

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la  
profundización del yacimiento de Uchucchacua Distrito de  
Oyón - Lima”**

**Para optar el título profesional de:  
Ingeniero Geólogo**

**Autor:**

**Bach. Alfredo RICRA CONTRERAS**

**Asesor:**

**Dr. Favio Máximo MENA OSORIO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la  
profundización del yacimiento de Uchucchacua Distrito de  
Oyón - Lima”**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Reynaldo MEJIA CASERES**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Eder Guido ROBLES MORALES**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides

Carrión Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 052-2023-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**"EVALUACIÓN GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO PARA  
LA PROFUNDIZACION DEL YACIMIENTO DE UCHUCCHACUA  
DISTRITO DE OYON - LIMA"**

Apellidos y nombres de los tesistas:

**Bach. RICRA CONTRERAS, Alfredo**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Dr. MENA OSORIO, Favio Máximo**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Geológica**

Índice de Similitud

**26 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 21 de junio del 2023

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villar Requiza Carbajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación realizado lo dedico con especial cariño:

A mi madre Roberta por su fortaleza y dedicación en cada momento.

A mi padre Pascual por el apoyo brindado al inicio de mi carrera y que hoy no esté en este mundo pero que lo llevo siempre en mi corazón.

A todos mis hermanos que siempre confiaron en mí.

A mi adorada esposa por su apoyo incondicional y la fuerza que me da para seguir con mis proyectos.

## **AGRADECIMIENTO**

Antes de dar comienzo a la exposición de mi trabajo de tesis, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, de una manera u otra, han contribuido a la realización de este estudio y a mi formación académica.

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, en especial a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Formación Profesional de Geología, por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para desarrollarme como profesional en esta noble y apasionante disciplina.

Un agradecimiento especial a mi director de tesis, cuya guía, paciencia y conocimiento fueron esenciales para la culminación de este trabajo. Su dedicación y exigencia me impulsaron a dar lo mejor de mí y a superar los retos que se presentaron en el camino.

También quiero agradecer a mis profesores, por su inestimable enseñanza y apoyo durante todo el período de mis estudios. Su sabiduría y experiencia han sido fundamentales en mi formación y crecimiento intelectual.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas e instituciones que de alguna manera contribuyeron a la realización de la “Evaluación Geomecánica del Macizo Rocososo para la Profundización del Yacimiento de Uchucchacua - Distrito Oyón - Lima”. Su colaboración ha sido invaluable para el desarrollo y éxito de esta investigación.

Con profunda gratitud,

Alfredo

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo el objetivo de determinar las condiciones geológicas y geomecánicas del Minado de Profundización de Mina Uchucchacua, buscar nuevas alternativas de minado subterráneo y dimensionar los componentes estructurales asociados al minado de la Veta Gina Socorro, que es una de las estructuras mineralizadas más importante de la Mina Uchucchacua. La metodología fue descriptiva, no experimental. Como resultados, se halló una estructura mineralizada de origen epigenético de relleno de fracturas que conforma una veta de potencias predominantes de 1 a 4 m con tramos de morfología de cuerpos con potencias de hasta 16 m, emplazado mayormente en calizas de la Fm. Jumasha. El arreglo estructural de la masa rocosa lo conforman tres sistemas de discontinuidades, los dos principales tienen similar orientación de la veta (NE) y altos buzamientos al SE y NW, el tercero relacionado a la estratificación tiene rumbo NNE y bajo buzamiento al SE. Según la clasificación de Bieniawski (1989) el mineral mayormente tiene calidad Regular B (IIIB — RMR 41-50), las cajas Regular A (IIIA — RMR 51-60) y también de roca Buena (II — RMR > 60). La resistencia de la roca es de moderada a alta. Por tanto, la evaluación geomecánica detallada es fundamental para determinar nuevas alternativas de minado subterráneo y dimensionar los componentes estructurales asociados al minado de la Veta Gina Socorro. Esta evaluación influye en la definición del método de minado más seguro y eficiente, proporcionando una base científica y técnica para las decisiones operativas en la profundización de la Mina Uchucchacua

**Palabras clave:** Evaluación geomecánica del macizo rocoso, estabilización del macizo rocoso para la profundización del yacimiento, comportamiento del macizo rocoso, resistencia de la roca.

## ABSTRACT

The present work aimed to determine the geological and geomechanical conditions of the Deepening Mining of the Uchucchacua Mine, to seek new alternatives for underground mining, and to dimension the structural components associated with the mining of the Gina Socorro Vein, which is one of the most important mineralized structures of the Uchucchacua Mine. The methodology was descriptive, non-experimental. As results, a mineralized structure of epigenetic origin was found, consisting of fracture fillings forming a vein with predominant powers of 1 to 4 meters with stretches of morphology of bodies with powers of up to 16 meters, mainly placed in limestones of the Fm. Jumasha. The structural arrangement of the rock mass is made up of three systems of discontinuities; the two main ones have a similar orientation to the vein (NE) and high dips to the SE and NW, the third related to stratification has an NNE direction and low dip to the SE. According to Bieniawski's classification (1989), the mineral mostly has Regular B quality (IIIB – RMR 41-50), the boxes Regular A (IIIA – RMR 51-60), and also Good rock (II – RMR > 60). The strength of the rock is moderate to high. Therefore, the detailed geomechanical evaluation is fundamental to determine new alternatives for underground mining and to dimension the structural components associated with the mining of the Gina Socorro Vein. This evaluation influences the definition of the safest and most efficient mining method, providing a scientific and technical basis for operational decisions in the deepening of the Uchucchacua Mine.

**Keywords:** Geomechanical evaluation of rock mass, rock mass stabilization for deepening of the deposit, behavior of rock mass, strength of the rock.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación determina que la “Mina Uchucchacua tiene tres zonas de minado: Gina Socorro, Carmen y Huantajalla; de estas, la zona Gina Socorro es la más importante para la vida actual y futura de la mina. La zona de profundización de Gina Socorro está comprendida entre el Nivel 3990 y Nivel 3710, entre estos están los Niveles 3920, 3850 y 3780 separados verticalmente cada 70 m”

La pendiente actual ha llegado a 3640. La longitud de la cubierta mineralizada es de aprox. 1 km, y la intensidad de la estructura mineralizada varía de 1 a 4,5 m y puede alcanzar los 12 m localmente 16 m o más. Las reservas de mineral se desarrollan mejor en el suroeste y hay planes para explorar depósitos en el noreste.

Mina Uchucchacua produce actualmente 3,000 tpd de mineral de Ag utilizando básicamente el método de minado corte y relleno ascendente y se tienen planes de aumentar la producción en el mediano plazo, y desde que Gina Socorro es la zona más importante de la mina, se está buscando nuevas alternativas de minado con las cuales se pueda lograr el aumento de la producción.

El problema de investigación se enfoca en determinar la Evaluación Geomecánica del macizo rocoso para la Profundización del yacimiento de Uchucchacua.



## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**ÍNDICE**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**INDICE DE FIGURAS**

### **CAPÍTULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problemas específicos. ....	2
1.4. Formulación de objetivos .....	2
1.4.1. Objetivo General .....	2
1.4.2. Objetivos Específicos .....	3
1.5. Justificación de la investigación .....	3
1.5.1. Justificación teórica.....	3
1.5.2. Justificación práctica .....	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	4

### **CAPÍTULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio .....	5
------------------------------------	---

2.1.1.	Nacionales. ....	5
2.1.2.	Internacionales.....	5
2.2.	Bases teóricas -científicas .....	5
2.2.1.	Evaluaciones geomecánicas.....	5
2.2.2.	Clasificación geomecánicas rmr (bieniaowsky 1989) .....	6
2.2.3.	Clasificación por el sistema q (n.g.i.) barton .....	7
2.2.4.	Macizo rocoso .....	7
2.2.5.	Yacimiento minero .....	7
2.2.6.	Riesgos geológicos .....	8
2.3.	Definición de términos básicos .....	9
2.4.	Formulación de hipótesis .....	13
2.4.1.	Hipótesis general. ....	13
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	14
2.5.	Identificación de las variables .....	14
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	14

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	16
3.2.	Nivel de investigación .....	16
3.3.	Métodos de investigación .....	16
3.4.	Diseño de investigación .....	16
3.5.	Población y muestra .....	17
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	17
3.8.	Tratamiento Estadístico. ....	18
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	18

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	19
4.1.1.	Ubicación .....	19
4.1.2.	Acceso .....	19
4.1.3.	Clima.....	19
4.1.4.	Marco Geológico .....	20
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	32
4.2.1.	Caracterización de la masa rocosa .....	32
4.2.2.	Clasificación de la masa rocosa .....	39
4.2.3.	Zonificación geomecánica de la masa rocosa .....	42
4.2.4.	Resistencia de la roca .....	44
4.2.5.	Condiciones del agua subterránea .....	47
4.2.6.	Esfuerzos in-situ.....	48
4.2.7.	Direcciones preferenciales de avance de las excavaciones .....	50
4.2.8.	Aberturas máximas de las excavaciones y sostenimiento .....	51
4.3.	Prueba de hipótesis .....	55
4.3.1.	Hipótesis general .....	55
4.3.2.	Primera Hipótesis específica .....	57
4.3.3.	Segunda Hipótesis específica .....	59
4.3.4.	Tercera Hipótesis específica .....	61
4.4.	Discusión de resultados.....	64
4.4.1.	Discusión 1 .....	64
4.4.2.	Discusión 2: .....	65
4.4.3.	Discusión 3: .....	66
4.4.4.	Discusión 4: .....	67

**CONCLUSIONES**

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANEXOS

ANEXO 1: Instrumentos de recolección de información

ANEXO 2. Reporte de similitud

ANEXO 3: Matriz de consistencia

ANEXO 4: Datos generales de mina Uchucchacua

ANEXO 5: Data básica del mapeo geo mecánico – labores subterráneas

ANEXO 6: Resultado de ensayos de laboratorio de mecánica de rocas

ANEXO 7: Ejemplos de datos de entrada y salida del Software Unwedge

ANEXO 8: Resultados del modelamiento numérico con el Software Phase

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....	15
<b>Tabla 2</b> Sistemas de discontinuidades estructurales .....	34
<b>Tabla 3</b> Criterio para la clasificación de la masa rocosa .....	40
<b>Tabla 4</b> Calidad de la masa rocosa por tipo de roca .....	41
<b>Tabla 5</b> Zonificación geomecánica de la veta Gina Socorro .....	43
<b>Tabla 6</b> Resultados de los ensayos de carga puntual.....	45
<b>Tabla 7</b> Resultados de los ensayos de compresión uniaxial .....	45
<b>Tabla 8</b> Resistencia a la tracción de la roca intacta .....	45
<b>Tabla 9</b> Resultados de los ensayos de propiedades físicas de la roca intacta .....	46
<b>Tabla 10</b> Resultados de los ensayos de propiedades físicas de la roca intacta .....	46
<b>Tabla 11</b> Propiedades de resistencia de la masa rocosa “mi” m <sub>mr</sub> s <sub>mr</sub> .....	47
<b>Tabla 12</b> Aberturas máximas de las excavaciones permanentes.....	52
<b>Tabla 13</b> Sostenimiento para labores de avance permanentes.....	53
<b>Tabla 14</b> Sostenimiento para labores de avance temporales.....	54
<b>Tabla 15</b> Resumen de la caracterización geotécnica de la masa rocosa .....	58

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Diagrama estereográfico de contornos del compósito de discontinuidades (datos del mapeo geomecánico .....	35
<b>Figura 2</b> Diagrama estereográfico de planos principales del compósito de discontinuidades .....	35
<b>Figura 3</b> Diagrama de roseta del compósito de discontinuidades.....	36
<b>Figura 4</b> Diagrama estereográfico de contornos del compósito de discontinuidades (datos extraídos de planos estructurales) .....	36
<b>Figura 5</b> Diagrama estereográfico de planos principales del compósito de discontinuidades .....	37
<b>Figura 6</b> Diagrama de roseta del compósito de discontinuidades.....	37
<b>Figura 7</b> Resultado del modelamiento esfuerzo / deformación de Mina Uchucchacua .....	49

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La evaluación geológica, la investigación geotécnica, mecánica de rocas y suelo y la clasificación geomecánica, son aspectos que requieren de un análisis detallado para determinar la calidad del macizo rocoso.

Las clasificaciones geomecánicas constituyen actualmente un método fundamental para la caracterización geomecánica de los macizos rocosos ya que permiten obtener parámetros de resistencia y deformabilidad del macizo y estimar los componentes de las labores de exploración, desarrollo, preparación hasta la explotación de la misma, como parte del plan de minado en su conjunto.

Evaluación Geomecánica del Minado de Profundización de Mina Uchucchacua es para buscar nuevas alternativas de minado subterráneo y dimensionar los componentes estructurales asociados al minado de la Veta Gina Socorro, que es una de las estructuras mineralizadas más importante de la Mina Uchucchacua, de tal manera de definir el método de minado más seguro y eficiente

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La investigación se desarrolló en el yacimiento de Uchucchacua, ubicado en el distrito Oyón de Lima.

Por otro lado, se analizaron diversas teorías relacionadas a la evaluación geomecánica del macizo rocoso.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general.**

¿Cuáles son las condiciones geológicas y geomecánicas del Minado de Profundización de Mina Uchucchacua?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuál es la influencia de la caracterización geotécnica de la masa rocosa para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua?
- b. ¿Cuál es la influencia de las condiciones naturales para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua?
- c. ¿Cuál es la influencia de la evaluación geomecánica para determinar la selección del método de minado para la profundización del yacimiento de Uchucchacua?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar las condiciones geológicas y geomecánicas del Minado de Profundización de Mina Uchucchacua, para brindar nuevas alternativas de minado subterráneo y dimensionar los componentes estructurales asociados al minado de la Veta Gina Socorro, que es una de las estructuras mineralizadas más importante de la Mina Uchucchacua.



#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar la caracterización geotécnica de la masa rocosa para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua
- b. Evaluar las condiciones naturales para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua
- c. Analizar los resultados de la evaluación geomecánica para determinar la selección del método de minado para la profundización del yacimiento de Uchucchacua.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

##### **1.5.1. Justificación teórica**

Se justifica el presente estudio para determinar la calidad del macizo rocoso, para la profundización y determinar los métodos de minado del yacimiento minero de Uchucchacua, mediante un análisis de la información disponible y al mapeo geotécnico de las labores mineras existentes y de los testigos de las perforaciones diamantinas disponibles. También para conocer las condiciones de estabilidad del terreno en términos de dirección preferencial de avance de las excavaciones, abiertos máximos, tiempos de auto sostenimiento, dimensiones de los tajeos, igualmente se estimó los parámetros geomecánicos de los métodos de minado para su aplicación en la zona de explotación.

##### **1.5.2. Justificación práctica**

El presente trabajo de investigación es de análisis de ingeniería, es importante porque permite realizar una evaluación geomecánica de la masa rocosa del yacimiento Gina Socorro, en la zona de profundización comprendida entre los Niveles 3990 y 3710, con el fin de buscar nuevas alternativas de minado subterráneo y dimensionar los componentes estructurales del minado, para que este sea seguro y eficiente

Igualmente se evaluaron los factores adicionales (presencia de agua y esfuerzos), propios del yacimiento que influyen en las condiciones de estabilidad de las labores mineras. Se estimó los parámetros geomecánicos de los métodos de minado para su aplicación en la zona de explotación.

Los alcances relacionados con el objetivo planteado son:

- Evaluar las condiciones naturales del yacimiento o ambiente geomecánico
- Caracterizar geomecánicamente la masa rocosa
- Clasificar geomecánicamente la masa rocosa
- Establecer las estrategias de minado

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

- a. Las limitaciones fueron mínimas porque la empresa dio todo el apoyo necesario en logística y otros
- b. El estudio está limitado al área de estudio.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Nacionales.**

Según Blas Placido CCoragua Sequeiros en la tesis titulada La geomecánica en el sostenimiento en la mina Ricotona Lambrana, 2016, cuyo objetivo fue determinar los parámetros geomecánicos RMR de Bieniasky y RQD para la selección del sistema de sostenimiento, concluye que el elemento de sostenimiento garantizará la estabilidad de la labor Ricotona por un periodo de tiempo necesario para la extracción del mineral.

##### **2.1.2. Internacionales.**

No se consideraron estudios realizados a nivel internacional

#### **2.2. Bases teóricas -científicas**

##### **2.2.1. Evaluaciones geomecánicas.**

Las clasificaciones geomecánicas surgieron a la necesidad de parametrar las observaciones y datos empíricos de forma integrada, para evaluar las medidas de sostenimiento de túneles.

Estas clasificaciones a manera de esquemas han sido desarrolladas desde hace más de 100 años, desde que Ritter (1879) intento formalizar un enfoque empírico para el diseño de túneles, en particular para determinar los requerimientos del sostenimiento.

Al depender los túneles de muchas variables geológicas y lo difícil que era cuantificarlos, se vio como alternativa el uso de los métodos empíricos (al que pertenecen las clasificaciones geomecánicas) fue de gran ayuda desde el uno de los primeros sistemas de clasificación del siglo xx propuesto en 1946 por Terzaghi. “Las clasificaciones geomecánicas son un método de ingeniería geológica que permite evaluar el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, y de aquí estimar los parámetros geotécnicos de diseño y el tipo de sostenimiento de un túnel”

### **2.2.2. Clasificación geomecánicas RMR (Bieniawski 1989)**

La clasificación geomecánica de Bieniawski o RMR (iniciales del inglés rock mass rating) es un sistema de clasificación geomecánica presentado por el Ingeniero Bieniawski en 1973 y modificado sucesivamente en 1976, 1979, 1984 y 1989. Permite hacer una clasificación de las rocas 'in situ' y estimar el tiempo de mantenimiento y longitud de un vano. Se utiliza usualmente en la construcción de túneles, de taludes y de cimentaciones. Consta de un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), independiente de la estructura, y de un factor de corrección.

El RMR se obtiene estimando cinco parámetros:

- Resistencia de la roca inalterada (compresión uniaxial)
- El RQD (Rock Quality Designation)
- Espaciamiento entre diaclasas
- El estado de las diaclasas
- Condiciones del agua subterránea

Al resultado de cada uno de los parámetros se le asigna, según las tablas, un valor y se suman todos ellos para obtener el índice de calidad RMR sin correcciones. A este valor se le debe restar un factor de ajuste en función de la orientación de las discontinuidades.

### **2.2.3. Clasificación por el sistema q (n.g.i.) barton**

El diseño de refuerzo en túneles, empleando el Sistema Q o índice de calidad de la masa rocosa propuesta por el instituto Geotécnico de Noruega, se basa en la observación de cientos de casos típicos de estabilidad en excavaciones subterráneas.

Para obtener el valor numérico de este índice "Q" se plantea la siguiente ecuación:

Donde:

RQD: Representa una medida de fracturamiento de la roca propuesta por Deere.

Jn : Representa el índice numérico del sistema de fisuras.

Jr : Representa el índice numérico del grado de rugosidad de las fisuras.

Ja : Representa el índice numérico de alteración de las fisuras. Jw :  
Representa la reducción de agua en las fisuras.

SRF : Representa el índice del factor de reducción por esfuerzos.

### **2.2.4. Macizo rocoso**

Roca insitu o Masa rocosa, material donde se encuentran fallas, fracturas, juntas, diaclasas, plegamientos y cualquier otro tipo de elementos estructurales. Esta masa rocosa es discontinua a menudo heterogéneo y anisotropía.

### **2.2.5. Yacimiento minero**

Un yacimiento minero es aquel yacimiento en el cual la calidad y cantidad de los minerales presentes justifica un mayor estudio, el cual tiene por objetivo definir en cantidad, calidad, profundidad y dimensión el yacimiento con el fin de desarrollar las actividades mineras para que la explotación del yacimiento sea económicamente rentable con las tecnologías actuales.

La mayoría de los elementos químicos naturales, incluso los menos abundantes, se encuentran en la corteza en cantidades considerables. Sin embargo, para que sean extraíbles se necesitan concentraciones que sólo aparecen de manera excepcional, además de unas adecuadas condiciones de accesibilidad. Algunos procesos geológicos internos y externos pueden producir localmente concentraciones económicas de materiales como menas explotables de metales, carbón o hidrocarburos.

#### **2.2.6. Riesgos geológicos**

Parte del estudio geológico consiste en identificar zonas que podrían presentar falla durante la construcción o en el sitio de construcción de túneles o en el minado.

Las zonas se vuelven inestables debido a diferentes factores tales como cortes en sitios de falla, fallas con materiales que favorecen su deslizamiento, material erosionado; entre otras. Es importante, la localización de estos sitios vulnerables ya que un deslizamiento durante la construcción podría ocasionar pérdidas humanas, retraso en el proceso constructivo.

Cada uno de los sitios de riesgo geológico debe estar perfectamente localizado y se calcula el volumen de material que puede ser desprendido o deslizado, así como su tendencia de falla.

Algunos de los riesgos se presentan después de alguna alteración debida al proceso constructivo, como extracción de material o formación de túneles

sin embargo en ciertas ocasiones es posible reforzar las estructuras para evitar su falla y asegurar su estabilidad.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Discontinuidades**

Las discontinuidades están presentes en la roca y afectan la resistencia, permeabilidad y durabilidad de la masa. Los Macizos rocosos son el conjunto de matriz rocosa y discontinuidades.

#### **Diaclasas**

Son las estructuras más comunes en las rocas y las de mayor significado estructural. Las juntas son roturas de la roca donde no se observa desplazamiento. Las juntas pueden estar abiertas rellenas o pegadas. dominio estructural

Es la masa rocosa delimitada por discontinuidades geológicas dentro de la cual la estructura es prácticamente homogénea

#### **Estratigrafía:**

La estratigrafía es la rama de la geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas estratificadas, y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal, cartografía y correlación de las unidades estratificadas de rocas

#### **Fallas geológicas**

Son fracturas donde se identifican desplazamientos de la roca en ambos lados de dicha fractura pueden tener grandes dimensiones o pueden restringirse a nivel local.

#### **Geotecnia:**

Es la rama ingenieril de la Geología que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico, aplicadas a las obras de Ingeniería Civil. Los ingenieros geotecnistas investigan el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades ingenieriles y diseñar las cimentaciones para estructuras tales como edificios, puentes, presas y centrales hidroeléctricas. Acciones en la rama vial como la estabilización de taludes, diseño y construcción de túneles y carreteras, diseño y construcción de cualquier tipo de estructura de contención para la prevención de riesgos geológicos, etc.

#### **Labores de exploración:**

La etapa inicial de la actividad, consiste en identificar las zonas por donde se ubican los tipos de suelos que luego y dependiendo de su dimensión y composición será analizado para su posible aplicación a obras u otros.

#### **Labores de desarrollo:**

Galería secundaria o subnivel Es una labor de comunicación en el interior de la mina, puede ser horizontal o un poco inclinada. Es una galería horizontal con funciones específicas de preparación y explotación del yacimiento, además, delimita el block mineralizado.

#### **Labores de preparación:**

La preparación de la Mina para su explotación consiste en desarrollar o ejecutar labores mineras para arrancar y extraer el mineral económico de los depósitos minerales en forma sistemática y con la mayor productividad.

#### **Litología**

Las diferentes especies de rocas son clasificados en 3 grupos, en concordancia en la manera en que fueron formados: clasificación por su origen



- Rocas Ígneas
- Rocas sedimentarias.
- Rocas metamórficas

**Macizo rocoso:**

Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales.

**Mapeo geotécnico:**

Es recolectar datos del macizo rocoso para luego evaluar y verificar el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos.

**Mecánica de rocas:**

Es la disciplina que se ocupa del estudio teórico y práctico del comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos y de sus propiedades geomecánicas.

**Método de minado:**

La determinación de que método de minado es mejor aplicable a una estructura mineralizada, dependiendo de la calidad del macizo rocoso.

**Muestra:**

Material de suelo o roca tomada con propósito de estudio en un laboratorio de mecánica de suelos y rocas.

**Perfil estratigráfico:**

Es el que se realiza a partir de datos de perforaciones, de datos de prospección geofísica, o bien de cortes naturales o artificiales del terreno que muestran las rocas que conforman la columna estratigráfica, mediante los cuales se puede

reconstruir la estratigrafía del subsuelo, acorde con la profundidad que demanda el proyecto.

### **Perforación diamantina:**

Es aquella perforación que se hace utilizando una broca diamantada para perforar la roca obteniendo un testigo de la misma, el cual es extraído, registrado y colocado en cajas porta-testigos para debida protección y almacenamiento dentro del almacén de testigos.

### **Planos de estratificación**

Dividen las rocas sedimentarias en capas y estratos, representan interrupciones durante la sedimentación, son persistentes.

### **plegamientos**

Son estructuras que cambian la posición de los estratos por flexión que resulta de la aplicación de fuerzas tectónicas postdeposicionales

### **Riesgo sísmico**

Este tipo de estudios se realizan para conocer la actividad sísmica de la zona de construcción. Para llevarla a cabo debe contarse con registros históricos de sismos de los cuales se conozca su magnitud, frecuencia y epicentro. También deben identificarse fallas y el vulcanismo de la zona ya que estos representan la probabilidad de ocurrencia de sismos no registrados.

### **Roca intacta**

material que se encuentra sin discontinuidades.

### **Software dips:**

Es un programa diseñado para realizar y visualizar información estructural de igual modo que si usáramos una red estereográfica.

**Software phases:**

El phase es un dispositivo de procesamiento digital de audio, bien sea hardware o software y produce un efecto de sonido muy parecido al flanger. En pocas palabras, un phaser es un filtro que se mueve a lo largo del rango de frecuencias de una señal

**Sostenimiento:**

En toda explotación minera, el sostenimiento de las labores es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance y/o producción pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes a personal y al equipo.

**Tajeos**

Una labor de preparación para la explotación en una mina.

**Túnel**

Un túnel es una obra subterránea de carácter lineal que comunica dos puntos para el transporte de personas o materiales. Normalmente es artificial.

Puede servir para peatones o ciclistas, aunque generalmente sirve para dar paso al tráfico para vehículos de motor, para ferrocarril o para un canal. Algunos son acueductos, construidos para el transporte de agua (para consumo, para aprovechamiento hidroeléctrico o para el saneamiento). También hay túneles diseñados para servicios de comunicaciones. zona de cizallamiento. Son bandas de material de potencia variable, donde anteriormente se produjo una falla de cizalla representan zonas de alivio del estrés.

**2.4. Formulación de hipótesis****2.4.1. Hipótesis general**

La Evaluación Geomecánica de la masa rocosa del minado en la profundización de Mina Uchucchacua, determina nuevas alternativas de minado subterráneo y con ello dimensionar los componentes estructurales asociados al minado de la Veta Gina Socorro, que es una de las estructuras mineralizadas más importante de la Mina Uchucchacua, y define el método de minado más seguro y eficiente

#### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a. La caracterización geotécnica de la masa rocosa influye en la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua.
- b. Las condiciones naturales influyen para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua.
- c. La evaluación geomecánica influye en la selección del método de minado en la profundización del yacimiento de Uchucchacua.

#### **2.5. Identificación de las variables**

Se identificó las siguientes variables:

**Independiente:** Evaluación geomecánica del macizo rocoso.

**Dependiente:** Estabilización del macizo rocoso para la profundización del Yacimiento

#### **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

La definición operacional de estas variables cuantifica las dimensiones requeridas dentro del área de estudio y los indicadores que se tiene en el proceso son

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Evaluación geomecánica del macizo rocoso	Primera variable	“Las clasificaciones geomecánicas son un método de ingeniería geológica que permite evaluar el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, y de aquí estimar los parámetros geotécnicos de diseño y el tipo de sostenimiento de un túnel”	Herramienta que permite construir un mapa de zonificación geomecánica	Comportamiento del macizo rocoso:	Medición de esfuerzos
				Caracterización del macizo rocoso.	Resistencia de la roca intacta
					Designación de la calidad de roca
					Condiciones de las juntas del macizo rocoso
Estabilización del macizo rocoso para la profundización del yacimiento.	Segunda variable	“Problema cotidiano que los profesionales en minería, geología y geotécnica lo tratan de acuerdo a las características propias de cada situación en específico”	Parámetro más importante a considerar en la evaluación de estabilidad de taludes	Clasificación de la masa rocosa	Tipo de roca
				Aspectos estructurales	Condiciones Geológicas (Zonificación)
				Sostenimiento temporales y permanentes	Rango RMR
				Resistencia de la roca	Ensayos

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación empleado en el desarrollo del presente estudio de acuerdo al problema planteado, es una investigación aplicada descriptiva porque tiene como finalidad la resolución de problemas prácticos.

#### **3.2. Nivel de investigación**

La investigación fue descriptiva porque se enmarcó en dar detalles del estudio geomecánica de la masa rocosa del minado en la profundización de mina, sin que se realice experimentos o asociaciones bilaterales o de causa y efecto.

#### **3.3. Métodos de investigación**

El método a emplear es el científico como método general. Asimismo, se emplearon el método descriptivo, analítico, determinativo y aplicativo

#### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación que se utilizó fue no experimental, descriptivo simple.

### **3.5. Población y muestra**

La población está representada por el total de los datos geológicos y geotécnicos tomados del macizo rocoso y suelos que comprenden el área total del proyecto.

La muestra representa parte de los datos geológicos y geotécnicos obtenidas del macizo rocoso y calicatas realizadas en el campo. En la toma de muestra del macizo rocoso se empleó el método no probabilístico.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las investigaciones geomecánicas para determinar la calidad del macizo rocoso, fueron realizadas mediante calicatas, trincheras, perforaciones diamantinas. También, se analizaron las muestras de roca en los laboratorios, igualmente se sacaron datos directos de campo.

#### **Técnicas:**

- Sondeos y Penetraciones.
- Excavaciones.
- Testificación.
- Muestreo.
- Ensayos.

#### **Instrumentos:**

- El equipo triaxial para determinar la resistencia de la roca.
- Equipo de perforación diamantina
- Guía de análisis documental
- Guía de observación

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

La técnica aplicada para analizar los datos fue la triangulación de información, que viene a ser una herramienta que permita profundizar los conocimientos a través de la comparación de los hallazgos de estudio con información teórica y con los resultados obtenidos en estudios previos.

### **3.8. Tratamiento estadístico.**

Para describir los hallazgos se aplicó la técnica de la estadística descriptiva que implica la recolección de información, el orden de la misma, y su clasificación acorde a los objetivos de la investigación. Además de ello, se hará una descripción de los hallazgos que se muestren, a fin de que se explique cada tabal o grafico que se exponga.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

Para darle validez a los hallazgos de estudio en todo el proceso de investigación se dio prioridad a los siguientes principios:

#### **Respeto de la privacidad de información**

Ya que la información que se recabará solo será almacenada por el investigador y no será compartida con ningún ajeno.

#### **Respeto por la privacidad de la identidad**

Puesto que no se expondrá información privada de cualquier persona o de la empresa encargada de la mina.

#### **Veracidad de información**

Dado que la información que se plasme en el estudio será verídica en su totalidad, lo cual implica que no se mostrará información falsificada ni empleada en investigaciones previas.



## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Ubicación**

La Mina Uchucchacua se ubica en la vertiente occidental de los andes, en el área del distrito y provincia de Oyón del departamento de Lima, en un rango de altitud entre los 4300 a 5000 msnm. Se ubica aproximadamente en las coordenadas 10° 36´ 34" Latitud Sur, 76° 59´ 56" Longitud Oeste. Ver Mapa de Ubicación en el Anexo 1.

##### **4.1.2. Acceso**

La vía de acceso principal es por la ciudad de Huacho, tramo Lima-Huacho de 152 km (asfaltado), Huacho-Sayán de 45 km (asfaltado), Sayán - Churín de 62 km (con un tramo corto afirmado), y Churín - Oyón (asfaltado) - Uchucchacua (afirmado) de 63 km, totalizando 322 km. Otro acceso alternativo es el que une Lima-La Oroya-Cerro de Pasco de 320 km (asfaltado) y Cerro de Pasco-Uchucchacua de 70 km (afirmado), totalizando 390 km.

##### **4.1.3. Clima**

El clima es frío y seco entre los meses de abril a diciembre, tornándose lluvioso de enero a marzo con disminución del frío. La vegetación en el área es escasa y está formada mayormente por ichu, variando a otras especies en las quebradas y valles encañonados. La fauna en la región es caracterizada por la presencia de llamas, vizcachas y lagartijas principalmente.

#### **4.1.4. Marco Geológico**

##### ***4.1.4.1. Geomorfología***

El área es montañosa, este presenta una longitud aproximada de 35 km por un ancho de 12 a 15 km, formando una topografía abrupta (sobresaliendo unos 700m sobre el relieve adyacente). Está conformada por valles profundos, altiplanicies, colinas y cumbres de montaña que alcanzan elevaciones que superan los 5000 msnm. También se aprecia rasgos del efecto glacial en la zona como: circos glaciares, aretes, lagos sub glaciares, till y depósitos glaciares morrénicos, evidencia del trayecto de las lenguas glaciares y artesas.

##### ***4.1.4.2. Geología Regional***

Las rocas predominantes corresponden a sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e intruyendo a las anteriores se observan rocas intrusivas. Coronando la secuencia figuran depósitos aluviales y morrénicos. Ver Anexo 1.

En la zona tuvo lugar un tectonismo intenso a moderado que ha dado lugar en las capas sedimentarias a la formación de anticlinales, plegamientos, sobreescurrecimientos, fallas, etc, así como el emplazamiento de cuerpos ígneos asociados a la Orogenia Andina a la que se han sumado los efectos del posterior emplazamiento del batolito y el movimiento epirogénico de los Andes.

Las capas sedimentarias muestran varios plegamientos en forma de anticlinales sub paralelos con diferentes persistencias y con una orientación promedio N10°-20°W. De manera similar se observan sobre-escurrimientos sub-paralelos de orientación N10°-20°W. Hacia el flanco NE se observan derrames volcánicos Calipuy dacíticos del terciario. La litología predominante son las calizas de la Formación Jumasha y las calizas y lutitas de la Formación Celendín, siendo flanqueados por el W por capas de las Formaciones Santa y Carhuáz y por el E por capas de la Formación Carhuáz y depósitos cuaternarios aluviales.

También se aprecian sistemas de fallamiento con orientación dentro del rango NE a E-W.

#### **4.1.4.3. Estratigrafía**

Se describe a continuación las formaciones rocosas de la más antigua a la más reciente:

- **Grupo Goyllarisquisga**

Se aprecia estas rocas sedimentarias entre la laguna Patón y Chacua, al NW y SE de la mina, ocupando algo más del 50 % del área observada. Está compuesta por las Formaciones Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Ver Anexo 1.

- **Formación Oyón (Ki-o)**

Compuesta por una intercalación de lutitas gris oscuras, areniscas y capas carbonosas antracíticas muy disturbadas. Se reconoce una potencia de 400m aflorando al NW de Oyón. Se le asigna al Valanginiano.

- **Formación Chimu (Ki-ch)**

Compuesta por cuarcitas blancas con una porción superior de calizas con capas arcillosas y lechos carbonosos. Tiene una potencia de 400 a 600 m, se le observa a lo largo del eje del anticlinal de Patón. Se le ubica en el Valanginiano.

➤ ***Formación Santa (Ki-sa)***

Compuesta por una serie de 120 m de calizas, lutitas azul grisáceas, y ocasionales nódulos de chert. Aflora al Oeste y Norte de la laguna Patón. Se le considera del Valanginiano.

➤ ***Formación Carhuaz (Ki-ca)***

Compuesta por una intercalación de areniscas finas y lutitas marrón amarillento y una capa superior de arenisca de grano fino y color rojo brillante. Su potencia es de 600 m y su edad corresponde al Valanginiano Superior a Barremiano. Aflora en el flanco Oeste del anticlinal de Patón.

➤ ***Formación Farrat (Ki-f)***

Compuesta por areniscas blancas con estratificaciones cruzadas, 20 á 50 m de espesor; aflora al Nor-oeste de la laguna Patón. Pertenece al Aptiano.

- **Grupo Machay**

- ***Formación Pariahuanca (Ki-Ph)***

Compuesta por calizas grises de 50 m de espesor. Afloran al Nor-oeste de la laguna Patón. Se le asigna al Aptiano Superior.

- ***Formación Chulec (Ki-Ch)***

Compuesta por un paquete de margas, lutitas y calizas de 200 m de espesor. Aflora al Noroeste de Patón. Se le ubica en el Albiano Inferior.

- ***Formación Pariatambo (Ki-Pt)***

Compuesta por lutitas negras carbonosas y calizas bituminosas plegadas. Tiene una potencia de 50 m y hacia el techo existe una alternancia con bancos delgados de sílex.

Afloran al Oeste y Nor-oeste de Patón. Su edad es del Albiano Medio.

- ***Formación Jumasha (Ks-j)***

Secuencia de calizas gris claro en superficie intemperizada y gris oscuro en fractura fresca. Constituye la mayor unidad calcárea de los Andes Centrales de Perú. Se le subdivide en tres miembros limitados por bancos finos de calizas margosas beige: Inferior, Medio y Superior.

- **Miembro Jumasha Inferior (J-i)**

Alternancia de calizas nodulosas con sílex y calizas margosas que alcanzan los 570 m de potencia. Se le ubica en el Albiano Superior-Turoniano.

- **Miembro Jumasha Medio (J-m)**

Calizas grises alternadas con calizas nodulosas y algunos horizontes margosos. Se le estima 485 m de grosor y se le asigna al Turoniano.

- **Miembro Jumasha Superior (J-m)**

Calizas de grano fino con base de esquistos carbonosos, coronados por calizas margosas. Potencia estimada 405 m y ubicado en el Turoniano Superior. Es el techo del Jumasha.

- ***Formación Celendín (Ks-c)***

Compuesta por calizas margosas amarillentas intercaladas con lutitas calcáreas de un grosor de 100 m que en la base se muestran finamente estratificadas. Aflora flanqueando al anticlinal de Cachipampa, al Oeste y Este de Uchucchacua.

- **Miembro Celendín Superior (C-s)**

Compuesta por lutitas y margas marrón grisáceo de 120 m de potencia. Aflora flanqueando al anticlinal de Cachipampa, al Oeste y Este de Uchucchacua.

- ***Formación Casapalca (Kti-ca)***

Sobreyace ligeramente discordante sobre el Celendín y está constituido por lutitas,

areniscas y conglomerados rojizos, con ocasionales horizontes lenticulares de calizas grises. Se le estima una potencia de 1,000 m y su edad probable es Post-Santoniano.

- **Rocas Volcánicas**

- ***Volcánicos Calipuy (Ti-Vca)***

Descansa discordantemente sobre la Formación Casapalca, está compuesto por derrames andesíticos y piroclásticos de edad Terciaria. Su espesor es estimado en 500 m y se aprecia al Norte de la zona de Uchucchacua.

- **Rocas Intrusivas**

Compuestas por pórfidos de dacita que forman pequeños stocks de hasta 30 m de diámetro. También se tiene diques y apófisis de dacita distribuidos irregularmente en el flanco occidental del valle, afectando a las calizas Jumasha-Celendín principalmente en las áreas de Carmen, Socorro, Casualidad y Plomopampa.

- **Cuaternarios**

- ***Depósitos Morrénicos (Q-mo)***

Conformados por un conjunto pobremente clasificado de cantos grandes en matriz de grano grueso a fino, se encuentra cubriendo de manera extensa las capas rojas en Cachipampa.

- ***Depósitos Aluviales (Q-al)***

Compuesto por escombros de ladera, flujos de barro, aluviales de río. La naturaleza de estos elementos es la misma de las unidades de roca circundante.

#### **4.1.4.4. Geología local**

Está conformada principalmente por rocas sedimentarias calizas de la Formación Jumasha y Celendín, con distintas gradaciones entre ellas calizas fosilíferas y/o mayor contenido orgánico, con presencia de estructuras marcadas producto del tectonismo formando pliegues erosionados, de orientación NW-SE, que muestran rasgos correspondientes a una actividad glacial que ha generado la morfología actual. También se tienen estructuras mineralizadas de origen hidrotermal tipo vetas rosario y en algunos casos han dado lugar a la formación de cuerpos mineralizados, con orientación NE-SW y otras E-W, con diferentes persistencias, profundidades y potencias. También se aprecian fallas de orientaciones similares a las estructuras mineralizadas como la Falla Socorro.

#### **4.1.4.5. Geología estructural**

Los principales rasgos estructurales comprenden a pliegues, sobre-escurrimientos, fallas y fracturamiento. Ver Anexo 1.

- **Pliegues**

Se tienen los anticlinales de Cachipampa, Pacush y Patón formando por sedimentos cretácicos, en una orientación NW-SE, inclinados hacia su flanco occidental.

- **Sobre-escurrimientos**

Se tiene el sobre-escurrimiento de Colquicocha, que pone a “cabalgar” a la formación Jumasha sobre la formación Celendín. Hacia el NW, el sobre- escurrimiento Mancacuta que pliega a la formación Chimú sobre las margas Celendín.



- **Fallas**

El área ha sido afectada por numerosas fallas en diversas etapas. A nivel regional, se observa que las fallas de mayor magnitud son transversales al plegamiento y se desplazan en ese sentido, aunque también los movimientos verticales son importantes. Las fallas principales presentes son Falla Puntachacra NS / 78°E, Falla Uchucchacua N30°E / 80°NW, Falla Cachipampa N55°E / 85°NW, Falla Socorro N40°E / 82°NW, Falla Mancacuta N45°E / 85°NW, Falla Rosa S80°E / 80°SW (sinextral), Falla Socorro 1 N85°W / 60°NE, Falla Andrea EW / 83°S y la Falla Sandra EW/ 80°N.

El yacimiento de Uchucchacua presentan 4 sistemas de fallas importantes: primer sistema de N a S con buzamiento 78° E, segundo sistema de N 30°- 60° E, con buzamiento 82°NW, tercer sistema de E a W con buzamiento 83°S y cuarto sistema de N 80°- 85° W con buzamiento 70°NE. Estos sistemas incluyen las fallas principales y tensionales portadoras de la mineralización y sistemas de diaclasas propios del fracturamiento de los paquetes de estratos de caliza. Estos sistemas de fallamiento de acuerdo a las zonas de explotación pueden ser agrupados del siguiente modo:

Mina Socorro

Falla Gina-Socorro N74°W / 16°NE, Eliana Norte N40°W / 16°SE,  
Regina N64°E /

20°NW, Veta Deissy N80°W / 75°NE y Giovana-Norte N40°E / 85°NW.

Mina Huantajalla-Casualidad

Falla Casualidad N37°W / 85°NE, Veta Ramal 3A N60°W / 60°SW, Veta Mariana N80°E / 70°SE, Veta Sarita N73°W / 75°SW, Veta Sarita Tensional S63°W / 75°NW.

- **Fracturamiento**

Localmente, se ha determinado tres sistemas de fracturas. El primero tiene rumbo NE-SW, predominante en las zonas de Socorro y Casualidad. El segundo, en Carmen, de rumbo EW. El tercer sistema de fracturas se encuentra indistintamente en las tres zonas, con rumbo NW-SE.

#### **4.1.4.6. Geología económica**

Uchucchacua es un depósito hidrotermal epigenético del tipo de relleno de fracturas (vetas), las cuales también fueron canales de circulación y reemplazamiento metasomático de soluciones mineralizantes que finalmente formaron cuerpos de mineral. La presencia de intrusivos ácidos como pequeños stocks y diques, sugieren la posible existencia de concentraciones u ore bodies de mineral del tipo de metasomatismo de contacto especialmente de zinc.

La mineralización económica es básicamente de plata, como subproducto se extrae zinc, se observa además una amplia gama de minerales de ganga muchos de rara naturaleza. Las estructuras se emplazan en rocas calcáreas del cretácico superior y son de diversa magnitud, asociadas a ellas se encuentran cuerpos de reemplazamiento irregulares y discontinuos. En la zona de Casualidad y Socorro SW hay evidencia de skarn mineralizado.

El área mineralizada se encuentra en un perímetro de 4 km x 1.5 km y para efectos de operación se le ha dividido la mina en tres zonas: Socorro, Carmen y Huantajalla.

En relación a las alteraciones principales se aprecian marmolización, granatización y silicificación.

Los minerales de mena son: galena, proustita, argentita, pirargirita, plata nativa, esfalerita, marmatita, jamesonita, polibasita, boulangerita, chalcopirita, covelita, jalpaita, estromeyerita, golfieldita. Según estudio de BISA (Noviembre 2011), se han reportado nuevas especies de minerales de plata, como: diaforita, pearceita, freibergita, miargirita, uchucchacuita, smithita, tetrahedrita, pirquitasita, canfieldita, freieslebenita. Los minerales de ganga son: pirita, alabandita, rodocrosita, calcita, pirrotita, fluorita, psilomelano, pirolusita, johansonita, bustamita, arsenopirita, marcasita, magnetita, estibina, cuarzo, oropimente, rejalgam, benavidesita, tefroita y yeso.

La mineralización se da en las siguientes formas:

- **Relleno de Fracturas**

Rellenadas por las soluciones hidrotermales toman la configuración en rosario. El relleno mineralógico es mayormente de sulfuros tales como galena, blenda, pirita, plata roja, alabandita, también calcita, rodocrosita, en menor cantidad presentan silicato.

La mineralización se dispone en bolsonadas de diversa longitud con zonas de ensanchamiento y adelgazamiento en los bordes, en algunos casos son filones de fisura de muy limitada extensión.

- **Reemplazamiento Metasomático**

Este proceso ha sido favorecido por las calizas del Jumasha Medio e Inferior como cajas de las fracturas en Chacua, dando lugar al reemplazamiento por sulfuros y silicatos de metales económicos como plata y zinc, formando cuerpos irregulares muy relacionados a las vetas, con dimensiones entre 30 a 140 m de longitud, alrededor de 150 m de altura y de 4 a 30 m de ancho. En profundidad el reemplazamiento es mucho más irregular y tienden a ser controlados por planos de estratificación.

- **Metasomatismo de Contacto**

La presencia de intrusivos en el distrito minero determina la existencia de skarn en sus dos tipos, endoskarn y exoskarn mineralizados predominantemente con blenda oscura, chalcopirita y galena argentífera de grano grueso que se disemina con granate del tipo grosularia.

Con respecto a las estructuras mineralizadas económicas se tienen sistemas de vetas bien definidos y cuerpos. Hay tres sistemas de vetas. Sistema NW- SE, predomina mayormente en el área de Socorro, a esta pertenece las vetas Camucha, Lucero, Dora, V-3, Doris, Socorro 1 y se encuentran limitados entre las fallas Uchucchacua y Cachipampa. Sistema E-W, el cual parece estar controlando el fracturamiento NW-SE y NE-SW; estas vetas tienen rumbos entre N80°E a E-W y buzamientos que tienden a ser verticales, sus zonas de oxidación profundizan considerablemente, pasando a veces los 300 m; las vetas de este sistema son: Rosa, Sandra, Rosa 2, Consuelo, Karla, Silvana, etc. El sistema NE-SW, es al parecer el sistema dominante sobre todo al Sur de la zona de

producción, a este sistema pertenecen las vetas Luz, Casualidad1, 2, Victoria, Claudias, Plomopampa 1, 2 y sistema Huantajalla.

Se tienen cuerpos de reemplazamiento metasomático en la Mina Carmen (relacionados a inflexiones de veta de formas irregulares, más extendidos verticalmente que horizontalmente, su característica principal es la presencia de los silicatos de manganeso con importante cantidad de platas rojas. También se presentan en la mina Socorro donde predominan los carbonatos como matriz (calcita rodocrosita), fina disseminación de pirita, galena, esfalerita, platas rojas y no se observan silicatos de manganeso.

- **Veta Gina Socorro**

Esta es la estructura mineralizada que motiva el presente estudio, esta estructura está formada por el relleno mineral de fracturas tipo rosario de rumbo N35°-45°E y buzamiento subvertical, con potencias que varían de 1.0a 4.5m y en algunos tramos o inflexiones se presenta la formación de cuerpos de 4 hasta 16 m de potencia y en forma localizada la potencia puede alcanzarlos 22 m (ver Figura 3.1). La longitud reconocida desarrollada alcanza aproximadamente 1 km y con una amplitud vertical desarrollada de 300 m aproximadamente, apreciándose acompañada de estructuras satélites o ramales sub paralelos, los que también presentan un comportamiento tipo rosario, pero cuyas longitudes no logran alcanzar más de 200 m en promedio con algunas excepciones mayores como la estructura Lilia. La composición mineralógica está compuesta principalmente por esfalerita, galena, marmatita, alabandita, platas rojas, pirita y calcita.

## **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.**

### **4.2.1. Caracterización de la masa rocosa**

#### ***4.2.1.1. Registro de datos***

El registro de la información geomecánica se efectuó a partir del mapeo geomecánico de la masa rocosa expuesta en las labores subterráneas de los diferentes niveles de la mina.

Adicionalmente, se realizaron trabajos de logueo geotécnico de los testigos rocosos de los diferentes sondajes diamantinos ejecutados como parte de los trabajos de exploración del yacimiento.

El mapeo geomecánico de la masa rocosa expuesta en las labores subterráneas, se llevó a cabo utilizando el "método directo por celdas de detalle". Mediante este método se realizaron mediciones sistemáticas de las discontinuidades presentes en 65 estaciones de medición distribuidas en los Niveles 3990, 3920, 3850, 3780 y 3710, representadas cada una de ellas por un área de extensión variable de la roca expuesta en las labores mineras. Al realizar las mediciones sistemáticas de estaciones, se realizó una inspección visual sobre la calidad del macizo rocoso en todas las labores donde se hizo el recorrido, plasmando dicha información directamente en los planos geomecánicos.

Los parámetros de observación y medición, fueron obtenidos en formatos de registro diseñados para esta evaluación, adecuándolos a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). Ver formatos y data básica en los Anexos 2 y 3. Estos parámetros fueron: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, intemperización y presencia de agua. Adicionalmente se

registraron datos sobre la resistencia de la roca y el grado de fracturamiento (RQD = Rock Quality Designation).

En los testigos rocosos de las perforaciones diamantinas, el logueo geotécnico se llevó a cabo por métodos convencionales en formatos adecuados también a las normas ISRM. En total se realizó el logueo geotécnico de 15 sondajes diamantinos con una longitud total de 2,587 m.

#### **4.2.1.2. Aspectos litológicos**

Las características litológicas simplificadas de la masa rocosa involucrada con las estructuras mineralizadas en el área del proyecto, indican que en general toda la masa rocosa es roca caliza de la Formación Jumasha estando principalmente en los Miembros Medio e Inferior. La estructura mineralizada Gina-Socorro es un relleno de fracturas que conforman vetas dentro la roca caliza. De modo localizado se observa la presencia de roca intrusiva que aparece conformando las cajas de la veta.

#### **4.2.1.3. Distribución de discontinuidades**

Para establecer las características de distribución de discontinuidades o arreglo estructural de la masa rocosa, se procesaron los datos orientacionales mediante técnicas estereográficas, utilizando la versión avanzada del programa de cómputo DIPS (1995), elaborado por

M.S. Diederichs y E. Hoek del Grupo de Ingeniería de Rocas del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Toronto (Canadá), y también la versión 5.103 de Rocscience Inc. (2004). La primera versión se utilizó por las facilidades gráficas que ésta presenta.

Durante el mapeo geomecánico se han registrado las discontinuidades presentes en cada estación de medición de las cuales se ha realizado un compósito por niveles y por sectores, concluyendo luego que existe una tendencia en el arreglo estructural.

También, se ha tenido disponible la información estructural, la cual está dibujada en los planos geológicos de los distintos niveles de la mina en el área de interés, esta información ha sido analizada en cada nivel y en distintos sectores, resultando en una tendencia estructural regular, por lo que se ha hecho un compósito de todos ellos.

De estas fuentes de información se han elaborado los estereogramas de distribución de discontinuidades correspondientes, los cuales son mostrados en las Figuras 1 a 3 (datos de mapeo geomecánico) y 4 a 6 (datos de planos), además los resultados de las características de distribución de las discontinuidades estructurales se presentan en el Anexo 2. Un resumen de estos resultados se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 2**  
*Sistemas de discontinuidades estructurales*

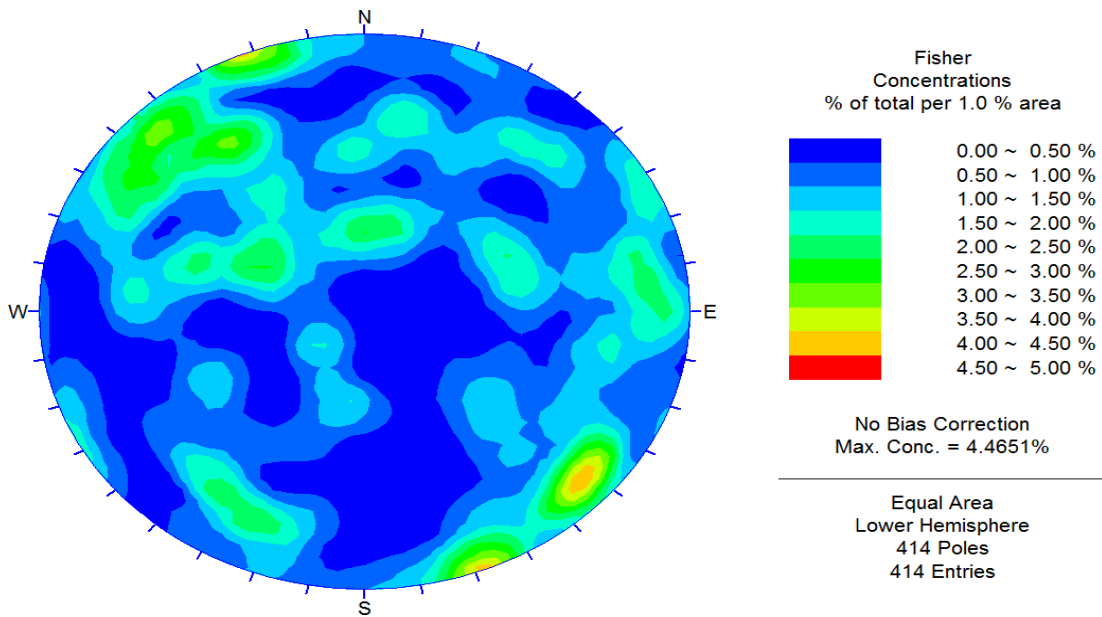
<b>Descripción</b>	<b>Sist. 1</b>	<b>Sist. 2</b>	<b>Sist. 1</b>	<b>Sist. 2</b>	<b>Sist. 3</b>
<b>Compósito de Mapeo geomecánico</b>					
Rumbo / Buzamiento	N48°E/74° SE	N51°E/78°NW	N35°E/35° SE	N64°W/70° NE	N07°W/75°SW
Dir. de Buzam. / Buzam.	138°/74°	321°/78°	125°/35°	026°/70°	263°/75°
<b>Compósito de planos litológicos</b>					
Rumbo / Buzamiento	N40°E/77° SE	N41°E/77°NW	N08°E/28° SE	----	---
Dir. de Buzam. / Buzam	130°/77°	311°/77°	098°/28°	---	---
<b>Compósito total</b>					



Rumbo / Buzamiento	N48°E/74° SE	N51°E/78°NW	N35°E/35° SE	N64°W/70° NE	N07°W/75°SW
Dir. de Buzam. / Buzam.	131°/76°	313°/78°	112°/33°	026°/70°	263°/75°

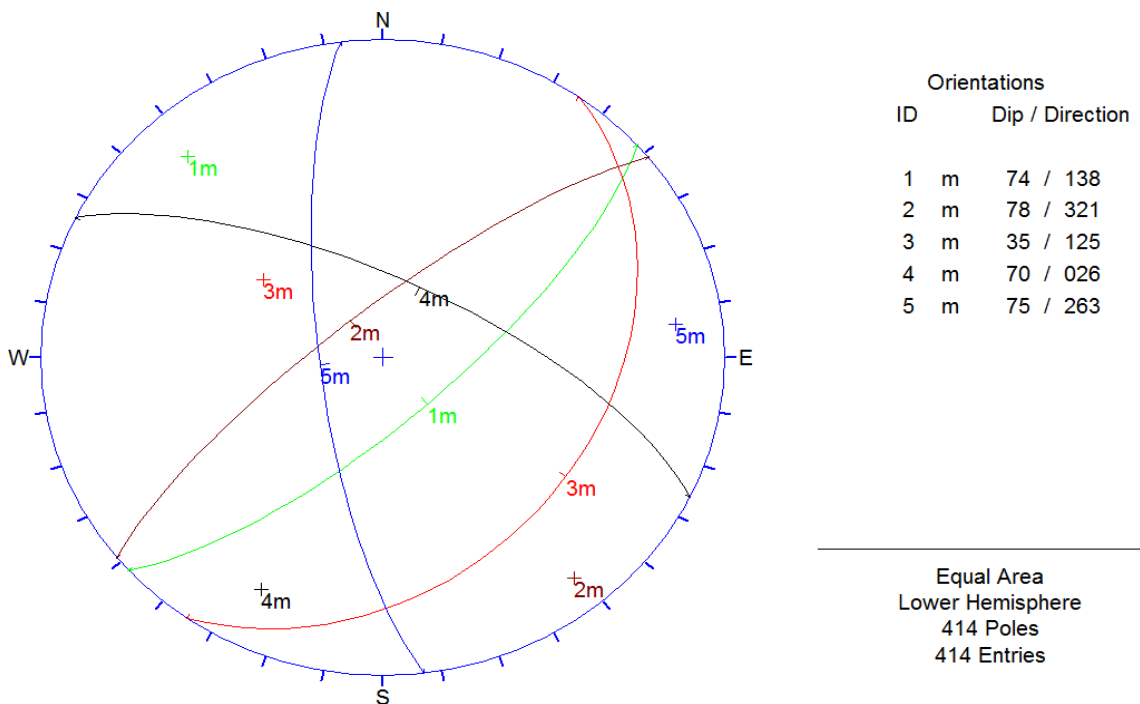
**Figura 1**

Diagrama estereográfico de contornos del compuesto de discontinuidades (datos del mapeo geomecánico)



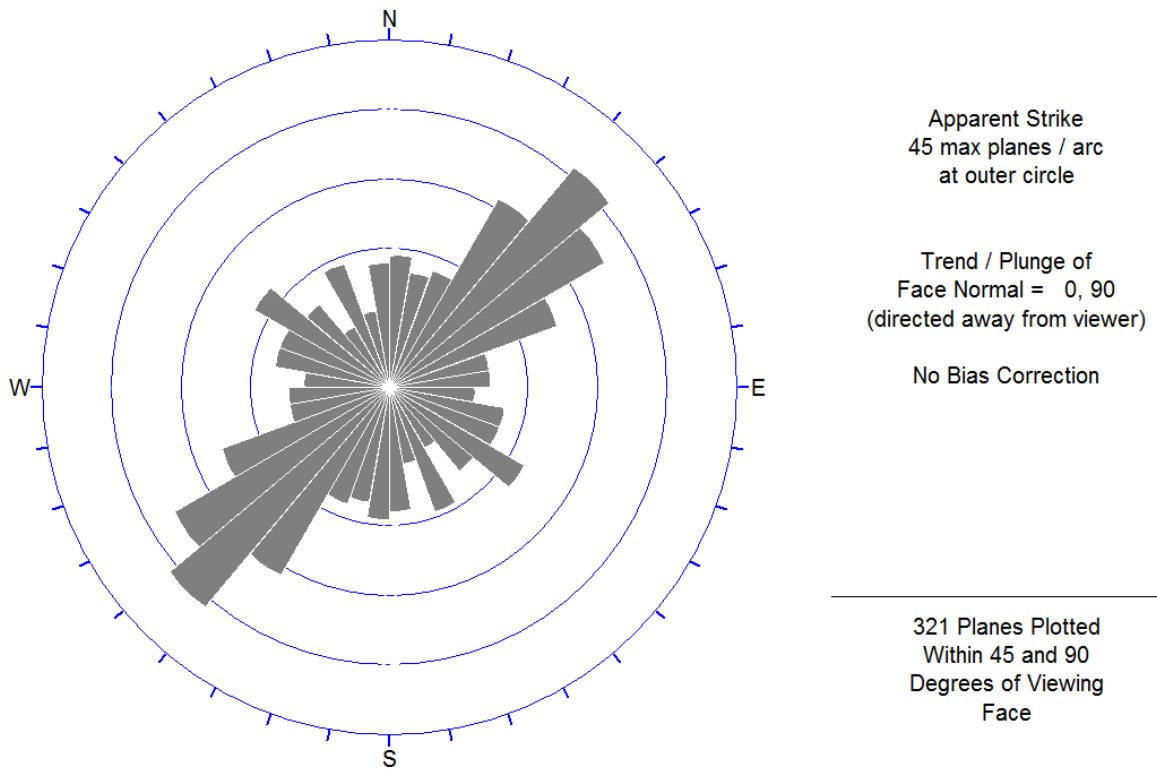
**Figura 2**

Diagrama estereográfico de planos principales del compuesto de discontinuidades



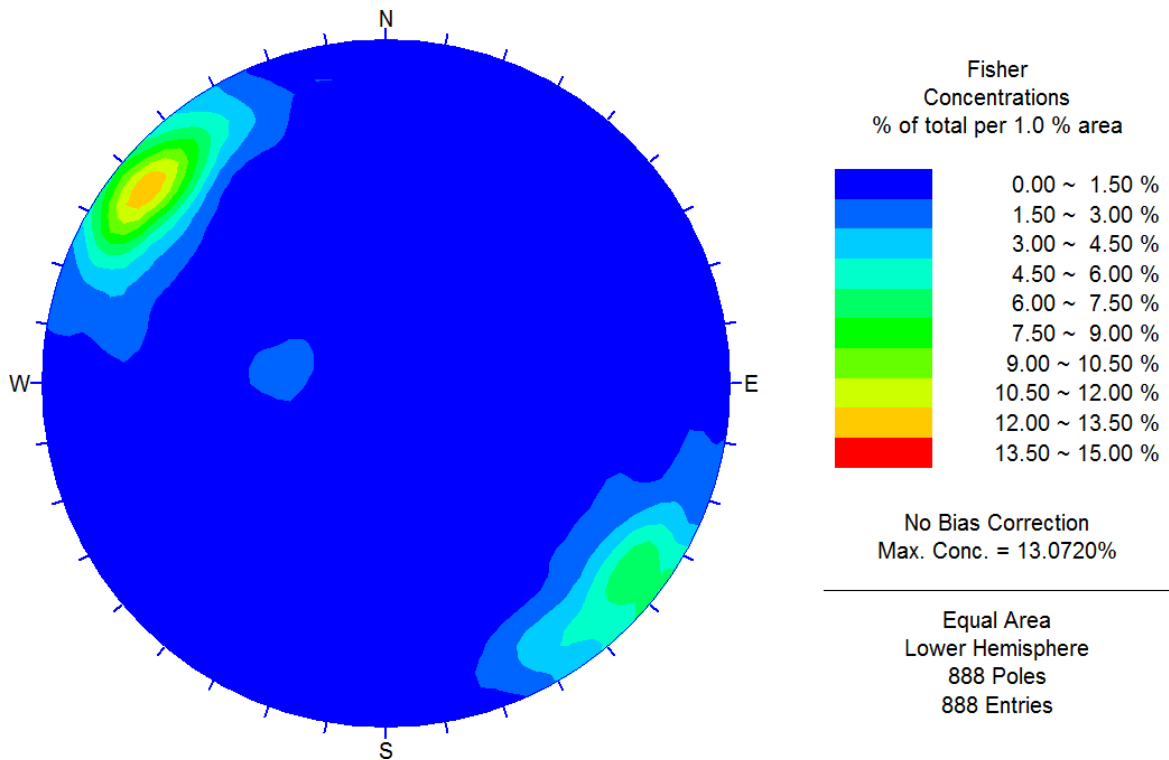
**Figura 3**

*Diagrama de roseta del compósito de discontinuidades*



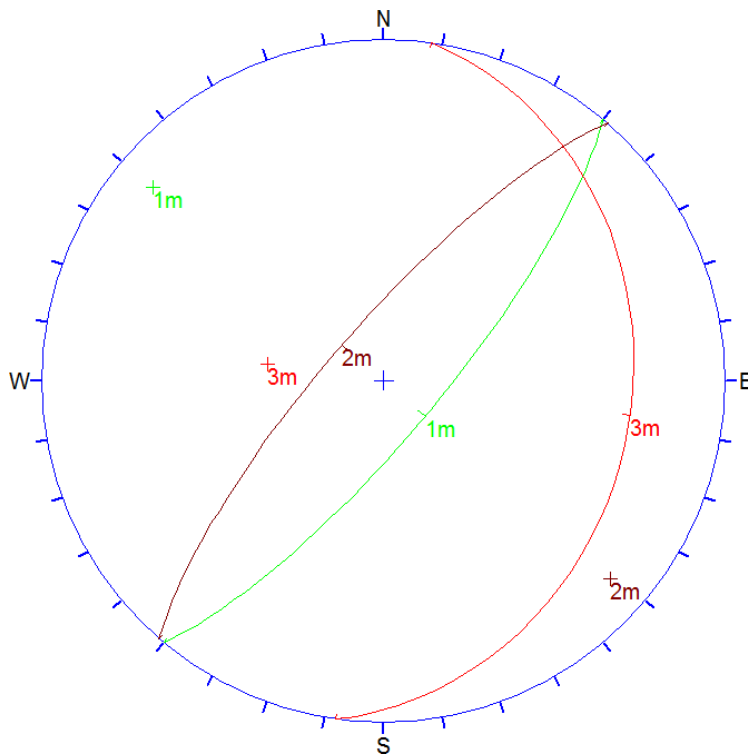
**Figura 4**

*Diagrama estereográfico de contornos del compósito de discontinuidades (datos extraídos de planos estructurales)*



**Figura 5**

*Diagrama estereográfico de planos principales del compósito de discontinuidades*



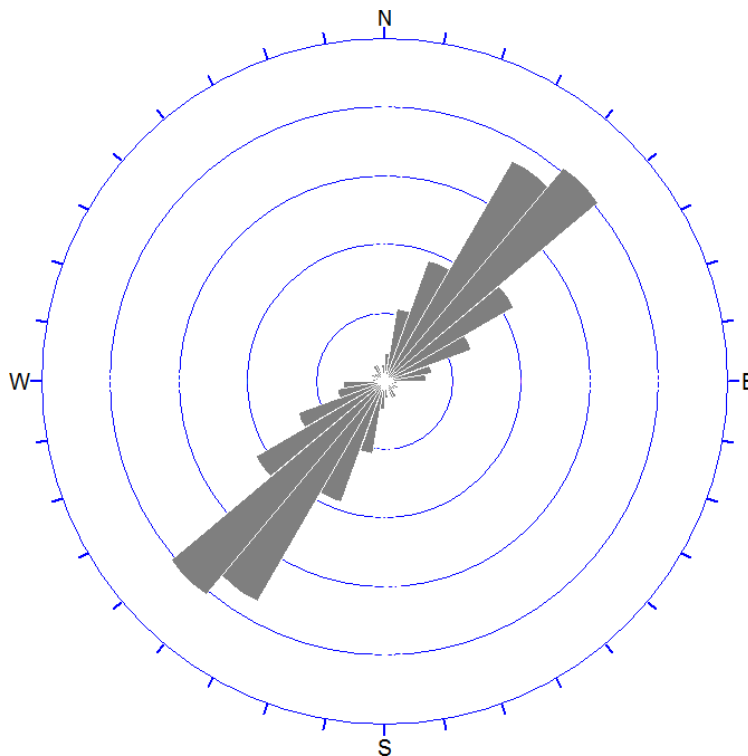
Orientations		
ID	m	Dip / Direction
1	m	77 / 130
2	m	77 / 311
3	m	28 / 098

---

Equal Area  
Lower Hemisphere  
888 Poles  
888 Entries

**Figura 6**

*Diagrama de roseta del compósito de discontinuidades*



Apparent Strike  
225 max planes / arc  
at outer circle

Trend / Plunge of  
Face Normal = 0, 90  
(directed away from viewer)

No Bias Correction

---

791 Planes Plotted  
Within 45 and 90  
Degrees of Viewing  
Face

El análisis realizado en base a toda la información que se ha registrado, ha indicado que el arreglo estructural de la masa rocosa asociada a la veta Gina Socorro es el siguiente:

- Existen tres sistemas principales de discontinuidades, de los cuales dos de ellos están asociados a la orientación de la estructura mineralizada.
- Los Sistema 1 y 2 tienen el mismo rumbo de la veta, es decir tienen rumbo NE, y el buzamiento de ellos es alto hacia el SE y NW respectivamente. Estos sistemas están conformados por discontinuidades en general incluyendo a las fallas.
- El Sistema 3 está relacionado a la estratificación la cual presenta rumbo promedio de NNE con bajo buzamiento al SE.
- Del mapeo geomecánico se han obtenido otros sistemas que aparecen con menor presencia pero que pueden ser considerados complementariamente para un análisis de estabilidad estructuralmente controlado.

#### **4.2.1.4. Aspectos estructurales**

Las características estructurales se establecieron mediante tratamiento estadístico de la información registrada en las labores subterráneas de los distintos niveles, de los planos geológicos y de los testigos de los sondajes diamantinos convencionales ejecutados como parte de la exploración de la veta en profundidad (ver Anexos 2 y 3). Según esto, las siguientes son las características estructurales de las discontinuidades presentes en el área del proyecto:

- **Fallas**

Las fallas tienen espaciamientos desde 3 a 5 m y mayores a 20 m, estando el menor espaciado asociado a la veta mineralizada y los mayores espaciados a las fallas principales alejadas de la veta Gina Socorro, la persistencia va de decenas a centenas de metros. De manera general, tienen relleno de materiales de óxidos y arcillas, con espesores generalmente de 1 a 5 cm. La apertura es menor a 5 mm. Sus áreas de influencia no son significativas, las superficies de las caras son lisas, en algunos casos ondulados, con estrías de falla. Estas estructuras son favorables a las filtraciones de agua, puesto que se observa en algunas de ellas condiciones de goteo.

- **Estratos**

Los estratos tienen espaciamientos generalmente de 20 a 60 cm, con persistencias mayores a 20 m, aperturas menores a 1 mm, superficies ligeramente rugosas, con relleno de carbonatos, pirita y óxidos menores de 5 mm, la alteración ligera, con condiciones de agua subterránea húmedas. Diaclasas

De manera generalizada, las diaclasas tienen espaciamientos de 6 a 20 cm y de 20 a 60 cm, persistencias de 3 a 10 m, aperturas menores a 1 mm, paredes ligeramente rugosas a rugosas, rellenos de carbonatos, óxidos, pirita y arcillas con espesores generalmente menores a 5 mm, las superficies de las discontinuidades se hallan sanas a ligeramente alteradas y las condiciones de agua subterránea **corresponden a húmedas.**

#### **4.2.2. Clasificación de la masa rocosa**

Para clasificar geomecánicamente a la masa rocosa, se utilizó la información del mapeo geomecánico de la masa rocosa realizada en las labores

subterráneas del Nv. 3990 hasta el Nv. 3710 y del logeo geotécnico de los testigos de las perforaciones diamantinas convencionales realizadas como parte de la exploración del yacimiento en profundidad.

Se utilizan en este informe como criterio principal el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR – Valoración del Macizo Rocos – 1989), y como criterios complementarios los de Barton y Colaboradores (Sistema Q – 1974) y Marinos & Hoek (GSI – Geological Strength Index – 2002).

Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, fueron obtenidos conforme a los procedimientos señalados más adelante en el Acápite 4.4. Los valores del índice de calidad de la roca (RQD) fueron tomados directamente durante el logeo de los testigos rocosos diamantinos y del registro lineal de discontinuidades en la masa rocosa de las labores subterráneas, utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1986), teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal.

El criterio adoptado para clasificar a la masa rocosa se presenta en la

**Tabla 3:**

**Tabla 3**

*Criterio para la clasificación de la masa rocosa*

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

Los resultados de la clasificación geomecánica se presentan en los formatos de los Anexos 2 y 3. Posteriormente se han establecido varias secciones transversales a lo largo de la veta Gina Socorro tales que sean representativas en

el sector del estudio. En ellas se han proyectado la información de calidad de los testigos rocosos y del mapeo geomecánico de las labores. A partir de toda esta información se han obtenido resultados de clasificación de la masa rocosa los cuales son resumidos en la siguiente tabla considerando los rangos de calidad según el RMR correspondiente (ver **Tabla 4**).

**Tabla 4**  
*Calidad de la masa rocosa por tipo de roca*

<b>Sección</b>	<b>Estructura</b>	<b>Rango RMR</b>	<b>Rango de calidad masa rocosa</b>
240W	Caja piso	53 - 62	IIIA y II
	Veta mineral	49 - 50	IIIB
	Caja Techo	53 - 62	IIIA y II
120W	Caja Techo	53 - 59	IIIA
	Veta mineral	51	IIIA
	Caja piso	62 - 66	II
60E	Caja Techo	54 - 55	IIIA
	Veta mineral	45 - 49	IIIB
	Caja piso	62 - 66	II
240E	Caja Techo	55 - 57	IIIA
	Veta mineral	48	IIIB
	Caja piso	57 - 58	IIIA
440E	Caja Techo	60 - 62	IIIA y II
	Veta mineral	49	IIIB
	Caja piso	53 - 64	IIIA y II

La litología presente en las cajas en todas las secciones se trata de roca caliza. El buzamiento de la veta hasta aproximadamente la cota 3800 es hacia el SE y de esta cota hacia abajo el buzamiento cambia de dirección hacia el NW. Este comportamiento se observa en casi todas las secciones a excepción de la Sección 240W donde el buzamiento se mantiene en profundidad hacia el SE.

A partir de los resultados de la tabla anterior se puede concluir lo siguiente:

- Tomando en cuenta el rango de variación de la masa rocosa se observa que en general la calidad de la masa rocosa es de Regular B (IIIB) hasta calidad Buena (II).
- La calidad de la roca de las cajas es mejor en relación de la veta mineralizada. Así mismo, la calidad de la roca de la caja piso es ligeramente mayor a la calidad de roca en la caja techo.
- Dentro de la masa rocosa de las cajas existen pequeños tramos de inferior calidad de masa rocosa que están asociados a las fallas u otras estructuras mineralizadas de potencia menor.
- Hacia el contacto de la veta mineralizada con las cajas existen fallas contactos que, si bien no aparecen en las secciones, se debe de tener presente este hecho para los análisis correspondientes posteriores.

Considerando la información de la calidad de la masa rocosa, se han establecido promedios de calidad tanto para la veta y las cajas, los cuales han conducido a realizar una zonificación geomecánica la cual es detallada en el siguiente acápite.

#### **4.2.3. Zonificación geomecánica de la masa rocosa**

Para la aplicación racional de los diferentes métodos de cálculo de la mecánica de rocas, es necesario que la masa rocosa bajo estudio esté dividida en áreas de características estructurales y mecánicas similares, debido a que el análisis de los resultados y los criterios de diseño serán válidos solo dentro de masas rocosas que presenten propiedades físicas y mecánicas similares.

Dentro de estas propiedades, la litología, la alteración, el arreglo o modelo estructural de la masa rocosa y la calidad de la misma son consideraciones importantes a tomarse en cuenta para la delimitación de los dominios, muestran una tendencia regular en toda el área de estudio.



En ese sentido, a partir de la clasificación de la masa rocosa se ha realizado una zonificación geomecánica en las distintas secciones analizadas con la finalidad de tener valores representativos promedios de calidad de la masa rocosa, dicha zonificación se muestra en las Láminas y un resumen de la zonificación en la siguiente tabla.

En este cuadro puede apreciarse los valores promedio de calidad en la veta mineralizada, así como en las respectivas cajas, de los cuales podemos mencionar lo siguiente:

- La veta mineralizada Gina Socorro presenta calidad promedio perteneciente al dominio estructural DE-IIIB (RMR 41-50) en toda su extensión, con valores hacia el extremo superior.
- La calidad de la caja techo pertenece al DE-III A (RMR 51-60). Cabe recalcar que el buzamiento de la veta cambia de dirección SE hacia el NW a partir de la cota 3800, a excepción de la Sección 240W.
- Para el caso de la caja piso, la calidad corresponde también al dominio DE-III A (RMR 51-60) y también existen sectores pertenecientes al dominio DE-II (RMR > 60).

**Tabla 5**  
*Zonificación geomecánica de la veta Gina Socorro*

<b>Sección</b>	<b>Estructura</b>	<b>RMR promedio</b>	<b>Dominio-estructural</b>
240W	Caja piso	62	DE-II
	Veta mineral	48	DE-IIIB
	Caja Techo	53	DE-III A
120W	Caja Techo	56	DE-III A
	Veta mineral	50	DE-IIIB
	Caja piso	52	DE-III A
60E	Caja Techo	54	DE-III A
	Veta mineral	45	DE-IIIB
	Caja piso	62	DE-II
240E	Caja Techo	55	DE-III A
	Veta mineral	48	DE-IIIB
	Caja piso	53	DE-III A

440E	Caja Techo	60	DE-III A
	Veta mineral	49	DE-III B
	Caja piso	53	DE-III A

De modo general se ha llegado a la conclusión que la calidad de la masa rocosa de la veta mineralizada y en las cajas son generalmente homogéneas, siendo estas últimas de mejor calidad respecto al mineral.

Los valores de la calidad de la masa rocosa corresponden al promedio de la información registrada procedente de las labores subterráneas y del logueo geotécnico de los testigos de las perforaciones diamantinas. Esta zonificación se ha de tener en cuenta para los análisis de la estabilidad de las excavaciones asociadas al minado.

#### **4.2.4. Resistencia de la roca**

##### ***4.2.4.1. Resistencia de la roca intacta***

Uno de los parámetros más importantes del comportamiento mecánico de la masa rocosa, es la resistencia compresiva no confinada de la roca intacta ( $\sigma_c$ ) o denominada también UCS. Para la presente evaluación, durante el logueo geomecánico de testigos diamantinos, se han realizado ensayos de golpe con el martillo de geólogo, siguiendo las normas sugeridas por la ISRM, a fin de estimar la resistencia compresiva de la roca intacta.

Durante los trabajos de campo se ha realizado un muestreo sistemático de muestras de testigos rocosos y bloques de roca tanto en mineral y en la roca caliza para realizar ensayos en un Laboratorio de Mecánica de Rocas. Dichos ensayos fueron: ensayos de carga puntual, ensayos de compresión uniaxial y ensayos de compresión triaxial. Los resultados de estos ensayos se presentan en la **Tabla 6**, **Tabla 7** y **Tabla 8**, respectivamente.

**Tabla 6***Resultados de los ensayos de carga puntual*

<b>Sondaje</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Litología</b>	<b>Is (MPa)</b>	<b><math>\sigma_c</math> (MPa)</b>
DMC-262-1-006	271.30 - 271.56	Caliza	6.09	123.8
DMC-262-1-019	102.29 - 102.60	Caliza	5.12	104.0
DMC-262-01-2015-007	304.34 - 304.74	Caliza	6.50	144.8
DMC-252-01-2010-019	73.32 - 73.68	Caliza	5.36	108.8
DMC-262-2-014	162.95 - 163.20	Caliza	2.52	56.2

**Tabla 7***Resultados de los ensayos de compresión uniaxial*

<b>Sondaje</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Litología</b>	<b><math>\sigma_c</math> (MPa)</b>
DMC-262-1-012	298.93 - 299.34	Caliza	54.6
DMC-262-1-012	160.00 - 160.35	Caliza	37.4
MIN	---	Mineral	57.5

Adicionalmente se han realizado ensayos de tracción indirecta mediante el método brasilero con la finalidad de estimar la resistencia a la tracción de la roca intacta. Los resultados de estos ensayos se presenta en la **Tabla 8**.

**Tabla 8***Resistencia a la tracción de la roca intacta*

<b>Sondaje</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Litología</b>	<b><math>\sigma_c</math> (MPa)</b>
DMC-262-1-012	280.95 - 385.25	Caliza	3.2
DMC-262-2-002	149.60 - 153.25	Caliza	2.6
MIN	---	Mineral	5.1

Por otro lado, para estimar la densidad de los diferentes tipos de rocas presentes en el área de evaluación, se han realizado ensayos de propiedades físicas. Los resultados de estos ensayos se muestran en la **Tabla 9**.

**Tabla 9***Resultados de los ensayos de propiedades físicas de la roca intacta*

Sondaje	Profundidad (m)	Litología	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Densidadseca (g/cm <sup>3</sup> )
DMC-262-1-012	280.95 - 385.25	Caliza	0.94	0.35	2.69
DMC-262-2-002	149.60 - 153.25	Caliza	2.59	0.96	2.69
MIN	-----	Mineral	0.73	0.21	3.46

**4.2.4.2. Resistencia de las discontinuidades**

Desde el punto de vista de la estabilidad estructuralmente controlada, es importante conocer las características de resistencia al corte de las discontinuidades, puesto que estas constituyen superficies de debilidad de la masa rocosa y por tanto planos potenciales de falla. La resistencia al corte en este caso está regida por los parámetros de fricción y cohesión de los criterios de falla Mohr-Coulomb. Estos parámetros fueron determinados también mediante ensayos de laboratorio de mecánica de rocas realizados para el presente estudio, cuyos resultados se presentan en la **Tabla 10**.

**Tabla 10***Resultados de los ensayos de propiedades físicas de la roca intacta*

Sondaje	Profundidad (m)	Litología	Cohesión (MPa)	Angulo de fricción (°)
DMC-262-1-012	384.65 - 385.25	Caliza	0.059	35.79
DMC-262-02-002	152.80 - 153.25	Caliza	0.067	31.44
MIN	-----	Mineral	0.082	33.09

**4.2.4.3. Resistencia de la masa rocosa**

Para estimar los parámetros de resistencia de la masa rocosa, se utilizó el criterio de falla de Hoek & Brown (2002, 2007), con el programa Roclab (Rocscience Inc., 2007). Para ello se tomaron los valores más representativos de calidad de la masa rocosa involucrada con cada

dominio estructural, asimismo de resistencia compresiva uniaxial promedio y la constante “mi” de la roca intacta, desarrollados en este estudio. En la **Tabla 11**, se presentan los resultados obtenidos sobre las propiedades de resistencia de la masa rocosa por dominios estructurales o principales tipos de rocas que estarán involucrados con el minado del yacimiento.

**Tabla 11**

*Propiedades de resistencia de la masa rocosa “mi” mmr smr*

Secc	Litología	GSI	$\sigma_c$ (MPa)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	“mi”	mmr	Smr	Emr MPa	Poisso n“v”
240W	Caja piso	62	80	2.70	12	2.200	0.007660	13923	0.22
	Veta mineral	48	50	3.50	13	1.276	0.001273	3007	0.26
	Caja Techo	53	60	2.70	12	1.472	0.002416	6233	0.25
120W	Caja Techo	56	60	2.70	12	1.683	0.003549	7493	0.24
	Veta mineral	50	50	3.50	13	1.395	0.001645	3429	0.25
	Caja piso	52	50	2.70	12	1.408	0.002125	4876	0.24
60E	Caja Techo	54	60	2.70	12	1.539	0.002747	6635	0.24
	Veta mineral	45	50	3.50	13	1.116	0.000866	2465	0.26
	Caja piso	62	80	2.70	12	2.200	0.007660	13923	0.22
240E	Caja Techo	55	60	2.70	12	1.610	0.003122	7055	0.24
	Veta mineral	48	50	3.50	13	1.276	0.001273	3007	0.26
	Caja piso	53	60	2.70	12	1.472	0.002416	6233	0.25
440E	Caja Techo	60	70	2.70	12	2.012	0.005927	10974	0.24
	Veta mineral	49	50	3.50	13	1.334	0.001447	3212	0.26
	Caja piso	53	60	2.70	12	1.472	0.002416	6233	0.25

#### 4.2.5. Condiciones del agua subterránea

La presencia del agua en la masa rocosa de las excavaciones subterráneas tiene un efecto adverso en las condiciones de estabilidad de las mismas. El principal efecto de la presencia del agua en la masa rocosa, es la presión que

ejerce en las discontinuidades estructurales disminuyendo la resistencia al corte y favoreciendo la inestabilidad de las labores subterráneas.

Durante el recorrido de las diferentes labores subterráneas y en los distintos niveles se ha podido apreciar que el agua no es un factor significativo para la estabilidad de las labores ya que su presencia es mínima, observándose por lo general algunos sectores húmedos y de manera muy localizada zonas de goteo. En ese sentido se podría generalizar que las condiciones de presencia del agua señalada en el párrafo anterior deben de persistir en profundidad, por lo general el agua siempre tiende a descender hacia los niveles más profundos, es aquí donde su manejo debe ser tratado adecuadamente.

#### **4.2.6. Esfuerzos in-situ**

Es importante conocer la orientación y magnitud de los esfuerzos in-situ ya que estos influirán directamente en las condiciones de estabilidad de cualquier excavación cuando esta es creada, más aún cuando la excavación está a considerable profundidad como ocurre en la Mina Uchucchacua y particularmente en la Veta Gina Socorro. La mejor manera de conocer estos esfuerzos es mediante la realización de mediciones de campo. Como no se disponen de datos de mediciones de campo, los esfuerzos in-situ son aquí estimados utilizando distintos procedimientos como el concepto de carga litostática (Hoek & Brown, 1978) y el criterio de Sheorey (1994) para estimar la constante "k" (relación esfuerzo horizontal/esfuerzo vertical); el modelamiento numérico; y la información del Mapa Mundial de Esfuerzos.

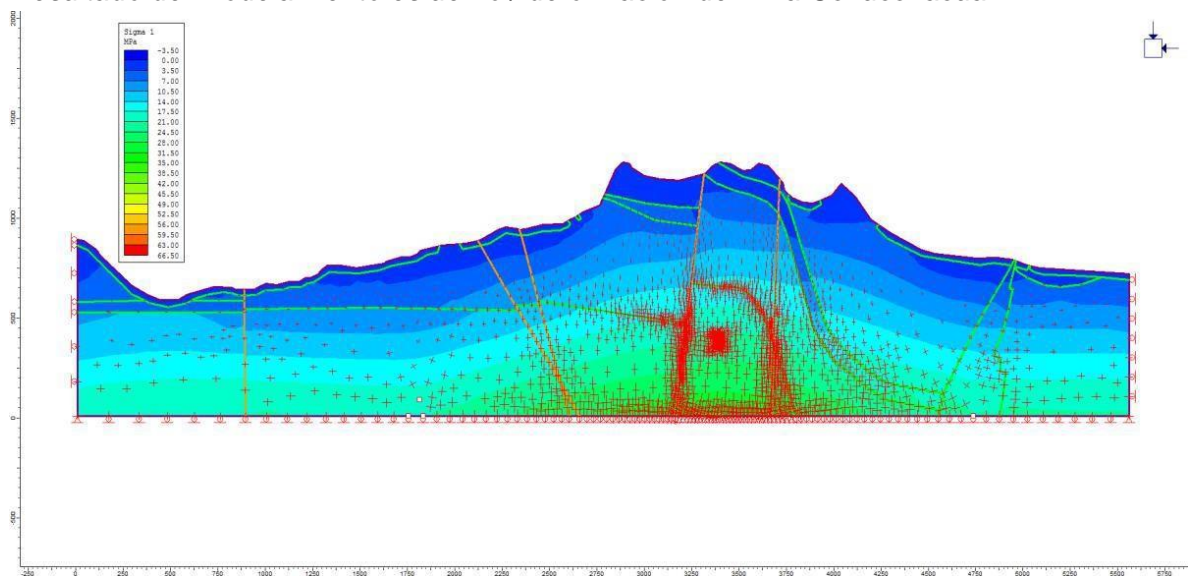
De acuerdo al primer criterio mencionado, según la profundidad del minado que se viene desarrollando en la veta Gina Socorro, los niveles de producción alcanzan profundidades de 900 a 1100 m por lo que para fines prácticos podemos asumir una profundidad promedio de 1000 m. Para la citada profundidad el esfuerzo vertical resulta 27 MPa, el valor de la constante "k" se

estima en 0.45 por lo que el esfuerzo horizontal resultaría aproximadamente 12 MPa.

Según el segundo de los criterios nombrados, en la **Figura 7** se presentan el resultado del modelamiento numérico esfuerzo / deformación efectuada para el entorno de Mina Uchucchacua mediante el método de elementos finitos con el programa Phase2 Vr. 7 de Rocscience Inc. (2010).

**Figura 7**

*Resultado del modelamiento esfuerzo / deformación de Mina Uchucchacua*



Este resultado indica que en profundidad los esfuerzos verticales tienden a ser similares a los esfuerzos horizontales, estimándose que la constante “k” tiende a la unidad (1.0).

En relación al Mapa Mundial de Esfuerzos (Ref.: 6), se verifica que en los alrededores de Mina Uchucchacua hay muy escasa información sobre esfuerzos in-situ. La información registrada más cerca indica que los esfuerzos verticales podrían ser ligeramente menores que los esfuerzos horizontales. Mediciones de esfuerzos in-situ hechas en minas distantes 50 km de Uchucchacua también indican resultados similares. Por tal razón, para propósitos de modelamientos numéricos, podemos considerar que los esfuerzos in-situ horizontales son similares al esfuerzo in-situ vertical.

Se ha estimado que el “factor de competencia”, que relaciona a los esfuerzos con la resistencia de la roca intacta, está por debajo de 10, lo cual significa que la estabilidad de las excavaciones estará regida tanto por la influencia de los esfuerzos y por el arreglo estructural de la masa rocosa. En estas condiciones se puede esperar que el comportamiento de la roca tenga únicamente deformación elástica o únicamente deformación plástica o rotura frágil, estando este último caso asociado al problema de los estallidos de rocas o más propiamente dicho a la sismicidad inducida por el minado, entre otros relacionado a ambientes rocosos altamente esforzados. Uchucchacua es una mina donde ocurren problemas de sismicidad inducida por el minado y este problema es manejado entre otros por un sistema de monitoreo microsísmico.

#### **4.2.7. Direcciones preferenciales de avance de las excavaciones**

La Evaluación geomecánica en la mina Uchucchacua para la profundización y minado de la veta Socorro es viable y factible.

Se definió parámetros geomecánicos para lo cual existen direcciones preferenciales en las cuales se puede alinear el avance de las excavaciones, de tal manera de lograr mejores condiciones de estabilidad de las mismas. Las condiciones más favorables para la estabilidad ocurren cuando se avanzan las excavaciones en forma perpendicular al sistema principal de discontinuidades estructurales, de manera contraria, las condiciones más desfavorables para la estabilidad ocurren, cuando se avanzan las excavaciones en forma paralela al sistema principal de discontinuidades.

Según el modelo del arreglo estructural de la masa rocosa de Veta Gina Socorro presentado en la parte Distribución de discontinuidades, los principales sistemas de discontinuidades, conformados por fallas, diaclasas y la misma estructura mineralizada en evaluación tienen alineamiento SW-NE, por tanto, la dirección preferencial de avance de las excavaciones debería ser perpendicular a



este sistema, es decir, debe ser alineada con el NW-SE o viceversa, en este alineamiento se lograrán mejores condiciones de estabilidad de las excavaciones que se realizarán como parte del minado de la Veta Gina-Socorro.

Por razones de orden técnico asociados a la operación y diseño actual de la mina, la dirección de avance del minado de los tajeos se viene desarrollando siguiendo el rumbo de las vetas. Este hecho conlleva a no tener la mejor dirección para el minado, pero finalmente el dimensionamiento de los tajeos se realizará tomando en cuenta este aspecto adverso, así como también para el tema del sostenimiento. Para el caso de las labores de desarrollo en lo posible hay que adoptar direcciones no paralelas al rumbo de la veta.

#### **4.2.8. Aberturas máximas de las excavaciones y sostenimiento**

Para llevar a cabo esta evaluación, las excavaciones han sido divididas en tres categorías: excavaciones permanentes, excavaciones temporales y tajeos.

##### ***4.2.8.1. Excavaciones permanentes***

Se incluyen aquí: rampas, galerías de nivel, cámaras de chancado, talleres de mantenimiento, estaciones de bombeo, comedores, polvorines, etc. En lo posible estas excavaciones deben ser orientadas según las direcciones preferenciales de avance mencionadas en el acápite anterior. En tal caso, se mejorarán las condiciones de estabilidad, la velocidad de avance de la excavación y se disminuirán los requerimientos de sostenimiento. Para nuestro caso, como la mina está actualmente en operación, esta recomendación puede ser tomada para nuevas excavaciones.

Para las excavaciones permanentes deberá instalarse un sostenimiento también permanente, que sea resistente a la corrosión y

que sea capaz de soportar cargas adicionales debidas a los cambios de las condiciones de esfuerzos a lo largo de la vida de la mina.

Según los resultados de la clasificación y de la zonificación geomecánica de la Veta Gina- Socorro y su entorno, las excavaciones permanentes se ubicarán en las cajas alejadas, y de preferencia en la caja piso, en donde predomina la presencia de masas rocosas del dominio DE-III A y un poco del dominio DE-II. Si consideramos el criterio dado en la **Tabla 12** para clasificar a la masa rocosa del yacimiento, podemos establecer las siguientes aberturas máximas promedio de excavaciones para los diferentes rangos de valores RMR ajustadas por orientación de las discontinuidades, tomando además la profundidad donde se halla ubicado el minado.

**Tabla 12**

*Aberturas máximas de las excavaciones permanentes*

<b>Dominio</b>	<b>Rango RMR</b>	<b>Abertura máxima Según RMR</b>	<b>Abertura máxima Según Q</b>
DE-II	> 60	5.2 m	4.9 m
DE-III A	51 - 60	4.2 m	4.0 m
DE-III B	41 - 50	2.6 m	2.5 m

Si consideramos los valores de calidad de la masa rocosa reportados en el capítulo anterior, utilizando los criterios de Barton etc. al. (1974) y Bienawski(1989), se estima que la abertura máxima promedio sin sostenimiento sistemático para masas rocosas de los dominios DE-II, DE-III A y DE-III B es aproximadamente 5, 4 y 2.5 m.

Las masas rocosas del dominio DE-III A, aberturas de 4.2 m o menores no requerirán sostenimiento sistemático sino solo esporádico, en la práctica por el problema de la sismicidad inducida por el minado de Mina Uchucchacua se requerirá por lo menos instalar pernos de roca tipo barra helicoidal o varilla corrugada, cementado o con resina + malla metálica, de

modo sistemático. Luego, en ambientes de altos esfuerzos como es el caso de Gina Socorro, el concepto de aberturas máximas es relativo.

Cabe señalar que, en la minería subterránea del país, las labores mineras permanentes más comunes son aquellas que tienen alrededor de 4 a 5 m de abertura máxima (rampas y galerías de nivel y otros), que también es el caso de Mina Uchucchacua donde se tienen anchos promedios de aproximadamente 4.5 m, el sostenimiento recomendado para estas labores permanentes se presenta en la **Tabla 13**, este sostenimiento compatibiliza con los estándares de Mina Uchucchacua que vienen utilizándose y que usualmente se utilizan en minas de ambientes altamenteesforzados.

**Tabla 13**

*Sostenimiento para labores de avance permanentes*

<b>Dominio</b>	<b>Rango RMR</b>	<b>Sostenimiento</b>
DE-II	> 60	Pernos sistemáticos de 7 m de longitud, espaciados 1.5 m + malla metálica electrosoldada.
DE-IIIA	51 - 60	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados 1.5 m + malla metálica electrosoldada + una capa de shotcrete reforzado de 2" de espesor
DE-IIIB	41 - 50	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados cada 1.3 m + malla metálica electrosoldada + una capa de shotcrete de 3" de espesor.
DE-IVA	31 - 40	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados cada 1.0 m + malla metálica electrosoldada + una capa de shotcrete de 4" de espesor.

En este caso, los pernos de roca deben ser de tipo varilla corrugada o barra helicoidal de 7 pies de longitud, cementado o con resina (cuando haya presenciadel agua).

#### 4.2.8.2. Excavaciones temporales

Dentro de estas excavaciones se incluyen las labores de avance asociadas al minado en los tajeos, como galerías y cruceros de acceso a lostajeos en roca estéril o en mineral, que son excavaciones temporales del tipo de ingreso de personal dentro de las mismas y de tamaño suficientemente pequeño para permitir realizar un buen desatado periódico o reforzarla adicionalmente. Generalmente estas excavaciones tendrán también aberturas máximas de alrededor de 4 a 5 m.

En la **Tabla 14** se presentan los estimados para el sostenimiento de labores de avance temporales, el cual podría incluir también a tajeos de 4 a 5 m de ancho ya que la potencia de la veta en muchos sectores es de esta dimensión. Teniendo presente la calidad promedio de la masa rocosa se ha determinado el sostenimiento necesario para este tipo de excavaciones.

**Tabla 14**  
*Sostenimiento para labores de avance temporales*

<b>Dominio</b>	<b>Rango RMR</b>	<b>Sostenimiento</b>
DE-II	> 60	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados 1.5 m. Malla electrosoldada de ser necesario
DE-III A	51 - 60	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados 1.4 m +. malla metálica electrosoldada.
DE-III B	41 - 50	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados cada 1.3 m + una capa de shotcrete de 2" de espesor. Utilizar malla electrosoldada de ser necesario.
DE-IV A	31 - 40	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciados cada 1.2 m + malla metálica electrosoldada + una capa de shotcrete de 3" de espesor.

Para el caso de labores temporales, el perno de roca a utilizarse en este caso debe ser del tipo split sets de 7 pies de longitud y en terrenos malos es recomendable el uso de los pernos tipo hydrabolts.

### **4.3. Prueba de hipótesis**

Como el trabajo tuvo carácter descriptivo, para el desarrollo de las pruebas de hipótesis el estudio se basó en los datos proporcionados en la sección previa que trataba sobre la caracterización del macizo rocoso, su clasificación, zonificación geotécnica, resistencia, condiciones de agua subterránea y aberturas de las excavaciones.

#### **4.3.1. Hipótesis general**

##### **i. Hipótesis a probar:**

La Evaluación Geomecánica de la masa rocosa del minado en la profundización de Mina Uchucchacua, determina nuevas alternativas de minado subterráneo y con ello dimensionar los componentes estructurales asociados al minado de la Veta Gina Socorro, que es una de las estructuras mineralizadas más importante de la Mina Uchucchacua, y define el método de minado más seguro y eficiente.

##### **ii. Pruebas:**

- La Evaluación Geomecánica consistió en definir los parámetros geomecánicos, por diversos medios de estudios como el registro de datos de campo, ensayos de diversos resultados obtenidos con el software, y lo más importante la consideración de las direcciones preferenciales de avance en las excavaciones subterráneas que ayudaran a la buena estabilidad del macizo rocoso.
- La caracterización geotécnica de la masa rocosa, que incluye la determinación de la resistencia compresiva uniaxial (UCS) con valores tan altos como 123.8 MPa para la caliza, establece una expectativa de robustez y capacidad de carga del material que será excavado. Además, la litología compuesta principalmente de caliza de la Formación Jumasha

sugiere una consistencia favorable para técnicas de minado que requieren masas rocosas competentes.

- Las clasificaciones de la masa rocosa, indicadas por rangos RMR de 41 (Regular B) hasta >60 (Buena), y la zonificación geomecánica del sitio proveen una guía precisa para la selección de métodos de minado. Por ejemplo, dominios con una clasificación más alta podrían ser candidatos para métodos que requieren menos sostenimiento artificial y permiten mayores aberturas, mientras que dominios con clasificación más baja necesitarían técnicas que mitiguen la caída de rocas y otros riesgos geomecánicos.

Los datos de resistencia específicos y las aberturas máximas derivadas, que varían desde 2.6 metros en dominios DE-IIIB hasta 5.2 metros en DE-II según la clasificación RMR y los métodos de Bieniawski y Barton, son críticos para determinar la magnitud y el alcance de las excavaciones posibles en cada zona. Estos parámetros se traducen directamente en la selección de estrategias de minado, influenciando decisiones como la elección entre stoping, caving o métodos de soporte controlado.

- Las condiciones del agua subterránea juegan un rol menor pero significativo, con la presencia de agua reportada como mínima. Sin embargo, el correcto manejo de las zonas húmedas y el goteo es crucial, ya que incluso cantidades menores de agua pueden impactar adversamente en la resistencia al corte de las discontinuidades y, por ende, en la estabilidad de las excavaciones subterráneas.
- Los esfuerzos in-situ, estimados con un esfuerzo vertical de 27 MPa y un esfuerzo horizontal de 12 MPa, resaltan la importancia de diseñar las excavaciones para soportar estas condiciones de esfuerzo, especialmente considerando la profundidad de la mina. Las direcciones preferenciales de avance, alineadas perpendicularmente a los sistemas de

discontinuidades, reducen el riesgo y maximizan la recuperación del mineral.

- La combinación de estas condiciones geomecánicas con las recomendaciones para aberturas máximas y sostenimiento configura una matriz de decisión que define el método de minado más seguro y eficiente. Por ejemplo, los dominios con mayores aberturas máximas y menor necesidad de sostenimiento se demuestra que se cumplió la hipótesis planteada. Es decir, la hipótesis se sostiene: la evaluación geomecánica detallada es fundamental para determinar nuevas alternativas de minado subterráneo y dimensionar los componentes estructurales asociados al minado de la Veta Gina Socorro. Esta evaluación influye en la definición del método de minado más seguro y eficiente, proporcionando una base científica y técnica para las decisiones operativas en la profundización de la Mina Uchucchacua. podrían beneficiarse de métodos de minado de avance rápido, mientras que aquellos con mayores requerimientos de sostenimiento pueden necesitar métodos más conservadores.
- iii. **Conclusión:** Por tanto, La integración de la resistencia de la roca, la clasificación y zonificación geomecánica, las condiciones del agua subterránea, los esfuerzos in-situ y las recomendaciones de sostenimiento y aberturas máximas, demuestra que la evaluación geomecánica no solo es una influencia, sino una determinante clave en el desarrollo sostenible y seguro de la minería subterránea en el yacimiento.

#### 4.3.2. Primera Hipótesis específica

- i. Hipótesis a probar:

La caracterización geotécnica de la masa rocosa influye en la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua.

- ii. Pruebas:

Se realizó el análisis de las investigaciones geotécnicas del área de estudio, Las investigaciones geomecánicas para determinar la calidad del macizo rocoso, estas fueron realizadas mediante calicatas, trincheras, perforaciones diamantinas. También, se analizaron las muestras de roca en los laboratorios, igualmente se sacaron datos directos de campo.

**Tabla 15**

*Resumen de la caracterización geotécnica de la masa rocosa*

<b>Aspecto</b>	<b>Datos Relevantes</b>	<b>Influencia en la Profundización</b>
Caracterización de la masa rocosa	Calizas de la Formación Jumasha con UCS de hasta 123.8 MPa y presencia de discontinuidades	Define la estabilidad estructural y la elección de métodos de minado
Clasificación de la masa rocosa	Rangos RMR desde 41 (Regular B) hasta >60 (Buena)	Determina la calidad y zonificación geomecánica para el diseño de las excavaciones
Zonificación geomecánica	Dominios DE-II a DE-IIIB con aberturas máximas de 2.6 m a 5.2 m	Informa las dimensiones seguras de las excavaciones y el sostenimiento necesario
Resistencia de la roca	Resistencia a la tracción de 5.1 MPa para mineral y 3.2 MPa para caliza	Impacta en las técnicas de fortificación y prevención de caída de rocas
Condiciones del agua subterránea	Presencia mínima de agua con zonas húmedas y goteo localizado	Afecta la resistencia al corte de discontinuidades y la estabilidad de excavaciones
Esfuerzos in-situ	Estimaciones de esfuerzo vertical de 27 MPa y horizontal de 12 MPa	Esencial para la planificación de soporte y orientación de excavaciones
Direcciones preferenciales de avance	Preferencia perpendicular al sistema principal de discontinuidades	Optimiza la estabilidad estructural y minimiza la necesidad de soporte
Aberturas máximas y sostenimiento	Aberturas de hasta 5.2 m con sostenimiento específico para cada dominio RMR	Asegura la integridad estructural y la viabilidad de las operaciones de profundización

La resistencia de la roca, junto con las condiciones mínimas de agua subterránea, influye directamente en la selección de técnicas de fortificación y en la gestión de riesgos de estabilidad. Los esfuerzos in-situ, que han sido estimados



para reflejar las condiciones de profundidad, y las direcciones preferenciales de avance, son fundamentales para diseñar un minado que maximice la seguridad y minimice los costos.

La información proporcionada por las aberturas máximas permitidas y los sistemas de sostenimiento necesarios según la clasificación RMR y el sistema Q, garantiza que las estructuras subterráneas se diseñen para soportar las condiciones cambiantes a medida que la mina se profundiza. Por tanto, se concluye que la caracterización geotécnica es un pilar clave que sustenta el proceso de profundización en Uchucchacua y guía cada paso del diseño y ejecución, asegurando el éxito y la seguridad de la operación minera.

iii. Conclusión:

Por tanto, Se demuestra que se cumplió con la hipótesis planteada. Esto porque las condiciones naturales impactan profundamente en la profundización del yacimiento de Uchucchacua. La resistencia de la roca intacta y la calidad de la masa rocosa, con valores RMR entre 41 a más de 60, son fundamentales en la elección de técnicas de minado seguras y eficaces para las operaciones en profundidad. Las condiciones hidrológicas mínimas contribuyen favorablemente, reduciendo riesgos de estabilidad. Además, los esfuerzos in-situ calculados evidencian una isotropía de estrés que influye en la planificación de la excavación y sostenimiento. Finalmente, las direcciones de avance, determinadas por la alineación con las discontinuidades, optimizan la estabilidad estructural. Estos factores, integrados y analizados, son críticos para el éxito de la profundización de la mina, asegurando que las operaciones subterráneas avancen bajo condiciones que garantizan la seguridad y viabilidad técnica.

#### **4.3.3. Segunda Hipótesis específica**

i. Hipótesis a probar:

Las condiciones naturales influyen para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua.

i. Pruebas:

Las condiciones naturales de un yacimiento minero son un factor determinante en su viabilidad y sostenibilidad, particularmente durante las fases de profundización. En el yacimiento de Uchucchacua, la información proporcionada revela que múltiples factores naturales influyen decisivamente en las operaciones de profundización.

Primero, la resistencia de la masa rocosa es un elemento crítico que dicta las metodologías de minado y soporte. Con resistencias compresivas no confinadas de la caliza que alcanzan hasta 123.8 MPa y la calidad de la masa rocosa clasificada desde Regular B (IIIB) hasta Buena (II) según el sistema RMR, se evidencia que la roca base posee la capacidad intrínseca para soportar las tensiones asociadas con la profundización.

La zonificación geomecánica establecida a partir de estas clasificaciones determina las aberturas máximas seguras para las excavaciones, que oscilan entre 2.6 y 5.2 metros dependiendo del dominio estructural, así como los requerimientos de sostenimiento que varían desde la instalación ocasional de pernos hasta sostenimientos más robustos con malla electro-soldada y shotcrete.

Además, las condiciones del agua subterránea en el yacimiento también juegan un papel significativo. Aunque la presencia del agua se considera mínima, con solo algunas zonas húmedas y goteo localizado, su gestión es crucial para prevenir la reducción de la resistencia al corte en las discontinuidades estructurales y para mantener la estabilidad de las excavaciones en las profundidades adicionales. En otras palabras, la presencia del agua subterránea en la masa rocosa de las excavaciones subterráneas tiene un efecto adverso en las condiciones de estabilidad de

las mismas. El principal efecto de la presencia del agua en la masa rocosa, es la presión que ejerce en las discontinuidades estructurales disminuyendo la resistencia al corte y favoreciendo la inestabilidad de las labores subterráneas. De similar, la Presión litostática se genera de la carga de los materiales en el interior de la masa rocosa, estos a su vez generan esfuerzos que se propagan en todas las direcciones. También, el gradiente geotérmico, relacionado al aumento gradual de la temperatura en profundidad. Todas estas condiciones naturales se evalúan, consideran y se establecen para determinar la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua.

ii. Conclusión:

Se aprueba la hipótesis del estudio, ya que la caracterización detallada de la resistencia de la roca, la zonificación geomecánica, la presencia de agua subterránea y los esfuerzos in-situ, junto con la comprensión de las direcciones óptimas de avance de las excavaciones, demuestra que las condiciones naturales del yacimiento de Uchucchacua tienen una influencia directa y significativa en las estrategias de profundización. Cada uno de estos factores, respaldados por datos empíricos y análisis geomecánicos, no solo justifica, sino que esencialmente dicta la metodología y las precauciones necesarias para la expansión segura y efectiva de la mina a mayor profundidad.

**4.3.4. Tercera Hipótesis específica**

i. Hipótesis a probar: La evaluación geomecánica influye en la selección del método de minado en la profundización del yacimiento de Uchucchacua.

ii. Pruebas:

La evaluación geomecánica es fundamental para la selección de un método de minado adecuado, especialmente en contextos complejos como la profundización del yacimiento de Uchucchacua. Los datos

proporcionados ofrecen una visión integral de las propiedades mecánicas y estructurales del macizo rocoso, las cuales son imprescindibles para una selección informada del método de minado.

Las resistencias compresivas de la roca intacta, que alcanzan valores de hasta 123.8 MPa para la caliza, y las resistencias a la tracción indicadas por valores de hasta 5.1 MPa para el material mineral, establecen una base sólida para el diseño de excavaciones. Estos parámetros mecánicos de la roca intacta dictan cómo se comportará la roca bajo las cargas inducidas por diferentes técnicas de minado.

La clasificación y zonificación geomecánica del macizo rocoso, que identifica áreas con rangos RMR de Regular B (41-50) hasta Bueno (>60), proporciona directrices claras para la determinación de las dimensiones seguras de las excavaciones y los sistemas de sostenimiento asociados. Por ejemplo, las zonas clasificadas como DE-III A, que permiten aberturas de hasta 4.2 m sin sostenimiento sistemático, podrían ser adecuadas para métodos de minado que implican aberturas más amplias y menos soporte, como cámaras y pilares o sublevel stoping, mientras que las zonas DE-III B, con aberturas máximas de 2.6 m, podrían ser más compatibles con métodos como cut and fill.

La presencia mínima de agua subterránea y las zonas de goteo localizado también son factores cruciales en la selección del método de minado. La menor influencia del agua sugiere que los métodos de minado subterráneo que expone grandes áreas a la vez, como el block caving, podrían ser menos afectados por problemas hidrogeológicos y por tanto, más viables. Además, los esfuerzos in-situ, con esfuerzos verticales y horizontales estimados en 27 MPa y 12 MPa respectivamente, deben considerarse cuidadosamente para prevenir la inducción de condiciones de estrés adicionales que podrían desencadenar fallas de rocas o incluso sismicidad

inducida. El análisis de esfuerzos sugiere la necesidad de técnicas de minado que minimicen la perturbación del estado de esfuerzos preexistentes.

Las direcciones preferenciales de avance, que se recomiendan perpendiculares a las principales discontinuidades estructurales, son un componente más en la selección del método de minado. La alineación adecuada de las excavaciones con la geología estructural puede mejorar la estabilidad y optimizar la recuperación del mineral.

iii. Conclusión:

La hipótesis de que la evaluación geomecánica ejerce una influencia significativa en la selección del método de minado para la profundización del yacimiento de Uchucchacua se confirma con los datos recopilados. Las propiedades mecánicas específicas de la masa rocosa, tales como la resistencia compresiva no confinada, que alcanza valores de hasta 123.8 MPa para la caliza, y la resistencia a la tracción, que llega a 5.1 MPa para el material mineral, son determinantes en la elección de un método de minado que asegure la estabilidad y eficiencia. La zonificación geomecánica, reflejada en los rangos RMR de Regular B a Bueno, indica las aberturas máximas permitidas y los requisitos de sostenimiento, delineando claramente qué métodos de minado son adecuados para cada zona. Además, la presencia mínima de agua subterránea sugiere que ciertos métodos que podrían ser vulnerables a la hidrogeología adversa, como el block caving, pueden ser factibles. Los esfuerzos in-situ, que se han estimado en valores significativos, recalcan la necesidad de métodos que minimicen las alteraciones en el régimen de esfuerzos preexistente. Finalmente, la alineación de las excavaciones con las discontinuidades estructurales principales favorece ciertas técnicas de avance. En resumen, la evaluación geomecánica es esencial en la determinación del

método de minado óptimo para la profundización de la mina Uchucchacua, asegurando que la expansión se realice de forma segura y efectiva, alineada con las características intrínsecas del yacimiento.

#### **4.4. Discusión de resultados**

##### **4.4.1. Discusión 1**

El resultado general establece que la evaluación geomecánica de la masa rocosa es fundamental para identificar nuevas alternativas de minado subterráneo y dimensionar los componentes estructurales para el minado de la Veta Gina Socorro en la Mina Uchucchacua. Esta hipótesis encuentra fuerte respaldo en la información teórica y empírica proporcionada.

Desde el enfoque teórico, sistemas como el RMR y el Sistema Q han demostrado ser herramientas efectivas en la clasificación geomecánica para determinar los requerimientos de sostenimiento en túneles, según las prácticas establecidas por Terzaghi y Bieniawski. El enfoque empírico se basa en una amplia gama de estudios de caso y observaciones en el campo, consolidando su validez. La aplicación de estos sistemas en Uchucchacua ha permitido la caracterización precisa de la masa rocosa y su comportamiento bajo condiciones de esfuerzo. Por ejemplo, la clasificación RMR reflejando la calidad de la roca 'in situ' y el Sistema Q ofreciendo medidas adicionales de refuerzo para excavaciones subterráneas, han resultado en la definición de aberturas máximas seguras para las excavaciones y en la determinación de sistemas de sostenimiento específicos para cada dominio estructural.

Comparando estos resultados con la literatura, se reafirma la importancia de estos sistemas de clasificación en la comprensión del macizo rocoso, que es discontinuo, heterogéneo y anisotrópico por naturaleza. Estos aspectos son fundamentales para el lugar de estudio, donde las propiedades mecánicas de la

masa rocosa y las condiciones hidrológicas definen la viabilidad de la profundización minera. En el contexto académico, para la Escuela de Formación Profesional de Geología, los resultados de este estudio aportan un caso aplicado de las teorías geomecánicas y demuestran la relevancia de los enfoques empíricos en la ingeniería geológica. El estudio de Uchucchacua sirve como un ejemplo práctico de cómo las evaluaciones geomecánicas informan decisiones críticas en la industria minera y refuerza la necesidad de una sólida comprensión de los principios geológicos y geotécnicos en la formación de geólogos. Por tanto, se concluye que la caracterización geotécnica y la evaluación geomecánica no solo influyen, sino que son decisivas en la definición de estrategias para la profundización segura y eficaz del yacimiento minero de Uchucchacua, validando la hipótesis planteada.

#### **4.4.2. Discusión 2:**

El primer resultado específico sostiene que la caracterización geotécnica de la masa rocosa influye en la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua. Los datos empíricos del estudio, que incluyen la resistencia compresiva no confinada ( $\sigma_c$ ) de la roca intacta, valores de RQD, espaciamiento entre diaclasas, el estado de estas mismas y las condiciones del agua subterránea, han permitido una clasificación detallada mediante el RMR. Este enfoque se alinea con las bases teóricas de la ingeniería geológica que resaltan la importancia de los sistemas de clasificación geomecánica, como los introducidos por Ritter y Terzaghi, para evaluar y prever el comportamiento del macizo rocoso.

La aplicación de la teoría a la práctica, revela una correlación directa entre la calidad de la masa rocosa, determinada por el RMR, y las estrategias de minado. Con rangos de RMR que indican desde calidad Regular B hasta calidad Buena, se ha podido prever el comportamiento de la masa rocosa en respuesta a

la excavación y profundización, subrayando la viabilidad del yacimiento. Este análisis concuerda con los postulados teóricos de Bieniawski y Barton, quienes abogan por el uso de clasificaciones geomecánicas en la planificación de infraestructuras subterráneas.

Para el lugar de estudio, esta información no es meramente académica; es un elemento integral en la toma de decisiones. Permite a los ingenieros diseñar y planificar operaciones de minado subterráneo que sean seguras y económicamente viables. En un yacimiento como Uchucchacua, donde la minería profunda implica riesgos sustanciales, comprender y aplicar los principios de la geomecánica resulta fundamental para el éxito y la seguridad.

Para la Geología, los resultados del estudio ofrecen un escenario de aplicación real de las teorías geomecánicas, enfatizando la relevancia de una formación sólida en la caracterización geotécnica. Estos hallazgos refuerzan la importancia de una educación integral que equilibre la teoría con la aplicación práctica, preparando a los futuros geólogos para enfrentar los desafíos de la minería moderna y profundizar su comprensión del subsuelo. En conclusión, la caracterización geotécnica es una pieza angular en la profundización de la Mina Uchucchacua, al influir directamente en el método de minado y la seguridad operacional, lo que ratifica su significado práctico y educativo.

#### **4.4.3. Discusión 3:**

El segundo resultado específico postula que las condiciones naturales tienen una influencia significativa en la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua. Esta afirmación se respalda con fuerza en la información recopilada, que abarca aspectos críticos como la litología predominante, la calidad del macizo rocoso basada en el sistema RMR, la incidencia de las condiciones hidrológicas y la presión de los esfuerzos in-situ. La literatura especializada en geología y minería confirma que cada uno de estos factores



naturales juega un papel esencial en la determinación de la viabilidad y seguridad de la profundización minera. El RMR y el sistema Q, por ejemplo, son herramientas de evaluación geomecánica bien establecidas que han demostrado su utilidad para predecir el comportamiento de las masas rocosas en el contexto de la minería subterránea. Estos sistemas consideran expresamente las condiciones naturales, como el espaciamiento de las discontinuidades y la presencia de agua, que pueden afectar la estabilidad y la selección de un método de minado adecuado.

En el contexto del yacimiento de Uchucchacua, los datos indican que la masa rocosa presenta una calidad desde Regular B a Buena, lo que influye en la elección de las técnicas de minado y en el diseño de sostenimiento, alineándose con los métodos empíricos tradicionales y los avances contemporáneos en geomecánica. Estos resultados tienen una importancia didáctica y aplicada. No solo proporcionan un caso de estudio tangible para los futuros geólogos, sino que también subrayan la relevancia de una comprensión profunda de la geomecánica en la minería. La habilidad para integrar la teoría con prácticas de campo robustas es esencial en la formación de profesionales que puedan conducir operaciones de minería seguras y efectivas. En resumen, las condiciones naturales, claramente reflejadas en las características geomecánicas del macizo rocoso, determinan las estrategias de profundización en la Mina Uchucchacua. La correlación entre los datos prácticos y la teoría geomecánica subraya la necesidad de que las prácticas mineras sean informadas por un entendimiento detallado de las condiciones naturales, un principio que es central tanto en el campo de la minería como en la educación geológica.

#### **4.4.4. Discusión 4:**

El tercer resultado específico se centra en la influencia de la evaluación geomecánica en la selección del método de minado durante la profundización del

yacimiento de Uchucchacua. Este resultado es corroborada por datos que incluyen la resistencia de la roca intacta, las propiedades de las discontinuidades, la zonificación geomecánica, y las condiciones del agua subterránea, así como los esfuerzos in-situ y las orientaciones óptimas para la excavación.

Comparando con la teoría geomecánica, los métodos de clasificación como RMR y Sistema Q son vitales para evaluar la calidad del macizo rocoso y para adaptar las estrategias de minado a las condiciones específicas del sitio. En Uchucchacua, estas evaluaciones han permitido la identificación de zonas con diferente calidad de roca y han orientado el diseño de las aberturas de excavación y los sistemas de sostenimiento requeridos para mantener la estabilidad en la profundización.

La relevancia de estos resultados es notable, pues proporcionan un ejemplo práctico del uso de la evaluación geomecánica en la minería. La educación geológica debe enfatizar la importancia de comprender y aplicar estas evaluaciones para desarrollar métodos de minado que optimicen la seguridad y la producción, una competencia esencial para los futuros geólogos profesionales. El resultado se sostiene en que la evaluación geomecánica es fundamental para la selección de un método de minado adecuado en Uchucchacua, lo que se refleja en el diseño y dimensionamiento de las excavaciones y en las medidas de sostenimiento aplicadas. Los principios geomecánicos, aplicados a través de clasificaciones empíricas y análisis detallados, no solo respaldan las decisiones operativas, sino que también proporcionan una base pedagógica sólida para la formación geológica. La integración de la teoría y la práctica en este campo es crucial para el progreso y la seguridad en la industria minera.

## CONCLUSIONES

1. Se demuestra que se cumplió la hipótesis general planteada. Es decir, la evaluación influye en la definición del método de minado más seguro y eficiente, proporcionando una base científica y técnica para las decisiones operativas en la profundización de la Mina Uchucchacua. Regionalmente, las rocas predominantes son sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e intruyendo a las anteriores se observan rocas intrusivas. Completando la secuencia figurando depósitos cuaternarios aluviales y morrénicos. Las capas sedimentarias se encuentran plegadas y presentan sobreescurrecimientos subparalelos a los ejes de anticlinales, así también fallas casi transversales y algunas estructuras con minerales económicos.
2. Las direcciones de avance, determinadas por la alineación con las discontinuidades, optimizan la estabilidad estructural. Estos factores, integrados y analizados, son críticos para el éxito de la profundización de la mina, asegurando que las operaciones subterráneas avancen bajo condiciones que garantizan la seguridad y viabilidad técnica. Estratigráficamente, la zona se encuentra en el sistema Cretácico de la era Mesozoica y el área de estudio se emplaza principalmente en la Formación Jumasha, entre los Pisos Albiano Superior al Turoniano Superior, compuesta litológicamente por calizas grises y calizas fosilíferas predominantemente y alcanzando una potencia 1600 m. Estas capas han sido intruidas por stocks, diques y apófisis de pórfidos dacíticos. Sobreyaciendo a las capas sedimentarias se encuentran derrames volcánicos y depósitos cuaternarios morrénicos y aluviales.
3. La alineación de las excavaciones con las discontinuidades estructurales principales favorece ciertas técnicas de avance. En resumen, la evaluación geomecánica es esencial en la determinación del método de minado óptimo para

la profundización de la mina Uchucchacua, asegurando que la expansión se realice de forma segura y efectiva, alineada con las características intrínsecas del yacimiento. Localmente, el área de estudio está conformado principalmente por rocas sedimentarias calizas del Fm. Jumasha y del Fm. Celendín, las cuales se encuentran plegadas formando anticlinales de orientación NW-SE que han sido erosionados y que muestran actividad glacial, estas capas albergan concentraciones de minerales económicos los cuales se encuentran en estructuras tipo veta principalmente de orientación NE-SW y otras E-W, algunas asociadas a sistemas de fallas con orientaciones similares.

4. La zona esta estructuralmente controlada por sistemas NE – SW principalmente y tensionales de orientación EW – NW, con presencia de anticlinales (Cachipampa, Pacush. Paton), sobreescurremientos (Colquicocha, Mancacuta), fallas (Puntachacra, Uchucchacua, Cachipampa, Mancacuta, Rosa sinextral, Socorro, Andrea y Sandra) y sistemas de fracturamiento asociados a estas últimas. Localmente en el área de estudio se tienen la Falla Gina-Socorro N74W/ 16NE, Eliana Norte N40W/ 16SE, Regina N64E/ 20NW, Veta Deissy N80W/ 75NE y Giovana- Norte N40E/ 85NW.
5. Uchucchacua es un yacimiento hidrotermal epigenético del tipo rosario rellenando fracturas (vetas) y algunos cuerpos de mineral, se aprecia también procesos de reemplazamiento metasomático de contacto debido a la presencia de intrusivos. Se tiene como producto principal la Plata y como subproducto al Zinc. El área del estudio se circunscribe a la estructura Gina-Socorro de rumbo NE y formada por relleno mineral de fracturas con un comportamiento tipo rosario, acompañada de ramales subparalelos. En ciertos tramos presenta concentraciones de mineral económico con morfología de cuerpos.
6. Las características litológicas simplificadas de la masa rocosa involucrada con las estructuras mineralizadas en el área del proyecto, indican que en general toda la

masa rocosa es roca caliza de la Formación Jumasha estando principalmente en los Miembros Medio e Inferior. La estructura mineralizada Gina Socorro es un relleno de fracturas que conforman vetas dentro la roca caliza. De modo localizado se observa la presencia de roca intrusiva que aparece conformando las cajas de la veta.

7. Los resultados del análisis de distribución de los sistemas de discontinuidades estructurales, han indicado que el arreglo estructural de la masa rocosa asociada a Gina Socorro tiene las siguientes características:

- Existen tres sistemas principales de discontinuidades, de los cuales dos de ellos están asociados a la orientación de la estructura mineralizada.
- Los Sistemas 1 y 2 tienen el mismo rumbo de la veta, es decir tienen rumbo NE, y el buzamiento de ellos son altos hacia el SE y NW respectivamente. Estos sistemas están conformados por discontinuidades en general incluyendo a las fallas.
- El Sistema 3 está relacionado a la estratificación la cual presenta rumbo promedio de NNE con bajo buzamiento al SE. Esta información fue recopilada principalmente de los planos geológicos estructurales.
- Del mapeo geomecánico se han obtenido otros sistemas que aparecen con menor presencia pero que pueden ser considerados complementariamente para un análisis de estabilidad estructuralmente controlado.

8. Las características estructurales de las discontinuidades mayores y menores se han determinado mediante tratamiento estadístico de la información procedente de los mapeos geomecánicos de las labores subterráneas y del logueo geotécnico de los testigos de los sondajes diamantinos.

9. Según el criterio de clasificación geomecánica adoptado (Bieniawski, 1989), la

masa rocosa de Gina Socorro se clasifica de la siguiente manera:

- Tomando en cuenta el rango de variación de la masa rocosa se observa que en general la calidad de la masa rocosa es de Regular B (IIIB – RMR 41-50) hasta calidad Buena (II – RMR > 60)
- La calidad de la roca de las cajas es mejor en relación de la veta mineralizada. Así mismo, la calidad de la roca de la caja piso es ligeramente mayor a la calidad de roca en la caja techo.
- Dentro de la masa rocosa de las cajas existen pequeños tramos de inferior calidad de masa rocosa que están asociados a las fallas u otras estructuras mineralizadas de potencia menor.
- Hacia el contacto de la veta mineralizada con las cajas existen fallas contactos que, si bien no aparece en las secciones, pero se debe de tener presente este hecho para los análisis correspondientes.
- La zonificación geomecánica elaborada para Gina Socorro ha indicado las siguientes características:
- La masa rocosa mineralizada presenta calidad promedio perteneciente al dominio estructural DE-IIIB (RMR 41-50) en toda su extensión, con valores hacia el extremo superior.
- La calidad de la caja techo pertenece al dominio DE-IIIA (RMR 51-60). Cabe recalcar que el buzamiento de la veta cambia de dirección SE hacia el NW a partir de la cota 3800, a excepción del sector de la Sección 240W.
- Para el caso de la caja piso, la calidad corresponde también al dominio DE-IIIA (RMR 51-60) y también existen sectores pertenecientes al dominio DE-II (RMR >60).

10. Los parámetros de resistencia tanto de la roca intacta, de las discontinuidades como de la masa rocosa se presentan en el Acápite 4.4. Las rocas asociadas a la

Veta Gina Socorro generalmente tienen resistencia de moderada a alta.

11. En relación a las condiciones de presencia de agua, se ha observado durante los trabajos de campo, en las diferentes labores subterráneas y en los diferentes niveles, que el agua no es un factor significativo para la estabilidad de las labores mineras, puesto que su presencia es mínima, observándose por lo general algunos sectores húmedos y de manera muy localizada zonas de goteo.
12. Se ha estimado que los esfuerzos in situ verticales estarían en el orden de 27 MPa, correspondiente a una carga litostática de 1000 m de altura, y los esfuerzos horizontales estarían en el mismo orden de magnitud, estando la constante "k" (relación de los esfuerzos horizontal a vertical) alrededor de la unidad (1.0). Se ha estimado que el "factor de competencia", que relaciona a los esfuerzos con la resistencia de la roca intacta, está por debajo de 10, lo cual significa que la estabilidad de las excavaciones estará regida tanto por la influencia de los esfuerzos y por el arreglo estructural de la masa rocosa. Es necesario tener en cuenta en Gina Socorro el problema de la sismicidad inducida por el minado, porque se anticipa un medio ambiente rocoso altamente esforzado.

## RECOMENDACIONES

1. La dirección preferencial de avance de las excavaciones está alineada con el NW-SE o viceversa, es decir cruzando la estructura mineralizada y los dos principales sistemas de discontinuidades. Siempre que sea posible, es recomendable adoptar esta dirección de avance. Por razones de orden técnico el minado seguirá la dirección de avance paralela a la veta o los dos principales sistemas de discontinuidades, significando condiciones desfavorables para la estabilidad de las excavaciones. Es necesario tomar en cuenta este hecho para adoptar los parámetros geomecánicos del minado.
2. En medio ambientes rocosos altamente esforzados, donde hay antecedentes de problemas de sismicidad inducida por el minado, como es el caso de Gina Socorro, el concepto de aberturas máximas de las excavaciones es relativo. En estas condiciones el sostenimiento sistemático es una medida táctica del manejo del citado problema. Por tanto, hay que tener en cuenta los diferentes aspectos mencionados sobre el sostenimiento.
3. Los diferentes análisis de diseño llevados a cabo como parte de este estudio han indicado por un lado la necesidad de utilizar relleno convencional de tajeos; y por otro lado, la necesidad de dejar pilares puentes de mineral o relleno cementado, ambos para lograr controlar mejor las condiciones de estabilidad global y local de las excavaciones asociadas al minado de Gina Socorro. En tal sentido, se recomienda como relleno convencional al relleno detrítico y como relleno cementado al “relleno rocoso cementado” (CRF).
4. Las dimensiones adoptadas para el minado subterráneo de Gina Socorro con el método de minado B&F se consideran en esta etapa como razonables. Debido a la profundidad a la que se halla el minado (altos esfuerzos).
5. El personal de Mina Uchucchacua debe tomar en cuenta estos parámetros para



llevar a cabo el planeamiento y diseño del minado subterráneo, de tal manera de obtener una evaluación técnica económica que sustente la elección final del método de minado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

**E. Hoek P.K. Kaiser, W.F. Bawden** (2010) Suport Of Uderground Excavations in Hard rocks.

**Hoek E. y E.T. Brown** (2011)- Excavaciones Subterráneos en Rocas Edición

**Hoek – Carranza- Torres and Corkum(2009)**, Failure Criterios, Edición

**Ramírez De la Cuadra** (2010) – Aplicación de Mecánica de Rocas, Edición

**Gonzáles de Vallejo I, Ferrer M, Otuño I y Oteo C.(2002)** “Ingeniería Geológica”

**Lopez Marinas J M.** (2004) “Geología Aplicada a la Ingeniería Civil”. Univesidad Politécnica de Madrid.

**Martinez, a. (1979)** “Alteración y Alterabilidad en Geotecnia” Conferencia XIV Aniversario del Dpto. Académico de Geología U.N.I., Lima – Perú.

**Nacimiento, U. (1971)** Problemas de Alterabilidad es de Rochas en Enginneeria Civil- Memorias ..de L.M.E.C-Portugal.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1: Instrumentos de recolección de información**

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA – CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO <b>Q DE BARTON</b>									
PARÁMETRO			RASGO OBSERVADO						Valor
Índice de calidad de la roca		RQD							
Índice de familia de junta		Jn							
Índice de rigurosidad de las juntas		Jr							
Índice de meteorización de las juntas		Ja							
Índice de la presencia de agua en las juntas		Jw							
Índice del factor del estado tensional		SRF							
$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$								Q =	
Calidad del macizo rocoso									
Q	1000 – 400	400 – 100	100 – 40	40 – 10	10 – 4	4 – 1	1 – 0.1	0.1 – 0.01	0.01 – 0.001
Descripción	Excepcionalmente bueno	Extremadamente bueno	Muy bueno	Bueno	Regular	Pobre	Muy pobre	Extremadamente pobre	Excepcionalmente pobre

**ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO**

<b>CÓDIGO DE COLORES</b>	<b>R.M.R</b>	<b>CALIDAD E IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE ROCA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA</b>	<b>TIPO DE SOSTENIMIENTO</b>	
				<b>EXCAVACIÓN LABOR PERMANENTE</b>	<b>EXCAVACIÓN LABOR TEMPORAL</b>

Ficha de recolección de datos

Nº	Dimensión	Indicador	Método de Medición	Datos a Recoger	Valor	Descripción
1	Comportamiento del macizo rocoso	Medición de esfuerzos	Uso de extensómetros y células de carga	Valores de esfuerzo en diferentes puntos y profundidades		
2	Resistencia de la roca intacta	Resistencia de la roca	Realización de pruebas de compresión uniaxial	Carga máxima soportada, deformaciones registradas		
3	Designación de la calidad de roca	Condiciones de las juntas del macizo rocoso	Evaluación según el GSI (Geological Strength Index)	Medidas de orientación, espaciado, y condiciones de juntas		
4	Caracterización del macizo rocoso	Clasificación de la masa rocosa	Aplicación del sistema RMR y Q-system	Puntuaciones RMR y Q, incluyendo parámetros individuales		
5	Tipo de roca	Condiciones Geológicas (Zonificación)	Mapeo geológico y análisis petrográfico	Descripción litológica, estructuras presentes, grado de alteración		
6	Aspectos estructurales	Rango RMR	Revisión de registros anteriores y evaluaciones en sitio	Registro actualizado de RMR, con énfasis en cambios recientes		
7	Sostenimiento temporal y permanente	Ensayos	Pruebas de carga en soportes, análisis de durabilidad y rendimiento	Datos de carga y resistencia a lo largo del tiempo		
8	Resistencia de la roca	Ensayos de laboratorio y de campo	Pruebas triaxiales, pruebas de carga puntual	Resultados de resistencia bajo diferentes condiciones de presión y estrés		

## ANEXO 2. Reporte de similitud



Identificación de reporte de similitud. oid:8208:242340223

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO PARA LA PROFUNDIZACION DEL YACIMIENTO DE UCHUCCHACUA DISTRI**

AUTOR

**Alfredo RICRA CONTRERAS**

RECUENTO DE PALABRAS

**15970 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**84941 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**117 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 27, 2023 7:32 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 27, 2023 7:33 AM GMT-5**

### ● 21% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 21% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

**ANEXO 3: Matriz de consistencia**

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuáles son las condiciones geológicas y geomecánicas del Minado de Profundización de Mina Uchucchacua?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>¿Cuál es la influencia de la caracterización geotécnica de la masa rocosa para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua?</p> <p>¿Cuál es la influencia de las condiciones naturales para la</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Describir las condiciones geológicas y geomecánicas del Minado de Profundización de Mina Uchucchacua, para brindar nuevas alternativas de minado subterráneo y dimensionar los componentes estructurales asociados al minado de la Veta Gina Socorro, que es una de las estructuras mineralizadas más importante de la Mina Uchucchacua.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La Evaluación Geomecánica de la masa rocosa del minado en la profundización de Mina Uchucchacua, determina nuevas alternativas de minado subterráneo y con ello dimensionar los componentes estructurales asociados al minado de la Veta Gina Socorro, que es una de las estructuras mineralizadas más importante de la Mina Uchucchacua, y define el método de</p>	<p><b>Primera variable</b></p> <p>Evaluación geomecánica del macizo rocoso</p> <p>Comportamiento del macizo rocoso:</p> <p>Caracterización del macizo rocoso.</p> <p><b>Segunda variable</b></p> <p>Estabilización del macizo rocoso para la profundización del yacimiento</p> <p>Clasificación de la masa rocosa</p> <p>Aspectos estructurales</p> <p>Sostenimiento temporales y permanentes</p>	<p><b>Tipo:</b></p> <p>Aplicada descriptiva</p> <p><b>Nivel:</b></p> <p>Descriptivo</p> <p><b>Métodos:</b></p> <p>Científico</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>No experimental, descriptivo simple.</p> <p><b>Población y muestra:</b></p> <p>Datos geológicos y geotécnicos tomados del macizo rocoso y suelos que comprenden el área total del proyecto.</p>



<p>profundización del yacimiento minero de Uchucchacua?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la evaluación geomecánica para determinar la selección del método de minado para la profundización del yacimiento de Uchucchacua?</p>	<p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Determinar la influencia de la caracterización geotécnica de la masa rocosa para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua</p> <p>Evaluar la influencia de las condiciones naturales para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua</p> <p>Analizar la influencia de la evaluación geomecánica para determinar la selección del método de minado para la profundización del yacimiento de Uchucchacua.</p>	<p>minado más seguro y eficiente</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p>La caracterización geotécnica de la masa rocosa influye en la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua.</p> <p>Las condiciones naturales influyen para la profundización del yacimiento minero de Uchucchacua.</p> <p>La evaluación geomecánica influye en la selección del método de minado en la profundización del yacimiento de Uchucchacua.</p>	<p>Resistencia de la roca</p>	<p><b>Instrumentos de recolección de datos:</b></p> <p>Ficha de recolección de datos</p>
--	--	--	-------------------------------	--

**ANEXO 4: Datos generales de mina Uchucchacua**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**

Elaborado: Alfredo Ricra C.

**MAPA DE UBICACIÓN**

Formato: A4

Dibujado: Alfredo Ricra C.

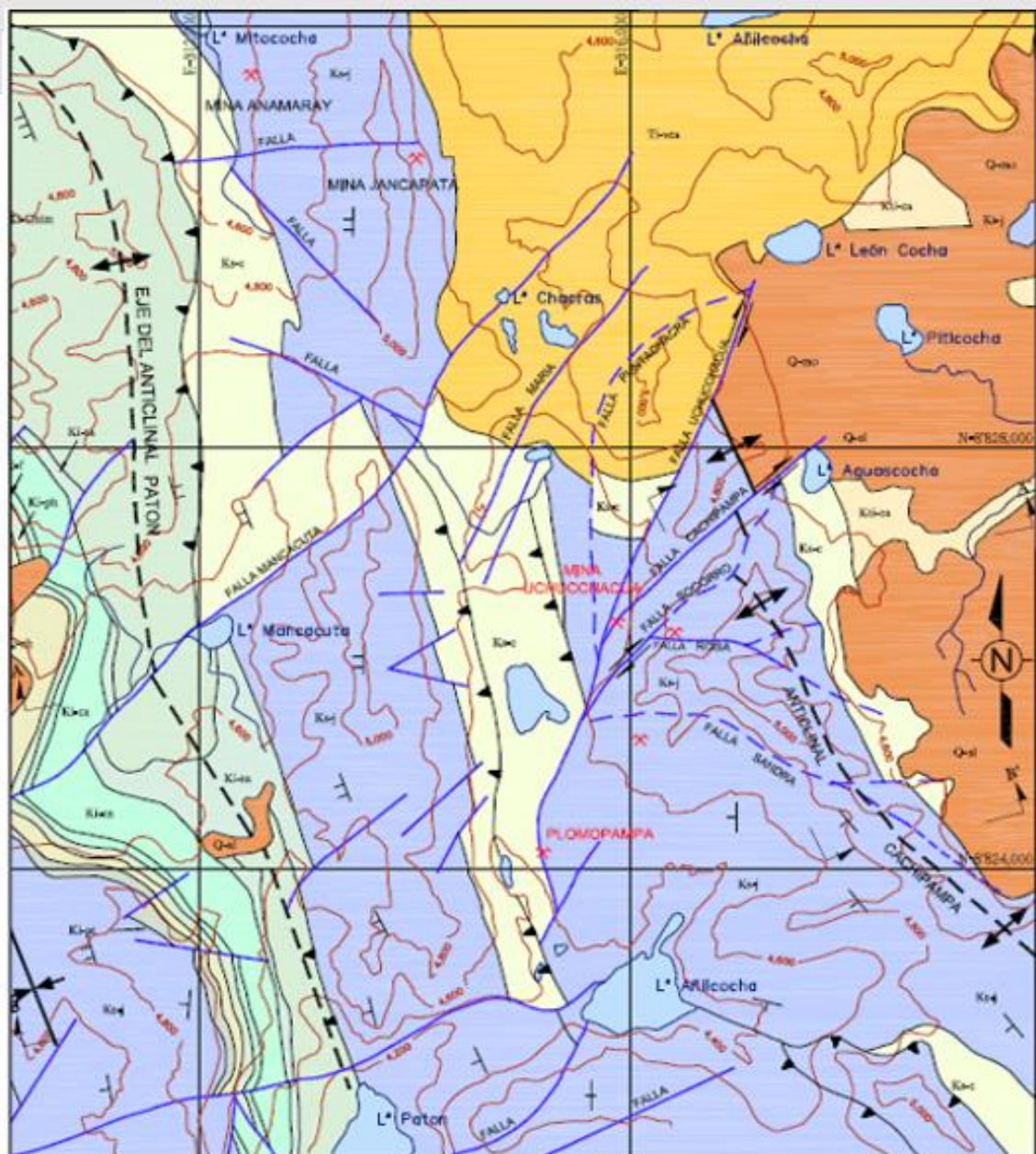
**Y ACCESO MINA**

Lamina: No 1

Revisado:

**UCHUCCHACUA**

Escala: Indicada



**RESERVACIONES**  
 Curvas de nivel tomadas del plano del IGN.



EDAD	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	
CUATERNARIO	ED. ALUVIDO VIBRADO	Qm1, Qm2
TERTIARIO	MISMIAN CUATRI	
CRETACEO SUPERIOR	GRANFOLIA	K1a
	GRANFOLIA	K1b
CRETACEO INFERIOR	PARCOSO	K2a
		K2b
	PARCOSO	K3a
		K3b
	GRUPO UCHUCCHAGUA	K4a
		K4b

- < Suave 0°-20°
- < Moderado 20°-60°
- < Fuerte 60° - a mas

**SIMBOLOGIA**

- Eje de Anticlinal
- Eje de Sinclinal
- Pliegos Horizontal y Vertical
- Falla
- Submeridional

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**

Elaborado: Alfredo Ricra C.	<b>GEOLOGIA REGIONAL</b>	Formato: A4
Dibujado: Alfredo Ricra C.		Lamina: No 2
Revisado:	<b>DEL DISTRITO MINERO UCHUCCHAGUA</b>	Escala: Indicada

ERA	SIST.	SERIE	PISO	MIL AÑOS	LITOLÓGICA	POTENCIA MTS.	FORMACION	CARACTERÍSTICAS			
	CUARTEO			1				DEPOSITOS SUAVES			
CENOZOICO	TERCERARIO	NEOGENO	PLUOCENO	30		500	CALPUY (VOLCANICOS UCHUCCHACUA)	PROCLASIDOS-ORRAMES ANDESICOS-INTRUSIVOS PORFIDO-DACITICOS (1) Y RIOLITICOS (2).			
			MIOCENO								
		PALEOGENO	OLIGOCENO	60			1,000	CASAPALCA	LUTITAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS		
			EOCENO								
			PALEOCENO								
		MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR		GORONIANO	80		120	CELESEN SUPERIOR	LUTITAS Y MARGAS
						CAMPANIANO					
						SANTONIANO					
						CONIACIANO			100	CELESEN INFERIOR	CALIZAS MARGOSAS LUTITAS CALCAREAS
						TURONIANO					
INFERIOR	CONOMANIANO			85		1,460	JUMASHA SUPERIOR	CALIZAS APARTICAS			
	JUMASHA MEDIO				CALIZAS GRISAS ALTERNADAS CON CALIZAS NODULOSAS						
	JUMASHA INFERIOR				CALIZAS, MARGAS Y SILEX ALTERNADOS						
	ALBIANO				50						
	APTIANO				50						
GRUPO MACHAY	PARATAMBO	95		300	PARATAMBO	LUTITA CARBONOSA, CALIZA					
	CHILES		MARGAS, LUTITA, CALIZA								
	PARAPILANCA		CALIZAS MASIVAS								
	FARRAT		ARENISCAS BLANCAS								
	SARREMIANO		600								
GRUPO COTILARICUZIDA	CARMEJAZ	110		1,670	CARMEJAZ	ARENISCAS Y LUTITAS					
	SANTA ISLAY SOUT		CALIZAS Y LUTITAS								
	CHMU		CUARTAS								
	OVON		CAPAS CARBONOSAS ARENISCAS Y LUTITAS INTERCALADOS								

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

Elaborado: Alfredo Ricra C.

COLUMNA

Formato: A4

Dibujado: Alfredo Ricra C.

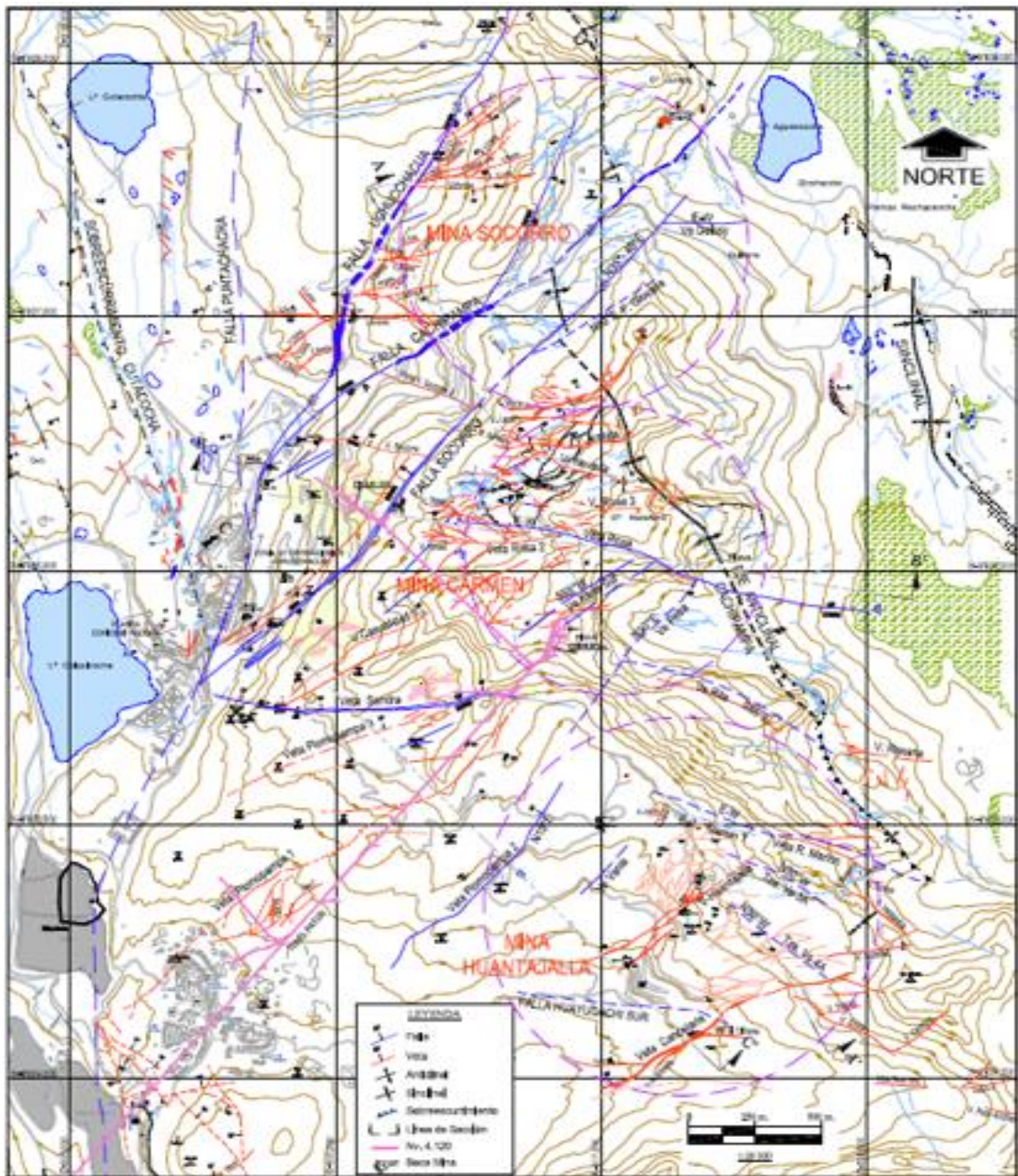
ESTRATIGRAFICA

Lamina: No 3

Revisado:


MINA UCHUCCHACUA


Escala: Indicada



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION</b>		
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>		
<b>ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</b>		
Elaborado: Alfredo Ricra C.	<b>GEOLOGIA ESTRUCTURAL MINA UCHUCCHACUA</b>	Formato: A4
Dibujado: Alfredo Ricra C.		Lamina: No 4
Revisado:		Escala: Indicada

## ANEXO 5: Data básica del mapeo geo mecánico – labores subterráneas

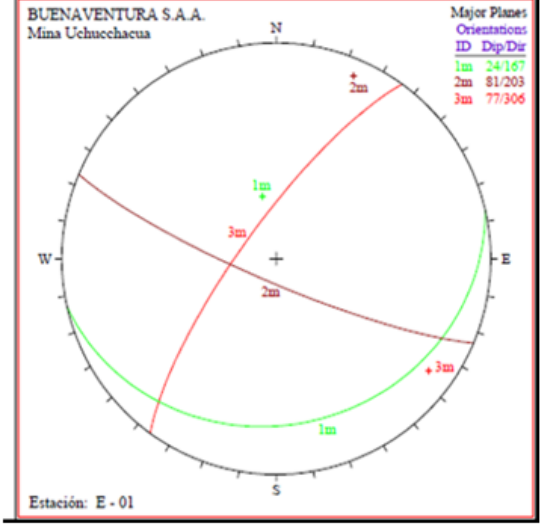
		<b>MAPEO GEOMECANICO EN LABORES SUBTERRANEAS</b> Evaluacion Geomecanica del Minado de Profundizacion de Mina Uchucchagua										<b>Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión</b>						
N°		ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO		UBICACION: GL-6380SW-CajaNW		NIVEL:		3710		REALIZADO	FECHA	HOJA			
ESTACION		DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO		DESDE	HASTA	SECTOR: GINA - SOCORRO					WVV/FUC	3/11/2015	1	de	65		
E-1		230°	88°		0	15 m	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
TIPO DE ROCA		%	B	%	N° Fract. / ml.		PARAMETRO		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)									
A		100	-	-	20-24		R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	>250	-15	100-250	X	50-100	25-50	<25(2)	<5(1)	<1(0)	1	7
Clz		100	-	-	20-24		RQD %	>2	-20	75-90	X	50-75	25-50	<25	0	2	13	
TIPO ESTRUCT.		ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENADO		CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long	-6	1-3 en Long.	3-10m	10-20 m	>20 m	4A	4		
DIRECCION BUZ.		BUZAMIENTO	TIPO	ESPESOR	Comentarios	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	X	<0.1mm apart.	0.1-1.0mm	1-5 mm	> 5 mm	4B	5		
165°		22°	Cb	0-3 mm		Cerrada	Muy rugosa	Limpia	Sana	X	Lig. Rugosa	Lig.	Lisa	Espejo de frías	4C	3		
168°		26°	Cb	0-3 mm		Duro < 5mm	Duro > 5mm	X	Suave < 5 mm	Suave > 5 mm	4D	1						
200°		80	Cb	0-3 mm		Mod. Alterada	Muy Alterada	X	Flujo	4E	5							
205°		82	Cb	0-3 mm		Seco	-15	X	Humedo	Mojado	Gotero							
205°		80	Cb	0-3 mm		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoracion 1 a 5) = 58												
175°		22	Cb	0-3 mm		CLASE DE MACIZO ROCOSO												
164°		25	Cb	0-3 mm		RMR	100 - 81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	III A				
162°		25	Cb	0-3 mm		DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	III regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala					
285°		75	Cb	0-3 mm		RL (NUMERO DE REBOTE)												
320°		74	Cb	0-3 mm		J	RQD	J	RQD									
310°		80	Cb	0-3 mm		5	31	15	55									
310°		80	Cb	0-3 mm		6	88	16	52									
						7	84	17	48									
						8	81	18	44									
						9	77	19	40									
						10	74	20	37									
						11	70	21	33									
						12	66	22	29									
						13	63	23	26									
						14	59	24	22									
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS				ABREVIACION DE TIPO DE ROCA														
J	Junta	C	Contacto	Clz	Caliza	Mn	Mineral											
F	Falta	Mf	Microfalls	Bx	Brecha	Da	Dacita											
ABREVIACION DE TIPO RELLENO																		
Ox	Oxido	Cal	Calcita															
Arc	Arcilla	Lm	Limos															
Cb	Carbonatos	Py	Pirita															
ABREVIACION		RANGO UCS (MPa)																
ESPACIAMIENT.		R1	1-May															
1	>2m	R2	May-25															
2	0.6 - 2m	R3	25-50															
3	0.2 - 0.6 m	R4	560-100															
4	0.06 - 0.2 m	R5	100-250															
5	<0.06m	R6	>250															



E-1

BUENAVENTURA S.A.A.  
Mina Uchucchagua

Major Planes Orientations  
ID Dip Dir  
1m 24/167  
2m 81/203  
3m 77/306




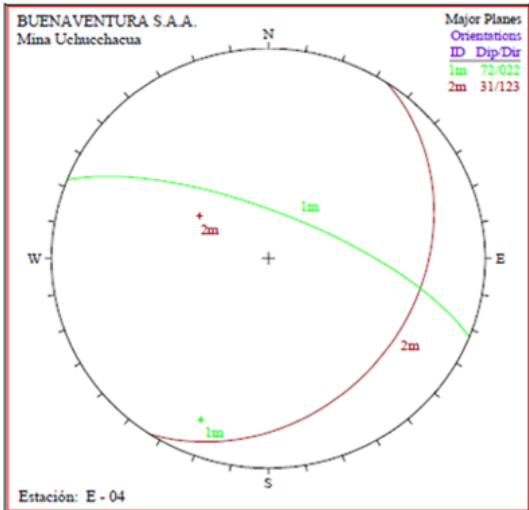
Estación: E - 01

Estación: 1




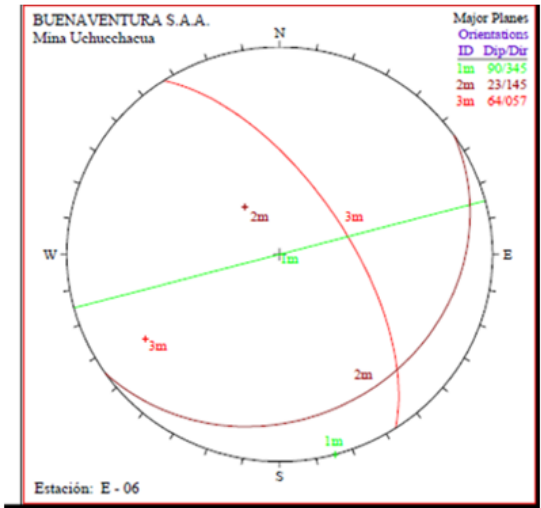






UNDA C		MAPEO GEOMECANICO EN LABORES SUBTERRANEAS						Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión																																																						
		Evaluación Geomecánica del Minado de Profundización de Mina Uchucchagua																																																												
N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		UBICACION: GL-6980SW-CajaNW		NIVEL:	3710		REALIZADO	FECHA	HOJA																																																		
ESTACION	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	SECTOR: GINA - SOCORRO		w/vv/fuc		3/11/2015		1 de 65																																																			
E-4	025°	85°	0	10m	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)																																																									
TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA		PARAMETRO		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)					VALORA																																																		
A	%	B	%	N° Fract. /ml.	R. COMPRE. UNIAXIAL (MPa)	>250	X	100-250	X	50-100	25-50	<25(2) <5(1)	<1(0)	1	9																																															
Clz	100	-	-	Dic-14	RQD %	90-100		75-90	X	50-75	25-50	<25	0	2	13																																															
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENADO		CONDICION DE JUNTAS		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)					VALORA																																																	
	DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR	Comentarios	ESPACIAMIENTO (m)	PERSISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	AGUA SUBTERRANEA																																																	
J	195°	30°	4	Lm, Cb	<1mm		>2	<1m long	Cerrada	Muy rugosa	Limpia	Sana	Seco																																																	
J	120°	30°	4	Lm, Cb	1-5 mm		0,6-2	1-3 en Long.	<0 1mm apert.	Rugosa	Duro < 5mm	Lig. Alterada	Mojado																																																	
J	125°	32°	4	Lm, Cb	1-5 mm		0,2-0,6	3-10m	0,1-1,0mm	Lisa	Duro > 5mm	Mod. Alterada	Mojado																																																	
J	035°	65°	5	Lm, Cb	<1mm		X	Lig. Rugosa	Suave < 5 mm	Muy Alterada	Descompuesta	Flujo																																																		
J	100°	55°	5	Lm, Cb	0-5 mm		X	Mod. Alterada	Muy Alterada																																																					
J	020°	75°	5	Lm, Cb	0-5 mm		X	Goteo																																																						
J	022°	76°	5	Lm, Cb	0-5 mm		X																																																							
J	010°	74°	5	Lm, Cb	0-5 mm		X																																																							
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 63													III A																																																	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																																																														
RMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0								III A																																															
DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	III regular A	III B Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">RL (NUMERO DE REBOTE)</th> </tr> <tr> <th>J</th> <th>RQD</th> <th>J</th> <th>RQD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>91</td><td>15</td><td>55</td></tr> <tr><td>6</td><td>88</td><td>16</td><td>52</td></tr> <tr><td>7</td><td>84</td><td>17</td><td>48</td></tr> <tr><td>8</td><td>81</td><td>18</td><td>44</td></tr> <tr><td>9</td><td>77</td><td>19</td><td>40</td></tr> <tr><td>10</td><td>74</td><td>20</td><td>37</td></tr> <tr><td>11</td><td>70</td><td>21</td><td>33</td></tr> <tr><td>12</td><td>66</td><td>22</td><td>29</td></tr> <tr><td>13</td><td>63</td><td>23</td><td>26</td></tr> <tr><td>14</td><td>59</td><td>24</td><td>22</td></tr> </tbody> </table>															RL (NUMERO DE REBOTE)				J	RQD	J	RQD	5	91	15	55	6	88	16	52	7	84	17	48	8	81	18	44	9	77	19	40	10	74	20	37	11	70	21	33	12	66	22	29	13	63	23	26	14	59	24	22
RL (NUMERO DE REBOTE)																																																														
J	RQD	J	RQD																																																											
5	91	15	55																																																											
6	88	16	52																																																											
7	84	17	48																																																											
8	81	18	44																																																											
9	77	19	40																																																											
10	74	20	37																																																											
11	70	21	33																																																											
12	66	22	29																																																											
13	63	23	26																																																											
14	59	24	22																																																											
<b>ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS</b> J Junta    C Contacto F Falta    Mf Microfalla				<b>ABREVIACION DE TIPO DE ROCA</b> Clz Caliza    Mn Mineral Bx Brecha    Da Dacita																																																										
<b>ABREVIACION DE TIPO RELLENO</b> Ok Orido    Cal Calcita Arc Arcilla    Lm Limos Cb Carbonatos    Py Pirita				<b>ABREVIACION</b> R1 1-May R2 May-25 R3 25-50 R4 560-100 R5 100-250 R6 >250																																																										

Estación: 4




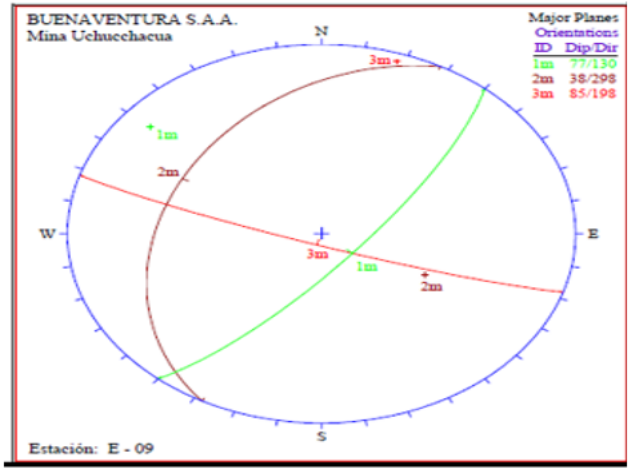
UNDAC		MAPEO GEOMECANICO EN LABORES SUBTERRANEAS						Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión												
		Evaluación Geomecánica del Minado de Profundización de Mina Uchucchagua																		
N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		UBICACION: ES-6637SE	NIVEL:	3710	REALIZADO	FECHA	HOJA										
ESTACION	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	SECTOR: SOCORRO															
E-6	245°	88°	0	13m	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)															
TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA		PARAMETRO		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)				VALORA									
A	%	B	%	N Fract./ml.	R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	>250	100-250	X	50-100	X	25-50	<25(2) <5(1)	<1(0)	1	6					
Clz	100	-	-	Dic-14	RQD %	90-100	75-90	X	50-75		25-50	<25	0	2	13					
ESTRUC.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENADO		Comentarios	CONDICION DE JUNTAS	RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)												
	DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR			ESPACIAMIENTO (m)	PERSISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	AGUA SUBTERRANEA	VALOR TOTAL RMR (Suma de valoracion 1 a 5) = 55					
J	143°	28°	4,3	Cal	< 1 mm		X	< 1m long	X	1-3 en Long.		0,2-0,6	X	0,06-0,2		< 0,06			3	8
J	155°	19°	4,3	Cal	< 1 mm			Cerrada		< 0 1mm apert.	X	0,1-1,0mm		10-20 m		> 20 m			4A	4
J	138°	22°	4,3	Cal	< 1 mm			Muy rugosa		Rugosa	X	Lig. Rugosa		Lisa		Espejo de faria			4C	3
J	340°	84°	3,4	Cal	< 1 mm			Limpia		Duro < 5mm	X	Duro > 5mm		Suave < 5 mm		Suave > 5 mm			4D	2
J	342°	86°	3,4	Cal	< 1 mm			Sana	X	Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta			4E	5
J	336°	82°	3	Cal	< 1 mm				X	Humedo				Goteo		Flujo			5	10
J	055°	65°	4,3	Cal	< 1 mm															
J	052°	62°	4,3	Cal	< 1 mm															
J	063°	64°	4,3	Cal	< 1 mm															
J	180°	85°	3	Cal	< 1 mm															
J	165°	83°	3	Cal	< 1 mm															
J	170°	86°	3	Cal	< 1 mm															
											CLASE DE MACIZO ROCOSO					III A				
					RMR	100 - 81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0								
					DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	III regular A	III B Regular B	IV A Mala A	IV B Mala B	V Muy Mala								
											RL (NUMERO DE REBOTE)									
											J	RQD	J	RQD						
											5	91	15	55						
											6	88	16	52						
											7	84	17	48						
											8	81	18	44						
											9	77	19	40						
											10	74	20	37						
											11	70	21	33						
											12	66	22	29						
											13	63	23	26						
											14	59	24	22						
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS			ABREVIACION DE TIPO DE ROCA																	
J	Junta	C	Contacto	Clz	Caliza	Mn	Mineral													
F	Falta	Mf	Microfalla	Bx	Brecha	Da	Dacita													
ABREVIACION DE TIPO RELLENO																				
Ox	Oxido	Cal	Calcita																	
Arc	Arcilla	Lm	Limos																	
Cb	Carbonatos	Py	Pirita																	
ABREVIACION		RANGO UCS (MPa)																		
ESPACIAMENT.		R1	1-May																	
1	>2m	R2	May-25																	
2	0,6 - 2m	R3	25-50																	
3	0,2 - 0,6m	R4	560-100																	
4	0,06 - 0,2m	R5	100-250																	
5	<0,06m	R6	>250																	
																				
																				

Estación: 6


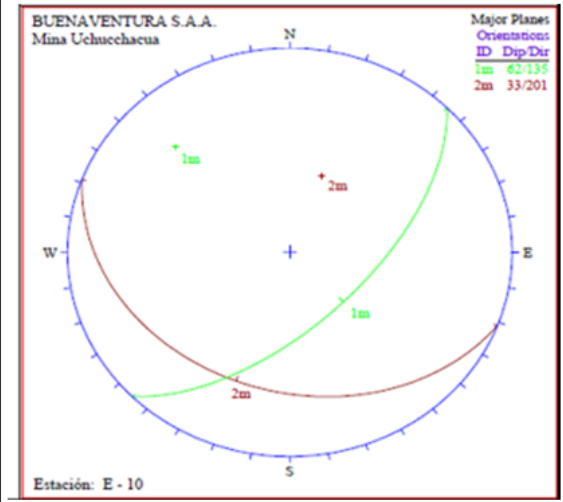
UNDAC		MAPEO GEOMECANICO EN LABORES SUBTERRANEAS							Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión													
		Evaluacion Geomecanica del Minado de Profundizacion de Mina Uchucchagua																				
N°	ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO		UBICACION: GL-5771SW-CT		NIVEL:	3710	REALIZADO	FECHA	HOJA										
ESTACION	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	SECTOR: XIMENA - SOCOFRO																	
E-7	080°	75°	0	10m																		
TIPO DE ROCA				FRECUENCIA FRACTURA		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R. M. R.)																
A		%	B	%	N° Fract./ml	RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)																
Clz Fosilizada		100	-	-	Ene-00	R. COMPRE. UNIAXIAL (MPa)	>250	X	100-250	X	50-100	25-50	<25(2) <5(1)	<1(0)	VALORA.							
						RQD %	90-100		75-90	X	50-75	25-50	<25	0	1 3							
TIPO ESTRU.	ORIENTACION DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO	RELLENADO		Comentarios	CONDICION DE JUNTAS		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)													
				TIPO	ESPESOR		ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	AGUA SUBTERRANEA	ESPA.	PERS.	ABERT.	RUGOS.	RELL.	ALTER.	AGUA	ESPA.	PERS.	ABERT.	RUGOS.
J	095°	60°	3,4	Lm Cb	1-5 mm		>2	<1m long	X	1-3 en Long.		3-10m		10-20 m		>20 m		> 5 mm		Espejo de faria	4C	3
J	090°	65°	3,4	Lm Cb	1-5 mm		<0.1mm apert.	X	0.1-1.0mm		1-5 mm		1-5 mm		1-5 mm		1-5 mm		Lisa	Espejo de faria	4C	3
J	095°	62°	3,4	Lm Cb	1-5 mm		Muy rugosa		Rugosa	X	Lig. Rugosa		Lisa		Espejo de faria	4C	3					
J	090°	60°	3,4	Lm Cb	1-5 mm		Limpia	X	Duro < 5mm		Duro > 5mm		Suave < 5 mm		Suave > 5 mm		Suave > 5 mm		Muy Alterada	Descompuesta	4E	8
J	005°	65°	4	Lm	<1mm		Sana	X	Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Muy Alterada		Muy Alterada					
J	275°	85°	4	Lm	<1mm		Seco		Humedo		Mojado		Goteo		Flujo		Flujo					15
J	272°	86°	4	Lm	<1mm																	
												CLASE DE MACIZO ROCOSO					III A					
RMR		100 - 81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0														
DESCRIPCION		I Muy Buena	II Buena	III regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala														
												RL (NUMERO DE REBOTE)										
		J	RQD	J	RQD																	
		5	91	15	55																	
		6	88	16	52																	
		7	84	17	48																	
		8	81	18	44																	
		9	77	19	40																	
		10	74	20	37																	
		11	70	21	33																	
		12	66	22	29																	
		13	63	23	26																	
		14	59	24	22																	
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS				ABREVIACION DE TIPO DE ROCA																		
J	Junta	C	Contacto	Clz	Caliza	Mn	Mineral															
F	Falta	Mi	Microfalla	Bx	Brecha	Da	Dacita															
ABREVIACION DE TIPO RELLENO																						
Ox	Oxido	Cal	Calcita																			
Arc	Arcilla	Lm	Limos																			
Cb	Carbonatos	Py	Pirita																			
ABREVIACION		RANGO UCS (MPa)																				
ESPACIAMIENT.		R1	1-May																			
1	>2m	R2	May-25																			
2	0.6 - 2m	R3	25-50																			
3	0.2 - 0.6 m	R4	50-100																			
4	0.06 - 0.2 m	R5	100-250																			
5	<0.06m	R6	>250																			
																						
																						

Estación: 7



UNDAC		MAPEO GEOMECANICO EN LABORES SUBTERRANEAS						Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión													
Evaluación Geomecánica del Minado de Profundización de Mina Uchucchagua																					
N°	ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO		UBICACION: GL-6380SW-CajaNW	NIVEL:	3710		REALIZADO	FECHA	HOJA									
ESTACION	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	SECTOR: GINA - SOCCORRO																
E-9	310°	86°	0	14 m	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)																
TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA		PARAMETRO		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)					VALORA.									
A	%	B	%	N° Fract./ml.	R. COMPRE. UNIAXIAL (MPa)	>250	100-250	X	50-100	25-50	<25(2) <5(1) <1(0)	1 7									
Clz	100	-	-	Dio-14	RQD %	90-100	75-90	X	50-75	25-50	<25	0 2 13									
TIPO ESTRU.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENADO		Comentarios	ESPACIAMIENTO (m)	CONDICION DE JUNTAS					VALORA.								
	DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR			PERSISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	AGUA SUBTERRANEA								
J	123°	80°	3,4	Cal	< 1mm		>2	< 1m long	Cerrada	X	1-3 en Long.	X	0,6-2	X	0,08-0,2	10-20 m	> 20 m	> 5 mm	Espejo de faria	4A 2	
J	133°	72°	3	Cal	< 1mm			< 0 1mm apert.	X	X	0,1-1,0mm		Lisa		1-5 mm					4B 5	
J	134°	82°	3	Cal	< 1mm			Rugosa	X	X	Lig. Rugosa		Lisa							Espejo de faria	4C 3
J	205°	38°	3,4	Cal	< 1mm			Limpia	X	X	Duro < 5mm		Suave < 5 mm							Suave > 5 mm	4D 4
J	300°	42°	3,4	Cal	< 1mm			Sana	X	X	Lig. Alterada		Muy Alterada							Descompuesta	4E 5
J	235°	34°	3,4	Cal	< 1mm				X	X	Mod. Alterada										5 10
J	200°	88°	4	Cal	< 1mm																
J	210°	80°	4	Cal	< 1mm																
J	135°	70°	3	Cal	< 1mm																
J	125°	82°	3	Cal	< 1mm																
J	170°	65°	3,4	Cal	< 1mm																
J	185°	82°	3,4	Cal	< 1mm																
CLASE DE MACIZO ROCOSO												III A									
RMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0	DESCRIPCION													
	I Muy Buena	II Buena	III A regular A	III B Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala														
RL (NUMERO DE REBOTE)																					
J	RQD	J	RQD																		
5	31	15	55																		
6	88	16	52																		
7	84	17	48																		
8	81	18	44																		
9	77	19	40																		
10	74	20	37																		
11	70	21	33																		
12	66	22	29																		
13	63	23	26																		
14	59	24	22																		
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS			ABREVIACION DE TIPO DE ROCA																		
J	Junta	C	Contacto	Clz	Caliza	Mn							Mineral								
F	Falta	Mf	Microfalla	Bx	Brecha	Da	Dacita														
ABREVIACION DE TIPO RELLENO																					
Ox	Oxido	Cal	Calcita																		
Arc	Arcilla	Lm	Limos																		
Cb	Carbonatos	Py	Pirita																		
ABREVIACION		RANGO UCS (MPa)																			
ESPACIAMIENT.		R1	1-May																		
1	>2m	R2	May-25																		
2	0,6 - 2m	R3	25-50																		
3	0,2 - 0,6 m	R4	50-100																		
4	0,06 - 0,2 m	R5	100-250																		
5	<0,06m	R6	>250																		

Estación: 9

UNDAC		MAPEO GEOMECANICO EN LABORES SUBTERRANEAS										Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión				
Evaluación Geomecánica del Minado de Profundización de Mina Uchucchagua																
N°	ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO		UBICACION: GL-67385sw	NIVEL:	3710	REALIZADO	FECHA	HOJA					
ESTACION	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	SECTOR: SOCCORRO							WVV/FUC	10	de	65	
E-10	120°	84°	0	12 m	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
TIPO DE ROCA				FRECUENCIA FRACTURA		PARAMETRO		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)						VALORA		
A		%	B	%	N° Fract./ml	R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	>250	100-250	X	50-100	25-50	<25(2) <5(1) <1(0)	1	7		
Clz		100	-	-	Dio-14	RQD %	90-100	75-90	X	50-75	25-50	<25	0	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION DIRECCION BUZ.		BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO	RELLENADO TIPO ESPESOR		Comentarios	RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)							VALORA	
J	130°	65°	3	Cal	<1mm		CONDICION DE JUNTAS	ESPACIAMIENTO (m)	>2	0,6-2	X	0,2-0,6	0,06-0,2	<0,06	3	10
J	140°	62°	3	Cal	<1mm		PERSISTENCIA	<1m long	X	1-3 en Long.	X	3-10m	10-20 m	>20 m	4A	3
J	135°	60°	3	Cal	<1mm		ABERTURA	Cerrada	X	<0.1mm apert.	X	0.1-1.0mm	1-5 mm	> 5 mm	4B	5
J	190°	25°	4,3	Cal	<1mm		RUGOSIDAD	Muy rugosa		Rugosa	X	Lig. Rugosa	Lisa	Espejo de faria	4C	3
J	210°	40°	4,3	Cal	<1mm		RELLENO	Limpia	X	Duro < 5mm		Duro > 5mm	Suave < 5 mm	Suave > 5 mm	4D	4
J	200°	32°	4,3	Cal	<1mm		ALTERACION	Sana	X	Lig. Alterada		Mod. Alterada	Muy Alterada	Descompuesta	4E	5
						AGUA SUBTERRANEA	Seco	X	Humedo		Mojado		Goteo	Flujo	5	10
												VALOR TOTAL RMR (Suma de valoracion 1 a 5) = 60				
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR		100 - 81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0							III A	
DESCRIPCION		I Muy Buena	II Buena	III regular A	III B Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala								
						RL (NUMERO DE REBOTE)										
J	RQD	J	RQD													
5	91	15	55													
6	88	16	52													
7	84	17	48													
8	81	18	44													
9	77	19	40													
10	74	20	37													
11	70	21	33													
12	66	22	29													
13	63	23	26													
14	59	24	22													
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS				ABREVIACION DE TIPO DE ROCA												
J	Junta	C	Contacto	Clz	Caliza	Mn	Mineral									
F	Falta	Mf	Microfalla	Bx	Brecha	Da	Dacita									
ABREVIACION DE TIPO RELLENO																
Ox	Oxido	Cal	Calcita													
Arc	Arcilla	Lm	Limos													
Cb	Carbonatos	Py	Pirita													
ABREVIACION		RANGO UCS (MPa)														
ESPACIAMENT.		R1	1-May													
1	>2m	R2	May-25													
2	0.6 - 2m	R3	25-50													
3	0.2 - 0.6 m	R4	560-100													
4	0.06 - 0.2 m	R5	100-250													
5	<0.06m	R6	>250													
																

Estación: 10

**ANEXO 6: Resultado de ensayos de laboratorio de mecánica de rocas**

**Informe: N°315/15/LMR/UNI**

**Empresa: COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.**

**Proyecto: “EVALUACIÓN GEOMECANICA DE LA PROFUNDIZACION DE MINA CHACUA”**

**Fecha: 30/12/2015**

**ENSAYO DE PROPIEDADES FISICA**

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM C 97-2, dando los siguientes resultados:

Taladro / Muestra	Profundidad (m)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Peso Especifico Aparente (kN/m <sup>3</sup> )
DMC-262-1-012 / M3	384.65 - 385.25	4.72	3.43	2.69	2.70	0.67	0.25	26.46
		4.72	3.44	2.69	2.70	1.03	0.38	26.48
		4.72	3.44	2.69	2.70	1.11	0.41	26.48
<i>Promedio</i>				2.69	2.70	0.94	0.35	26.47
DMC-262-2-012 / M19	160.00 - 160.35	4.73	2.87	2.70	2.72	1.94	0.72	26.58
		4.73	2.94	2.68	2.71	2.77	1.03	26.51
		4.73	3.03	2.68	2.71	3.06	1.14	26.51
<i>Promedio</i>				2.69	2.71	2.59	0.96	26.53
MIN	-	4.45	3.44	3.44	3.45	0.65	0.19	33.80
		4.45	3.43	3.37	3.37	0.94	0.28	33.09
		4.42	3.43	3.57	3.58	0.61	0.17	35.12
<i>Promedio</i>				3.46	3.47	0.73	0.21	34.00

**ENSAYO DE COMPRESION UNIAIXIAL**

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2938, dando los siguientes resultados:

Taladro	Muestra	Profundidad (m)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kN)	Resistencia a la Compresión Uniaxial (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)
DMC-262-1-012	M2	298.93 - 299.34	4.72	9.32	93.7	557	54.6
DMC-262-2-012	M19	160.00 - 160.35	4.73	9.35	65.8	381	37.4
MIN	-	-	4.43	7.34	91.0	587	57.5

Observación: Estandarizado según Protodyakonov ( $L/D = 2$ )



Informe: N°315/15/LMR/UNI

Empresa: COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.

Proyecto: "EVALUACIÓN GEOMECANICA DE LA PROFUNDIZACION DE MINA CHACUA"

Fecha: 30/12/2015

**ENSAYO DE PROPIEDADES FISICA**

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 2664-95, dando los siguientes resultados:

Taladro / Muestra	Profundidad (m)	Diám. (cm)	Altura (cm)	Confin. $\sigma_3$ (MPa)	Esfuerzo rotura $\sigma_1$ (MPa)	Resisten. Compres. Uniaxial (MPa)	Constante "mi"	Cohesión (MPa)	Ang. de Fricción Interno (°)
DMC-262-1-012 M1,M2,M3	280.95 – 385.25	4.72	9.26	1	92.08	93.71	15.99	18.86	47.87
		4.73	9.11	2	108.06				
		4.72	9.21	3	130.47				
		4.72	9.08	4	130.80				
		4.72	9.16	5	139.49				
		4.72	9.13	6	142.84				
		4.73	9.18	7	131.53				
		4.72	9.17	8	156.02				
		4.72	9.15	9	153.70				
DMC-262-2-002 M24,M25	149.60 – 153.25	4.75	9.31	1	67.55	56.80	15.01	11.75	46.57
		4.75	9.24	2	85.03				
		4.75	9.22	3	71.06				
		4.75	9.12	4	70.29				
		4.75	9.22	5	91.07				
		4.75	9.33	6	105.74				
		4.75	9.16	7	87.06				
		4.75	9.16	8	110.94				
		4.75	9.16	9	125.82				
MIN	-	4.45	8.98	1	94.62	99.41	14.33	19.80	47.43
		4.45	8.92	2	125.41				
		4.45	8.96	3	154.44				
		4.45	8.89	4	130.25				
		4.45	9.00	5	84.60				
		4.45	8.91	6	134.01				
		4.45	8.96	7	163.19				
		4.45	8.93	8	171.10				
		4.45	8.97	9	153.88				

Informe: N°315/15/LMR/UNI

Empresa: COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.

Proyecto: "EVALUACIÓN GEOMECANICA DE LA PROFUNDIZACION DE MINA CHACUA"

Fecha: 30/12/2015

**ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA (Brasilero)**

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D3967, dando los siguientes resultados:

Taladro / Muestra	Profundidad (m)	Diam (cm)	Altura (cm)	Carga (kN)	Resistencia a la traccion (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la traccion (MPa)
DMC-262-1-012 M3	384.65 - 385.25	4.73	2.32	5.2	31	3.0
		4.73	2.21	5.5	34	3.3
		4.73	2.2	5.1	32	3.1
Promedio					32	3.2
DMC-262-1-012 M18	138.27 - 138.50	4.72	2.28	4.2	25	2.5
		4.72	2.29	4.7	28	2.8
		4.72	2.28	4.1	25	2.4
Promedio					26	2.6
M IN		5. 38	2.59	10.5	49	4.8
		5. 38	2.62	11.8	54	5.3
		5. 38	2.68	11.5	52	5.1
Promedio					52	5.1

## ENSAYO DE CORTE INDIRECTO

Los ensayos se realizaron sobre discontinuidad con caras paralelas a la dirección de corte, según la norma ASTM D5606-95, dando los siguientes resultados:

Taladro	Muestra	Profundidad (m)	Tipo de discontinuidad	Diámetro (cm)	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción Residual (°)
<i>DMC-262-1-012</i>	<i>M3</i>	<i>384.65 - 385.25</i>	<i>Simulada</i>	<i>4.73</i>	<i>0.088</i>	<i>29.99</i>
<i>DMC-262-02-002</i>	<i>M25</i>	<i>152.80 - 153.25</i>	<i>Simulada</i>	<i>4.75</i>	<i>0.084</i>	<i>29.91</i>
<i>MIN</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>Simulada</i>	<i>5.38</i>	<i>0.068</i>	<i>28.93</i>

Informe: N°315/15/LMR/UNI

Empresa: COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.

Proyecto: "EVALUACIÓN GEOMECANICA DE LA PROFUNDIZACION DE MINA CHACUA"

Fecha: 30/12/2015

## ENSAYO DE CARGA PUNTUAL

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D5731-02, dando los siguientes resultados:

Taladro / Muestra	Profundidad (m)	De (mm)	Carga (kN)	Indice de carga puntual "I <sub>c</sub> " (MPa)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
DMC-262-1-006 M9	271.30 – 271.56	36.2	8.5	6.49	131.9
		36.2	8.6	6.56	133.5
		36.2	8.2	6.26	127.2
		36.2	6.6	5.04	102.4
		36.2	8.0	6.10	124.1
<b>Promedio</b>				<b>6.09</b>	<b>123.8</b>
DMC-262-1-019 M11	102.29 – 102.60	36.0	6.0	4.63	94.0
		36.0	6.5	5.02	101.8
		36.0	7.4	5.71	115.9
		36.0	6.9	5.32	108.1
		36.0	6.4	4.94	100.2
<b>Promedio</b>				<b>5.12</b>	<b>104.0</b>
DMC-262-01-2015-007 M15	304.34 – 304.74	47.3	14.7	6.57	146.4
		47.3	15.1	6.75	150.4
		47.3	13.5	6.03	134.4
		47.3	15.2	6.79	151.4
		47.3	14.2	6.35	141.4
<b>Promedio</b>				<b>6.50</b>	<b>144.8</b>
DMC-252-01-2010-019 M20	73.32 – 73.68	36.1	7.1	5.45	110.7
		36.1	6.9	5.29	107.6
		36.1	6.8	5.22	106.0
		36.1	7.5	5.76	116.9
		36.1	6.6	5.06	102.9
<b>Promedio</b>				<b>5.36</b>	<b>108.8</b>
DMC-262-2-014 M22	162.95 – 163.20	47.2	5.6	2.51	56.0
		47.2	6.1	2.74	60.9
		47.2	5.7	2.56	57.0
		47.2	5.8	2.60	58.0
		47.2	4.9	2.20	49.0
<b>Promedio</b>				<b>2.52</b>	<b>56.2</b>

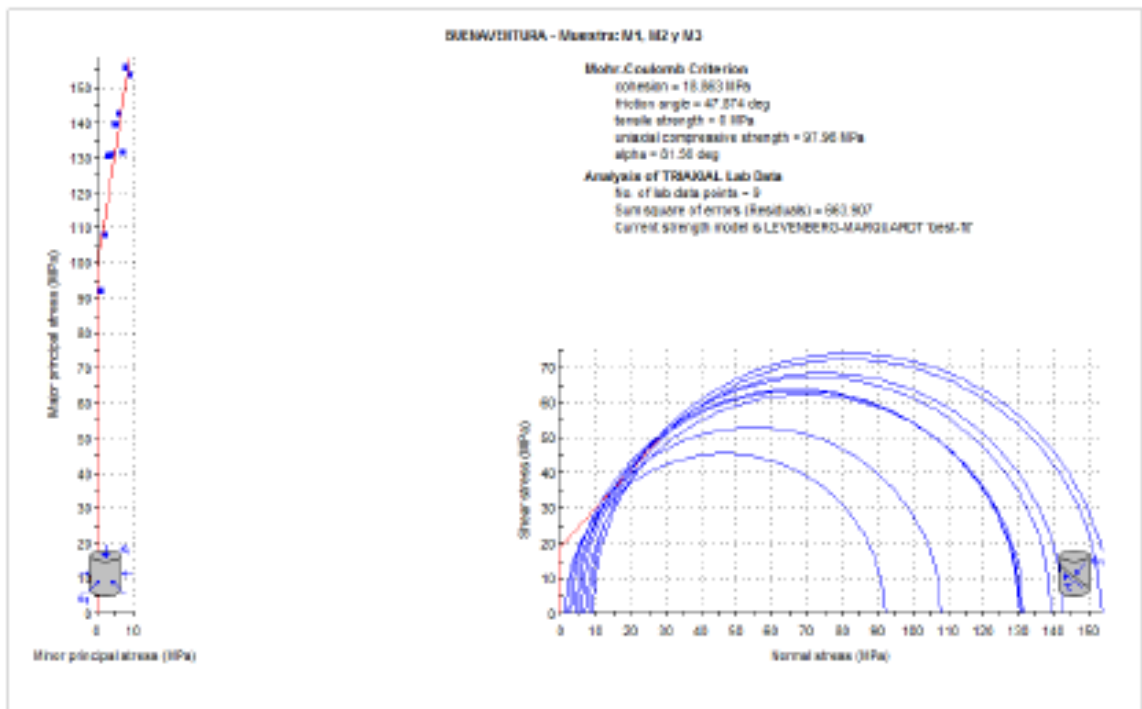
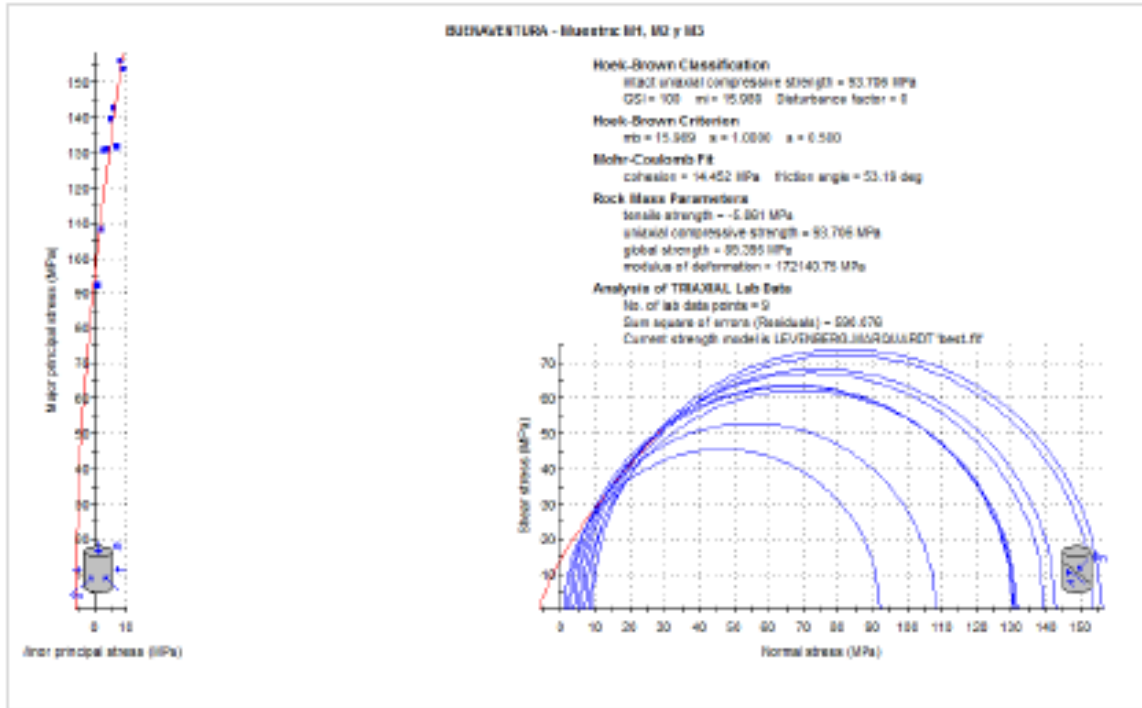
**NOTA:**

- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el solicitante.

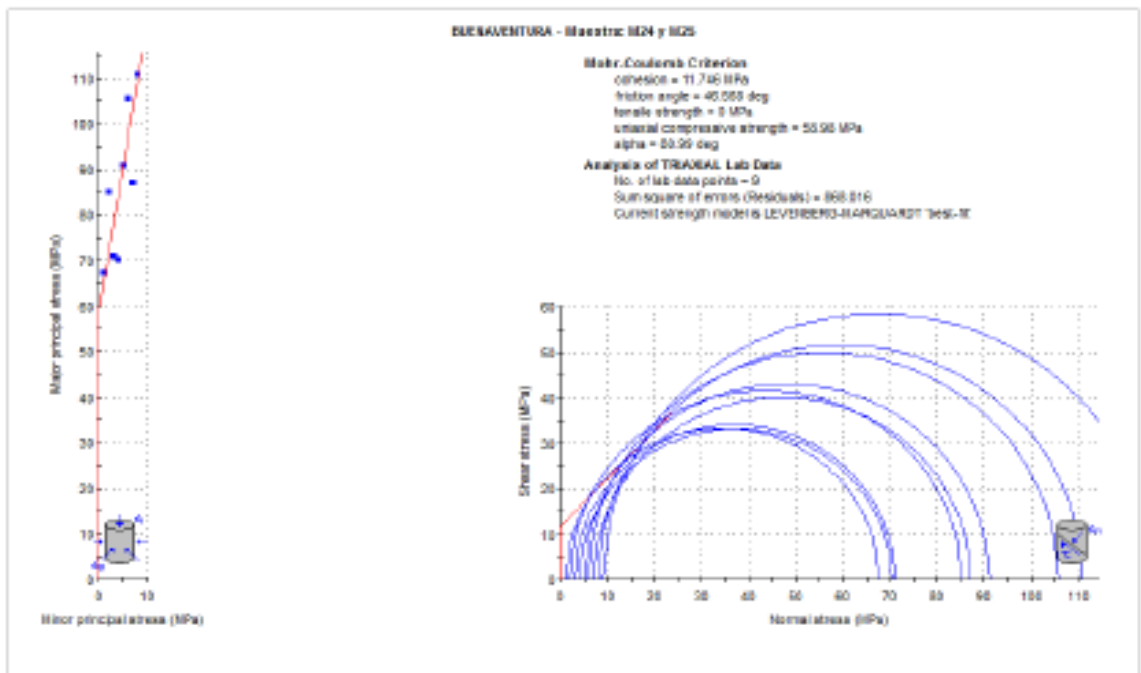
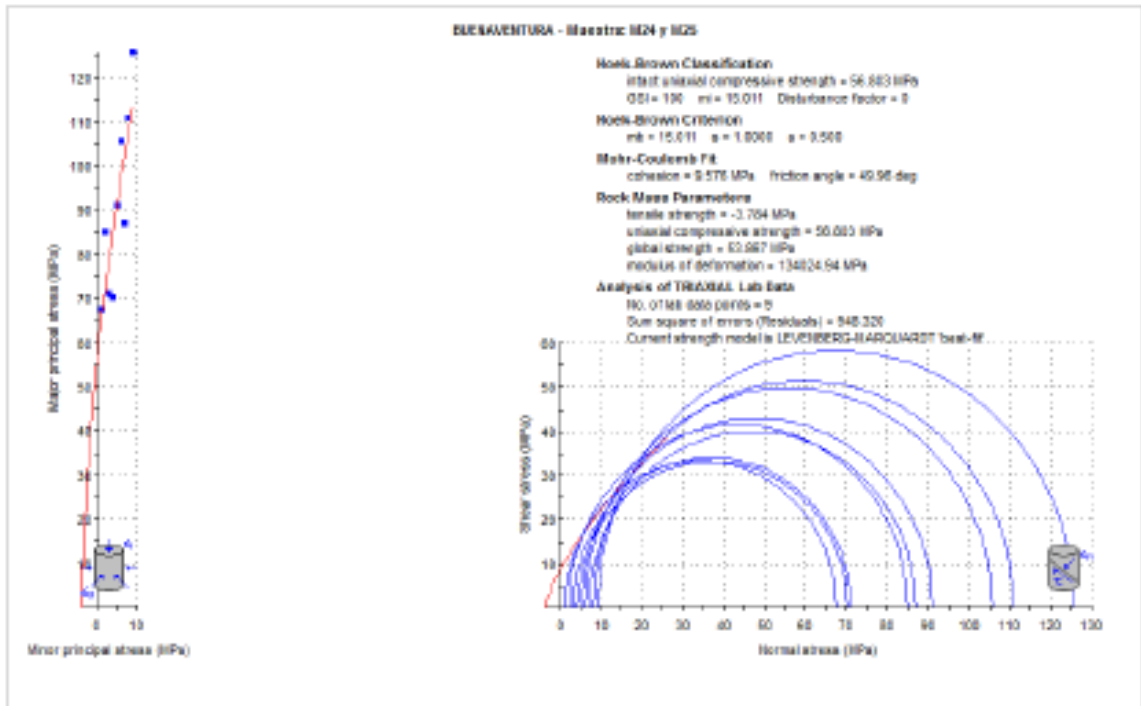
# GRÁFICOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

## GRAFICOS: COMPRESION TRIAXIAL

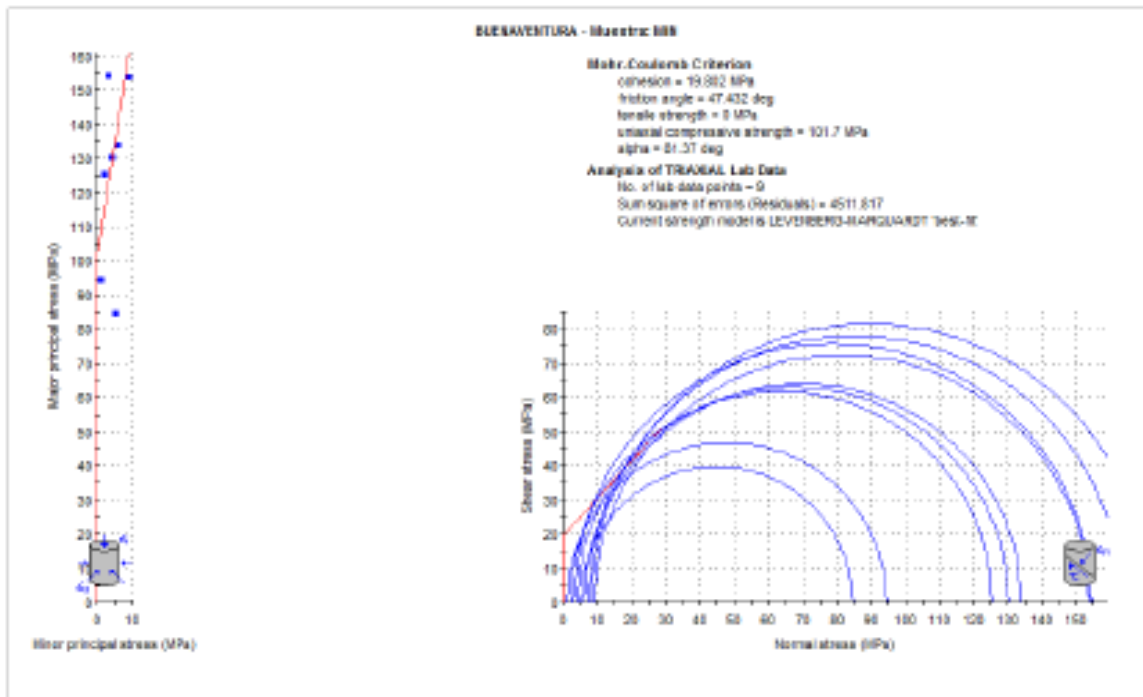
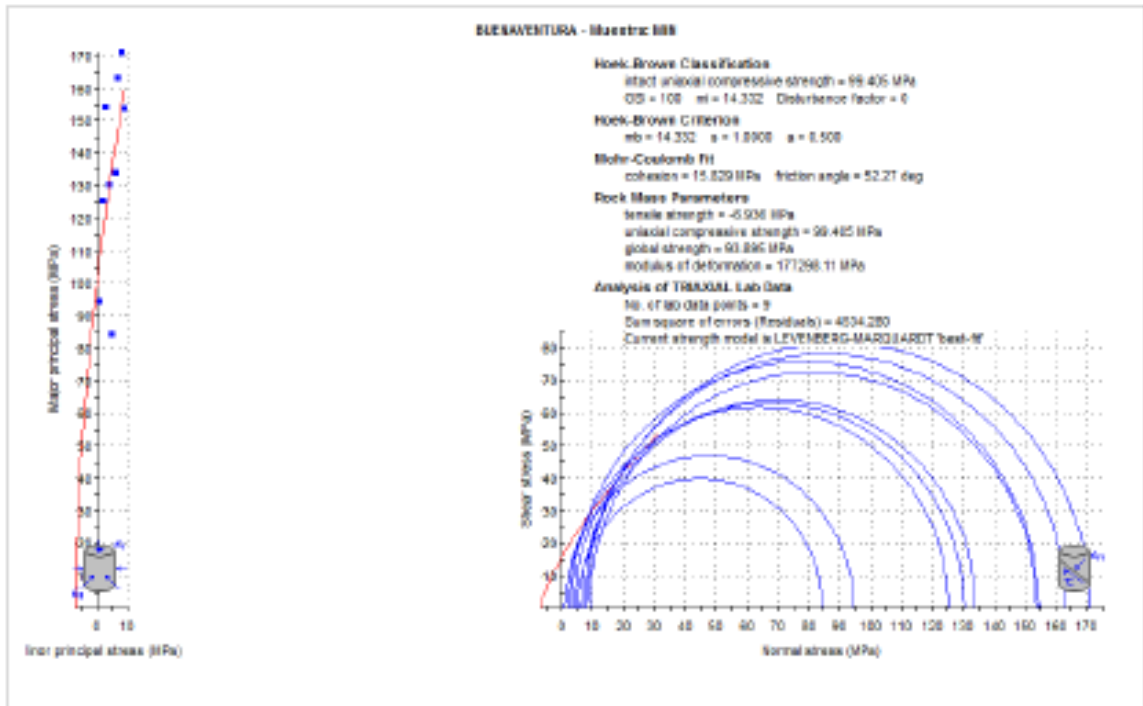
MUESTRA: DMC-262-1-012/M1, M2, M3 (280.95\_385.25)



MUESTRA: DMC-262-2-002/M24, M25 (149.60\_153.25)

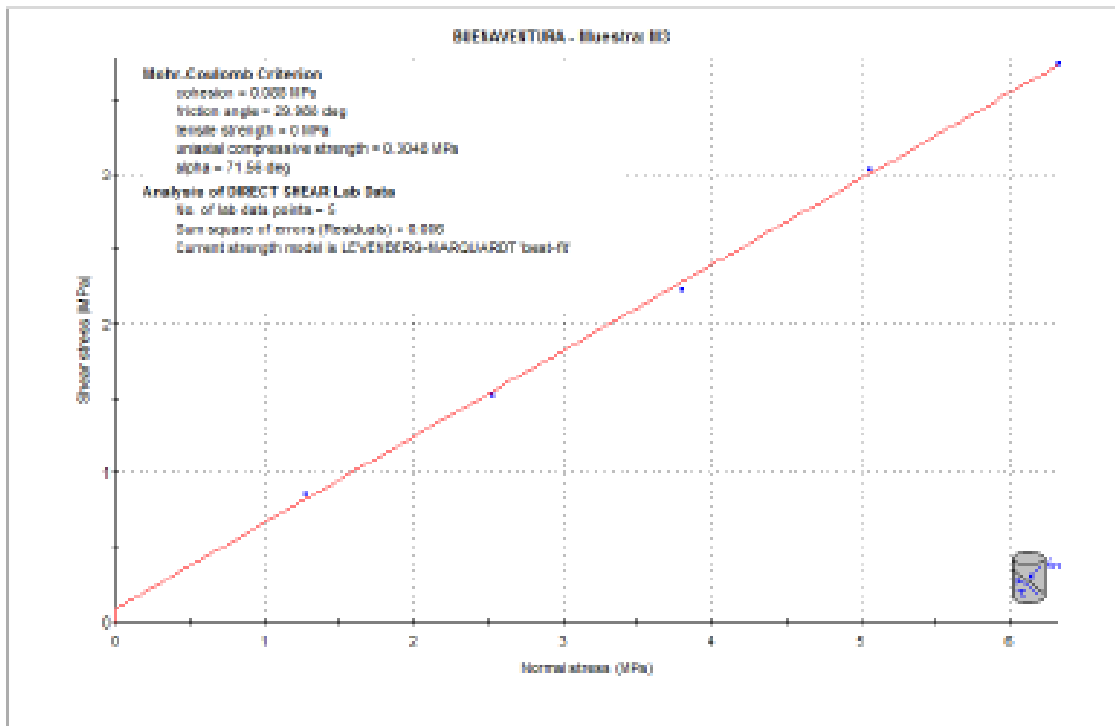


# MUESTRA: MIN

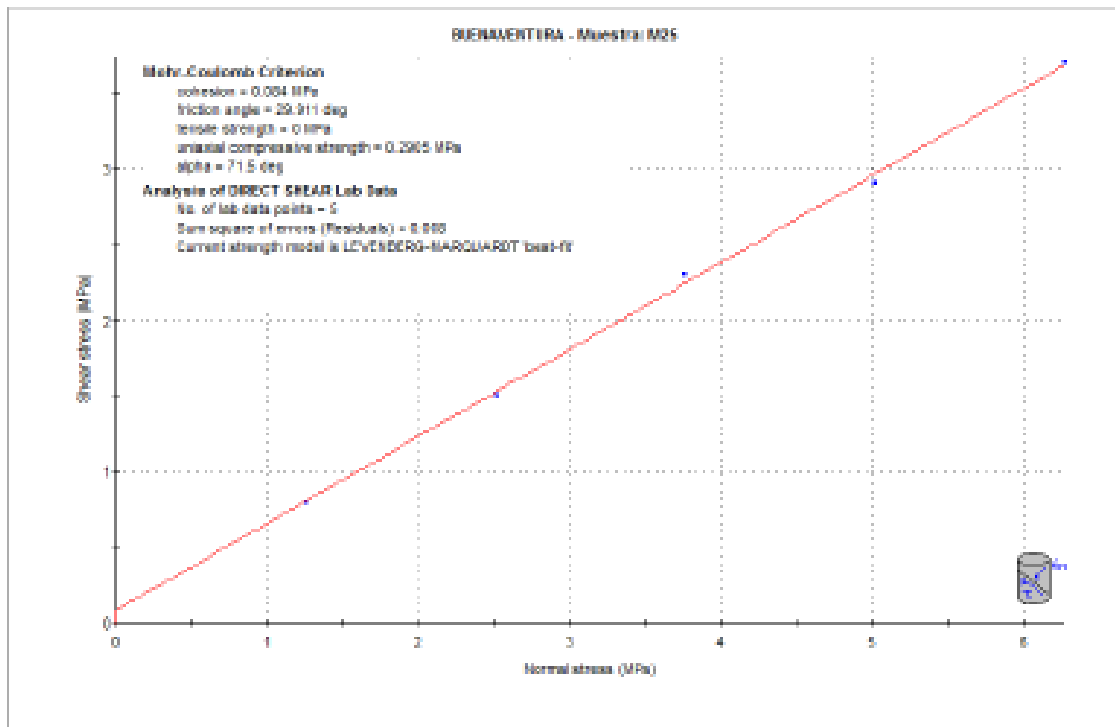


## GRAFICOS: CORTE DIRECTO

**Muestra: DMC-262-1-012 / M-3 (384.65 - 385.25)**

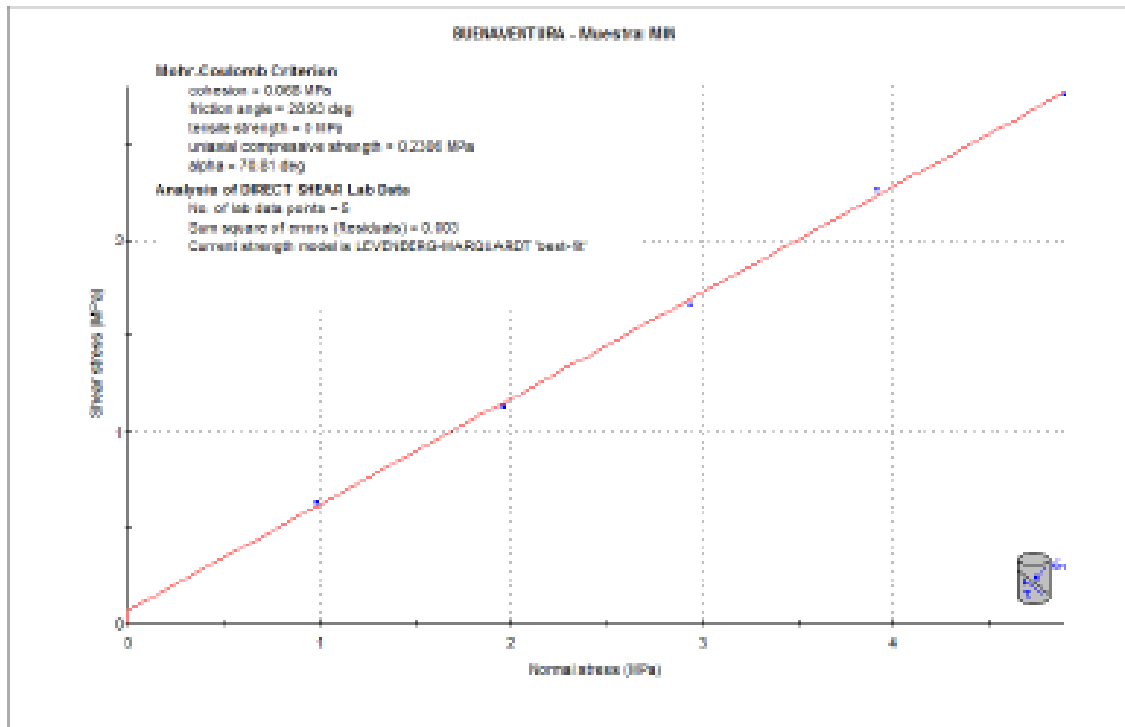


**Muestra: DMC-262-02-002 / M-25 (152.80 - 153.25)**





## Muestra: MIN



## FOTOGRAFIAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

### FOTOS: PROPIEDADES FISICAS

Muestra: DMC-262-1-012 / M3 (384.65 - 385.25)



Muestra: DMC-262-2-012 / M19 (160.00 - 160.35)



**Muestra: MIN**



**FOTOS: COMPRESION UNIAIXIAL**

*Muestra: DMC-262-1-012/ M2 (298.93 - 299.34)*

Antes

Después



*Muestra: DMC-262-2-012 / M19 (160.00 - 160.35)*

Antes

Después



*Muestra: MIN*

Antes

Después



## FOTOS: COMPRESION TRIAXIAL

*Muestra: DMC-262-1-012 / M2 (280.93 – 299.34)*

Antes



Después



*Muestra: DMC-262-2-002 / M24 (149.60 – 150.00)*

Antes



Después



*Muestra: MIN*

Antes



Después



**FOTOS: TRACCION INDIRECTA**

**Muestra: DMC-262-1-012 / M3 (384.65 - 385.25)**

Antes



Después



**Muestra: DMC-262-2-012 / M18 (138.27 - 138.50)**

Antes



Después



**Muestra: MIN**

Antes



Después



**FOTOS: CORTE DIRECTO**

*Muestra: DMC-262-1-012 / M-3 (384.65 - 385.25)*



*Muestra: DMC-262-02-002 / M-25 (152.80 - 153.25)*



*Muestra: MIN*



**FOTOS: CARGA PUNTUAL**

*Muestra: DMC-262-1-006 / M9 (271.30 – 271.56)*

Antes



Después



*Muestra: DMC-262-1-019 / M11 (102.29 – 102.60)*

Antes



Después



## ANEXO 7: Ejemplos de datos de entrada y salida del Software Unwedge

### Labores con dirección paralela al rumbo de la Veta Gina Socorro

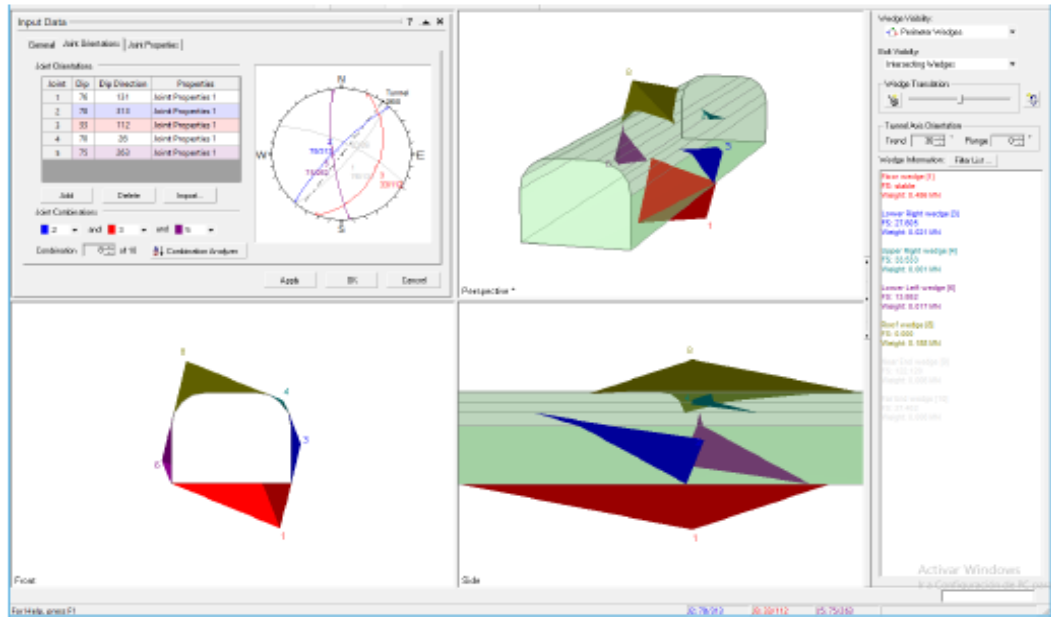


Gráfico 1: Análisis de estabilidad de cuñas formadas en las labores de avance paralelo al rumbo de la veta Gina Socorro. La sección del modelo es de 5 m x 4 m. Para esta dirección se observa la formación de cuñas inestables en la bóveda.

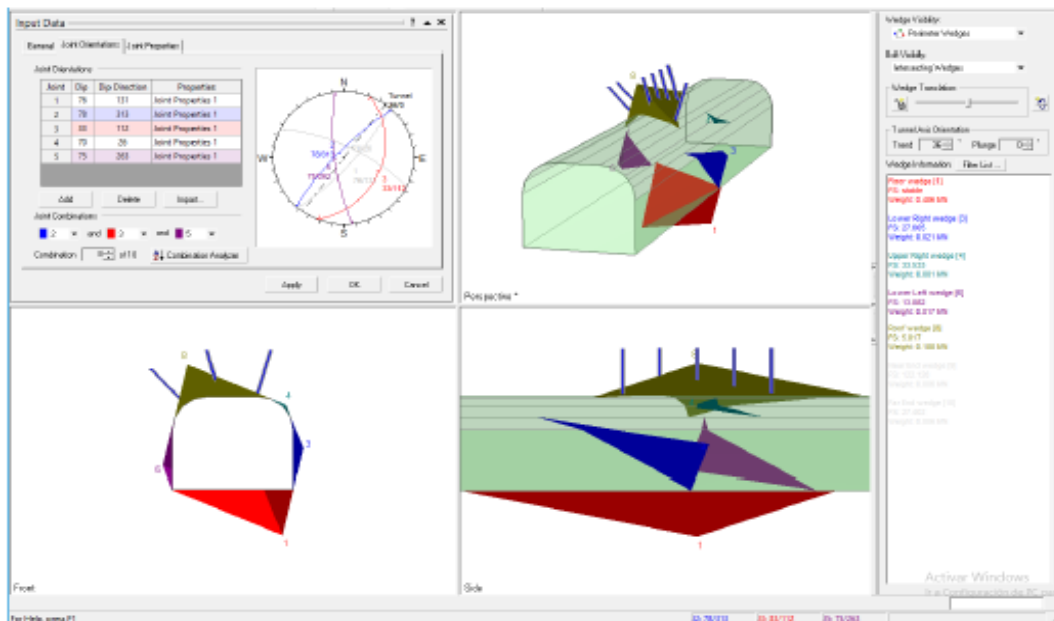


Gráfico 2: Estabilización de las cuñas inestables en el techo con la aplicación de pernos cementados de 7 pies de longitud mínima con espaciados de 1.5 m. Se puede utilizar también pernos split set más la aplicación de 2" de shotcrete.



## Labores con dirección perpendicular al rumbo de la Veta Gina Socorro

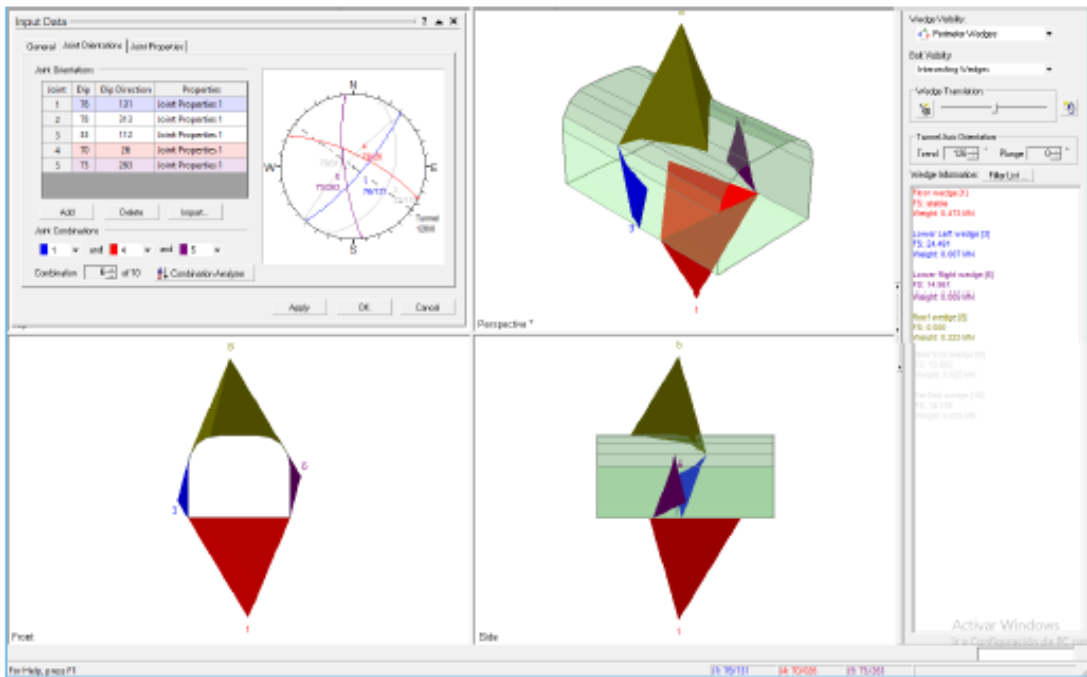


Gráfico 3: Análisis de estabilidad de cuñas formadas en las labores de avance perpendicular al rumbo de la veta Gina Socorro. La sección del modelo es de 5 m x 4 m. Para esta dirección se observa la formación de cuñas inestables en la bóveda.

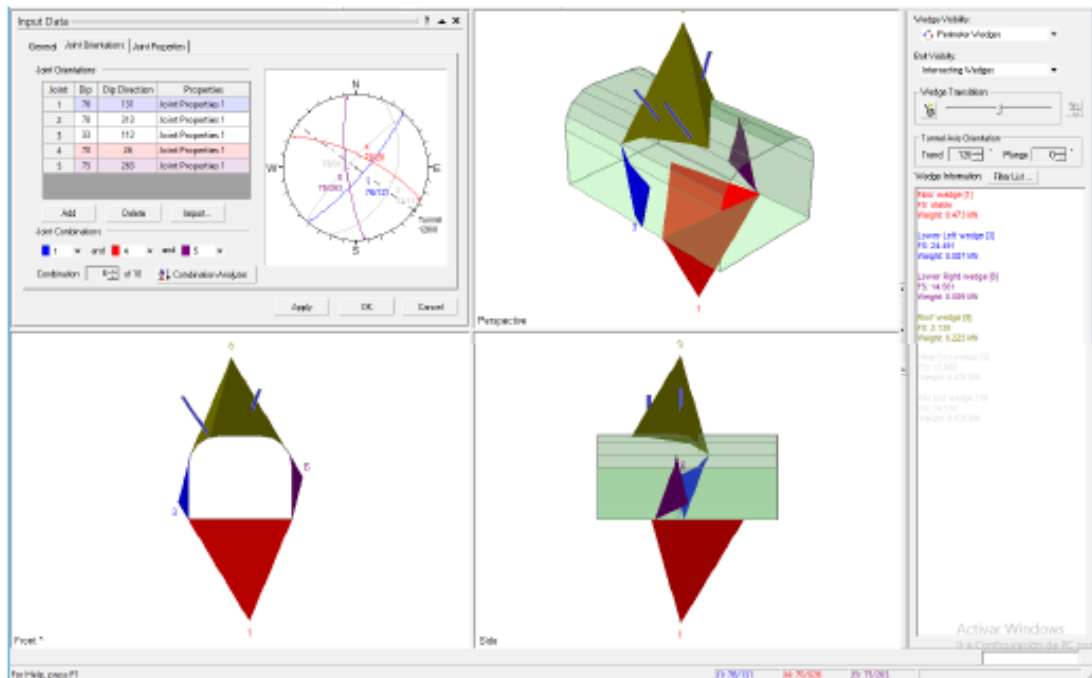


Gráfico 4: Estabilización de las cuñas del techo con uso de pernos cementados de 8 pies de longitud espaciados a 1.5 m. Cuando las cuñas son de mayor altura, son más difíciles que caigan, en cambio las de menor altura si lo son y se muestra más adelante.

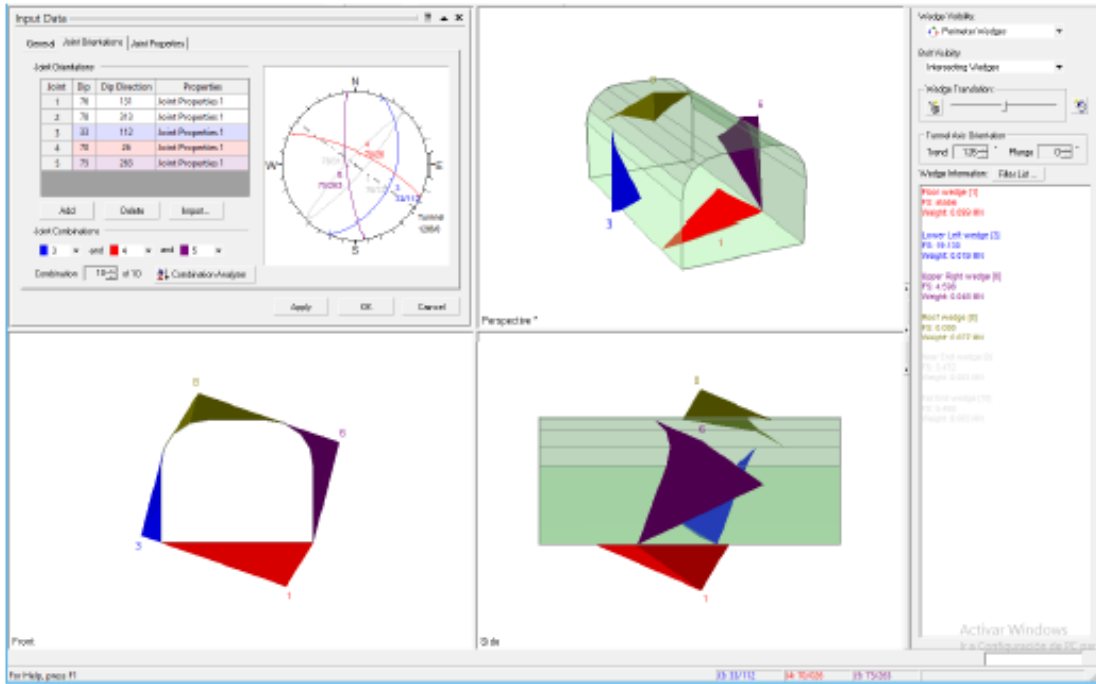


Gráfico 5: Análisis de estabilidad de cuñas formadas para la misma situación anterior, pero considerando otros sistemas de discontinuidades, para los cuales se forman cuñas inestables de corta altura. Las cuñas formadas en los hastiales se muestran estables.

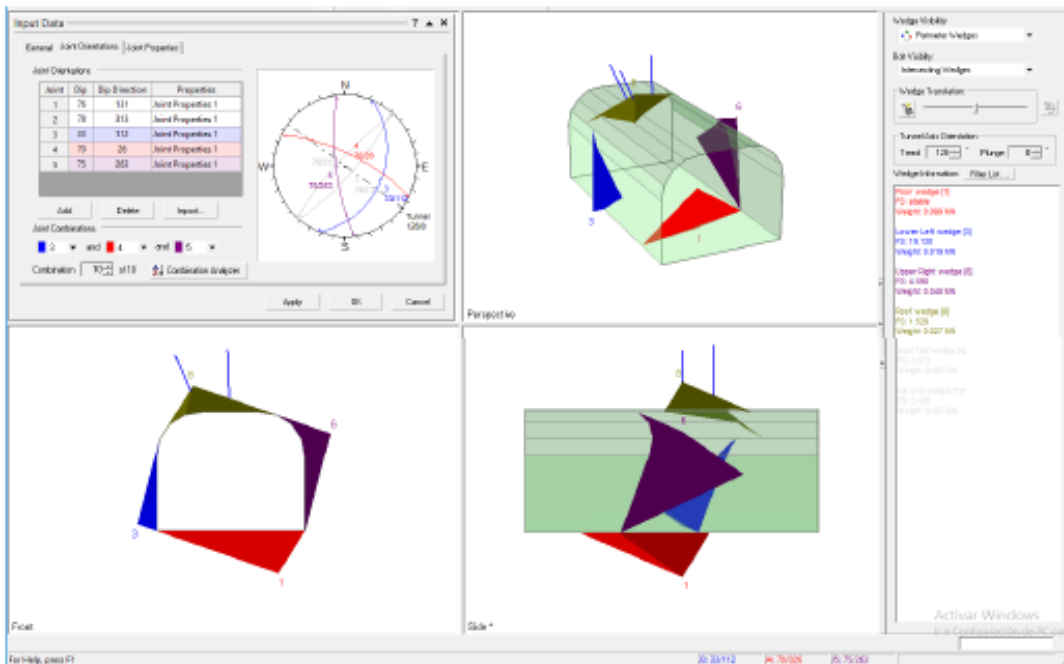


Gráfico 6: Estabilización de las cuñas inestables del techo con uso de pernos split sets de 7 pies de longitud espaciados a 1 m. También se puede utilizar pernos split set espaciados a 1.5 m más la aplicación de 2" de shotcrete.



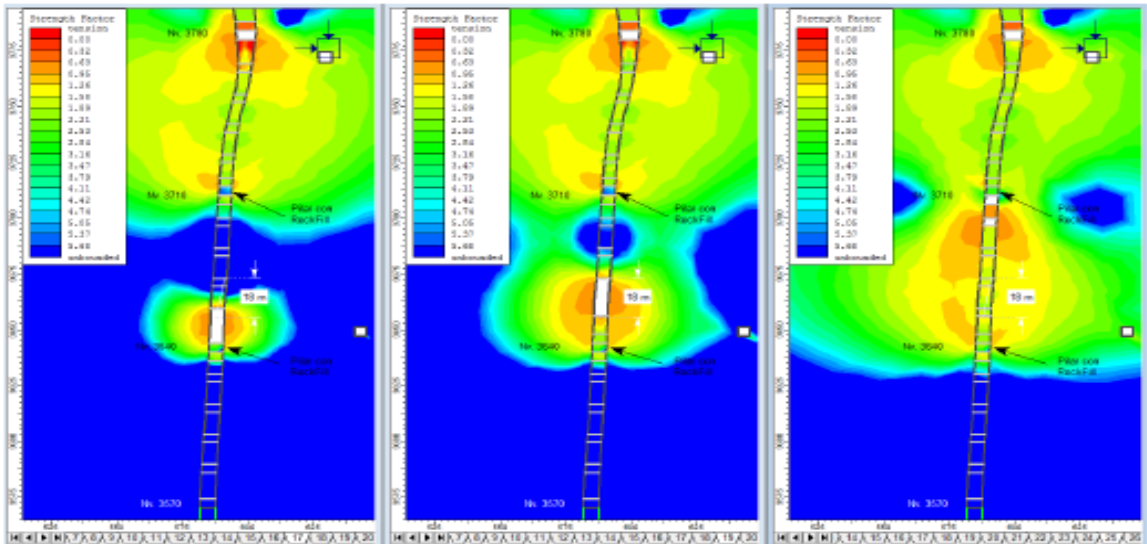


Gráfico 3: Luego de realizar el minado entre los Niveles 3710 y 3780 procedemos a simular el minado entre los Niveles 3640 y 3710. En el Nivel 3710 se colocó relleno cementado de 10 MPa y 4 m de altura con la finalidad de tener una mayor recuperación y conformar un pilar puente para obtener mejores condiciones de estabilidad local y global. En esta etapa de minado este pilar puente presenta condiciones de estabilidad satisfactoria.

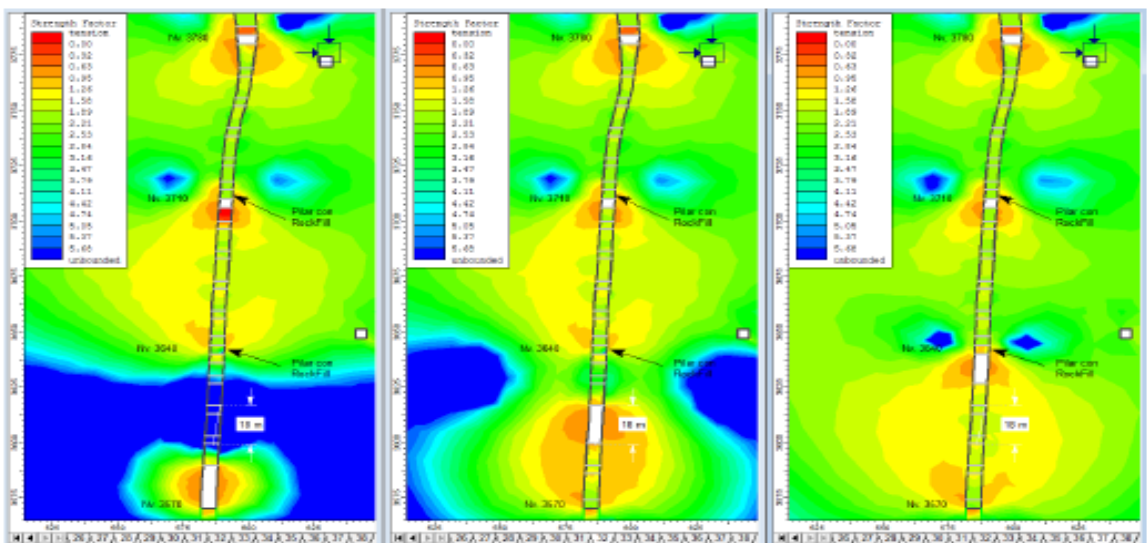


Gráfico 4: Se repite el mismo esquema del minado de la figura anterior, pero en este caso entre los Niveles 3570 y 3640. En el Nivel 3640 también se ha conformado un pilar puente de “relleno cementado” de 10 MPa y 4 m de altura con la misma finalidad indicada en la figura anterior. La estabilidad de este pilar puente es moderada, por lo que se podría aumentar su altura a 5 m para tener mejores condiciones de estabilidad. La estabilidad en las paredes de los tajeos se halla cerca al equilibrio por lo que es recomendable utilizar relleno.

## Análisis esfuerzo/deformación en la Sección 100W considerando hasta superficie

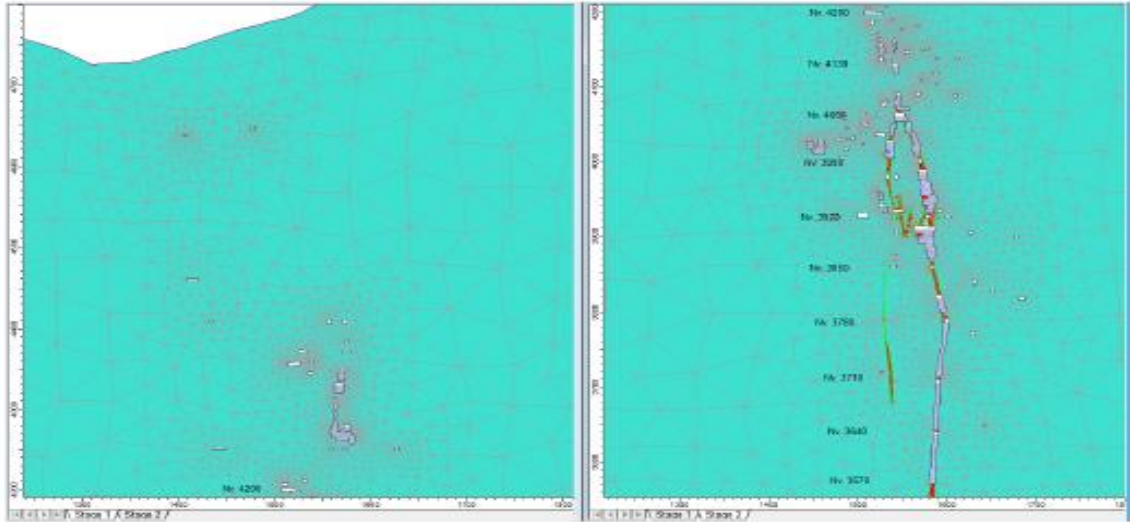


Figura 5: Modelo de la malla de elementos finitos realizado en la Sección 100W desde la superficie hasta el nivel más profundo proyectado (Nivel 3570). En el modelo se observa la conformación de los pilares puente que han sido dejados como parte del avance del minado con “corte y relleno”. La figura de la derecha es la continuación de la figura de la izquierda hacia abajo, así como en las siguientes figuras.

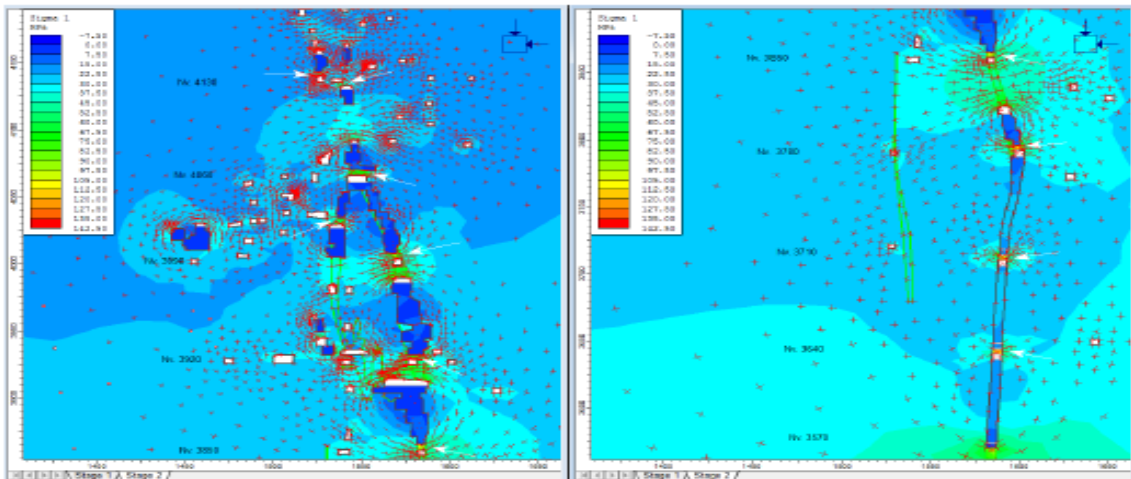


Gráfico 6: Distribución de los esfuerzos inducidos máximos ( $\sigma_1$ ) alrededor de las excavaciones. Se observa que los esfuerzos inducidos se concentran en los pilares de roca in-situ dejados, aumentando esta concentración en profundidad. Esto favorece para una menor concentración de los esfuerzos en las áreas de minado actuales y futuras, lográndose mejores condiciones de estabilidad local y global, por lo que es importante dejar pilares puente de rumbo a medida que avance el minado en

profundidad. Para aumentar la recuperación del mineral estos pilares puente pueden ser también conformados por relleno cementado.

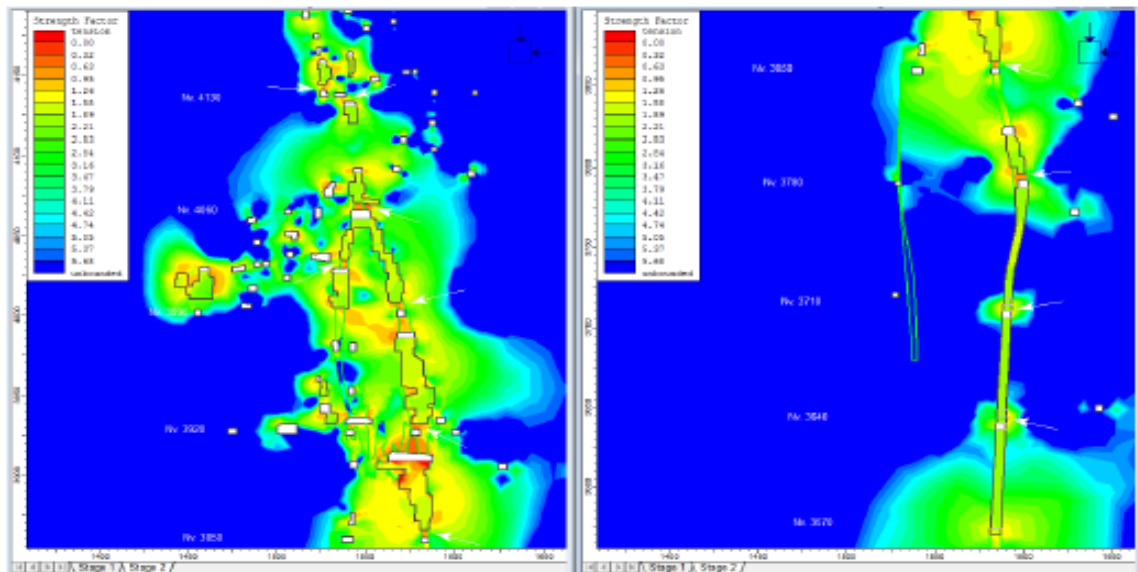


Gráfico 7: Distribución de factores de resistencia alrededor de los pilares puentes y tajeos explotados y rellenos. Izquierda: se observa las labores encima del Nivel 3850 donde los pilares puente tienen estabilidad moderada. Derecha: se observa la simulación del minado debajo del Nivel 3850, en este caso en los Niveles 3710 y 3640 se ha simulado la colocación de relleno cementado, el cual permitirá minar por debajo sin necesidad de dejar pilares puente de mineral.