia de algunas intercalaciones de estéril dentro de la formación, haciendo imposible una explotación selectiva y la lixiviación que puedan provocar las aguas subterráneas. (Rodríguez, 2021).

2.2.10.1. En metalurgia

Dilución (%) = $(\text{TM del desmonte}) \times 100 / (\text{TM del mineral} + \text{TM del desmonte})$

2.2.10.2. En planeamiento minero

Dilución (%) = $(\text{Tonelaje de desmonte}) \times 100 / (\text{Tonelaje del mineral})$

2.2.10.3. En reducción de ley

Dilución (%) = $(\text{Ley del mineral} - \text{Ley diluida}) \times 100 / (\text{Ley del mineral})$

2.2.11. Factores que intervienen en la dilución

2.2.11.1. Método de explotación

a. Sostenimiento inadecuado. Al colocar un sostenimiento no adecuado para el tipo de terreno, este fallará y por ende se incrementará la dilución del mineral.

2.2.11.2. Naturaleza de la mineralización

a. Rocas encajonantes de mala calidad: estas deben ser controladas con un adecuado sostenimiento. Se debe monitorear permanentemente.

b. La presencia de diaclasas y fallas: un deficiente control de las diaclasas y fallas ocasionará que el terreno tienda a desestabilizarse antes de lo previsto, con una mayor dilución de por medio.

2.2.12. Cálculo de la dilución

La dilución esta condiciona por el método de minado seleccionado, la disposición geológica y geométrica del yacimiento. Para este caso, se determinó la dilución en base a la formula empírica de O'Hara. Es importante mencionar que el valor de la constante k, para cada tipo de método de explotación minera, fue determinado por O'Hara basándose en una serie de estudios hechos en diferentes minas del mundo. (Huamani, 2020).

$$Dilución = \frac{k}{\sqrt{w} \times \text{sen } \beta}$$

Dónde:

w: potencia de la veta en metros

β : buzamiento, expresado en radianes

k: constante del método de minado entre 55 (taladros grados) y 25 (corte y relleno).

Además, para determinar el ancho de minado para ambos métodos se utiliza la siguiente formula:

$$dilución = \frac{D}{D + w}$$

Dónde:

D: desmote en metros

w: potencia de la veta en metros

D+ w: ancho de minado en metros

Para los proyectos mineros se suele utilizar la siguiente formula de dilución: según O'hara (1989). **Cálculo de dilución de mineral**

Para calcular el Factor de Dilución y el % de dilución se necesitan los siguientes datos:

Potencia de veta

Ancho de minado

Altura del frente de avance

Volumen de veta V = espesor de veta * altura * avance

Tonelaje de la veta T = volumen * PE mineral

Volumen de desmote V = Avance* altura* (0.30 ó 0.60 ó 0.90, etc)

Tonelaje de desmote T = Volumen*PE desmote

Factor de Dilución Dil= Tonelaje de desmote/Tonelaje del mineral

% dilución= $\frac{Dil}{1+Dil} * 100$

Tabla 18 Tabla Factor de dilución para diferentes tipos de métodos de explotación

Método de explotación	Factor de dilución (*)		
	Condiciones geomecánicas de la roca caja		
	Excelente	Media	Baja
Taladros básicos	1.2	1.3	ND
Corte y relleno	1.05	1.1	1.15
Cámaras almacén	1.1	1.15	1.25
*Cámaras y pilares	1.05	1.1	1.2

(*) Factor de dilución: Toneladas de mineral/Toneladas de desmonte

Fuente: (Rodríguez 2021)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Macizo Rocoso: un macizo rocoso es “conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades de diverso tipo que afectan al medio rocoso”. (González de Vallejo, 2004).

Roca Intacta: es el material rocoso exento de discontinuidades, o los bloques de roca intacta que quedan entre ellas. La matriz rocosa, a pesar de considerarse continua, presenta un comportamiento heterogéneo y anisótropo ligado a su fábrica y a su microestructura mineral. (González de Vallejo, 2004).

Estructura: se refiere a rasgos morfológicos asociados al proceso de formación de una roca o un macizo rocoso (p.ej., de un volcán, una colada de lava, un estrato sedimentario, un batolito) o al posterior efecto de procesos tectónicos deformativos (plegamiento, diaclasamiento, fallamiento, metamorfismo dinámico). Las estructuras, junto a la litología, ejercen un control principal en la distribución de las mineralizaciones a sus distintas escalas (Oyarzún, 2009)

Discontinuidad: una discontinuidad como cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza o separa los bloques de matriz rocosa en un macizo rocoso. Generalmente la resistencia a la tracción de los planos de discontinuidad es muy baja o nula. Su comportamiento mecánico queda caracterizado por su resistencia al corte o, en su caso, por la del material de relleno (González de Vallejo, 2004).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Geográficamente el área de estudio se ubica en la parte Nor- Occidental del territorio peruano, dentro del Cuadrángulo de Cajabamba (16- g) dentro de la zona de Algamarca a una altura de 2650 m.s.n.m y delimitadas por la microcuenca Cañaris, dentro de la localidad llamada San Blas de Algamarca, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca. El estudio se llevó a cabo en la Mina Nivel II - Nueva Esperanza, donde se desarrolla actividades de minería artesanal.

Políticamente, el área de estudio se ubica en la zona de Algamarca, se encuentra al SE de la ciudad de Cajamarca, en el Centro Poblado de Algamarca, distrito de Cachachi, perteneciente a la provincia de Cajabamba y región de Cajamarca.

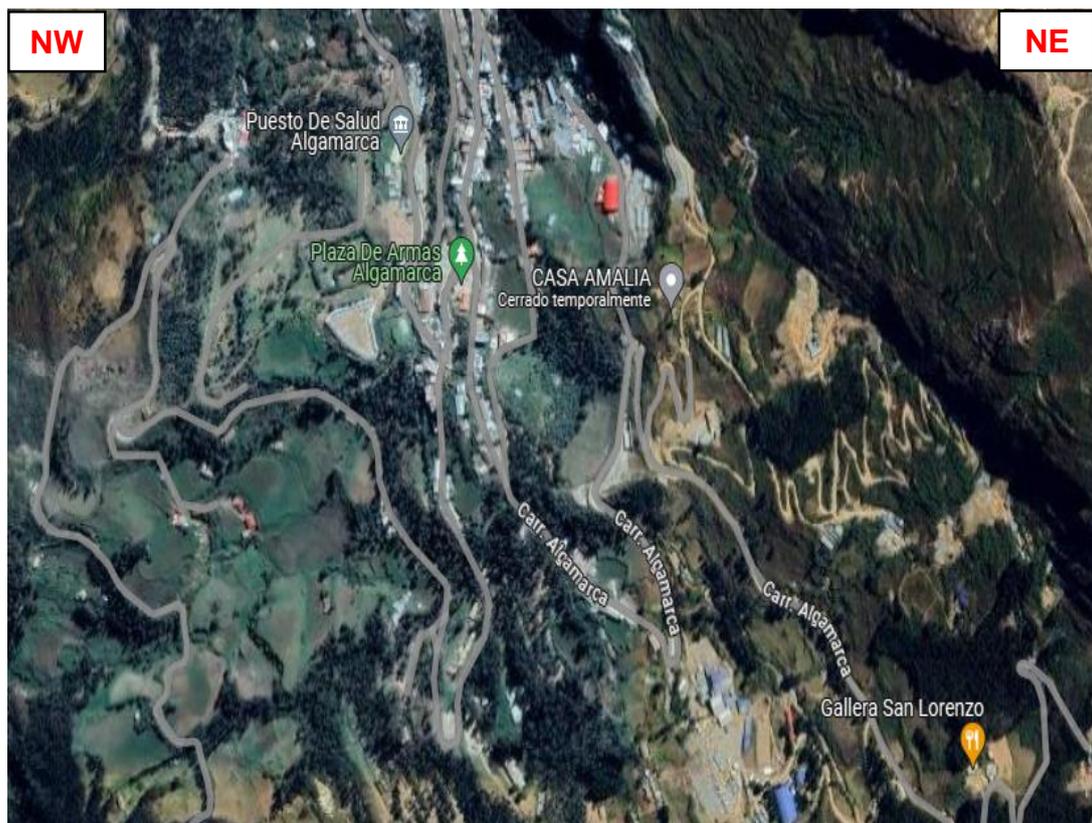


Figura 12 Imagen satelital con accesibilidad a Algamarca (Google Maps, 2023).

3.3. ACCESIBILIDAD

El distrito de Algamarca se encuentra a una distancia de 35 kilómetros de carretera afirmada, partiendo desde la ciudad de Cajabamba. dentro de él se encuentra parte del Centro Poblado del mismo nombre. Para acceder a la mina, se tiene una vía, una a través de Cajamarca - Algamarca.

Tabla 19 Accesibilidad de la zona de estudio

Tramo	Tipo de vía	Distancia (Km)	Tiempo (h)
Cajamarca- Cajabamba	Asfaltada	75	3.0
Cajabamba- Algamarca	Afirmada	38	1.3
Cajamarca- Algamarca	Asfaltada- afirmada	113	4.3

3.4. GEOLOGÍA LOCAL

3.4.1. Formación Chimú

Esta unidad geológica consiste en una alternancia de areniscas cuarzosas y arcillitas en la parte inferior y de una gruesa secuencia de areniscas gris blanquecinas en la parte superior. Esta unidad presenta estratos delgados y grueso. Las areniscas generalmente son de grano medio a grueso. Posee un grosor aproximado de 450 m. Se encuentra infrayaciendo a la Formación Santa y sobreyaciendo a la Formación Chicama. Se correlaciona con las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani del departamento de Arequipa. Esta unidad pertenece al Grupo Goyllarisquizga.

3.4.2. Formación Santa

Esta unidad litológicamente está constituida por una intercalación de arcillitas calcáreas, calizas y areniscas gris oscuras, con un grosor de 100 m. Sobreyace a la Formación Chimú e infrayace a la Formación Carhuaz. El cambio de facies es notable según los lugares, en la zona de Cajamarca solamente hay arcillitas calcáreas intercalados con areniscas grises. Se le asigna una edad del Valanginiano superior. Esta constiuida por estratos delgados.

3.4.3. Formación Carhuaz

Esta unidad consiste en una alternancia de areniscas y arcillitas de coloración gris amarillenta, gris verdosa a gris violáceas. Las rocas están dispuestas en estratos delgados. Posee un espesor de 400m. se encuentra sobreyaciendo en forma transicional a la Formación Santa e infrayaciendo en la misma relación a la Formación Farrat.

3.4.4. Formación Farrat

Está conformada por gruesas secuencias de areniscas gris blanquecinas, posee una granulometría mayormente de fina a media, está constituida por un gran porcentaje de granos de cuarzo. Se encuentra sobreyaciendo en forma transicional a la Formación Carhuaz e infrayaciendo en la misma relación a la Formación Inca.

3.5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Estructuralmente, la zona de estudio está ubicada en el núcleo del Anticlinal Algamarca. Esta estructura se formó durante la Tectónica Incaica que esta datado en 40 MA (Reyes 1980) como consecuencia de la convergencia de las Placas tectónicas de Nazca y Continental cuyos esfuerzos fueron de carácter compresivo de dirección NE- SW. Esta acción de las placas, genero fracturas y fallas compresivas de dirección NO- SE, fallas de distensión de dirección NE- SW y fallas oblicuas. Ver anexo (2) Plano geológico de la mina Nueva Esperanza.

3.6. YACIMIENTO MINERAL

La mineralización que está presente en la zona de estudio, consiste en vetas que cortan al anticlinal Algamarca en cuyo núcleo se ubica las Formación Chimú, el cual a su vez ha sido afectado por fallas pre minerales casi concordantes con el eje del anticlinal (falla Algamarca), transversales a dicho eje (fallas Sto. Cristo y La Cruz) y oblicuo (falla Los Alisos) que controlaron el emplazamiento de los stocks intrusivos de Caupur, San José, y La Cruz, del cenozoico. El intrusivo Caupur es causante de la mineralización de las vetas, las que se formaron en fallas dextrales y sinestrales originadas por esfuerzos compresivos perpendicular al del anticlinal Algamarca, en este contexto se formaron fracturas de tensión que fueron rellenadas con minerales económicos. La mineralización en cada veta ocurre en una franja de

250m de ancho, formando un zonamiento a manera de un arco concordante al anticlinal.

El tipo de minería es a pequeña escala desarrollada en Algamarca es la subterránea, el material se encuentra en un sistema de vetillas auríferas, con inclinaciones casi vertical, el rumbo direccional de las vetas es de oeste a este, la ley promedio de Au es de 8 gr/TM. Desde el inicio el sistema de explotación de la minería en Algamarca se realizó empleando herramientas manuales a base de puntas, combo y taladros (barrenos pequeños), posteriormente se mecanizó un poco con el uso de taladros de martillo eléctricos. Actualmente se utilizan también perforadoras neumáticas.

3.6.1. Características de la actividad minera

Producción diaria estimada: 4 TM/día

Mineral que se explota: Ag, Au

Método de Explotación: Corte relleno ascendente, corte relleno descendente y circado.

Frente de Trabajo: Es una excavación horizontal y/o inclinada, esto dependerá de la forma, ubicación del cuerpo mineralizado, además de ser una labor proyectada que dependerá de continuidad y la trayectoria que lleve la veta.

3.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.7.1. Tipo, nivel, diseño y método de la investigación

Según su objetivo: Aplicada, porque los conocimientos adquiridos serán aplicados a la solución de problemas concretos (Supo 2014).

Según el nivel de profundización del objetivo: Descriptiva, porque busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población.

Según su naturaleza: Cualitativa y cuantitativa, porque se va describir las características y cuantificar las características de las unidades geomorfológicas.

Según el grado de manipulación de variables: No experimental, ya que se observará los fenómenos tal y como ocurre en la naturaleza.

Según el periodo: Transversal en el tiempo, porque se va realizar en un periodo de tiempo definido. Para una mejor comprensión se resume en la Tabla 20.

Tabla 20 Tipo de investigación

Clasificación	Tipo de investigación
Según el nivel	Descriptiva/ explicativa
Según el diseño	Documental
Según su naturaleza o modo	Cualitativo/cuantitativo
Según la finalidad	Aplicativa
Según el periodo	Transversal en el tiempo

Fuente: Modificado de (Supo, 2016)

3.7.2. Población de estudio

Todos los macizos rocosos que afloran en los alrededores del Nivel II de la Concesión Minera Nueva Esperanza- Algamarca, comprendida en una extensión de 6 km aproximadamente.

3.7.3. Muestras

Se analizarán un total de 20 muestras de rocas de los macizos rocosos

3.7.4. Unidad de análisis

Muestras de rocas de los afloramientos rocosos, con presencia de Ag y Au.

3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.8.1. Técnicas

La primera etapa consistirá en la recopilación de los estudios existentes de la zona de estudio; adquisición de mapas geológicos realizados por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico INGEMMET y otros.

3.8.2. Instrumentos y equipos

3.8.2.1. Instrumentos

GPS Navegatorio: Es un sistema de navegación basado en 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo), en órbita sobre el planeta tierra que envía información sobre la posición de una persona u objeto en cualquier horario y condiciones climáticas.

Google Earth: Es un sistema de información geográfica que permite visualizar la topografía en base a imágenes satelitales y de este modo elaborar mapas temáticos

Brújula tipo Brunton: Instrumento que nos ayuda obtener la dirección de estructuras geológicas consistentes en rumbos y buzamientos de los estratos, fallas y dirección del flujo en las rocas volcánicas y sedimentarias

Picota del geólogo: Se utiliza para obtener una superficie fresca de una roca con el fin de determinar su composición, su naturaleza, la mineralogía.

Protáctor a escala 1/10000

Wincha 10 m: Es una cinta métrica flexible, enrollada dentro de una caja de plástico o metal, que generalmente está graduada en centímetros en un costado de la cinta y en pulgadas en el otro.

Libreta de campo: Es una herramienta usada por investigadores de varias áreas para hacer anotaciones cuando ejecutan trabajos de campo

Cámara fotográfica digital Marca Canon: Usado para tomar fotos, y de este modo, evidencia de las estructuras estudiadas.

3.9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Los datos obtenidos fueron analizados y procesados mediante software ArcGis y los datos fueron procesados utilizando las tablas de RMR, 18 RQD y GSI del cual se determinó la caracterización geomecánica del macizo rocoso.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO

Las condiciones geomecánicas que presenta el frente de avance de la Mina Esperanza está relacionada con las deformaciones producidas por los esfuerzos que actuaron en la configuración del Anticlinal Algamarca.

Estos esfuerzos actuaron sobre la roca caja (areniscas de la Formación Chimú) afectando sus condiciones geomecánicas.

Se debe tomar en cuenta que la mina se encuentra en esta formación y que por erosión no están presentes las Formaciones Santa, Carhuaz, Farrat, Inca, Chulec, etc. lo que puede ocasionar reajustes y estallidos de rocas.

A continuación, se explican los procedimientos para la realización de la caracterización geomecánica del macizo rocoso con la finalidad de determinar su influencia en el cálculo de reservas.

Cabe indicar que este estudio se ha efectuado en el frente de avance de la galería, debido a que es aquí donde se logra notar el efecto de la calidad geomecánica de la roca caja sobre el mineral arrancado.

Para la determinación de la caracterización del macizo rocoso en el frente de avance, se consideró 4 estaciones, denominadas como estaciones geomecánicas:

EG- 01

EG- 02

EG- 03

EG -04.

Estas estaciones fueron ubicadas alrededor del frente de avance a distancias de 10 metros aprox.

En estas estaciones se aplicaron los métodos de RQD, RMR y GSI para la caracterización geomecánica del macizo rocoso. Los valores de ángulo de fricción, cohesión y resistencia a la compresión uniaxial fueron comprobados mediante análisis del laboratorio INGEOCONSULT & LAB SRL.

A continuación, se describen los cálculos efectuados:

Para el cálculo de RQD se ha aplicado la siguiente formula:

$$RQD = 115 - 3,3 * J_v(\%)$$

Para el cálculo de RMR se ha tenido en cuenta los siguientes parámetros.

- Resistencia a la Compresión Uniaxial
- RQD
- Espaciamiento de las discontinuidades
- Condiciones de las discontinuidades
- Condiciones hidrogeológicas

Para el cálculo de GSI se ha aplicado las relaciones entre GSI y RMR:

$$RMR_{89} > 23 \rightarrow GSI = RMR_{89} - 5$$

4.1.1. Estación geomecánica 01 (EG-01)

Esta estación geomecánica se encuentra ubicada en rocas areniscosas del cretácico inferior. Las rocas se muestran muy fracturadas y con abundante oxidación (hematita y limonita).

Posee una estimación de resistencia R4 categorizándose como una roca dura de 50-100Mpa, posee fracturas de distensión mayormente con una orientación NE-SE, las cuales han sido rellenadas por mineralización.

Esta estación está siendo afectada por la humedad.

4.1.1.1. Cálculo del RQD

Debido a que no existen testigos de perforación se ha optado por la aplicación de la siguiente formula:

$$RQD = 115 - 3,3 * J_v(\%)$$

Donde:

J_v= número de fracturas: 14

RQD= 115- 3.3 (14) = 68.8% (buena)



Figura 13 Las fracturas determinadas en la Estacion GM- 01

4.1.1.2. Cálculo del RMR y Q de Barton de la Estación Geomecánica 1 (EG-01)

Para el cálculo del RMR se ha utilizado el método de Bieniawski (1989) en donde se considera 5 parámetros, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 21 Cálculo de RMR de la Estación Geomecánica 1 (EG-01)

1	Resistencia de matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga Puntual	> 10	4-10	2- 4	1- 2	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	> 250	100- 250	50- 100	25- 50	5- 25	1- 5	< 1
	Puntaje		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100	75- 90	50 - 75	25- 50	< 25		
	Puntaje		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las diaclasas		> 2 m	0.6- 2 m	200- 600 mm	60- 200 mm	< 60 mm		
	Puntaje		20	15	10	8	5		
4	Longitud (Persistencia)		< 1 m	1- m	3- 10 m	10- 20 m	> 20 m		
	Puntaje		6	4	2	1	0		
	Separación (abertura)		Ninguna	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
	Puntaje		6	5	4	1	0		
	Rugosidad		Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficies pulidas		
	Puntaje		6	5	3	1	0		
	Relleno		Ninguno	duro < 5mm	duro > 5 mm	Blando < 5mm	Blando > 5 mm		
	puntaje		6	4	2	2	0		
	Meteorización		Inalterada	Ligeramente meteorizada	Moderadamente meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta		
	Puntaje		6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Flujo por cada 10 m. De longitud de la galería (1/mm)	Ninguno	< 10	10 a 25	25 - 125	> 125		
		(Presión de agua en la diaclasa Tensión principal mayor o1)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
	Condiciones generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo			
	Puntaje		15	10	7	4	0		

Cálculo del RMR básico = 7+13+8+2+4+3+2+3+10= 52

Se procede a corregir aplicando las curvas de correlación de Gavilanes (2004)

Compresión uniaxial= 7.5

Espaciamientos=8.5

RQD=13.8

Cálculo del RMR básico corregido= 7.5+13.8+8.5+2+4+3+2+3+10= 53.8

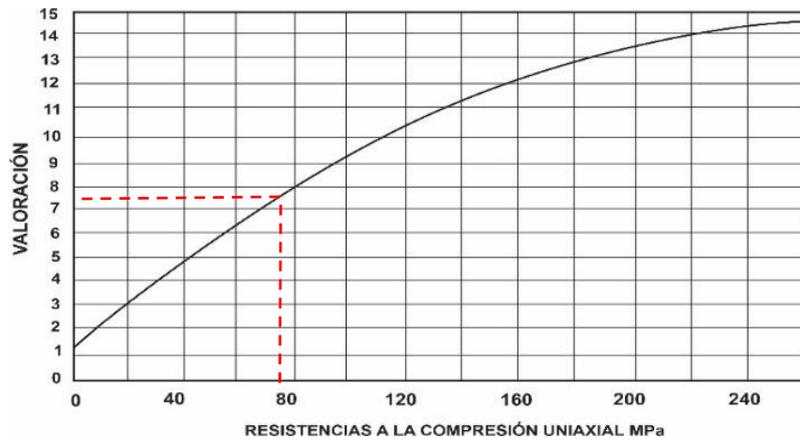


Figura 14 Correcciones de la Resistencia a la Compresión Uniaxial

Fuente: Gavilanes (2004)

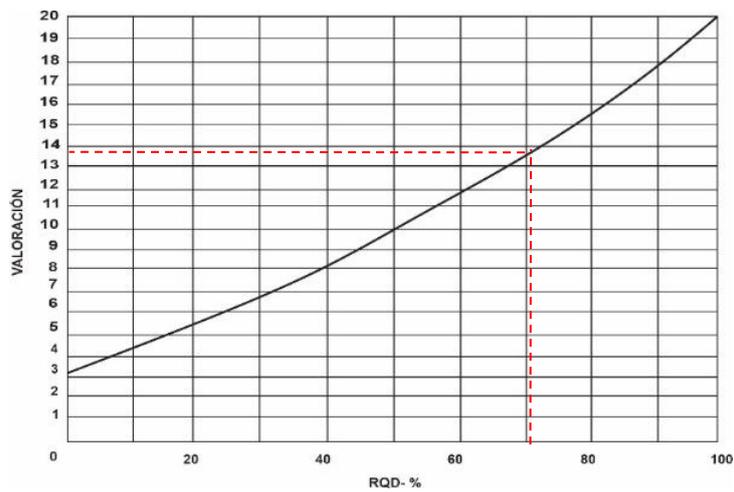


Figura 15 Correcciones del RQD

Fuente: Gavilanes (2004)

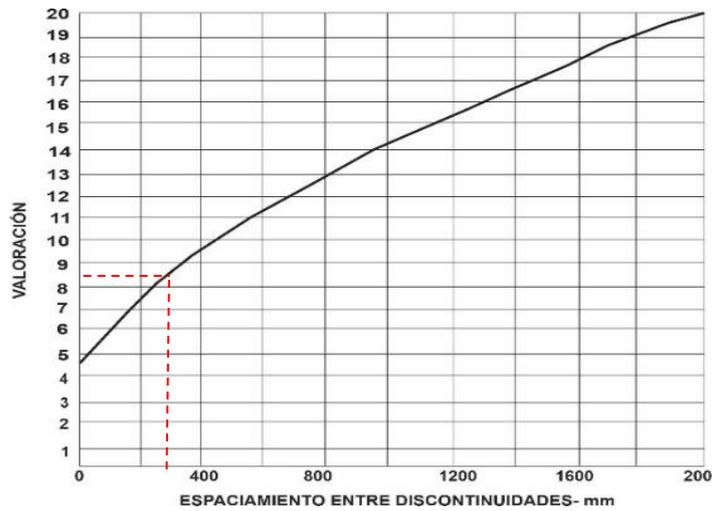


Figura 16 Correcciones de espaciamento de las discontinuidades

Fuente: Gavilanes (2004)

Tabla 22 Corrección por orientación de discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorable	favorable	Medias	Desfavorables	Muy desfavorable
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cementaciones	0	-2	-7	-15	-15
	Taludes	0	-5	-25	-50	-25

Tabla 23 Resultados de los Métodos utilizados

Resistencia de la Roca (Martillo de Schmidt)					81 MPa	
					Q de Barton	
Método utilizado	RQD (%)	RMR	GSI	RQD	74	
				Jn	4	
				Jr	1.5	
				Ja	3.0	
				Jw	0.66	
				SRF	2.5	
Puntuación	Numeración	74	53.8	48.8	Q	2.44
	Calidad	Regular	Regular	Regular		Mala

4.1.1.3. Determinación de las propiedades geomecánicas (EG- 01)

Para determinar las propiedades geomecánicas de la Estación EG- 1 se utilizó el software DIP v. 4.0 de Rocdata.

En el software Rocdata se logra calcular el ángulo de fricción con un valor de alrededor de 30° y una cohesión de 4.52 MPa.

En el software DIP se observan 1 sistema de fracturamientos de distensión cuyos polos están ubicados en dirección NE - SO, paralelos a los esfuerzos compresivos acordos con la acción de las Placas de Nazca y Continental que formó el anticlinal de Algamarca. Dos sistemas de compresión poseen una dirección NO - SE (figuras 26; 26 y 27).

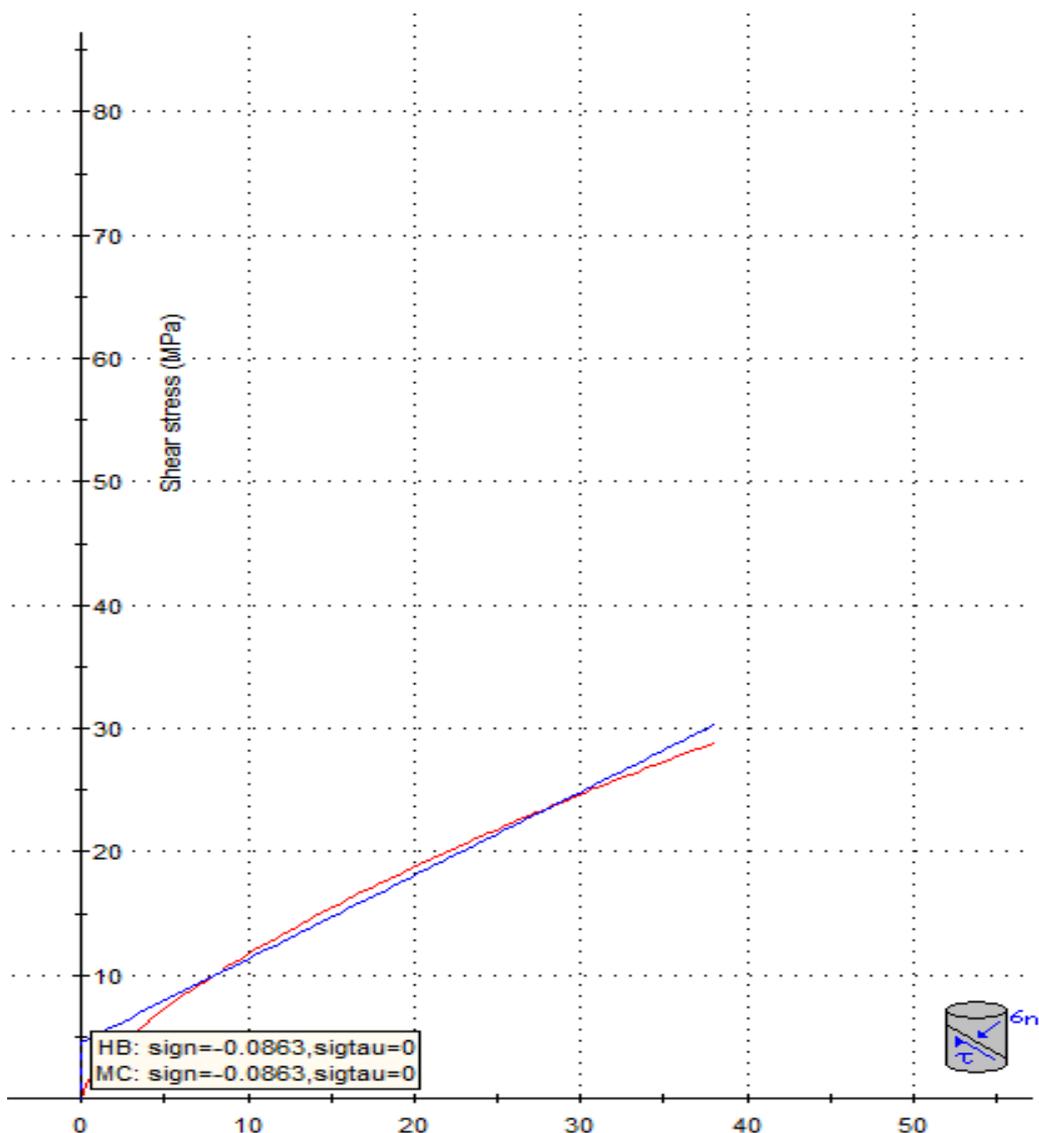


Figura 17 Esfuerzo mayor vs esfuerzo menor de las areniscas del frente de avance de la Estación EG- 01.

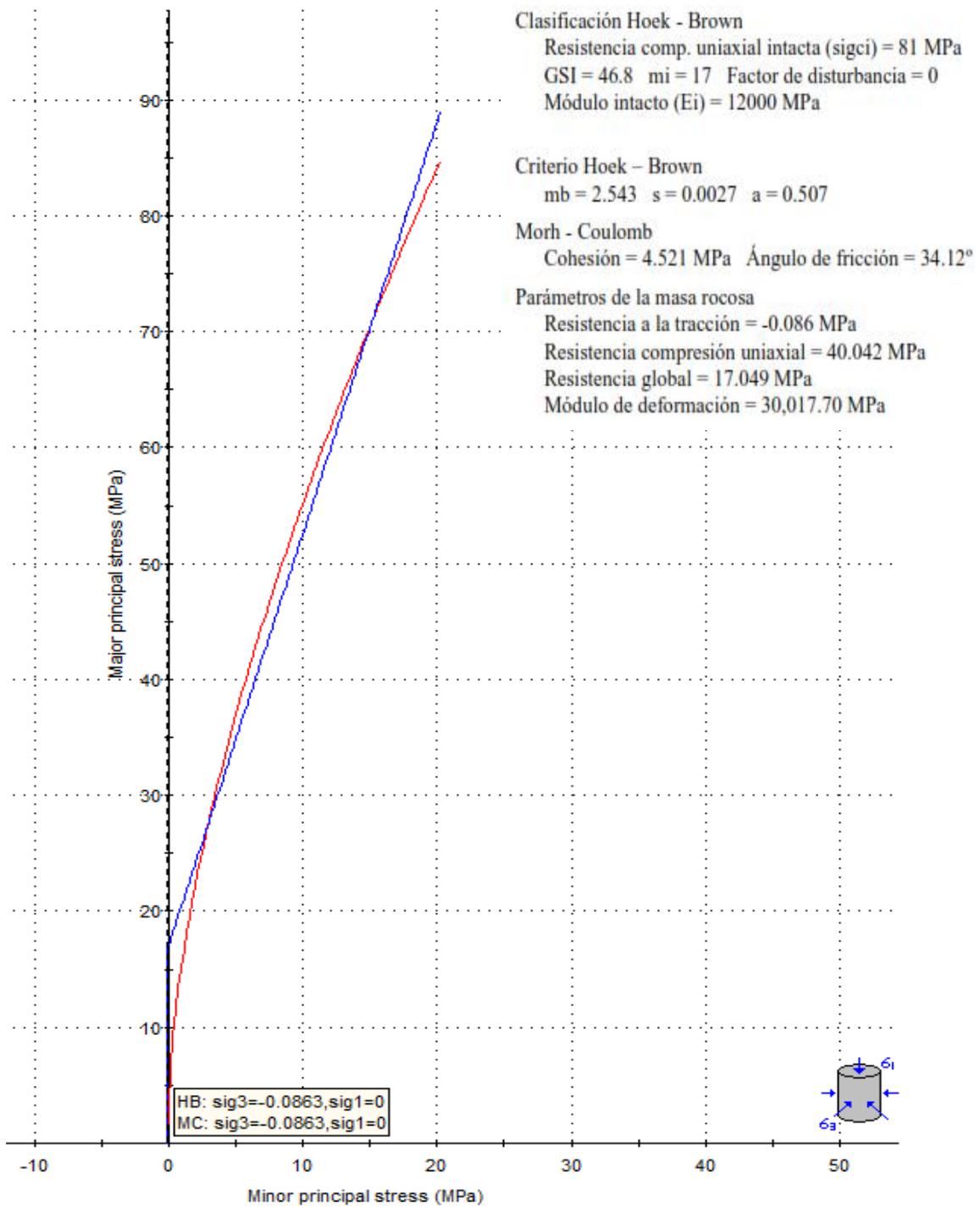


Figura 26 Esfuerzo normal vs esfuerzo de corte de las arenas del frente de avance de la Estación EG- 01.

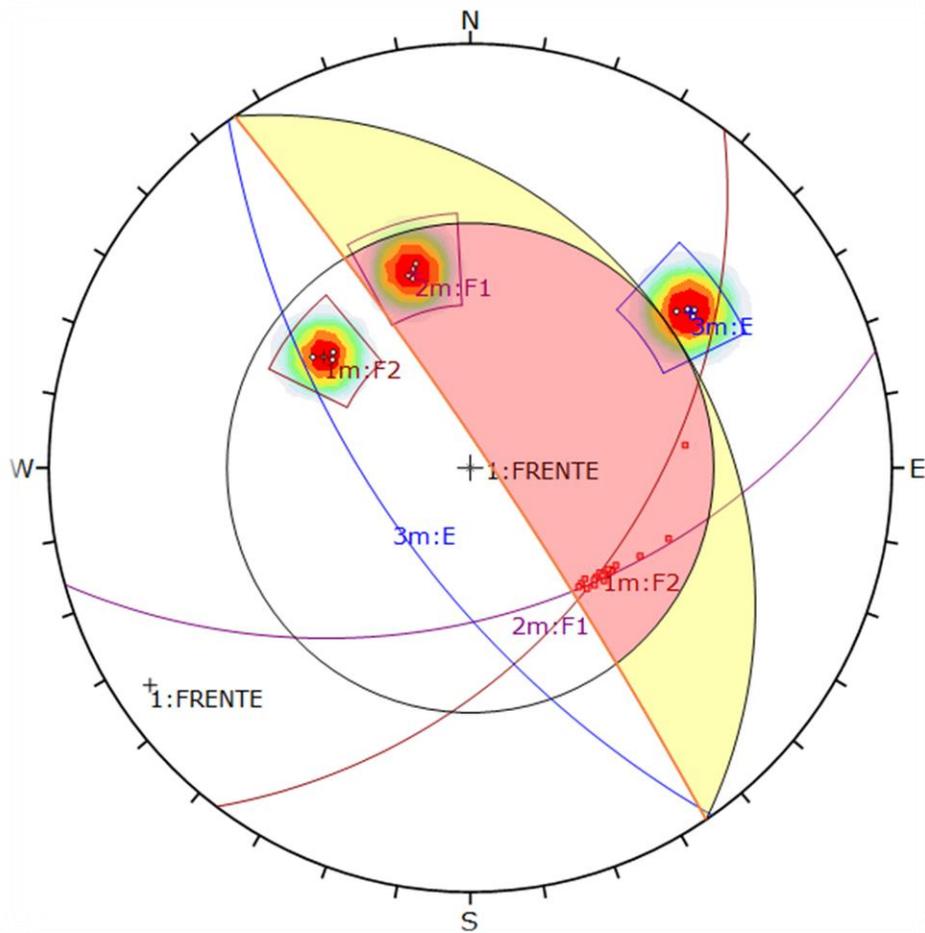


Figura 27 Análisis estructural mediante el software DIP de las discontinuidades de la Estación EG- 01.

Symbol	Feature		
◇	Polo vectors		
◆	Critical vectors		
■	Intersection		
Color	Density concentrations		
	0.00 - 3.30		
	3.30 - 6.60		
	6.60 - 9.90		
	9.90 - 13.20		
	13.20 - 16.50		
	16.50 - 19.80		
	19.80 - 23.10		
	23.10 - 26.40		
	26.40 - 29.70		
	29.70 - 33.00		
Maximum density	32.95%		
Contour data	Polo vectors		
Contour distribution	Fisher		
Counting circle size	1.00%		
Kinematic analysis	Wedge siliding		
Slope dip	86°		
Slope Dip direction	56°		
Friction angle	34°		
	Critical	Total	%
Wedge siliding (All)	18	66	27.27%
Color	Dip	Dip direction	Label
User planes			
1	■	85°	66° FRENTE
2	■	47°	127° F-2
3	■	51°	164° F-1
4	■	65°	135° E

4.1.2. Estación geomecánica 02 (EG- 02)

La estación geomecánica 2 se ubica en el frente de avance de la galería. Está constituida por areniscas de grano fino a medio de coloración gris anaranjada pertenecientes a la Formación Chimú. Este macizo rocoso presenta varias familias de discontinuidades y en algunas se observa relleno de óxidos de hierro y sulfuros. Cabe recalcar, que todo el macizo rocoso se encuentra muy húmedo lo que genera oxidaciones y cambios de las propiedades de este macizo rocoso.

4.1.2.1. Cálculo del RQD de la (EG-02)

Debido a que no existen testigos de perforación se ha optado por la aplicación de la siguiente formula:

$$RQD = 115 - 3,3 * J_v(\%)$$

Donde:

J_v= número de fracturas: 11

RQD= 115- 3.3 (11) = 78.7%

En esta estación se puede observar que el macizo rocoso presenta 03 familias de fracturas, los cuales se pueden observar en la figura 28:

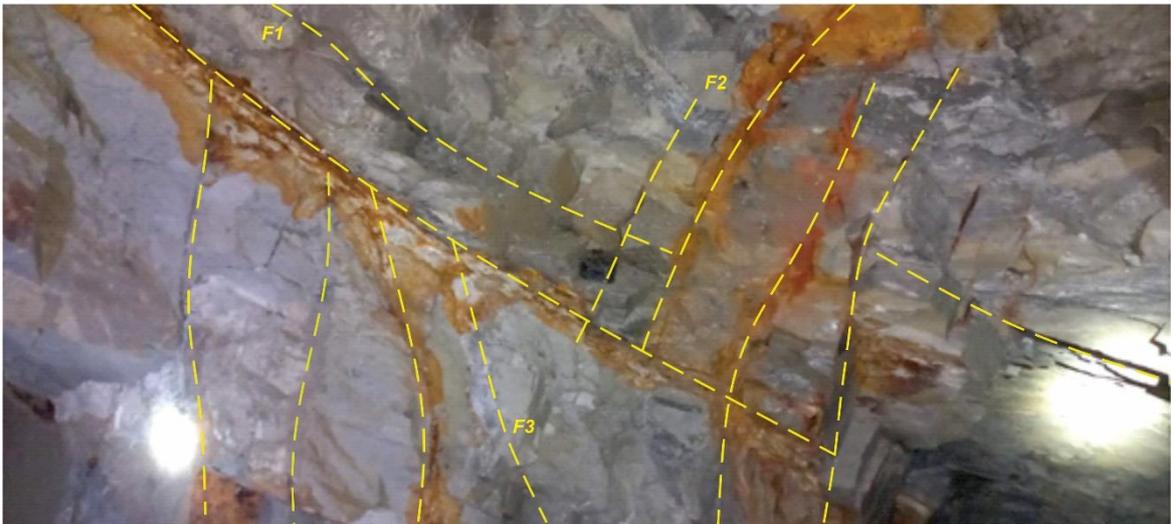


Figura 28 Las fracturas determinadas en la Estacion GM- 2

4.1.2.2. Cálculo del RMR y Q de Barton de la Estación Geomecánica 1 (EG-02)

Para el cálculo del RMR se ha utilizado el método de Bieniawski (1989) en donde se considera 5 parámetros, los cuales se detallan a continuación:

1	Resistencia de matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga Puntual	> 10	4-10	2- 4	0-2	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	> 250	100- 250	50- 100	25- 50	5- 25	1- 5	< 1
	Puntaje		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100	75- 90	50 - 75	25- 50	< 25		
	Puntaje		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las diaclasas		> 2 m	0.6- 2 m	200- 600 mm	60- 200 mm	< 60 mm		
	Puntaje		20	15	10	8	5		
4	Longitud (Persistencia)		< 1 m	1- m	3- 10 m	10- 20 m	> 20 m		
	Puntaje		6	4	2	1	0		
	Separación (abertura)		Ninguna	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
	Puntaje		6	5	4	1	0		
	Rugosidad		Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficies pulidas		
	Puntaje		6	5	3	1	0		
	Relleno		Ninguno	duro < 5mm	duro > 5 mm	Blando < 5mm	Blando > 5 mm		
	puntaje		6	4	2	2	0		
	Meteorización		Inalterada	Ligeramente meteorizada	Moderadamente meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta		
	Puntaje		6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Flujo por cada 10 m. De longitud del túnel (1/mm)	Ninguno	< 10	10 a 25	25 - 125	> 125		
		(Presión de agua en la diaclasa) Tensión principal mayor (σ ₁)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condiciones generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo		
	Puntaje		15	10	7	4	0		

Tabla 24 Parámetros para el cálculo del RMR en la estación EG- 02

Tabla 25 Corrección por orientación de discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorable	favorable	Medias	Desfavorables	Muy desfavorable
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cementaciones	0	-2	-7	-15	-15
	Taludes	0	-5	-25	-50	-25

Cálculo del RMR $\text{básico} = 7+13+8+2+5+5+2+5+10-2 = 55$

Se procede a corregir aplicando las curvas de correlación de Gavilanes (2004)

Compresión uniaxial= 7.5

Espaciamientos=8.5

RQD=13.8

Cálculo del RMR $\text{básico corregido} = 7.5+13.8+8.5+2+5+5+2+5+10-2 = 56.8$

Tabla 26 Resultados de los Métodos utilizados

Resistencia de la Roca (Martillo de Schmidt)					80 MPa	
Método utilizado					Q de Barton	
					RQD	78.7
					Jn	4
					Jr	1.5
					Ja	3.0
					Jw	0.66
					SRF	2.5
Puntuación	Numeración	78.7	56.8	51.8	Q	2.44
	Calidad	Regular	Regular	Regular		Mala

4.1.2.3. Determinación de las propiedades geomecánicas (EG- 02)

Para determinar las propiedades geomecánicas de la Estación EG- 2 se utilizó el Software DIP v. 4.0 de Rocdata.

En el Software rockdata se logra calcular el ángulo de fricción con un valor de alrededor de 30° y una cohesión de 4.8 MPa.

En el software DIP se observan dos sistemas de fracturamientos de distensión cuyos polos están ubicados en dirección NE- SO, paralelos a los esfuerzos compresivos acordes con la acción de las Placas de Nazca y Continental que formó el anticlinal de Algamarca. Un sistema de fracturas de compresión posee una dirección NO - SE (figuras 29; 30 y 31)

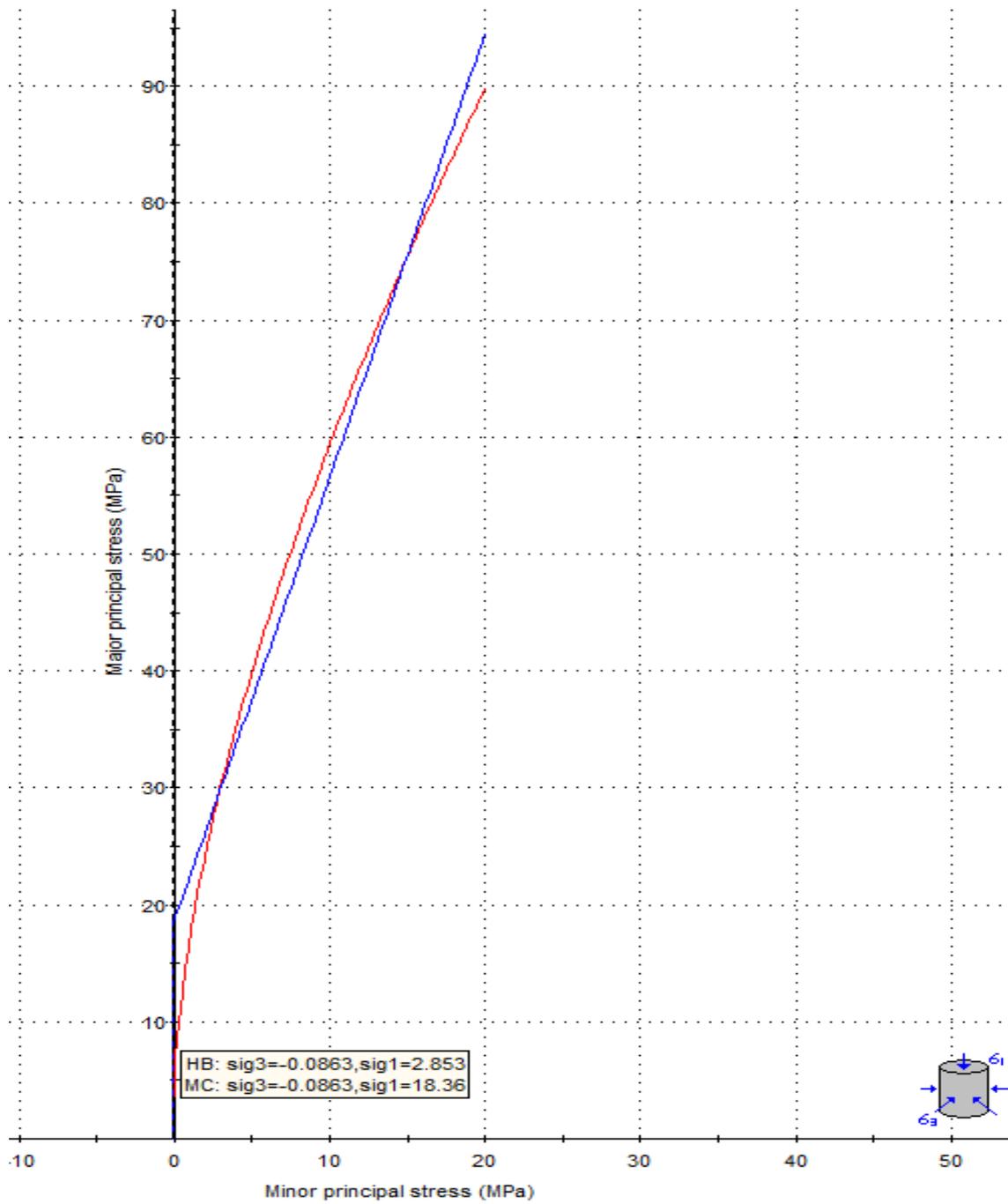


Figura 29 Esfuerzo mayor vs esfuerzo menor de las areniscas del frente de avance de la Estación EG- 02.

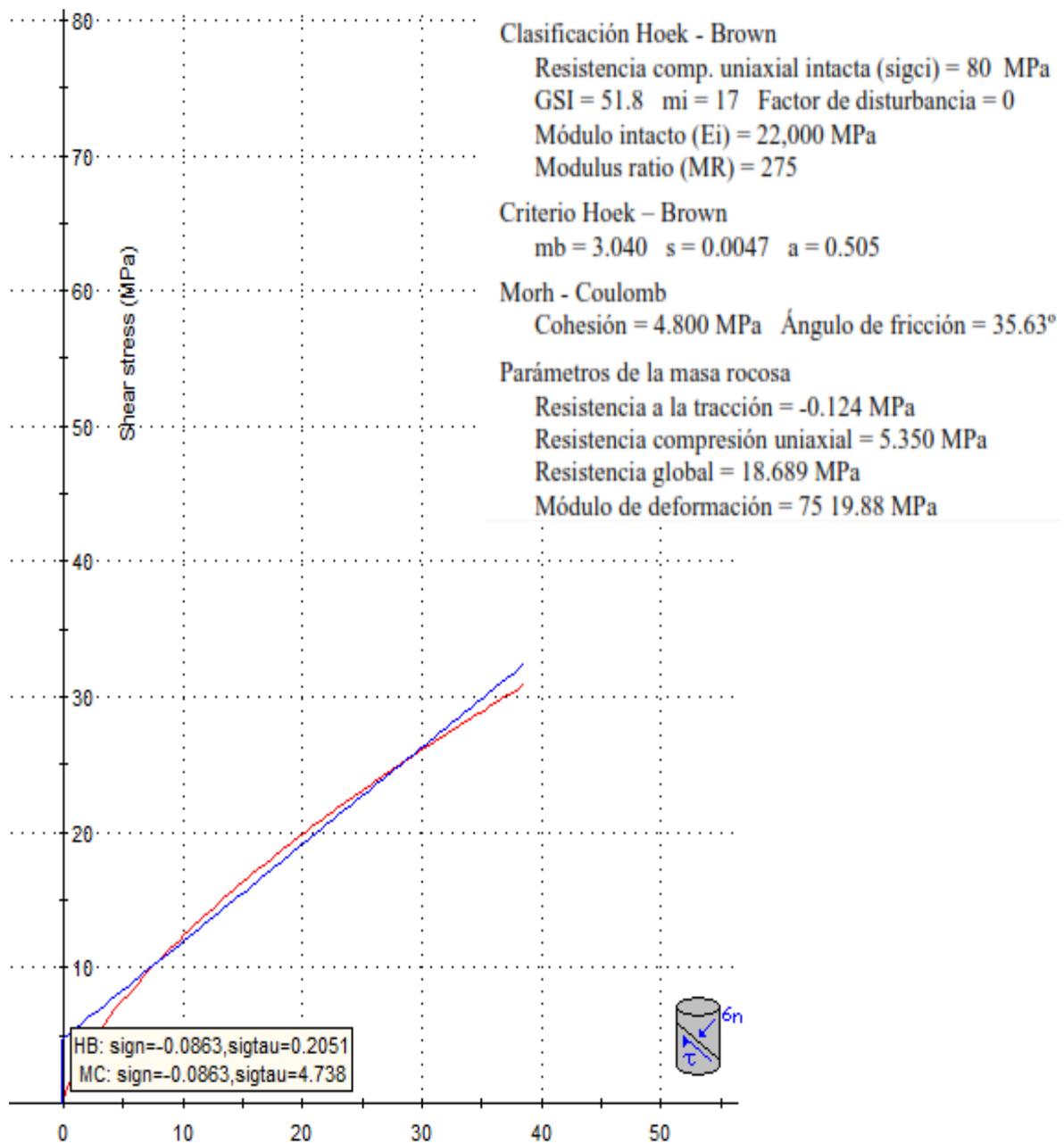
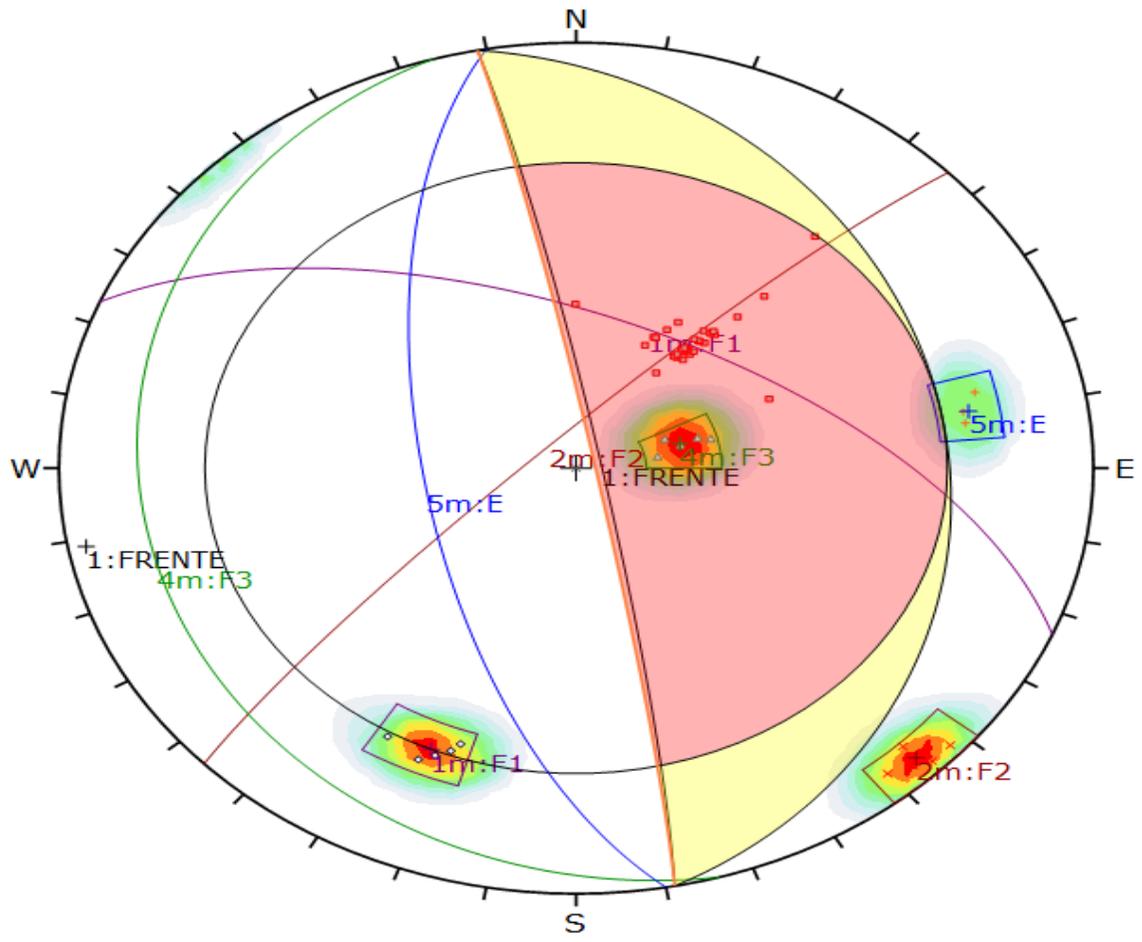


Figura 30 Esfuerzo normal vs esfuerzo de corte de las arenas del frente de avance de la Estación EG- 02.



Symbol	TIPO	Quantity
◇	D1	5
×	D2	5
△	D3	5
+	E	3

Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.70
	2.70 - 5.40
	5.40 - 8.10
	8.10 - 10.80
	10.80 - 13.50
	13.50 - 16.20
	16.20 - 18.90
	18.90 - 21.60
	21.60 - 24.30
	24.30 - 27.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	26.06%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding		
Slope Dip	87		
Slope Dip Direction	79		
Friction Angle	29°		
	Critical	Total	%
Wedge Sliding	34	153	22.22%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	■	86	79	FRENTE
Mean Set Planes				
1m	■	61	23	F1
2m	■	84	316	F2
4m	■	17	254	F3
5m	■	66	260	E

Figura 31 Análisis estructural mediante el software DIP de las discontinuidades de la Estación EG- 02

4.1.3. Estación geomecánica 3 (EG- 03)

La estación geomecánica 3 se encuentra ubicada en rocas areniscas de edad cretácicas. Este macizo rocoso se muestra alterada y fracturada.

4.1.3.1. Cálculo del RQD

Debido a que no existen testigos de perforación se ha optado por la aplicación de la siguiente formula:

$$RQD = 115 - 3,3 * J_v(\%)$$

Donde:

J_v= número de fracturas: 15

RQD= 115- 3.3 (15) = 65%



Figura 32 Fracturas determinadas en la Estacion GM- 03

4.1.3.2. Cálculo del RMR y Q de Barton de la Estación Geomecánica 3 (EG-03)

En la siguiente tabla se muestran los resultados del cálculo de RMR y Q de Barton:

Tabla 27 Parámetros calculados para la determinación del RMR de la EG- 03

1	Resistencia de matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga Puntual	> 10	4-10	2- 4	0-2	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	> 250	100- 250	50- 100	25- 50	5- 25	1- 5	< 1
	Puntaje		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100	75- 90	50 - 75	25- 50	< 25		
	Puntaje		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las diaclasas		> 2 m	0.6- 2 m	200- 600 mm	60- 200 mm	< 60 mm		
	Puntaje		20	15	10	8	5		
4	Longitud (Persistencia)		< 1 m	1- m	3- 10 m	10- 20 m	> 20 m		
	Puntaje		6	4	2	1	0		
	Separación (abertura)		Ninguna	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
	Puntaje		6	5	4	1	0		
	Rugosidad		Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficies pulidas		
	Puntaje		6	5	3	1	0		
	Relleno		Ninguno	duro < 5mm	duro > 5 mm	Blando < 5mm	Blando > 5 mm		
	puntaje		6	4	2	2	0		
	Meteorización		Inalterada	Ligeramente meteorizada	Moderadamente meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta		
	Puntaje		6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Flujo por cada 10 m. De longitud del túnel (1/mm)	Ninguno	< 10	10 a 25	25 - 125	> 125		
		(Presión de agua en la diaclasa Tensión principal mayor o1)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
	Condiciones generales		Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo		
	Puntaje		15	10	7	4	0		

Tabla 28 Corrección por orientación de discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorable	favorable	Medias	Desfavorables	Muy desfavorable
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cementaciones	0	-2	-7	-15	-15
	Taludes	0	-5	-25	-50	-25

Tabla 29 Resultados de los Métodos utilizados

Resistencia de la Roca (Martillo de Schmidt)					85 MPa		
Método utilizado					Q de Barton		
					RQD	65	
					Jn	4	
					Jr	1.5	
					Ja	3.0	
					Jw	0.66	
Puntuación					SRF	2.5	
					Q	2.15	
Numeración	65	RMR	51.8	GSI	46.8	Q	Mala
Calidad	Regular	Regular	Regular				

Cálculo del RMR _{básico} = 7+13+8+2+5+5+2+3+7-2= 50

Se procede a corregir aplicando las curvas de correlación de Gavilanes (2004)

Compresión uniaxial= 7.5

Espaciamientos=8.5

RQD=13.8

Cálculo del RMR _{básico corregido} = 7.5+13.8+8.5+2+5+5+2+3+7-2= 51.8

4.1.3.3. Determinación de las propiedades geomecánicas EG- 3

Para determinar las propiedades geomecánicas de la Estación EG- 3 se utilizó el software DIP v. 4.0 de Rocdata.

En el software Rocdata se logra calcular el ángulo de fricción con un valor de alrededor de 30° y una cohesión de 4.54 MPa.

En el software DIP se observan tres sistemas de fracturamientos de distensión los cuales al parecer son favorables para la mineralización. Los polos están ubicados en dirección NO-SE, las fracturas poseen una orientación NE- SO coincidentes a la acción de las Placas de Nazca y Continental que formó el anticlinal de Algamarca. (figuras 33; 34 y 35).

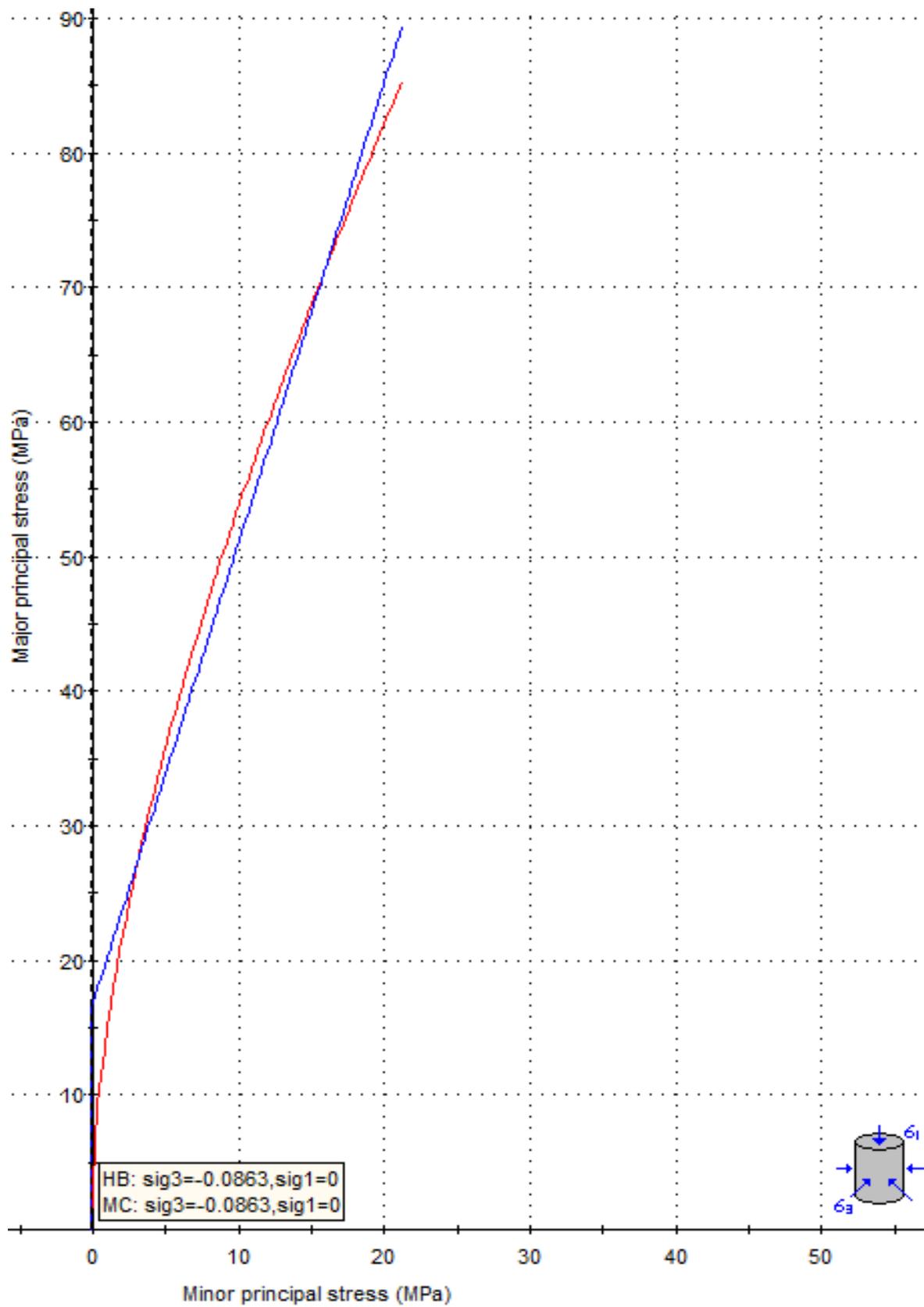


Figura 33 Esfuerzo mayor vs esfuerzo menor de las areniscas del frente de avance de la Estación EG- 03.

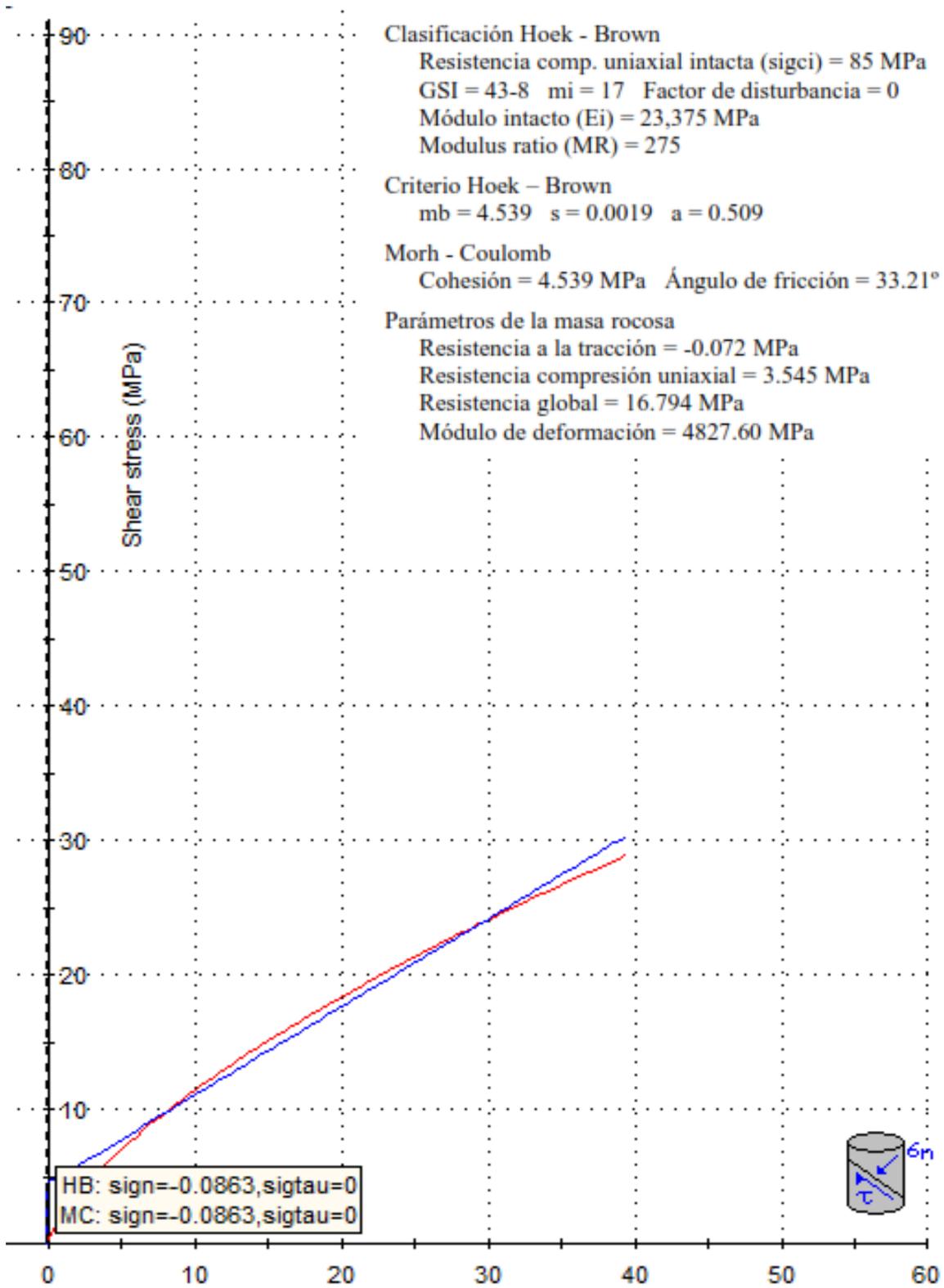


Figura 34 Esfuerzo normal vs esfuerzo de corte de las arenas del frente de avance de la Estación EG- 03.

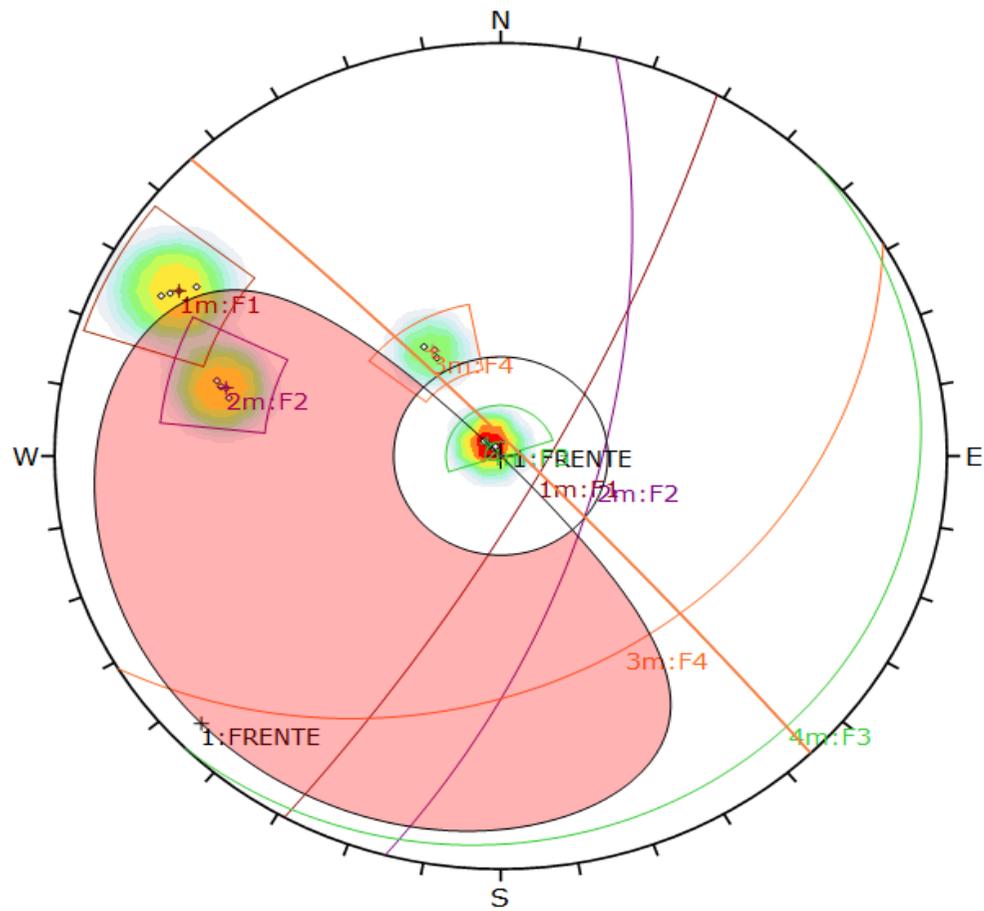


Figura 35 Análisis estructural mediante el software DIP de las discontinuidades de la Estación EG- 03.

Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.10
	3.10 - 6.20
	6.20 - 9.30
	9.30 - 12.40
	12.40 - 15.50
	15.50 - 18.60
	18.60 - 21.70
	21.70 - 24.80
	24.80 - 27.90
	27.90 - 31.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	30.39%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	86
Slope Dip Direction	46
Friction Angle	27°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	4	16	25.00%
Planar Sliding (Set 2: F2)	4	4	100.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	■	86	46	FRENTE
Mean Set Planes				
1m	■	79	119	F1
2m	■	65	105	F2
3m	■	33	149	F4
4m	■	5	135	F3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	16 (16 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

4.1.4. Estación geomecánica 4 (EG- 04)

La estación geomecánica 4 se encuentra ubicada en rocas areniscas de edad cretácicas y se muestran muy alteradas y fracturadas.

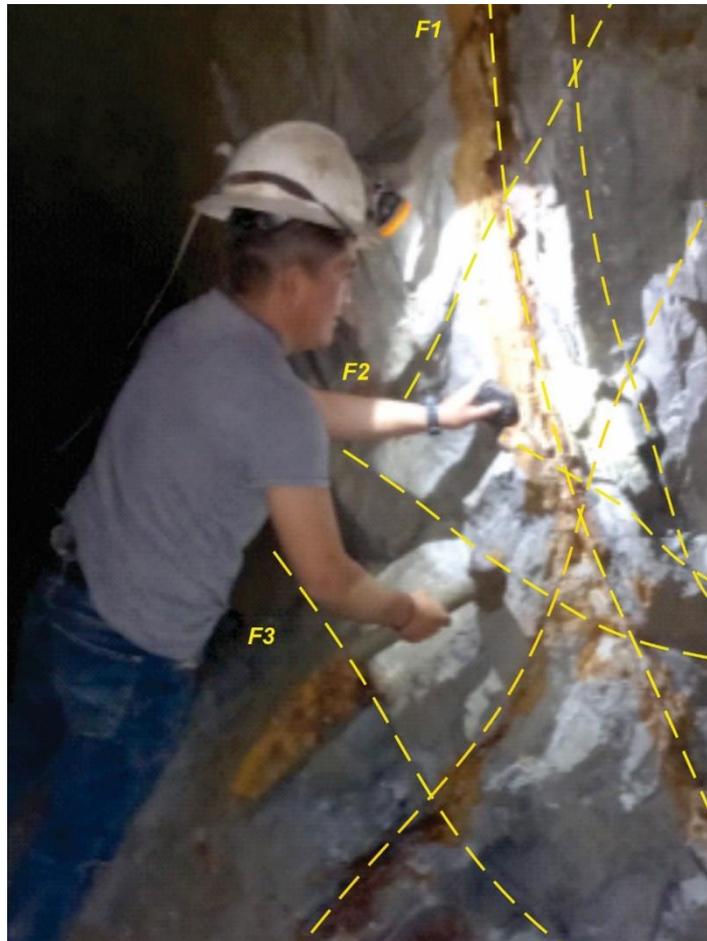


Figura 36 Fracturas determinadas en la Estación GM- 04

4.1.4.1. Cálculo del RQD

Debido a que no existen testigos de perforación se ha optado por la aplicación de la siguiente formula:

$$RQD = 115 - 3,3 * Jv(\%)$$

Donde:

Jv= número de fracturas: 13

RQD= 115- 3.3 (13) = 72%

4.1.4.2. Cálculo del RMR y Q de Barton de la Estación Geomecánica 4 (EG-04)

Para el cálculo del RMR se ha utilizado el método de Bieniawski (1989) en donde se considera 5 parámetros, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 30 Parámetros para el cálculo del RMR en la estación EG- 04

1	Resistencia de matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga Puntual	> 10	4-10	2- 4	0-2	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	> 250	100- 250	50- 100	25- 50	5- 25	1- 5	< 1
	Puntaje		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100	75- 90	50 - 75	25- 50	< 25		
	Puntaje		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las diaclasas		> 2 m	0.6- 2 m	200- 600 mm	60- 200 mm	< 60 mm		
	Puntaje		20	15	10	8	5		
4	Longitud (Persistencia)		< 1 m	1- m	3- 10 m	10- 20 m	> 20 m		
	Puntaje		6	4	2	1	0		
	Separación (abertura)		Ninguna	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
	Puntaje		6	5	4	1	0		
	Rugosidad		Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficies pulidas		
	Puntaje		6	5	3	1	0		
	Relleno		Ninguno	duro < 5mm	duro > 5 mm	Blando < 5mm	Blando > 5 mm		
	puntaje		6	4	2	2	0		
	Meteorización		Inalterada	Ligeramente meteorizada	Moderadamente meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta		
	Puntaje		6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Flujo por cada 10 m. De longitud del túnel (1/mm)	Ninguno	< 10	10 a 25	25 - 125	> 125		
		(Presión de agua en la diaclasa) Tensión principal mayor o1)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condiciones generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo		
	Puntaje		15	10	7	4	0		

Tabla 31 Corrección por orientación de discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorable	favorable	Medias	Desfavorables	Muy desfavorable
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cementaciones	0	-2	-7	-15	-15
	Taludes	0	-5	-25	-50	-25

$$\text{RMR B\u00c1SICO} = 7+13+8+2+5+3+2+5+7-2=50$$

$$\text{RMR B\u00c1SICO JUSTADO} = 7.5+13.8+8.5+2+5+3+2+5+7-2= 51.8$$

Tabla 32 Resultados de los m\u00e9todos utilizados

Resistencia de la Roca (Martillo de Schmidt)					95 MPa	
M\u00e9todo utilizado					Q de Barton	
					RQD	72
Puntuaci\u00f3n	Numeraci\u00f3n	72	51.8	46.8	Jn	4
					Jr	1.5
					Ja	3.0
					Jw	0.66
					SRF	2.5
					Q	2.38
Puntuaci\u00f3n	Calidad	Regular	Regular	Regular	Q	Mala

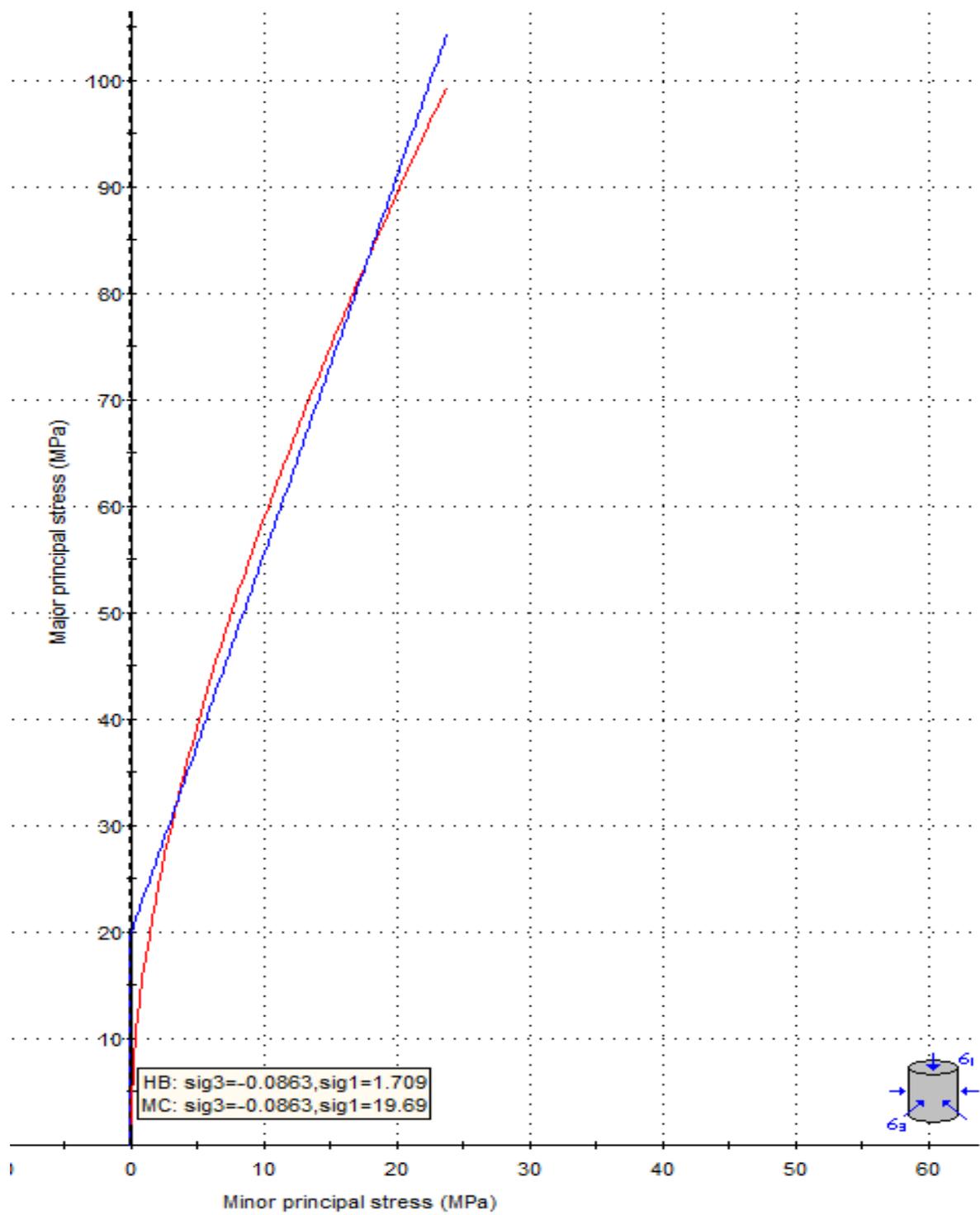


Figura 37 Esfuerzo mayor vs esfuerzo menor de las arenas del frente de avance de la Estación EG- 04

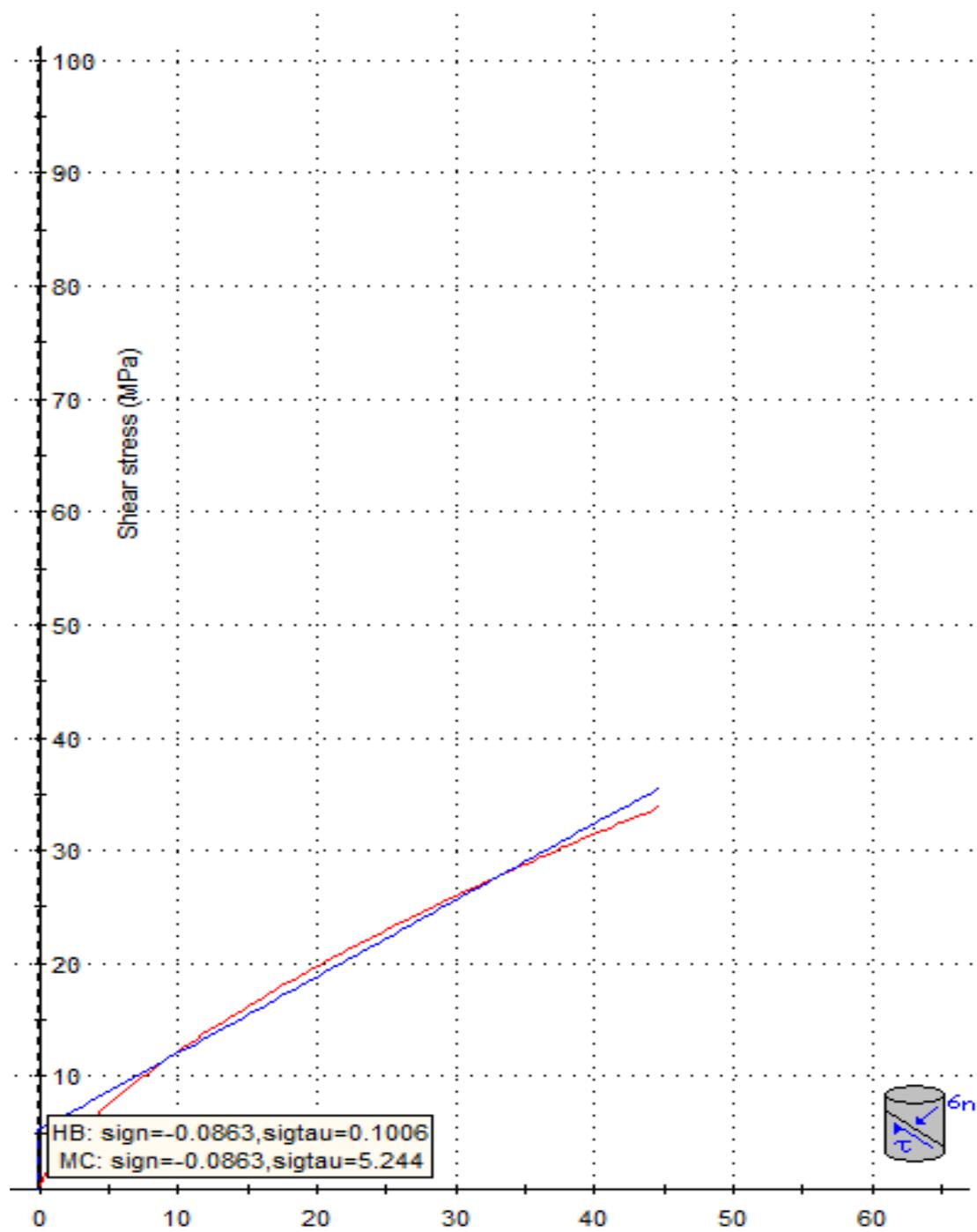
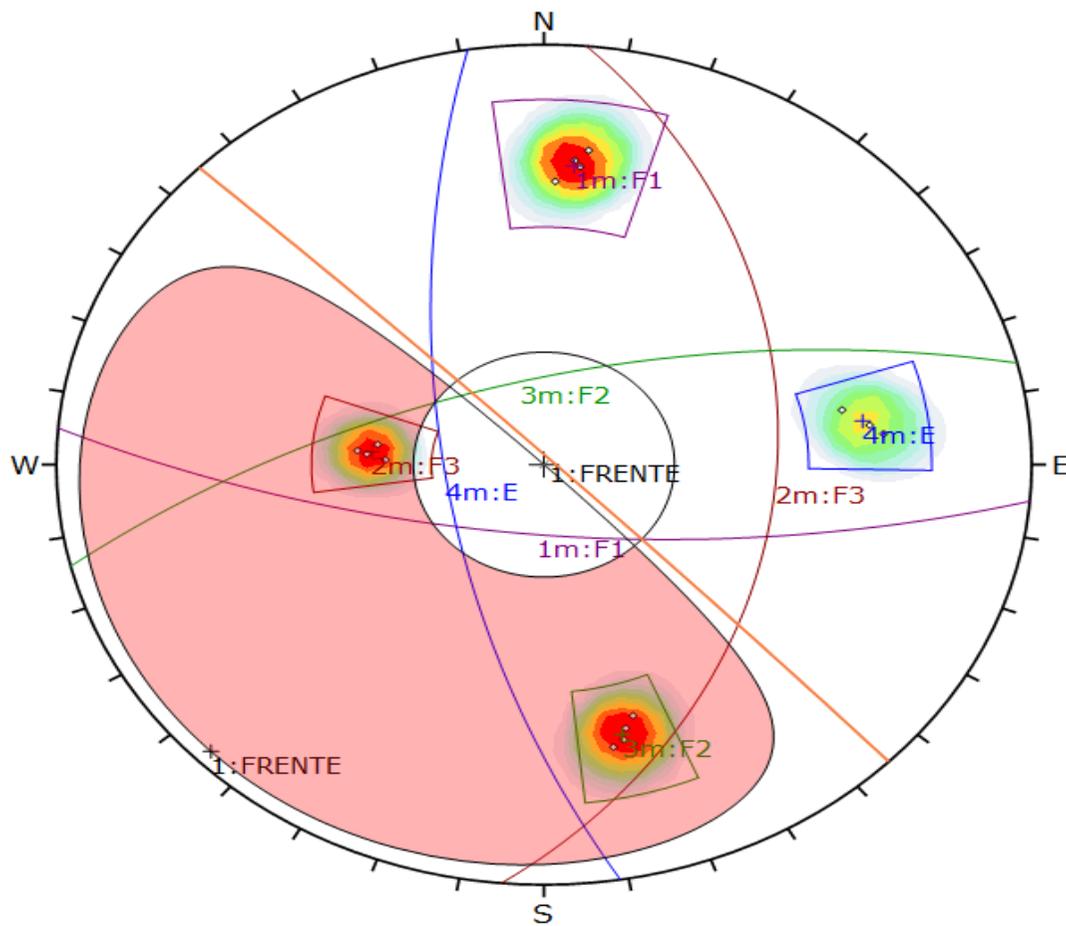


Figura 38 esfuerzo normal vs esfuerzo de corte de las areniscas del frente de avance de la Estación EG- 04



Color	Density Concentrations		
	0.00 - 2.60		
	2.60 - 5.20		
	5.20 - 7.80		
	7.80 - 10.40		
	10.40 - 13.00		
	13.00 - 15.60		
	15.60 - 18.20		
	18.20 - 20.80		
	20.80 - 23.40		
	23.40 - 26.00		
Contour Data			
Maximum Density	25.96%		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Contour Data Pole Vectors			
Maximum Density	25.96%		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	88		
Slope Dip Direction	45		
Friction Angle	30°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	8	15	53.33%
Planar Sliding (Set 2: F3)	4	4	100.00%
Planar Sliding (Set 3: F2)	4	4	100.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	88	45	FRENTE
Mean Set Planes			
1m	71	185	F1
2m	39	95	F3
3m	67	346	F2
4m	67	261	E
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		15 (15 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

Figura 39 Análisis estructural mediante el software DIP de las discontinuidades de la Estación EG- 04

4.1.5. Cálculo del GSI

De acuerdo a la inspección visual insitu del macizo rocoso y utilizando la tabla de Clasificación GSI y en sus cuatro (04) estaciones geomecánicas analizadas cae dentro de F/R, que corresponde a un macizo rocoso moderadamente fracturado y regular. Este resultado es coincidente con los cálculos de RMR y Q de Barton.

Tabla 33 Clasificación Rocosa GSI

CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN GSI MODIFICADO		CONDICIÓN SUPERFICIAL									
<p>Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal medidas in situ con un flexómetro, la mala voladura afecta esta condición. Para la resistencia se toma en cuenta la condición de fracturas (abertura, alteración, rugosidad, relleno y recubrimiento).</p> <p>Si las fracturas están cerradas o levemente abiertas, se determina la resistencia golpeando o indentando la roca (resistencia de la roca intacta).</p> <p>En la caracterización del macizo rocoso no se toma en cuenta la presencia de agua, estado tensional y los métodos constructivos</p> <p>CLASIFICACIÓN CUALITATIVA</p>		MUY BUENA (MB) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS O IRREGULARES ONDULADAS, INALTERADAS, CERRADAS (Rc>250MPa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA)		BUENA (B) DISCONTINUIDADES RUGOSAS Y ONDULADAS. PRESENTA SUPERFICIE CON OXIDACIÓN, LIGERAMENTE ABIERTA 1-2mm (Rc 100-250MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)		REGULAR (R) DISCONTINUIDADES LISAS, ONDULADAS CON RECUBRIMIENTO DE SERICITA Y CLORITA, MODERADAMENTE ABIERTA DE 2-5mm. (Rc 50-100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)		POBRE (P) SUPERFICIE LISAS, PLANAS CON ESTRÍAS, ABIERTA DE 5mm A 1cm, CON RECUBRIMIENTO DE SERICITA Y CAOLIN, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (Rc: 25-50 MPa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)		MUY POBRE (MP) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRÍADA, INTENSAMENTE ALTERADA Y MUY ABIERTA >1cm, RELLENO DE FRAGMENTOS EN MATRIZ BLANCA O PANIZO. (Rc <25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)	
ESTRUCTURA		VOLUMEN DE BLOQUE, V _b									
<p>LEVEMENTE FRACTURADA (LF) TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI, (RQD 75-100) (1 A 5 FRACT. POR METRO) 20cm<ESPAC. ENTRE DIACLASAS>100cm</p>	100cm 50cm 40cm	LF/MB	LF/B	LF/R	LF/P	—	1m ³				
<p>MODERADAMENTE FRACTURADA (F) TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI, (RQD 50-75) (6 A 10 FRACT. POR METRO) 10cm<ESPAC. ENTRE DIACLASAS<20cm</p>	20cm 15cm 10cm	F/MB	F/B	F/R	F/P	F/MP	1dm ³				
<p>MUY FRACTURADA (MF) CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25-50) (11 A 20 FRACT. POR METRO) 5cm<ESPAC. ENTRE DIACLASAS<10cm</p>	8cm 6cm	—	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP	1cm ³				
<p>INTENSAMENTE FRACTURADA (IF) PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO FRAGMENTOS ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0-25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO) 2cm<ESPAC. ENTRE DIACLASAS<5cm</p>	4cm 2cm	—	—	IF/R	IF/P	IF/MP	1cm ³				
<p>TRITURADA (T) MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FÁCILMENTE DISGREGABLES, ÁNGULOS Y REDONDEADOS EN MATRIZ ARCILLOSA (SIN RQD)</p>	1cm	—	—	—	T/P	T/MP	1cm ³				
C. VALLEJO, 2011		12	4.5	1.7	0.67	0.25	0.1				
		FACTOR DE ESTADO DE DIACLASAS, J _c									

4.1.6. Análisis de los resultados de los análisis geomecánicos

Las cuatro estaciones geomecánicas analizadas arrojan valores similares de RMR de 56.8, 51.8, 54.8 y 51.6 y que corresponden a una clasificación de un macizo rocoso regular. Para el GSI se aplicó la fórmula RMR-5 y cuyos valores encajan en F/R de la tabla de GSI. Mientras que el Q de Barton arrojan valores de 2.44, 2.15 y 2.38 respectivamente que clasifica al macizo rocoso de mala calidad.

Tabla 34 Resultado de los métodos geomecánicos utilizados

Estaciones geomecánica	RQD	RMR	GSI	Q
EG- 01	74.0	56.8	51.8	2.44
EG- 02	78.7	51.8	46.8	2.44
EG- 03	65.0	54.8	49.8	2.15
EG- 04	72.0	51.8	46.8	2.38

4.1.7. Cálculo de reservas del Nivel 2 de la Mina Esperanza

Después de evaluar la calidad del macizo rocoso que dio como resultado del Tipo III (roca regular). Se procedió a realizar la influencia de esta calidad sobre las reservas mineras en el entorno del frente de avance de la galería del Nivel II de la Mina Esperanza.

Para ello se van a utilizar 18 resultados de los análisis químicos de Ag y Au realizado en el Laboratorio Químico Eliseo Avogadro. Además, se utilizaron los siguientes datos:

Factor de dilución= 0.3 metros

Ancho mínimo de explotación (AME)= 1.50m

Ancho de veta=1.20m

Altura del frente de avance= 1,80m

Avance de la explotación= 5.0m

Peso específico del mineral= 3.0 TM/m³

Peso específico del desmonte= 2.7 TM/m³

Formulas utilizadas:

Ley diluida= $\frac{\text{sumatoria (ancho de veta X Ley de mineral)}}{\text{Sumatorio ancho diluido}}$

Ancho diluido= $\frac{\text{Sumatoria de ancho diluido}}{\text{Numero de muestras}}$

Ley corregida= Ley diluida X Porcentaje de castigo

Ley promedio= $\frac{\text{Sumatoria (ley X Ancho diluido)}}{\text{Sumatoria de ancho}}$

Promedio ancho de veta= $\frac{\text{sumatoria de ancho de veta}}{\text{numero de muestras}}$

Ley diluida= $\frac{\text{sumatoria (ancho de veta x ley de mineral)}}{\text{sumatorio ancho diluido}}$

Ancho diluido= $\frac{\text{sumatoria de ancho diluido}}{\text{numero de muestras}}$

ley corregida= ley diluida x porcentaje de castigo

Ley promedio= $\frac{\text{sumatoria (ley x ancho diluido)}}{\text{sumatoria de ancho}}$

Promedio ancho de veta= $\frac{\text{sumatoria de ancho de veta}}{\text{numero de muestras}}$

Volumen mineral= ancho de veta * ancho del frente* avance

Volumen desmonte= ancho del frente* avance* (0.3, 0.5, 0.8)

Factor de dilución= Tonelaje Desmonte/tonelaje mineral

% de dilución= $(\text{Factor de dilución}/(1+\text{factor de dilución})) * 100$

Tabla 35 Leyes de Au y Ag proporcionados por la empresa

Muestra	A	B	C	D	AXC	AXD
	Ancho veta	Ancho diluido	Leyes (gr/TM)		Ancho veta x ley de Au	Ancho veta x ley de Ag
			Au	Ag		
1	1.2	1.5	14.3	69.7	17.16	83.64
2	1.2	1.5	14.45	70.03	17.34	84.036
3	1.2	1.5	15.03	72.14	18.036	86.568
4	1.2	1.5	14.44	70.03	17.328	84.036
5	1.2	1.5	14.55	73.86	17.46	88.632
6	1.2	1.5	14.69	76.55	17.628	91.86
7	1.2	1.5	14.22	72.14	17.064	86.568
8	1.2	1.5	14.59	71.88	17.508	86.256
9	1.2	1.5	14.44	70.03	17.328	84.036
10	1.2	1.5	15.57	71.6	18.684	85.92
11	1.2	1.5	14.64	73.71	17.568	88.452
12	1.2	1.5	16.37	73.27	19.644	87.924
13	1.2	1.5	14.72	74.11	17.664	88.932
14	1.2	1.5	14.65	72.99	17.58	87.588
15	1.2	1.5	15.43	74.39	18.516	89.268
16	1.2	1.5	14.75	73.67	17.7	88.404
17	1.2	1.5	14.77	71.88	17.724	86.256
18	1.2	1.5	14.7	73.83	17.64	88.596
TOTAL	21.6	27	266.31	1305.81	319.572	1566.972

Fuente: Laboratorio Químico Eliseo Avogadro

Aplicando las fórmulas propuestas anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 36 Resultados de las leyes y espesores promedios

Ley diluida promedio de Au	11.836 gr/TM	Ley diluida promedio de Ag	68.12921739 gr/TM
Ley promedio Au	14.79 gr/TM	Ley promedio Ag	72.545 gr/TM
Ley promedio de ancho	1.2m	-	-
Promedio ancho diluido	1.5m	-	-

4.1.7.1. Análisis del incremento del desmote por dilución geomecánica

Volumen de mineral sin desmote

Aplicando AME=1.2m

Volumen=1.20m* 1.8m* 5.0m

Volumen mineral 10.8m³

Tonelaje de mineral

Tonelaje= 10.8 m³ *3TM/m³

Tonelaje de mineral =32.4 TM

Aplicando un AME= 1.5m

Tonelaje de desmote= 0

Volumen de mineral

Volumen=1.20m* 1.8m* 5.0m

Volumen mineral 10.8m³

Tonelaje de mineral

Tonelaje= 10.8 m³ *3TM/m³

Tonelaje de mineral =32.4 TM

Volumen del desmote

Volumen =0.3m*1.8m*5.0m

Volumen desmote=2.7 m³

Tonelaje del desmote

Tonelaje= 2.7 m³ *2.7TM/ m³

Tonelaje desmote=7.29TM

Factor de dilución:

FDil=7.29TM/32.4 TM

FDil=0.225

% de dilución

% Dilución= $\frac{0.225 * 100}{1+0.225}$

% Dilución = 18.37%

Aplicando un ancho mínimo de explotación de 1.80m por dilución geomecánica:

Entonces: ancho diluido- AME= 180-1.20=0.60m de desmote

Volumen de mineral

$$\text{Volumen mineral} = 1.20\text{m} * 1.8\text{m} * 5.0\text{m}$$

$$\text{Volumen mineral} = 10.8\text{m}^3$$

Tonelaje de mineral

$$\text{Tonelaje mineral} = 10.8 \text{ m}^3 * 3\text{TM}/\text{m}^3$$

$$\text{Tonelaje mineral} = 32.4 \text{ TM}$$

Volumen del desmonte

$$\text{Volumen} = 0.6\text{m} * 1.8\text{m} * 5.0\text{m}$$

$$\text{Volumen desmonte} = 5.4 \text{ m}^3$$

Tonelaje del desmonte

$$\text{Tonelaje} = 5.4\text{m}^3 * 2.7\text{TM}/\text{m}^3$$

$$\text{Tonelaje desmonte} = 14.58\text{TM}$$

Factor de dilución:

$$\text{FDil} = 14.58\text{TM} / 32.4 \text{ TM}$$

$$\text{FDil} = 0.45$$

% de dilución

$$\% \text{ Dilución} = \frac{0.45 * 100}{1 + 0.45}$$

$$\% \text{ Dilución} = 31.03\%$$

Aplicando un ancho mínimo de explotación de 2.1m por dilución geomecánica:

Entonces: Ancho diluido- AME = 2.10 - 1.20 = 0.90m de desmonte

Volumen de mineral

$$\text{Volumen} = 1.20\text{m} * 1.8\text{m} * 5.0\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 10.8\text{m}^3$$

Tonelaje de mineral

$$\text{Tonelaje} = 10.8 \text{ m}^3 * 3\text{TM}/\text{m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = 32.4 \text{ TM}$$

Volumen del desmonte

$$\text{Volumen} = 0.9\text{m} * 1.8\text{m} * 5.0\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 8.1 \text{ m}^3$$

Tonelaje del desmonte

$$\text{Tonelaje} = 8.1\text{m}^3 * 2.7\text{TM}/\text{m}^3$$

Tonelaje=21.87TM

Factor de dilución:

FDil=21.87TM/32.4 TM

FDil=0.68

% de dilución

$$\% \text{ Dilución} = \frac{0.68 * 100}{1+0.68}$$

% Dilución = 40.48%

Tabla 37 Incremento del tonelaje de desmonte por dilución geomecánica

Ancho de veta (m)	AME por dilución geomecánica (m)	Volumen desmonte m ³	Tonelaje desmonte (TM)	Factor de dilución	% Dilución
1.2	1.5	2.70	7.29	0.225	18.37
1.2	1.8	5.40	14.58	0.45	31.03
1.2	2.1	8.10	21.87	0.68	40.48
1.2	2.4	10.8	29.16	0.90	47.37

4.1.7.2. Tonelaje de desmonte vs Dilución

La figura 40 muestra una relación directamente proporcional entre el aumento de ancho de minado por dilución geomecánica y el tonelaje del desmonte. Esto significa que a medida que aumenta el ancho de minado, debido a la mala calidad de la roca y entre otros factores como malas técnicas aplicadas en la explotación del mineral, aumenta el tonelaje del estéril o desmonte. Esto genera que este desmonte se mezcle con el mineral, incrementándose el total del tonelaje por consiguiente encareciendo los costos operativos.

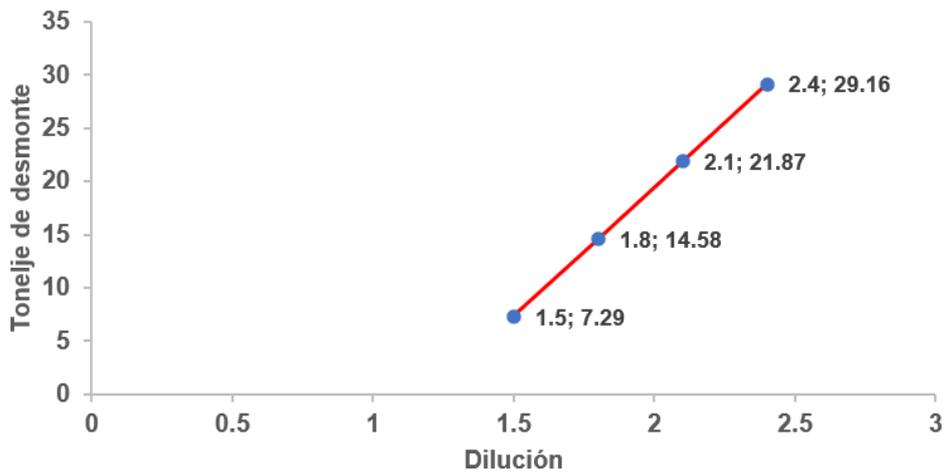


Figura 40 Aumento de la dilución vs Aumento de tonelaje de desmonte

4.1.7.3. Tonelaje de desmonte vs Factor de dilución

La Figura 41 demuestra una relación directa entre el Tonelaje y el Factor de dilución. Es decir, al aumentar el factor de dilución aumenta también el tonelaje del desmonte. Conocer el factor de dilución es importante porque sirve para controlar la explotación.

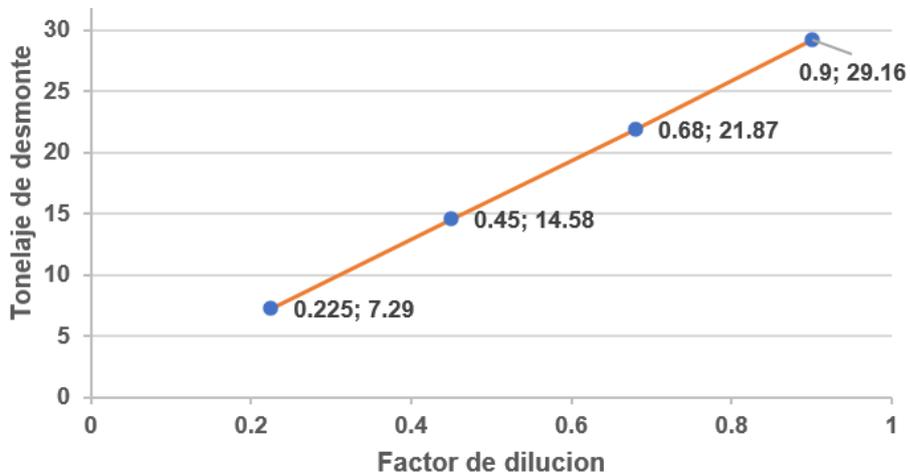


Figura 18 Aumento del factor de dilución vs Aumento de tonelaje de desmonte

4.1.7.4. Factor de dilución vs porcentaje de dilución

Existe una relación directa entre el factor de dilución y el porcentaje de dilución. Al aumentar el factor de dilución aumenta el % de dilución. Ambos valores son importantes porque sirven para controlar el tonelaje del desmonte.

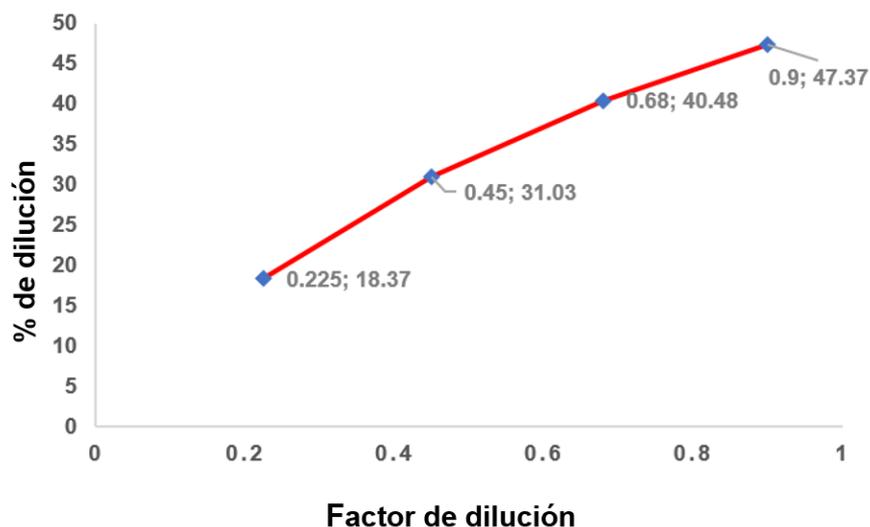


Figura 41 Factor de dilución vs porcentaje de dilución

4.1.7.5. Calidad geomecánica de la roca vs tonelaje

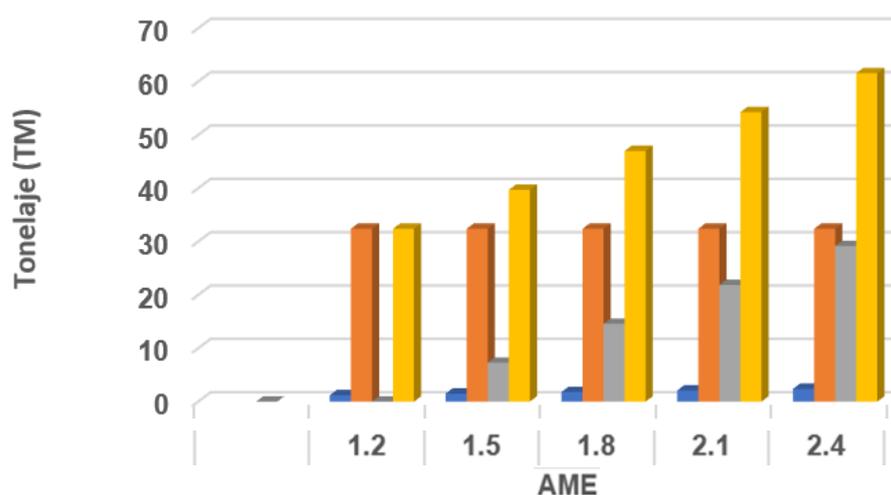
La determinación de las características geomecánicas de la roca caja de la galería del Nivel II de la Mina Esperanza tiene una influencia directa sobre la dilución en el momento de la explotación del mineral y por lo tanto en el incremento del tonelaje. En la siguiente tabla se demuestra que, ante un ancho de minado de 1.2m, la explotación no origina desmonte, pero ante un incremento del AME en 0.3m debido a la calidad de la roca (Tipo III, Regular) se llega a 1.5m produciéndose 7.29 TM de desmonte. Al incrementarse el AME a 1.8, 2.1 y 2.4m respectivamente ante una disminución de la calidad geomecánica de la roca, se incrementa el tonelaje de desmonte como consecuencia de ello se incrementa el tonelaje total. Este aumento actúa negativamente en la recuperación metalúrgica del mineral además del empobrecimiento de la ley de los minerales de Au y Ag. Además, las instalaciones de procesamiento de mineral serán copado por el material excedente incrementándose los costos de producción. En la figura () se observa una relación directamente proporcional entre la dilución por geomecánica y tonelaje del material.

Tabla 38 Incremento del ancho diluido en 0.6 m e incremento del tonelaje del material

AME	Tonelaje mineral (TM)	Tonelaje desmonte (TM)	Tonelaje total TM
1.2	32.4	0.00	32.4
1.5	32.4	7.29	39.69
1.8	32.4	14.58	46.98
2.1	32.4	21.87	54.27
2.4	32.4	29.16	61.56

4.1.7.6. Tonelaje del mineral, tonelaje de desmonte y dilución geomecánica

La figura muestra que el tonelaje del mineral permanece constante, mientras que el tonelaje del desmonte se incrementa a medida que el AME se incrementa debido a la reducción de la calidad de la roca (dilución geomecánica).



■ Tonelaje mineral (TM)		32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
■ Tonelaje desmonte	0	0	7.29	14.58	21.87	29.16
■ Tonelaje total (TM)		32.4	39.69	46.98	54.27	61.56

Figura 42 Se muestra que el tonelaje del mineral se mantiene constante

4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La calidad del Macizo rocoso, del Frente de avance del Nivel 2 de la Mina Esperanza, arroja una clasificación RMR de roca regular tipo III, con un GSI de F/R. Estos resultados indican que en el proceso de explotación se está produciendo una dilución geomecánica de 0.3m. Además, si la calidad de la roca disminuye aumentará el AME incrementándose significativamente el tonelaje de desmonte con el consiguiente encementándose los costos de operación. Por todos estos resultados se demuestra que la calidad geomecánica del macizo rocoso tiene una gran influencia en el cálculo de reservas mineras por lo que la hipótesis se contrasta positivamente.

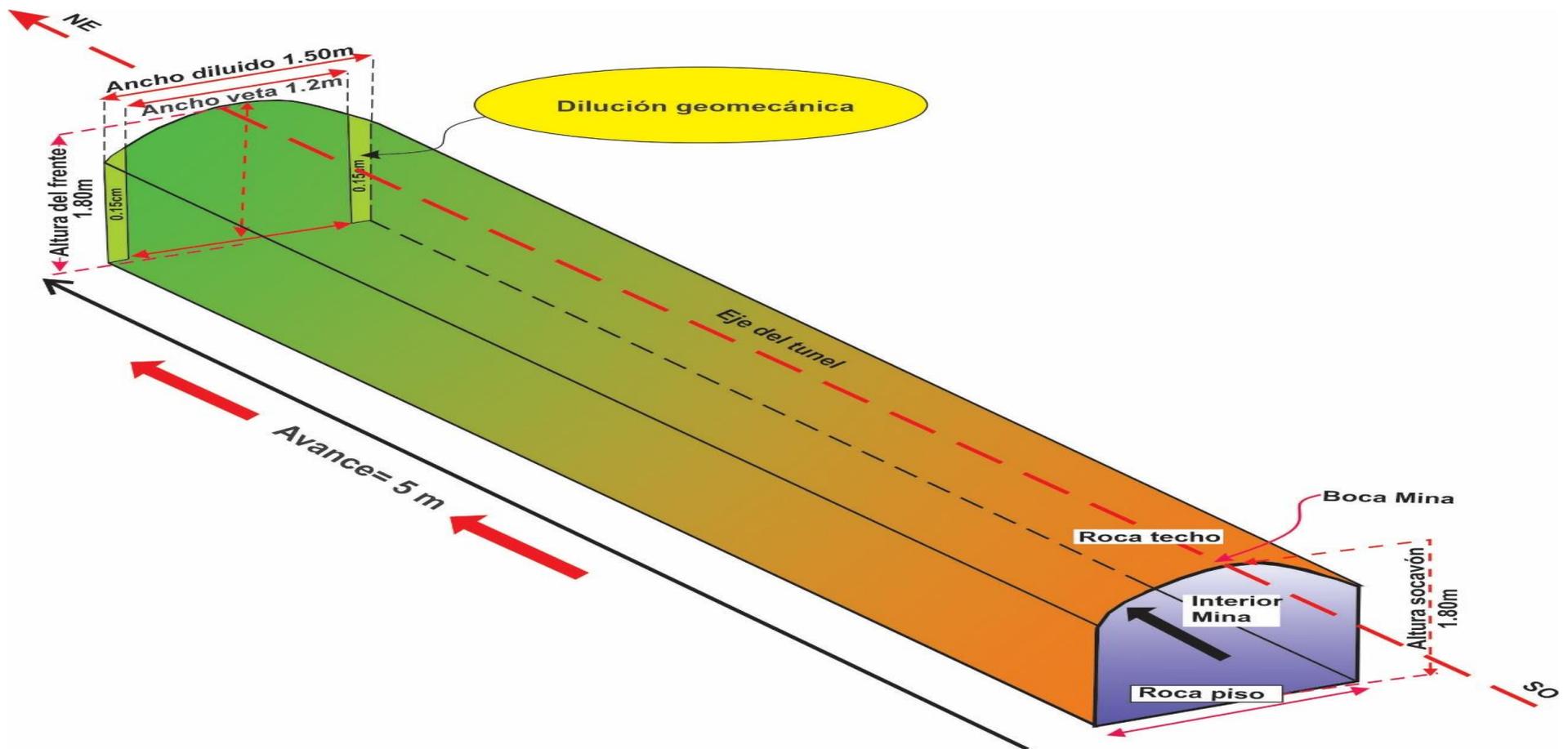


Figura 43 Block diagrama en donde se representa las partes de la galería de la Mina Esperanza Novel 2 y la dilución geomecánica.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La caracterización geomecánica en la mina Nueva Esperanza obtenida mediante los métodos RMR, RQD y GSI indican un macizo rocoso de regular calidad tipo III y F/R con valores de RMR de 51.8 y 56.

El Método de Q de Barton determina valores entre 2.15 y 2.44 que indica un macizo rocoso de mala calidad. El macizo rocoso de regular a mala calidad produce una dilución geomecánica exagerada si es que no se realiza una explotación tecnificada.

La mina Nueva Esperanza se ubica en el núcleo del anticlinal Algamarca dentro de rocas areniscas de la Formación Chimú. Estas rocas son muy frágiles a los esfuerzos por lo se muestran muy fracturadas.

Las fracturas son de distensión, compresión y oblicuas y que afectan la calidad del macizo rocoso contribuyendo a la dilución geomecánica.

El desmante producido, ante un incremento del AME por mala calidad de la roca y por una mala técnica de explotación, se incrementa demasiado lo que generará un desborde en la capacidad de la planta y un encarecimiento de los costos de producción.

5.2. RECOMENDACIONES

A los responsables de la mina Esperanza considerar la calidad del macizo rocoso en el momento de la explotación para reducir la dilución y evitar costos innecesarios.

A los técnicos en perforación y voladura de la Mina Esperanza considerar en sus cálculos la calidad del macizo rocoso para evitar la sobrerotura y la dilución geomecánica exagerada.

Concientizar a los trabajadores de la Mina Esperanza que una dilución exagerada es sinónimo de incremento excesivo del desmonte generando un empobrecimiento de la ley del mineral e incrementándose los costos de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barton, N., Lien, R. & Lunde J., 1974 Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, 6: 189-236.
- Capes, G. W. 2009 Open stope hangingwall design based on general and detailed data collection in rock masses with unfavourable hangingwall conditions. University of Saskatchewan.
- Calixto, C. 2015 Control de dilución optimizando los procesos unitarios de perforación, voladura y acarreo: Caso práctico; una mina subterránea del norte. Tesis para obtener el título de ingeniero de Minas. Pontificia Universidad Católica del Perú
- Cartaya, M. 2021 Caracterización Geomecánica de macizos rocosos en obras subterráneas de la Región Oriental del país Cuba. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Cuba.
- Castillo, H. & Alban, J. Importancia cultural de la Flora silvestre de la provincia de Cajabamba. Cajamarca- Perú.
- Cepuritis, P. M. & Villaescusa, E. 2006 Comprehensive back analysis techniques for assessing factors affecting open stope performance, paper presented at the Rock Mechanics in Underground Construction ISRM International Symposium 2006: 4th Asian Rock Mechanics Symposium, City.
- Contreras, R. 2013 Geomecánica y dilución.
- Cuyubamba, H. 2019 Zonificación geomecánica para optimizar el diseño de malla de perforación y voladura Unidad Minera Parcoy Consorcio Minero Horizonte S.A C. tesis para optar el título de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP). Facultad de Ingeniería de Minas La Libertad Perú.
- Diederichs, M. S. & Kaiser, P. K. 1999. Tensile strength and abutment relaxation as failure control mechanisms in underground excavations. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 36(1), 69- 96.
- Gavilanes, J. y Andrade, B. 2004 introducción a la ingeniería de Túneles. Caracterización, Clasificación y Análisis Geomecánico de macizos rocosos. Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador (AIME). Quito- Ecuador.

- González de Vallejo, L. 2002. Ingeniería Geológica. Madrid, España. Prentice Hall. 715 p.
- Henning, J. G. & Mitri, H. S. 2007 Numerical modelling of ore dilution in blasthole stopping. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 44(5), 692-703.
- Henning, J. & Mitri, H. 2008 Assessment and control of ore dilution in long hole mining: Case studies. *Geotechnical and Geological Engineering*, 26(4), 349-366.
- Hoek, E. (1968) Brittle failure of rock, in: K. G. S. A. O. C. Zienkiewicz (Ed.) *Rock mechanics in engineering practice*. London, John Wiley & Sons Ltd.), 99-124
- Huamani, W. 2022 Trade off entre el método de tajeo por subniveles y el corte y relleno ascendente para minar la Veta Thalia de una mina Subterranea. Lima: Pontificia Universidad Católica del Peru.
- Hoek, E., Carranza, T. & Corrum, B. 2000 "Hoek Brown failure criterion". 2002 edition: In R. Hammah, W. Bawden, J. Cur ran & M. Telesnicki (Eds). *Procedings of NARMS TAC 2002; Mining Innovation and technology*. Toronto 10 July 2002 pp 267 273. University of Toronto.
- Lagos A. Quispe Z. 2008. Modelamiento estructural de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Bolívar. PERUMIN. 29 convención Minera de Arequipa.
- López, E. Estudio Geotécnico y Diseño del Talud final de una mina a Cielo Abierto aplicando Modelos Numéricos. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica E.A.P. de Ingeniería de Minas. Lima Perú.
- Maquera, D. 2018 Aplicación de la Geomecánica para el control de Dilución en la Implementación de la Explotación por Cámaras y Pilares en la Unidad Minera Cori Puno S.A.C. UNTACA. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero de Minas. Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Universidad Nacional del Altiplano Perú.

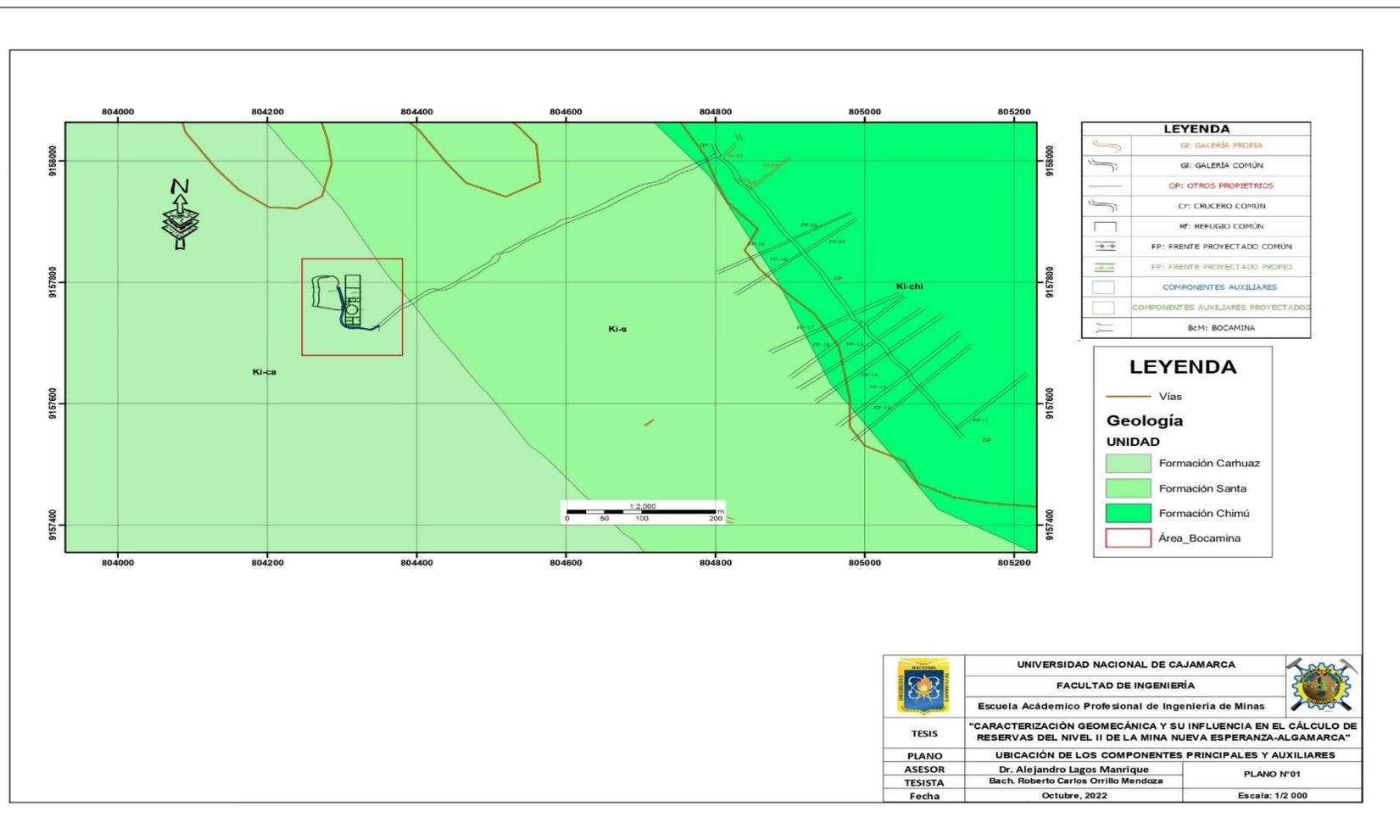
- Martin, C. D., Kaiser, P. K. & Christiansson, R. 2003 Stress, instability and design of underground excavations. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 40(7–8), 1027-1047.
- Mah, S. 1997 Quantification and prediction of wall slough in open stope mining methods. University of British Columbia.
- Pakalnis, M. 2010 Ground Support Methodology Employing Shotcrete for Underground Mines.
- Parra, A. 2015 Planificación Minera a Cielo Abierto utilizando Fundamentos Geomecánicos. Para optar el Grado de Magister en Minería. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería de Minas. Santiago de Chile.
- Potvin, Y. 1988 Empirical open stope design in Canada. University of British Columbia.
- Quinto, J. & Huamanyalli, R. 2017 Análisis Geomecánico para la Selección Óptima del Método de Explotación de la veta Almiranta Zona profundización de la Mina Quiruvilca Sociedad Minera Quiruvilca Inversiones S.A. La Libertad. Facultad de Ingeniería de Minas Civil y Ambiental. Escuela profesional de Ingeniería de Minas. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.
- Reyes, L. 1980, Boletín N°.31 Geología de los cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16g).
- Rodríguez, F. 2021 Dilución de Minerales Modelos y casos. Facultad de Ingeniería de Minas. Universidad Nacional de Cerro de Pasco.
- Salmenmaki Paul. 2018 Reducing Dilution With Narrow-vein Mining: A plan that considers drive size. EBSCOhost. Article, 219(9).
- The JORC CODE 2012 Código JORC Declaración de reservas. Australian Institute of geoscientists (AUSIMM). Prepared by the Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia (JORC
- Tumialan, P. Ríos, E. Perez, E, Vélez. 1982 Mineralización del yacimiento Polimetálico de Algamarca (Cajamarca). XVI Convención de Ingeniero de Minas del Perú, p (1 4), 1 10, (Resumen).

ANEXOS

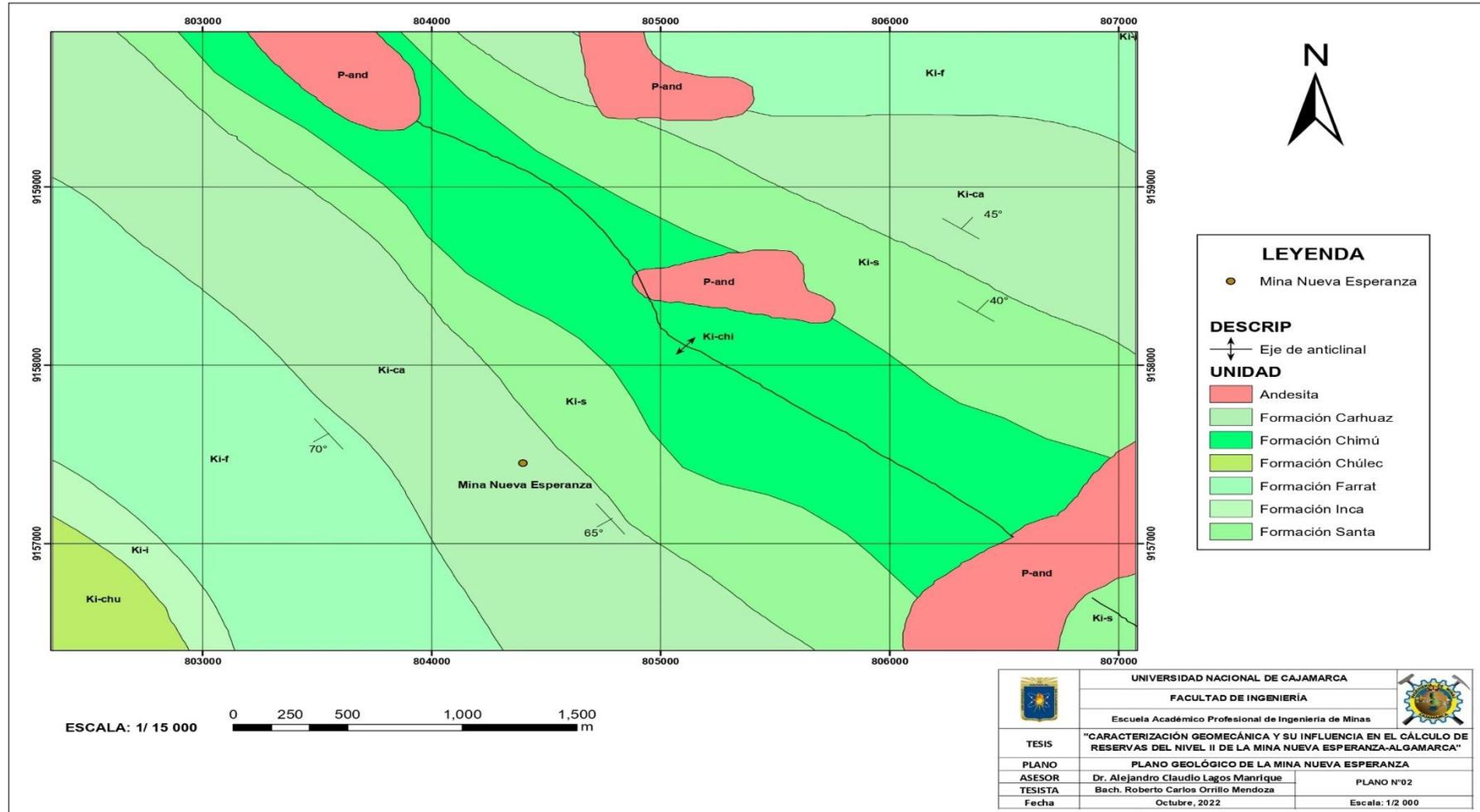
1. PLANO N° 01: UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES Y AUXILIARES
2. PLANO N° 02: GEOLÓGICO DE LA MINA NUEVA ESPERANZA
3. PLANO N° 03: TOPOGRÁFICO DE ALGAMARCA
4. ANÁLISIS QUÍMICO N°1
5. ANÁLISIS QUÍMICO N°2
6. ANÁLISIS QUÍMICO N°3
7. ANÁLISIS QUÍMICO N°4
8. ANÁLISIS QUÍMICO N°5
9. ANÁLISIS QUÍMICO N°6
10. ANÁLISIS QUÍMICO N°7
11. ANÁLISIS QUÍMICO N°8
12. ANÁLISIS QUÍMICO N°9
13. ANÁLISIS QUÍMICO N°10
14. ANÁLISIS QUÍMICO N°11
15. ANÁLISIS QUÍMICO N°12
16. ANÁLISIS QUÍMICO N°13
17. ANÁLISIS QUÍMICO N°14
18. ANÁLISIS QUÍMICO N°15
19. ANÁLISIS QUÍMICO N°16
20. ANÁLISIS QUÍMICO N°17
21. ANÁLISIS QUÍMICO N°18
22. ANÁLISIS QUÍMICO N°19
23. ANÁLISIS QUÍMICO N°20
24. ENSAYO DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN - MUESTRA ESP-01
25. ENSAYO DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN - MUESTRA EG-02CF
26. ENSAYO DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN - MUESTRA EG-03CF
27. ENSAYO DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN - MUESTRA EG-04CF

- 28. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL - MUESTRA EG-01R
- 29. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL - MUESTRA EG-03R
- 30. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL - MUESTRA EG-04

PLANO N° 01: UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES Y AUXILIARES



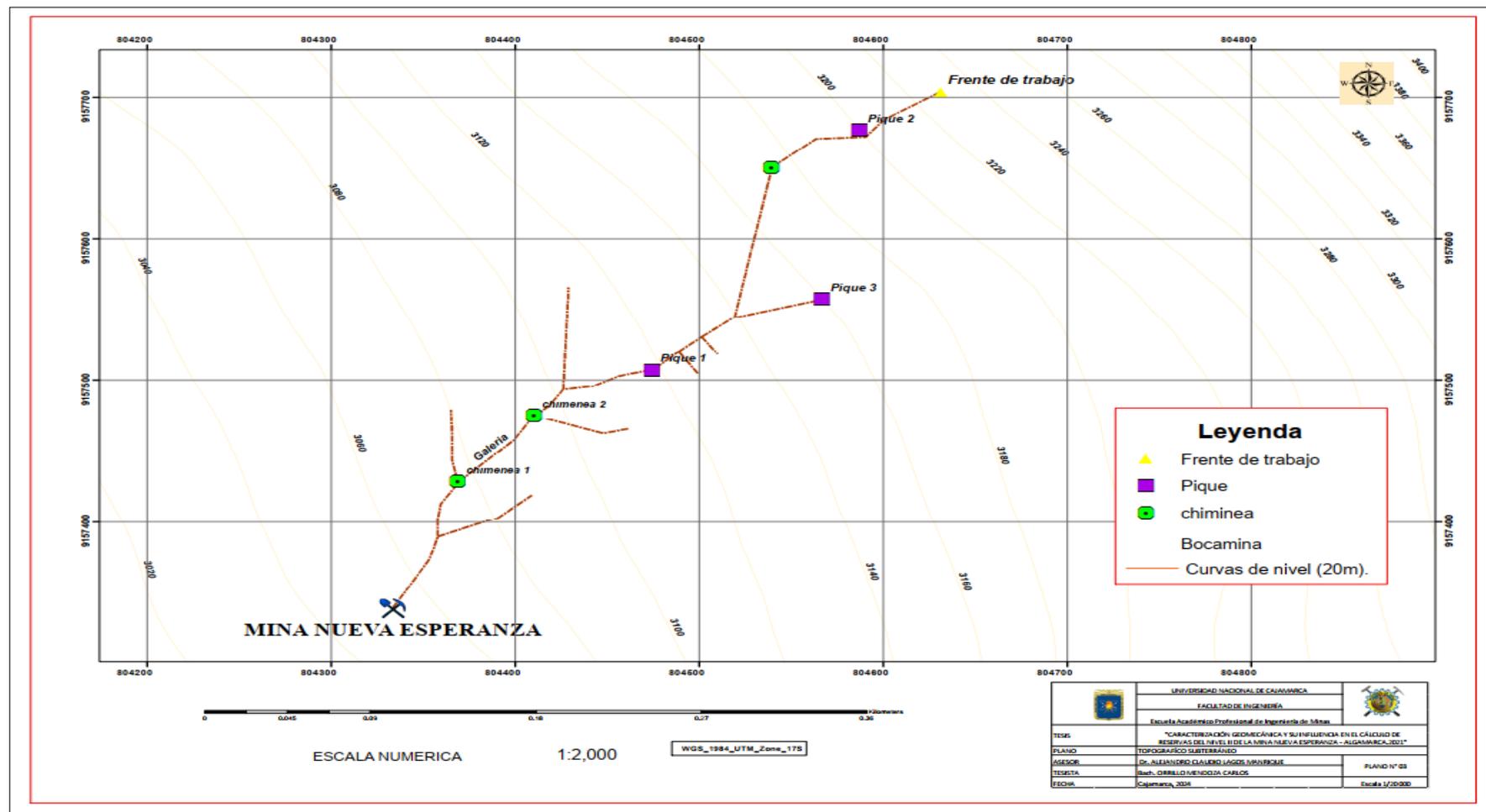
PLANO N° 02: GEOLÓGICO DE LA MINA NUEVA ESPERANZA



ESCALA: 1/ 15 000

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas		
TESIS	"CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL CÁLCULO DE RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA ESPERANZA-ALGAMARCA"		
PLANO	PLANO GEOLÓGICO DE LA MINA NUEVA ESPERANZA		
ASESOR	Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique	PLANO N°02	
TESISTA	Bach. Roberto Carlos Orrillo Mendoza		
Fecha	Octubre, 2022	Escala: 1/2 000	

PLANO N° 03: TOPOGRÁFICO DE ALGAMARCA



ANÁLISIS QUÍMICO Nº 1



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

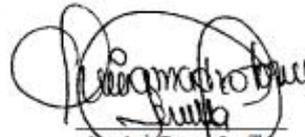
CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Cliente: **ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA** Certificado Nº11330
Muestra: **ANALISIS DE MINERAL**
Codificación: **ROBERTO ORRILLO**
Detalle del envase: **BOLSA SIN SELLAR**
Fecha de recepción: **22/06/2022**
Fecha de emisión: **22/06/2022**

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.30	69.70
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.417	2.033

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Análito: Au - Ag



Ing. Luis Torre Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRÍA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 2



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

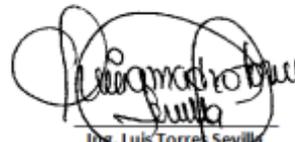
CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Ciente: **ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA** Certificado Nº11345
Muestra: **ANALISIS DE MINERAL**
Codificación: **ROBERTO ORRILLO**
Detalle del envase: **BOLSA SIN SELLAR**
Fecha de recepción: **25/06/2022**
Fecha de emisión: **25/06/2022**

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.45	70.03
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.398	2.136

Método Analítico: **FIRE ASSAY (fundición y copelación)**
Analito: **Au - Ag**



Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 3



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11352
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	15.03	72.14
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.55	2.45

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag

Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS:

FOR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 4



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11353
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.44	70.03
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.40	2.14

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag

Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

- *Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.
- *Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.
- *Los resultados de las muestras se guardaran por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 5



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11346
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 25/06/2022
Fecha de emisión: 25/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.55	73.86
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.45	2.36

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag

Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POA VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 6



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11362
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.69	76.55
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.61	2.71

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag


Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRÍA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardarán por un período máximo de 1 mes.

 Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 7



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

Ciente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11358
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.22	72.14
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.55	2.32

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)

Analito: Au - Ag


Ing. Luis Torre Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardaran por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 8



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado N°11356
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.59	71.88
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.52	2.42

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag



Ing. Luis Torre Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.
*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.
*Los resultados de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 9



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

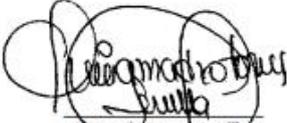
CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11353
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.44	70.03
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.40	2.14

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag



Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POB VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardaran por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 10



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11355
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	15.57	71.60
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.51	2.37

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag

Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRÍA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardaran por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 11



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11359
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.64	73.71
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.97	3.16

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag


Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardaran por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 12



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11361
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	16.37	73.27
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.60	2.66

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)

Analito: Au - Ag

Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardarán por un período máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 13



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

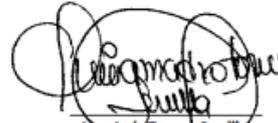
CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado N°11364
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.72	74.11
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	1.35	2.20

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag


Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.
*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.
*Los resultados de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H – Lt 9. URB. MOCHICA – TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 14



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11360
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.65	72.99
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.58	2.61

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)

Analito: Au - Ag


Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardaran por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO N° 15



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado N°11365
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	15.43	74.39
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.66	2.05

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)

Analito: Au - Ag

Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardaran por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO N° 16



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado N°11366
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.75	73.67
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.55	2.30

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag



Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRÍA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.
*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.
*Los resultados de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 17



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

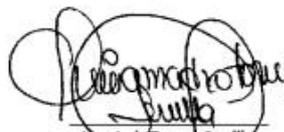
Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11367
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.77	71.88
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.42	2.35

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)

Analito: Au - Ag



Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

PAR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardarán por un período máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 18



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUIMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11363
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.70	73.83
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.63	2.35

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)

Analito: Au - Ag


Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRIA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

 Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
 979434806 - 956986359
 amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
 Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 19



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11357
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.61	72.16
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.54	2.47

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag



Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRÍA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardaran por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ANÁLISIS QUÍMICO Nº 20



Amadeo Avogadro Laboratorio Químico
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES

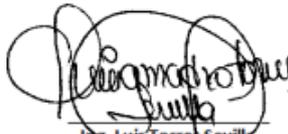
CERTIFICADO DE ENSAYO QUÍMICO

Cliente: ROBERTO CARLOS ORRILLO MENDOZA Certificado Nº11368
Muestra: ANALISIS DE MINERAL
Codificación: ROBERTO ORRILLO
Detalle del envase: BOLSA SIN SELLAR
Fecha de recepción: 27/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022

RESULTADOS:

Descripción de Muestra	LEYES (g/tm)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
A. MINERAL	14.28	72.16
	LEYES (oz/tc)	
	Au (Oro)	Ag (Plata)
	0.71	1.99

Método Analítico: FIRE ASSAY (fundición y copelación)
Analito: Au - Ag



Ing. Luis Torres Sevilla
JEFE DE LABORATORIO
CIP. Nº 192922

NOTA: LOS RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS

POR VOLUMETRÍA MENORES AL 1% SE RECOMIENDA ENSAYO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

*Este reporte no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de Amadeo Avogadro Laboratorio.

*Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los resultados de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

Mz H - Lt 9. URB. MOCHICA - TRUJILLO
979434806 - 956986359
amadeoavogadro.laboratorio@hotmail.com
Amadeo Avogadro Laboratorio

ENSAYO DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN - MUESTRA ESP-01



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : ORRILLO MENDOZA ROBERTO CARLOS
TESIS : CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL
CÁLCULO DE RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA
ESPERANZA. ALGAMARCA.
PROCEDENCIA : MINA ESPERANZA- NIVEL II
MUESTRA : ESP-01
UNIDAD : FORMACIÓN CHIMU
EDAD : CRETÁCICO INFERIOR
FECHA : 10/08/2022

I. Cohesión

Código	Unidad Geológica	Cohesión
ESP- 01	Fm. Chimú	4.9 MPa

I. Ángulo de fricción

Código	Unidad Geológica	Angulo de Fricción
ESP- 01	Fm. Chimú	32°

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C113
NTP 334.131- 2008

Ing. M. Hugo Mosquera Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

ENSAYO DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN - MUESTRA EG-02CF



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : ORRILLO MENDOZA ROBERTO CARLOS
TESIS : CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL
CÁLCULO DE RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA
ESPERANZA. ALGAMARCA.
PROCEDENCIA : MINA ESPERANZA- NIVEL II
MUESTRA : EG-02CF
UNIDAD : FORMACIÓN CHIMU
EDAD : CRETÁCICO INFERIOR
FECHA : 10/08/2022

I. Cohesión

Código	Unidad Geológica	Cohesión
EG- 02CF	Fm. Chimú	4.7MPa

II. Ángulo de fricción

Código	Unidad Geológica	Angulo de Fricción
EG- 02CF	Fm. Chimú	35°

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C113
NTP 334.131- 2008

Ing. MSc. Hugo Masqueiro Estróver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27564

ENSAYO DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN - MUESTRA EG-03CF



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : ORRILLO MENDOZA ROBERTO CARLOS
TESIS : CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL
CÁLCULO DE RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA
ESPERANZA. ALGAMARCA.
PROCEDENCIA : MINA ESPERANZA- NIVEL II
MUESTRA : EG-03CF
UNIDAD : FORMACIÓN CHIMU
EDAD : CRETÁCICO INFERIOR
FECHA : 10/08/2022

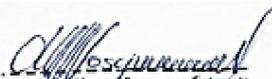
I. Cohesión

Código	Unidad Geológica	Cohesión
EG- 03CF	Fm. Chimú	4.4MPa

II. Ángulo de fricción

Código	Unidad Geológica	Angulo de Fricción
EG- 03CF	Fm. Chimú	33.2°

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C113
NTP 334.131- 2008


Ing. Msc. Hugo Mosquera Estrayer
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

ENSAYO DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN - MUESTRA EG-04CF



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : ORRILLO MENDOZA ROBERTO CARLOS
TESIS : CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL
CÁLCULO DE RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA
ESPERANZA. ALGAMARCA.
PROCEDENCIA : MINA ESPERANZA- NIVEL II
MUESTRA : EG-04CF
UNIDAD : FORMACIÓN CHIMU
EDAD : CRETÁCICO INFERIOR
FECHA : 10/08/2022

I. Cohesión

Código	Unidad Geológica	Cohesión
EG- 04CF	Fm. Chimú	5.1MPa

II. Ángulo de fricción

Código	Unidad Geológica	Angulo de Fricción
EG- 04CF	Fm. Chimú	30.2°

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C113
NTP 334.131- 2008

Ing. Msc. Hugo Alasqueiro Estróver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL - MUESTRA EG-01R



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : ORRILLO MENDOZA ROBERTO CARLOS
TESIS : CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL
CÁLCULO DE RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA
ESPERANZA. ALGAMARCA.
PROCEDENCIA : MINA ESPERANZA- NIVEL II
MUESTRA : EG-01R
UNIDAD : FORMACIÓN CHIMU
EDAD : CRETÁCICO INFERIOR
FECHA : 11/08/2022

I. Resistencia a la Compresión uniaxial

Código	Unidad Geológica	Resistencia a la compresión uniaxial
EG-01R	Fm. Chimú	82MPa

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C113
NTP 334.131- 2008

Ing. Hugo Mosquera Estrayer
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL - MUESTRA EG-03R



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : ORRILLO MENDOZA ROBERTO CARLOS
TESIS : CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL
CÁLCULO DE RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA
ESPERANZA. ALGAMARCA.
PROCEDENCIA : MINA ESPERANZA- NIVEL II
MUESTRA : EG-03R
UNIDAD : FORMACIÓN CHIMU
EDAD : CRETÁCICO INFERIOR
FECHA : 11/08/2022

I. Resistencia a la Compresión uniaxial

Código	Unidad Geológica	Resistencia a la compresión uniaxial
EG-03R	Fm. Chimú	85MPa

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C113
NTP 334.131- 2008

Ing. MSc. Hugo Añosqueiro Estrover
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27564

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL - MUESTRA EG-04R



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR 976026950 TELEFONO:354793

SOLICITA : ORRILLO MENDOZA ROBERTO CARLOS
TESIS : CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y SU INFLUENCIA EN EL
CÁLCULO DE RESERVAS DEL NIVEL II DE LA MINA NUEVA
ESPERANZA. ALGAMARCA.
PROCEDENCIA : MINA ESPERANZA- NIVEL II
MUESTRA : EG-04R
UNIDAD : FORMACIÓN CHIMU
EDAD : CRETÁCICO INFERIOR
FECHA : 11/08/2022

I. Resistencia a la Compresión uniaxial

Código	Unidad Geológica	Resistencia a la compresión uniaxial
EG-04R	Fm. Chimú	92MPa

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C113
NTP 334.131- 2008

Ing. Hugo Mosquera Estraper
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

ESTACIÓN ESTRUCTURAL Nº 01 (806100, 9159000)

Nº	DIP	DIP DIR	COMENTARIOS
01	40	230	
02	40	40	
03	30	50	
04	40	45	
05	45	30	
06	50	40	
07	45	220	
08	30	210	
09	10	230	
10	50	20	
11	20	240	
12	30	230	
13	30	25	
14	40	230	
15	40	40	
16	30	50	
17	40	45	
18	45	30	
19	50	30	
20	45	220	
21	30	210	
22	40	230	
23	50	20	
24	20	240	
25	30	230	
26	30	25	
27	50	10	
28	40	15	
29	50	120	
30	40	130	
31	30	50	
32	40	70	
33	50	90	

ESTACIÓN ESTRUCTURAL Nº 02 (803000, 9157000)

Nº	DIP	DIP DIR	COMENTARIOS
01	80	210	
02	20	60	
03	30	100	
04	50	50	
05	10	50	
06	12	50	
07	40	90	
08	60	60	
09	40	10	
10	60	15	
11	30	150	
12	20	140	
13	40	110	
14	20	90	
15	50	10	
16	80	110	
17	30	210	
18	60	230	
19	50	240	
29	80	220	
21	80	220	
22	20	20	
23	30	100	
24	50	50	
25	10	15	
26	12	70	
27	40	90	
28	60	50	
29	40	10	
30	60	50	
31	30	150	
32	20	120	
33	40	110	
34	20	90	
35	50	10	
36	80	110	
37	30	190	
38	60	150	
39	50	180	
40	80	240	



Figura 1 Arenisca de la Formación Chimú con mineralización de Au y Ag



Figura 2 Arenisca de la Formación Chimú con alteración argílica



Figura 3 Medición de la orientación del eje de la galería: Azimut 160° N.