



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



## **CARACTERIZACIÓN Y EVALUACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA EMPRESA REPRESENTACIONES MINORCO SCRLTDA.**

### **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

#### **PRESENTADO POR:**

**Bach. DAVID AMADEOS AMANQUI VILCA**

#### **PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERU**

**2019**



## DEDICATORIA

Se la dedico con todo mi amor y cariño a mis padres, quienes con sus palabras de aliento siempre me motivaron a seguir adelante y ser perseverante para que cumpla con mis ideales. Porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

*David Amanqui*



## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a dios todo poderoso por darme la oportunidad de realizar esta meta.

Agradezco a la Ing. Susana Vilca Achata ex-presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET); Con la Empresa Representaciones Minorco SCRLtda, por permitirme desenvolverme como pre-profesional; Con los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas – UNAP y con los docentes de la Escuela de Profesional de Ingeniería Geológica – UNAP.

*David Amanqui*



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE ACRÓNIMOS

RESUMEN .....	8
ABSTRACT.....	8
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>IV. CONCLUSIONES .....</b>	<b>16</b>
AGRADECIMIENTOS .....	16
REFERENCIAS.....	16

**TEMA:** Mecánica de rocas

**AREA:** Ingeniería de Minas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 29 de octubre del 2019



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de la apertura de las estructuras.....	11
Tabla 2. Descripción de la apertura de las estructuras.....	13
Tabla 3. Resultado de modo de falla por cuña según porcentaje de estructuras favorables.....	14
Tabla 4. Parámetros de resistencia de las discontinuidades presentes en la labor minera. .....	15
Tabla 5. Orientación de familias de discontinuidades principales mediante análisis estadístico del estereograma. ....	15
Tabla 6. Comparación de datos con otras investigaciones. ....	15



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de planos mayores. ....	12
Figura 2. Ficha de estaciones geomecánicas para la caracterización de macizo rocoso por RMR y Q.....	12
Figura 3. Resultado del índice Q y De.....	13
Figura 4. Resultado del índice Q y De.....	13
Figura 5. Resultado del autoport. ....	14
Figura 6. Cuñas inestables presentes en la labor minera. ....	14
Figura 7. Cuñas inestables presentes en la labor minera en diferentes perfiles.....	15



## ÍNDICE ACRÓNIMOS

ASTM	: Asociación americana de ensayo de materiales.
De	: Diámetro equivalente del túnel.
ESR	: Relación de sostenimiento de excavación.
ISRM	: Sociedad internacional de mecánica de rocas.
INGEMMET	: Instituto geológico, minero y metalúrgico.
GSI	: Índice de resistencia geológica.
JCS	: Resistencia de la junta medida con el martillo de Schmidt.
JRC	: Coeficiente de rugosidad de la junta.
kN	: Kilonewton.
m	: Metro.
MPa	: Megapascal.
Q	: Índice de Q de Barton.
RQD	: Rock quality designation.
RMR	: Rock mass rating
UCS	: Resistencia a la compresión uniaxial.
UNAP	: Universidad Nacional del Altiplano Puno.
UTM	: Sistema de coordenadas universal transversal de mercator.



## **Caracterización y evaluación geomecánica del macizo rocoso en la Empresa Representaciones Minorco SCRLtda.**

Characterization and geomechanical evaluation of the rock mass Empresa Representaciones Minorco SCRLtda.

David Amadeos Amanqui Vilca  
Universidad Nacional del Altiplano - Puno - Perú  
Facultad de Ingeniería de Minas  
[amanquivid@gmail.com](mailto:amanquivid@gmail.com) (051)950484544

### **RESUMEN**

En el presente estudio se detalla la caracterización y evaluación geomecánica del macizo rocoso en la Empresa Representaciones Minorco SCRLtda, ubicada dentro de la jurisdicción del Distrito de Ananea, en la provincia de San Antonio de Putina, Región de Puno, en la fecha de Agosto del 2018. El objetivo fue determinar la caracterización estructural por mapeo, análisis de cuñas y estabilidad de la labor. Para el análisis se tomó datos en distintos puntos de la galería de estudio, realizándose una estación geomecánica a detalle, para luego en el gabinete analizar y procesar los datos adquiridos, para lo cual se utilizó el software Dips v.6.0 para la identificación de familias de discontinuidades a través de los estereogramas, RocData v.4.0 para el análisis de resistencia del macizo rocoso y discontinuidades por el criterio de Mohr-Coulomb y el criterio de Barton-Bandis respectivamente, Unwedge v.3.0 para el análisis de cuñas subterráneas. En los resultados se hizo una descripción cuantitativa de las estructuras y su clasificación geomecánica fue realizada por los criterios de RMR y Q, de las cuales se concluyó que el macizo rocoso es una roca regular a buena; los análisis estereográficos nos presentan muy claramente la prevalencia de 03 sistemas o familias de discontinuidades que al realizar un análisis con el software Unwedge v.3.0 de Rocscience, se ha identificado con mucha claridad el modo de falla por cuña más concurrente en la labor minera, siendo de manera general la labor minera estable.

Palabras clave: Caracterización del macizo rocoso, evaluación geomecánica y análisis de estabilidad.

### **ABSTRACT**

This study details the characterization and geomechanical evaluation of the rock mass in the Empresa Representaciones Minorco SCRLtda, located within the jurisdiction of the Ananea District, in the province of San Antonio de Putina, Puno Region, on the date of August 2018. The objective was to determine the structural characterization by mapping, wedge analysis and work

stability. For the analysis, data were taken at different points in the study gallery, performing a geomechanical station in detail, then in the cabinet analyze and process the acquired data, for which the Dips v.6.0 software was used for the identification of families of discontinuities through the stereograms, RocData v.4.0 for the analysis of resistance of the rock mass and discontinuities by the Mohr-Coulomb criterion and the Barton criterion -Bandis respectively, Unwedge v.3.0 for the analysis of underground wedges. In the results a quantitative description of the structures was made and their geomechanical classification was made according to the criteria of RMR and Q, of which it was concluded that the rock mass, It is a regular rock to good, stereographic analyzes show us very clearly the prevalence of 03 systems or families of discontinuities that when performing an underground wedge analysis with Rocscience's Unwedge v.3.0 software, the most concurrent wedge failure mode in mining work has been very clearly identified, the mining work being generally stable.

Keywords: Characterization of the rock mass, geomechanical evaluation and stability analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

En esta investigación se realiza estudios para determinar la estabilidad de la excavación subterránea. Una cuestión importante en la construcción de una excavación subterránea es definir las características y el comportamiento mecánico-estructural del macizo, aspecto que tiene una marcada incidencia en el laboreo, sostenimiento y explotación en minería (Adeoluwa Olajesu, Noa Monjes, & Quevedo Sotolongo, 2017).

Numerosos estudios argumentan la necesidad de proponer y validar métodos que permitan, en forma sólida establecer las propiedades del macizo rocoso encaminadas a la caracterización geomecánica (Cartaya-Pire, 2006).

La clasificación de los macizos rocosos surgió desde la década del 40 del siglo XX y muchos investigadores lo han utilizado para proponer

soluciones a diferentes problemas en minas y túneles (Bieniawski, 1989).

Azuarte-Mendoza (2004), menciona que, *“todas estas clasificaciones son congruentes entre sí sobre el tipo de macizo que se ha caracterizado, evitándose incongruencias y variedad de criterios al momento de clasificarlos por uno u otro sistema”*.

Cartaya-Pire (2006), indica, *“un grupo de criterios geomecánicos – estructurales que pueden ser aplicados para el diseño de excavaciones y obras subterráneas, fundamentando su empleo”*.

Chura-Lope (2016), menciona que, *“el uso de la ciencia relacionada al material rocoso que comprende la geología y geomecánica (modelo geológico, modelo estructural del macizo rocoso, modelo hidrológico y el modelo geotécnico), jugaron un rol importante”*.



El diseño de investigación, constituye un plan general para obtener respuestas a interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación y desglosar las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable (Reverón-Hernández, 2013).

Albarracin-Sepulveda & Gomez-Acevedo (2002), en un trabajo técnico menciona “*los datos tomados en campo y mediante la utilización del software Dips se determinaron familias de discontinuidades en el macizo, las cuales se pueden observar en los diagramas de polos, frecuencias y rosetas*”.

El propósito es que la mecánica de rocas o más ampliamente la geomecánica, tal como se le conoce en la actualidad, es una disciplina que en las últimas tres décadas ha tenido grandes progresos, convirtiéndose en una herramienta tecnológica más en la industria minera en particular y en otras ramas de la ingeniería en general, para su aplicación efectiva al minado subterráneo (Cordova-Rojas, 2008)

La hipótesis es conocer al detalle la caracterización geomecánica del macizo, para evitar el mal direccionamiento y sobredimensionamiento de sus desarrollos mineros.

La presente investigación tiene por objetivo realizar la caracterización estructural por

mapeo, análisis de cuñas y estabilidad de la labor.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue desarrollada dentro del área de influencia directa de la Empresa Representaciones Minorco SCRLtda., jurisdicción del Distrito de Ananea, en la provincia de San Antonio de Putina, Región de Puno. Cuyas coordenadas UTM son: 451806.4 E, 8383466.98 N, a una Altitud de 4,850 metros sobre el nivel del mar.

Para la caracterización geomecánica del macizo rocoso se aplicó la clasificación de Bieniawski, 1989, la que ha sido utilizada por varios investigadores (González de Vallejo, 2002).

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación identificada como caracterización y evaluación del macizo rocoso, será aplicada a una investigación del tipo descriptivo, que se caracteriza por describir las características a tomar en cuenta en su aplicación.

### 2.2. Población y muestra

Población, está constituida por el conjunto de todas las observaciones posibles con el establecimiento de la unidad de análisis y su respectiva delimitación en cada estación geomecánica.

Muestra, se tomara la labor minera, con sección 3 x 3 metros, perteneciente a la Empresa

Representaciones Minorco SCRLtd. – Ananea.

### 2.3. Operacionalización de variables

#### 2.3.1 Variables

Variable independiente: caracterización del macizo rocoso.

Variable dependiente: evaluación geomecánica

#### 2.3.2 Operación de variables

Tabla 1. Descripción de la apertura de las estructuras.

Variab le (s)	Dimensió n(es)	Indicador (es)	Categoría (s)	Índic e(s)	Instrument o(s)
V.I.	Caracterización	Calidad del macizo rocoso	Zonas y dominios geotécnicos	RQD RMR Q	Esclerómetro, brújula, distancio metro, pica. Tablas
V.D.	Evaluación	Tipo de roca	Análisis y modelado	Factor de seguridad	

Fuente: Elaboración propia.

### 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Un instrumento de recolección de datos es un recurso que se requiere para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información dentro de cada instrumento concreto pueden distinguirse dos aspectos diferentes que son forma y contenido que sintetiza, técnicas de recolección que se emplea: Papelería para cálculos previos, guías, diario de campo, libreta de notas, martillo schmidt, tablas, mapas, cuestionarios, catálogo y brújula Brunton (Medina-Aguilar, 2017).

Ensayos de laboratorio; Se realizarán ensayos que permitan obtener las propiedades mecánicas del macizo rocoso presente en la labor para los análisis, de tal forma que sean lo más representativos de las situaciones reales en el campo, son los siguientes:

- Determinación de la densidad.
- Ensayo de compresión uniaxial (UCS).

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y rocas de la Facultad de Ingeniería de Minas - UNAP.

### 2.5 Procesamiento de la información

Los datos de la caracterización de la labor fueron almacenados en el software Microsoft Excel. Los datos para la evaluación fueron relacionados con la orientación de estructuras y la probabilidad de falla presente en la labor minera, se realizaron con la utilización del software Dips. V.6.0 y finalmente el análisis de cuñas para el cálculo del factor de seguridad se realizó con la ayuda del software Unwedge 3.0 de la firma Rocscience.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Caracterización estructural por mapeo progresivo.

Se hizo una descripción cuantitativa de las estructuras presentes utilizando un mapeo progresivo, este fue seleccionado debido a que la zona de estudio es una galería con libre acceso.

### 3.1.1 Familias de discontinuidades

Se tomaron 225 datos de dirección de buzamiento y buzamiento con una brújula Brunton de manera progresiva a lo largo de la labor.

Los datos fueron procesados con el software Dips v.6.0 de Rocscience. Debido a la variabilidad de puntos ploteados en el estereograma es que surge la necesidad de representaciones mediante un diagrama de densidad de polos como se muestra en la (Figura 1), esto nos muestra con mayor detalle la agrupación estadística de los datos tomados en el campo, definiéndose tres familias de discontinuidades principales, representados de coloración amarilla, verde y rojo en el centro de los contornos con las siguientes orientaciones (Buzamiento/Dirección de buzamiento): familia principal 01 (55/156) representada de color azul, familia principal 02 (40/62 representada de color verde, familia principal 03 (40/348) representada de color rojo.

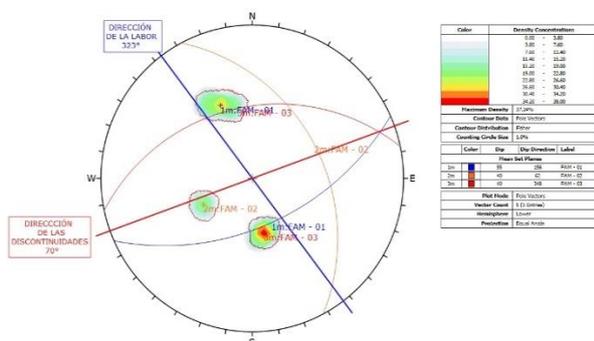


Figura 1. Diagrama de planos mayores.

Fuente: Rocscience Inc. 2010.

### 3.1.2 Descripción cuantitativa de las estructuras

Para la descripción óptima de las estructuras presentes en la labor se realizó un mapeo progresivo de una corrida de 55 metros aproximadamente de una estación a otra, los datos fueron almacenados en fichas de campo y las presentamos en hojas de Excel en el Figura 02.

### 3.2 Caracterización geomecánica

#### 3.2.1 Propiedades de la roca intacta

La densidad de la roca intacta se pudo obtener mediante ensayos de laboratorio, obteniéndose un valor de 26.81 KN/m3.

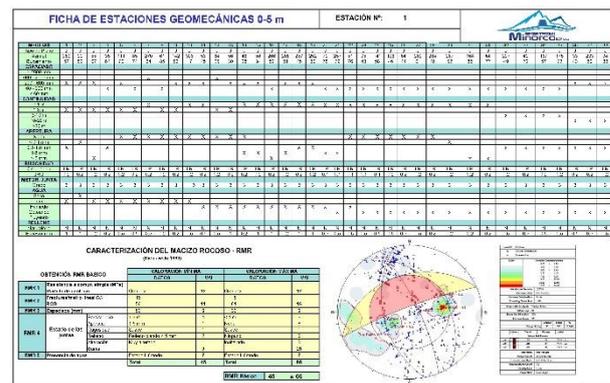


Figura 2. Ficha de estaciones geomecánicas para la caracterización de macizo rocoso por RMR y Q.

La resistencia a la compresión uniaxial (UCS), fue determinada con el equipo de laboratorio de ensayo que consiste de una prensa hidráulica manual de 2000 KN de capacidad; todo este proceso del ensayo se desarrolló cumpliéndose con los procedimientos y protocolos de trabajo de laboratorio normados por la ASTM e ISRM, en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la Facultad de Ingeniería de Minas de

la UNAP. Los resultados obtenidos de los ensayos de compresión uniaxial dan un valor de 190.7 MPa, y según este valor promedio consideramos que es una roca dura.

### 3.2.2 Clasificación geomecánica del macizo rocoso

Para la determinación del RQD se utilizó el criterio de Palmstron 1975, que considera en su formulación el  $J_v$  como el índice volumétrico de juntas, cuyo resultado es de 84.75 %, siendo la descripción del índice de calidad de roca valorada como buena. Los resultados obtenidos de los valores de RMR, dan un valor de rango de 45 – 81.

Los valores de GSI se obtuvieron con relación al RMR, para lo cual se consideró la recomendación de Brady (2004), donde el  $GSI = RMR - 5$ .

La clasificación según el Índice Q, en base al mapeo geomecánico, analiza en el software GEOTABLE, nos resulta en las siguientes figuras 03 y 04:

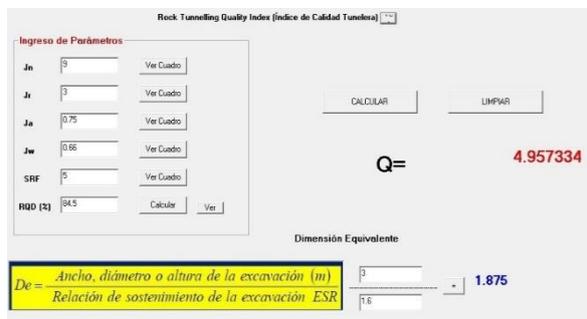


Figura 3. Resultado del índice Q y De. Fuente: Geotable.

Y como recomendación de sostenimiento según la clasificación “Q”, tenemos mostrado en la figura 05.

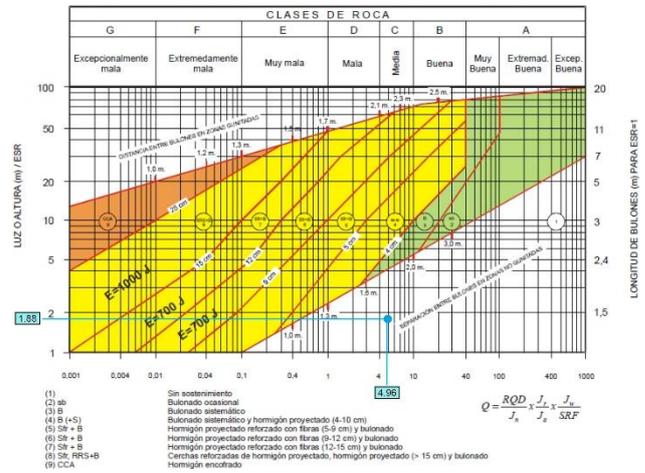


Figura 4. Resultado del índice Q y De. Fuente: Geotable.

Los resultados en cuanto al sostenimiento se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Descripción de la apertura de las estructuras.

CLASE DE MACIZO ROCOSO	SOSTENIMIENTO RECOMENDADO		
	PERNOS DE ANCLAJE	HORMIGÓN LANZADO	MARCOS DE ACERO
III – C - Regular	Perno ocasional	No necesario	No necesario

Fuente: (Brady, 2004).

Tiempo de Auto soporte

El gráfico de la siguiente figura, puede aplicarse con el índice Q o el RMR. Entraríamos con índices  $Q = 4,96$ , o bien  $RMR = 63$ ; y para un vano de 3,0 m el tiempo de estabilidad de la

excavación será de 1 año aproximadamente, figura 05.

MODO DE FALLA	PORCENTAJE
Modo de falla por cuña	0.0

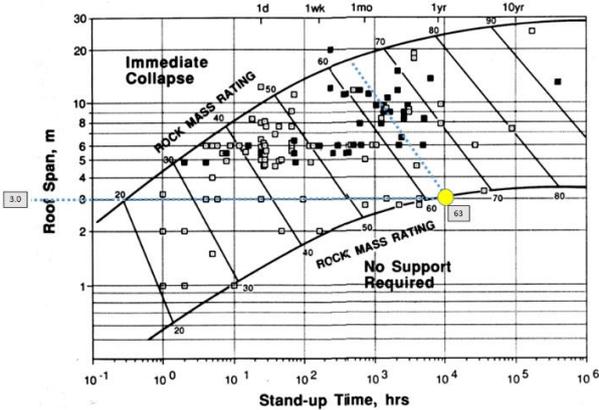


Figura 5. Resultado del autosoport. Fuente: Tiempo de estabilidad, según Laufer 1958.

### 3.3 Falla por cuña

El programa Dips genera los planos de cada uno de los polos ploteados y posteriormente identifica todas las intersecciones formadas entre planos en todo el estereograma para considerar los puntos de intersección, como observamos en la representación estereográfica del análisis de falla por cuña Figura 01, la representación de las 03 familias identificadas en el plano, donde se representa una zona crítica donde puede ocurrir una falla por cuña, estos puntos de intersección rojos representan el 0.00 % del total. Este valor es alto, por el cual consideramos que la galería tendría la posibilidad de caída de rocas, estructuralmente por cuña.

Tabla 3. Resultado de modo de falla por cuña según porcentaje de estructuras favorables.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Análisis de estabilidad

Después de haber analizado el modo de falla por cuña estructuralmente controlado en la labor minera, podemos realizar un análisis de inestabilidad controlada estructuralmente con el software Unwedge v.3.0. de la firma Rocscience.

En las Figuras 06 y 07, se muestra los resultados obtenidos del software Unwedge v.3.0. y en la Tabla 04. Parámetros de resistencia de las discontinuidades presentes en la galería.

Para estimar los parámetros resistentes de las juntas se tiene en consideración los datos obtenidos producto de la caracterización geomecánica, estos se muestran en la Tabla 05.

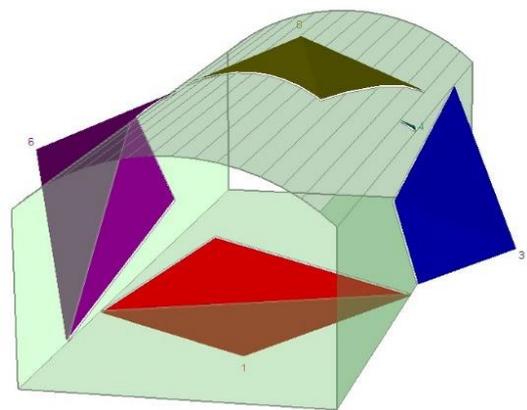


Figura 6. Cuñas inestables presentes en la labor minera. Fuente: Rocscience Inc. 2010.

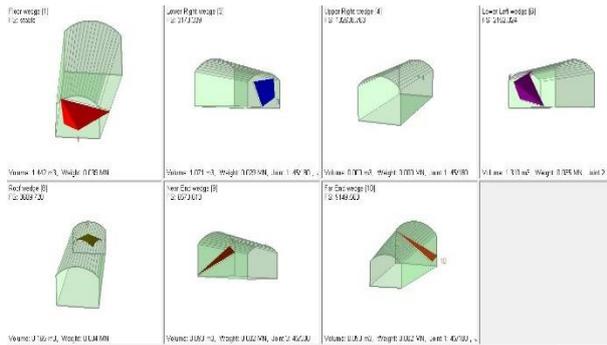


Figura 7. Cuñas inestables presentes en la labor minera en diferentes perfiles. Fuente: Rocscience Inc. 2010.

Tabla 4. Parámetros de resistencia de las discontinuidades presentes en la labor minera.

ID	Resistencia al corte	JR C	JCS	Phi r	C (MPa)
Junta 01	Barton-Bandis	47	190.3 7	25°	0.24
Junta 02	Barton-Bandis	41	190.3 7	25°	0.24
Junta 03	Barton-Bandis	47	190.3 7	25°	0.24
	Mohr Coulomb		Promedio		0.24

Fuente: Elaboración propia.

La galería tiene una dirección de avance de N323°O, una anchura de 3.0 m y 3.0 m de altura.

Tabla 5. Orientación de familias de discontinuidades principales mediante análisis estadístico del estereograma.

ID	Dirección de buzamiento	Buzamiento
Junta 01	336	35
Junta 02	242	50
Junta 03	168	50
Galería	323	0

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 Discusión de resultados

Según, Chura-Lope (2016), “en un estudio de caracterización geomecánica del macizo rocoso su aplicación en el diseño de sostenimiento, se muestra una comparación de parámetros tanto el índice RQD y RMR, estos datos tienen influencia directa en la estabilidad de labores”, tabla 06.

Según, Medina-Aguilar (2017), “hizo un estudio sobre el diseño de cámaras y pilares basado en las características geomecánicas del macizo rocoso, se muestra una comparación de resultados de la mina donde existe una diferencia en el factor de seguridad; cuyos datos definen las dimensiones del pilar”, tabla 06.

En un cuadro resumen se muestra los resultados obtenidos en la labor minera y en comparación de datos con otras investigaciones cercanas al área de investigación, tabla 06.

Tabla 6. Comparación de datos con otras investigaciones.

	Mina Untuca	Mina Ananea	Mina Ananea
	Fuente: Chura L. Wilber (2016)	Fuente: Medina A. (2017)	Fuente: Elaboración propia
Resistencia a la compresión uniaxial	109	100.012	190.7
Peso unitario (Mpa/m)	0.027	0.027	0.027



RQD (%)	50% - 75%	98%	84.75%
RMR (Adimensional)	74	77	63
GSI	69	72	58
Esfuerzo inducido (Mpa)	26.4	2.97	3.2
Factor de seguridad	1.5	2.4	1.65
Resultado	Estable	Estable	Estable

Fuente: Elaboración propia.

#### IV. CONCLUSIONES

La investigación nos da como resultado por medio del martillo Schmidt un promedio de 123 MPa, una densidad promedio de 26.81 kN/m<sup>3</sup>, con una resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta en laboratorio de 190.7 MPa. Los valores de la clasificación geomecánica fueron; RQD promedio de 84.5 %, un RMR promedio bueno de 63 y un GSI de 58. Según la clasificación “Q” se tiene un valor de 4.96 y ESR de 1.88, la clase de macizo rocoso es III – buena y el tiempo de estabilidad o auto soporte de la excavación es de 1 año aproximadamente.

Los resultados arrojan que la zona estudiada es en general estable.

La caracterización geomecánica nos ayudó para hacer una evaluación de inestabilidad en la excavación controlada estructuralmente.

La excavación se presenta estable con bajos esfuerzos tensionales, no está demás diseñar un sostenimiento activo o pasivo y su correspondiente monitoreo.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor está muy agradecido con Ing. Susana Vilca Achata ex-presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET); Con la Empresa Representaciones Minorco SCRLtda, por permitirme desenvolverme como pre-profesional; Con los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas – UNAP y con los docentes de la Escuela de Profesional de Ingeniería Geológica – UNAP.

#### REFERENCIAS

- Adeoluwa Olajesu, O., Noa Monjes, R., & Quevedo Sotolongo, G. (2017). Caracterización estructural del macizo rocoso de la mina subterránea Oro Descanso. *Minería y Geología*, vol. 33 (4), 456–467. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223553249007>
- Albarracin-Sepulveda, O. L., & Gomez-Acevedo, D. C. (2002). Caracterización y clasificación geomecánica de macizo rocoso del sector la sierra, Sogamoso, Boyacá, Colombia. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, (1), 1–11. Retrieved from <https://docplayer.es/34173900-Characterizacion-y-clasificacion-geomecanica-del-macizo-rocoso-del-sector-la-sierra-sogamoso-boyaca-colombia.html>
- Azuarte-Mendoza, D. (2004). *Caracterización geológica y geomecánica de los macizos rocosos de la Sección Guatire-Caucagua de la Autopista Rómulo Betancourt, estado Miranda*. Universidad Central de Venezuela, Venezuela. Retrieved from [http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/14869/1/TEG\\_Azuarte\\_Daniel.pdf](http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/14869/1/TEG_Azuarte_Daniel.pdf)
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications - Z T Bieniawski*.



- New York: EEUU. The Pennsy. <https://doi.org/https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=pejDUvjwPdMC&oi=fnd&pg=PP13&dq=engineering+rock+mass+classification&ots>
- Brady, B. H. (2004). *Rock Mechanics for underground mining*. New York, EEUU: Klumer Academic publishers. Retrieved from [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cRv\\_CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=Rock+Mechanics+for+underground+mining&ots](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cRv_CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=Rock+Mechanics+for+underground+mining&ots)
- Cartaya-Pire, M. (2006). Caracterización geomecánica de macizos rocosos en obras subterráneas de la Región Oriental de País. *Minería y Geología*, 22(Julio-Setiembre), 1-54. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223517652004>
- Chura-Lope, W. (2016). *Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la unidad económica administrativa Ana María – La Rinconada*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno. <https://doi.org/http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4489>
- Cordova-Rojas, N. D. (2008). *Geomecánica en el minado subterráneo caso Mina Condestable*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú. <https://doi.org/http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/595>
- González de Vallejo, L. I. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: Pearson educación, S. A. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=mPD4OwAACAAJ&dq=INGENIERIA+GEOLOGICA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwihtJ7ooKblAhVspVvKkHavYDP0Q6AEIJzAA>
- Medina-Aguilar, V. H. (2017). *Diseño de cámaras y pilares basado en las características geomecánicas del macizo rocoso en la corporación Minera Ananea S.A. - 2016*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno. <https://doi.org/http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6510>
- Reverón-Hernández, D. E. (2013). *Dimensionamiento de cámaras y pilares en minería subterránea basado en la caracterización geomecánica del macizo rocoso de la mina Colombia, El Callao, Estado Bolívar*. Universidad Central de Venezuela, Venezuela. <https://doi.org/http://saber.ucv.ve/handle/123456789/15468>