

# Geomecánica aplicada al control de las labores mineras para la minimización de caída de rocas en la mina Madrugada Cía. minera Huinac SAC-Ancash-2009

Geomechanics applied to the control of mining work for the minimization of fall of rocks in the Madrugada mine cia minera Huinac SAC- Ancash-2009

<sup>1</sup>Luis Alberto Torres Yupanqui<sup>2</sup>, Arnaldo Alejandro Ruiz Castro<sup>3</sup>, José Daga Huaricancha<sup>3</sup>, Jesús Gerardo Vizcarra Arana<sup>3</sup>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación descriptivo, analítico y cuasiexperimental tiene por objetivo aplicar la geomecánica al Yacimiento Minero Madrugada, toda vez que la UEA (Unidad Económica Administrativa) Admirada Atila aplica métodos subterráneos para la explotación de su yacimiento polimetálico con contenidos de minerales de plomo, plata, zinc y cobre y a la fecha no tiene un conocimiento real de las consideraciones cualitativas y cuantitativas del macizo rocoso en el cual viene aplicando sus operaciones de minado, tan necesario en la actualidad para realizar trabajos que optimicen los resultados técnicos de operación y por ende consideraciones económicas que optimicen los resultados.

Los estudios geomecánicos están referidos a la determinación de las características del macizo rocoso, mediante el análisis litológico estructural del mismo; para posteriormente establecer las características del comportamiento mecánico del macizo rocoso, determinando las propiedades físicas, mecánicas y la resistencia compresiva del macizo rocoso y del mineral. Finalmente se realizó la determinación de los dominios estructurales, para establecer el factor de seguridad del macizo rocoso frente a la apertura de las labores mineras para un adecuado proceso de minado.

Se ha determinado que el macizo rocoso sobre el cual se ejecuta las labores mineras de minado es de una mediana a alta competencia.

**Palabras clave.-** Geomecánica; Dominios estructurales; Fábrica de roca; Resistencia compresiva.

## ABSTRACT

This research has a descriptive, analytical and quasi-experimental to implement the geomechanics to the mining ore body Madrugada, whenever the UEA (Economic Management Unit) Admirada Atila applies underground methods to the operation of its deposit of polymetallic ores containing lead, silver, copper and zinc but in this moment does not have a real understanding of the considerations of quality and quantity of solid rock in which it has implemented its mining operations, which are so necessary at present to carry out work to optimize the technical results of operation and therefore considerations economic optimal results.

Studies geomechanicists are relative to the determination of the characteristics of solid rock, through analysis of the same structural Lithology; subsequently to establish the characteristics of the mechanical behavior of solid rock, determining the physical, mechanical and the compressive strength of solid rock and mineral, finally made the determination of structural domains, to establish the safety factor of the solid rock face of the opening of the mine workings for a proper process of mining.

It has been determined that the solid rock on which to run the mine workings is a medium to high competition

**Key word. –** Geomechanics; Structural dominium; Rock factory; Compressive sthrenge.

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

<sup>2</sup>Ing. de Minas, <sup>3</sup>Ing. Geólogo

## INTRODUCCION

La minería subterránea es una de las actividades que predispone un alto riesgo de accidentes e incidentes durante el proceso de minado, generado en su gran mayoría por la caída o desprendimiento del mismo mineral o de las rocas encajonantes que albergan la mineralización. Para superar este problema se hace necesario controlar oportunamente las labores de minado y el método de explotación que permita tener un alto índice de seguridad para realizar las operaciones mineras tratando de minimizar los riesgos sobre accidentes e incidentes.

El presente trabajo de investigación titulado: GEOMECAICA APLICADA AL CONTROL DE LAS LABORES MINERAS PARA LA MINIMIZACION DE CAIDA DE ROCAS EN LA MINA MADRUGADA, permitirá establecer los lineamientos para cualificar y cuantificar el sistema de información geomecánica, considerando los estándares del ISRM (Society International For Rock Mechanic's) para obtener como resultado un adecuado sistema de laboreo minero aplicado a la Mina Madrugada, minimizando de este modo riesgos de accidentes e incidentes por la caída de rocas.

Para tomar un conocimiento adecuado de las condiciones del macizo rocoso se recurre al estudio detallado de la geomecánica, lo que permitirá tener una amplia visión de las consideraciones de las rocas donde se ejecutan los trabajos de minado en la mina en estudio. Las consideraciones de la calidad de la roca en las diferentes labores mineras y en las diferentes ubicaciones nos conducen a determinar su permanencia de apertura y consecuentemente las consideraciones para poder aplicar un sistema de sostenimiento frente a un posible riesgo de caída de rocas, lo cual establece una minimización de accidentes por estas consideraciones.

El presente trabajo de investigación es aplicativo, del tipo descriptivo y de corte transversal, toda vez que se planteará algunas alternativas de solución frente a la problemática de los accidentes ocasionados por la caída de rocas en la Mina Madrugada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Tipo de Estudio.

Se trata de una investigación aplicada del tipo descriptivo y de corte transversal, toda vez que se

planteará algunas alternativas de solución frente a la problemática de los accidentes ocasionados por la caída de rocas en la Mina Madrugada.

### Población o Universo

La población estará constituida por las muestras obtenidas del macizo rocoso de la Mina Madrugada, que permitirán determinar las características de la misma, desde el punto de vista geomecánico y su condición de estabilidad.

### Unidad de Análisis y de Muestra

La unidad de análisis estará constituida por los datos de campo obtenidos mediante un muestreo sistemático del macizo rocoso; así como, las pruebas de rebote realizadas, en lugares donde se ejecutan las labores mineras de desarrollo, preparación y explotación de la Mina Madrugada.

### Instrumentos de Investigación

Los instrumentos de investigación estarán constituidos por el martillo Schmidt que permitirá realizar las pruebas de rebote en el macizo rocoso, en las labores mineras de la unidad en estudio. En caso de rocas incompetentes se hará un muestreo de las mismas para ser analizado en el laboratorio por compresión y consideraciones físicas de la roca y mineral<sup>(4)</sup>.

### Técnicas de Procesamiento y Análisis.

Para este caso y casos similares, se procede del modo siguiente:

- Levantamiento litológico estructural del punto elegido, mediante el método de detalle lineal, determinando las características de las discontinuidades, rumbo, buzamiento, azimut y dirección de buzamiento. Así como el relleno, persistencia, rugosidad, espaciamiento de discontinuidades y presencia de agua.
- Mediante clasificaciones geomecánicas como RMR y Q de Barton, se determina la calidad del macizo rocoso<sup>(1)</sup>.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos, empleando el criterio de falla de Hoek-Brown, son ingresados al software phase II para analizar los esfuerzos inducidos alrededor de la excavación, cuyos resultados se muestran en los cortes A-A', B-B' y C-C' para la roca de la caja techo obteniéndolas de la caracterización geomecánica del macizo rocoso.

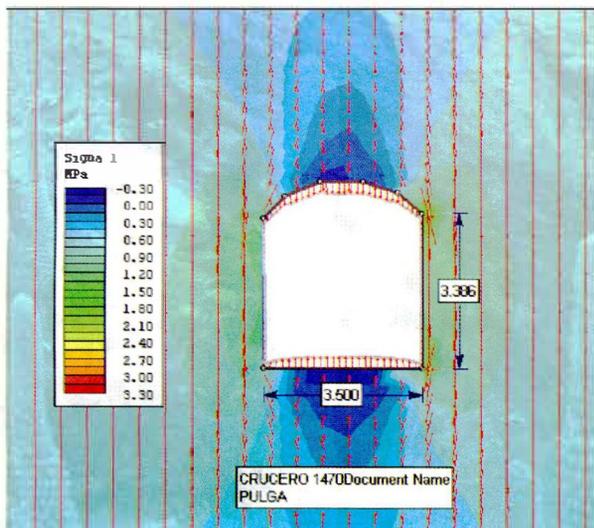


Figura 1. Análisis de esfuerzos utilizando el software Phase II

En la figura 1 se puede apreciar claramente que los esfuerzos in situ alrededor de la excavación no afectan la estabilidad de la misma; las paredes y techo de la labor se mantienen estables debido a que las características del macizo rocoso en este tramo de la labor comprenden un tipo de roca buena.

Este análisis de esfuerzos es aceptable para todos los tramos con valoraciones de roca muy buena.

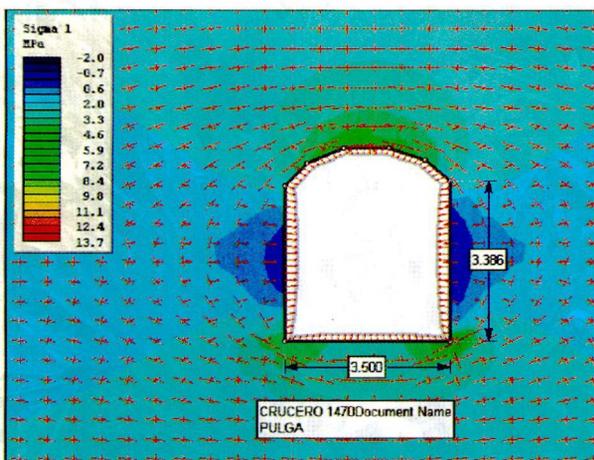


Figura 2. Análisis de esfuerzos utilizando el software Phase II

En esta figura 2, correspondiente a un tipo de roca regular se puede observar que los esfuerzos in situ alrededor de la excavación tienen un efecto insignificante para la estabilidad de la misma; por lo tanto la labor se puede autosostener sin necesidad de soporte. Este análisis de esfuerzos es aceptable para los tramos con valoraciones de roca buena.

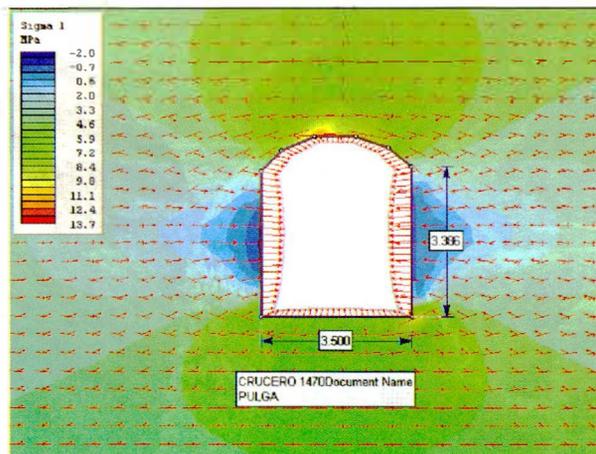


Figura 3. Análisis de esfuerzos utilizando el software Phase II

En la figura 3, correspondiente al mineral de calidad regular se puede observar pandeo en el techo y hastiales de la labor; por lo tanto se recomienda sostenimiento inmediato para evitar potenciales accidentes. Las altas tensiones y la baja resistencia del mineral ha provocado deformación en este tramo de la labor. Este análisis de esfuerzos es aceptable para todos los tramos de valoración de mineral regular.

### DISCUSION

En los Cuadro siguientes se consigna los Parámetros geomecánicos de Hoek y Brown (2002)

Tabla 1. Parámetros geomecánicos obtenidos para la roca

PARAMETROS GEOMECANICOS			
$m_b$	1.709	$\sigma_t$ (MPa)	-0.0305
S	0.001	$\sigma_c$ (MPa)	1.52
A	0,511	$\sigma_{cm}$ (MPa)	8.88
$\sigma_{3m\acute{a}x}$ (MPa)	193.52	E(MPa)	5212.04
c(MPa)	13.955	$\phi$ (°)	12.239

**Tabla 2.** Parámetros geomecánicos obtenidos para el mineral.

PARAMETROS GEOMECHANICOS			
$m_b$	8,39	$\sigma_t$ (MPa)	-1.36
S	0,088	$\sigma_c$ (MPa)	38.593
A	0,5	$\sigma_{cm}$ (MPa)	49.198
$\sigma_{3max}$ (MPa)	214.52	E(MPa)	49204
c(MPa)	46.34	$\phi$ (°)	27.13

**Tabla 3.** Altura y Ancho promedio del crucero

Tramo	Ancho promedio(m)	Altura promedio(m)
00+500,00 - 00+680,00	1.6	2.0

Calculando la dimensión equivalente (De) de la labor, mediante la siguiente fórmula:

$$DE = \frac{\text{Ancho} \cdot \text{Altura} \cdot \text{diámetro (m)}}{ES \cdot R}$$

Según el levantamiento topográfico efectuado se registraron las siguientes alturas y anchos promedios de labor:

$$De = 1.6 / 1.6 = 1.00 \text{ m}$$

**Tabla 4.** Tiempo de autosostenimiento

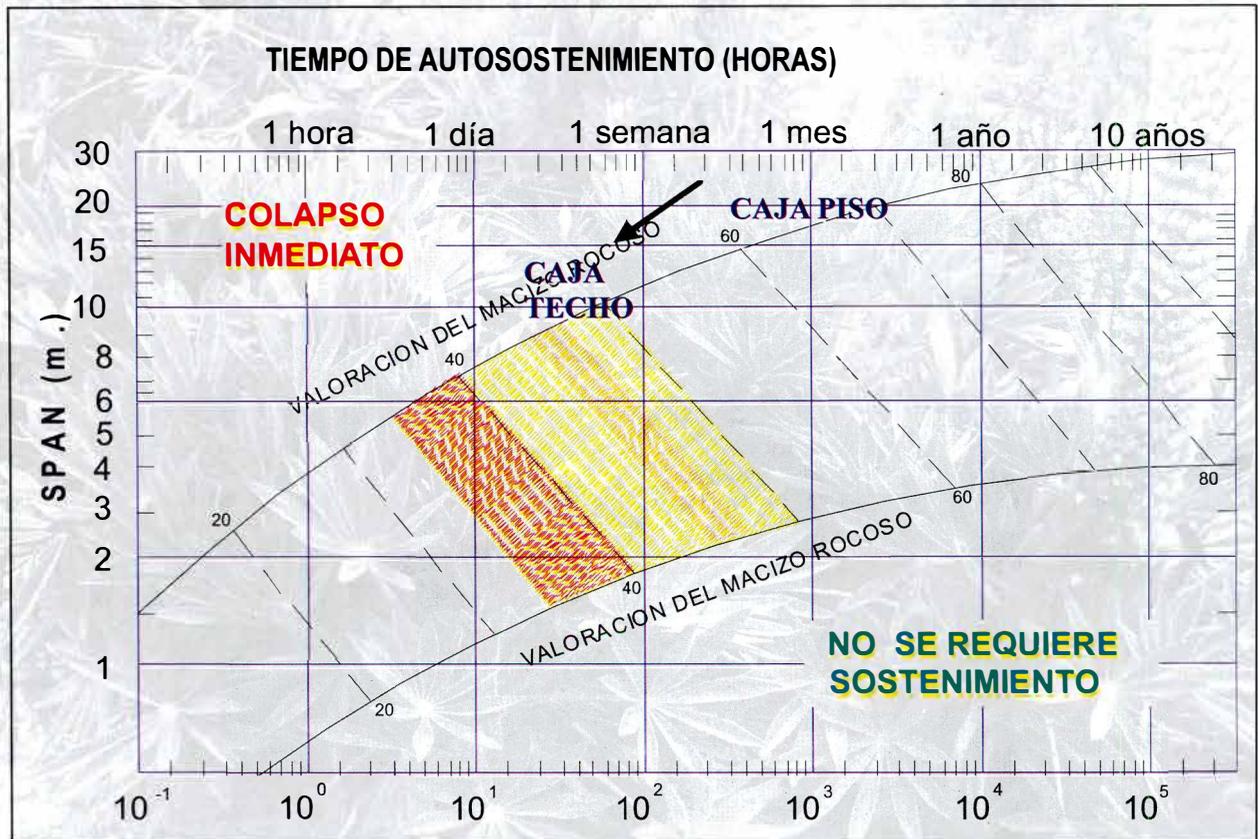


Tabla 5. Tiempo de autosostenimiento para la roca y mineral

LITOLOGÍA	RMR	TIEMPO DE Autosostenimiento
CAJA PISO	60 - 62	3 meses
MINERAL	40 - 38	1 mes
CAJA TECHO	51 - 54	1 mes

## CONCLUSIONES

- Se determinó las características geomecánicas del macizo rocoso (mineral – roca), obteniendo los valores de los parámetros geomecánicos del criterio de falla de Mohr y Coulomb, así como también en base al criterio de falla de Hoek and Brown, para los tres componentes del macizo rocoso de la mina Madrugada, determinándose un promedio de roca regular y mineral de calidad regular.
- Los valores obtenidos por los índices de clasificación geomecánica RMR y Q, demuestran la similitud entre ambos sistemas de clasificación, dándole una mayor confiabilidad a los resultados obtenidos, por lo que se ha evaluado para determinar la calidad del macizo rocoso de las rocas encajonantes y del mineral componente del macizo rocoso.
- Contribuir al conocimiento de la caracterización del macizo rocoso mediante el sistema de información geomecánica estandarizada por el ISRM (Society International For Rock mechanic's), analizando los parámetros cuantificados de la calidad del macizo rocoso, mediante el análisis de estabilidad con el software del Phase II, que nos determinará la estabilidad mediante el FS – Factor de seguridad.
- Los rangos de abertura máxima de acuerdo a los parámetros determinados son: para caja
- piso, considerando que es temporal – ESR (3.00), 3.00 m. como promedio máximo de abertura sin sostenimiento, y en caso del RMR sin sostenimiento promedio de 1.00 m, para Mineral, considerando que es permanente – ESR (1.6), 3.00 m. como promedio máximo de abertura sin sostenimiento, y en caso del RMR sin sostenimiento promedio de 2.00 m, para caja techo, considerando que es temporal – ESR (1.6), 2.00 m. como promedio máximo de abertura sin sostenimiento, y en caso del RMR sin sostenimiento promedio de 3.00 m.
- Las consideraciones geológicas y geomecánicas aplicadas al análisis del método de explotación, nos determinan que los métodos que pueden aplicarse al yacimiento en orden decreciente de prioridades son: cielo abierto (open pit), corte y relleno (cut and fill), entibación con cuadros (square set) y cámaras almacén (shrinkage). Por las consideraciones técnico-geológicas del yacimiento, se elimina el método a cielo abierto, asimismo se elimina el método de entibación por cuadros por las características de potencia del yacimiento y por el abundante uso de madera.

## AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a las Autoridades de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, y de un modo muy especial a las autoridades de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia, por habernos permitido, concretizar el presente trabajo de Investigación

denominado: **GEOMECANICA APLICADA AL CONTROL DE LAS LABORES MINERAS PARA LA MINIMIZACION DE CAIDA DE ROCAS EN LA MINA MADRUGADA** aprobado mediante la Resolución de Decanato y Resolución Rectoral N° 183 - 2009 - UNASAM; así mismo, a nuestros colegas de la Facultad quienes siempre han estado renuentes a coadyuvar al desarrollo del presente trabajo de investigación.

A nuestros familiares más cercanos, quienes supieron comprender y valorar el trabajo que habíamos emprendido para alcanzar los objetivos que nos trazamos, dejando de lado muchas veces el tiempo que debíamos pasar junto a ellos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bieniawski, Z.T. 1989. Engineering Rock Mass Classifications. Wiley. New York, voll.
- Chaparro, E 2000 La llamada pequeña minería: un renovado enfoque empresarial. Artículo publicado por la División de Recursos Naturales

e Infraestructura de Chile.

- Ramírez, J. 2006. Parámetros geomecánicos para sostenimiento en minería subterránea. Trabajo técnico presentado por el departamento de planeamiento de minera Catalina Huanca.
- Torres, L. 2006 Determinación de las propiedades físico-mecánicas de las rocas y monitoreo de la masa rocosa. Trabajo técnico publicado por la escuela de ingeniería de minas de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de Huaraz. Sitio web: <http://www.unasam.edu.pe.pe/facultades/minas/trabajos.php/>. Revisado Abril, 2008.

### Correspondencia:

Luis Torres Yupanqui  
Jr. Julián de Morales 710 – Huaraz  
043-426414  
lutorres\_57@hotmail.com