

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“EVALUACION GEOMECANICA PARA EL DISEÑO  
DE SOSTENIMIENTO EN LA RAMPA ZAMIRHA  
NV. 2255 DE LA EMPRESA FRANDAY –  
COMPAÑÍA MINERA PODEROSA, PATAZ”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

Landoll Hoyle Castillo Vega

**Asesor:**

Mg. Ing. Liliana Castro Zavaleta

<https://orcid.org/0000-0002-1973-4245>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Ronald Smith Mayta Rodas</b>	<b>42319154</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Gladys Sandy Lipaca Redolfo</b>	<b>41379556</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Ronald Antonio Alvarado Obeso</b>	<b>44562630</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI


## Document Information


---

Analyzed document	1. TESIS FINAL - Landoll Castillo.docx (D157842756)
Submitted	2/5/2023 2:47:00 AM
Submitted by	Liliana Castro
Submitter email	liliana.castro@upn.pe
Similarity	2%
Analysis address	liliana.castro.delnor@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

---

**W** URL: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22307/Chilon%20Huaman%20Jose%20Angel%20-...>  5  
 Fetched: 6/10/2020 6:10:50 AM

**W** URL: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13943/Cipriano%20Chud%C3%A1n%20Ra%C3%BAI%...>  2  
 Fetched: 6/4/2021 12:32:01 AM

**SA** **Universidad Privada del Norte / T1\_TALLER DE TESIS 2\_ POLO ROSADO EMILIANO.docx**  
 Document T1\_TALLER DE TESIS 2\_ POLO ROSADO EMILIANO.docx (D144041064)  1  
 Submitted by: gustavo.jamanca@upn.pe  
 Receiver: gustavo.jamanca.delnor@analysis.arkund.com

**SA** **Universidad Privada del Norte / EF\_TALLER DE TESIS 2\_ POLO ROSADO EMILIANO.docx**  
 Document EF\_TALLER DE TESIS 2\_ POLO ROSADO EMILIANO.docx (D151434731)  1

## Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	19
CAPÍTULO III: RESULTADOS	24
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	53
REFERENCIAS	60
ANEXOS	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas geograficas y Utm de la Empresa Franday .....	24
Tabla 2 Parámetros según el RMR de Bienaswki para la progresiva 0.00m - 20.00m .....	41
Tabla 3 Parámetros según el RMR de Bienaswki para la progresiva 20.00m - 40.00m .....	42
Tabla 4 Parámetros según el RMR de Bienaswki para la progresiva 40.00m - 60.00m .....	42
Tabla 5 Parámetros según el RMR de Bienaswki para la progresiva 60.00m - 80.00m .....	42
Tabla 6 Parámetros según el RMR de Bienaswki para la progresiva 80.00m – 100.00m ..	43
Tabla 7 Parámetros según el Q de Barton para la progresiva 0.00m - 20.00m .....	43
Tabla 8 Parámetros según el Q de Barton para la progresiva 20.00m - 40.00m .....	44
Tabla 9 Parámetros según el Q de Barton para la progresiva 40.00m - 60.00m .....	44
Tabla 10 Parámetros según el Q de Barton para la progresiva 60.00m - 80.00m .....	44
Tabla 11 Parámetros según el Q de Barton para la progresiva 80.00m - 100.00m .....	45
Tabla 12 Parámetros según el GSI de Hoek para cada estación.....	45
Tabla 13 Estaciones establecidas para la realizar la evaluación geomecánica de la Rp. Zamirha.....	46
Tabla 14 Determinación del RMR, Q y GSI de acuerdo a la evaluación geomecánica en cada estación de la rampa Zamirha.....	47
Tabla 15 Tipo de sostenimiento según RMR de Bieniawski, Q de Barton y GSI.....	47
Tabla 16 Propuesta de sostenimiento para la rampa Zamirha .....	49
Tabla 17 Operacionalización de Variables.....	65
Tabla 18 Matriz de Consistencia .....	67
Tabla 19 Datos para el cálculo del porcentaje de desperdicio (%D) de shotcrete via húmeda .....	71
Tabla 20 Clasificación de la resistencia a la compresión .....	72
Tabla 21 Determinación de clase de macizo rocoso según el RMR de Bieniawski.....	72

Tabla 22 Valores por la orientación de las discontinuidades para el espaciamiento.....	72
Tabla 23 Grado por la abertura de las discontinuidades.....	72
Tabla 24 Clasificación de la persistencia de las discontinuidades .....	73
Tabla 25 Clasificación de la rugosidad de las discontinuidades .....	73
Tabla 26 Clasificación del relleno de las discontinuidades .....	73
Tabla 27 Clasificación según la alteración de las discontinuidades .....	73
Tabla 28 Parámetros por la presencia de agua .....	74
Tabla 29 Ajuste por orientación del túnel respecto a las discontinuidades principales .....	74
Tabla 30 Rangos de estimación de la resistencia a la compresión de suelos y rocas a partir de índices de campo (ISRM, 1989).....	74
Tabla 31 Índice de calidad de excavación de túneles Q (Barton, 1974) .....	76
Tabla 32 Valores del ESR de la clasificación Q (Barton, 2000) .....	80
Tabla 33 Clasificación del macizo rocoso según el Q de Barton .....	80
Tabla 34 Reglas para la excavación y sostenimiento de túneles de 10 m. de ancho bajo el sistema RMR .....	83
Tabla 35 Recolección de datos de la progresiva 0.00m - 20.00m.....	85
Tabla 36 Recolección de datos de la progresiva 20.00m - 40.00m.....	87
Tabla 37 Recolección de datos de la progresiva 40.00m - 60.00m.....	88
Tabla 38 Recolección de datos de la progresiva 60.00m - 80.00m.....	89
Tabla 39 Recolección de datos de la progresiva 80.00m - 100.00m.....	90
Tabla 40 Ficha de recolección de datos de campo .....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plano de Ubicación de la Empresa Minera .....	24
Figura 2 Análisis estructural con RocData - Rp. Zamirha Nv. 2255.....	25
Figura 3 Sección de la rampa Zamirha Nv. 2255 .....	26
Figura 4 Ventana de inserción de datos y propiedades de las discontinuidades de la Rp.Zamirha Nv. 2255 – Unwedge v3.0.....	27
Figura 5 Dip y Dip direction de la Rp. Zamirha Nv. 2255 en la progresiva 0.00 - 20.00m	28
Figura 6 Cuñas formadas en la Rp. Zamirha Nv. 2255 de la progresiva 0.00 - 20.00m .....	29
Figura 7 Sección con sostenimiento de pernos en la Rp. Zamirha de la progresiva 0.00 - 20.00m.....	30
Figura 8 Sección de la Rp. Zamirha con sostenimiento de pernos y shotcrete de la progresiva 0.00 - 20.00m.....	31
Figura 9 Dip y Dip direction de la Rp.Zamirha Nv. 2255 en la progresiva 20.00 - 40.00m	31
Figura 10 Cuñas formadas de la Rp. Zamirha Nv. 2255 en la progresiva 20.00 - 40.00m .	32
Figura 11 Sección de la Rp. Zamirha con sostenimiento de pernos en la progresiva 20.00 - 40.00m .....	33
Figura 12 Dip y Dip direction de la Rp. Zamirha Nv. 2255 en la progresiva 40.00 - 60.00m .....	33
Figura 13 Cuñas formadas de la Rp. Zamirha Nv. 2255 de la progresiva 40.00 - 60.00m .	34
Figura 14 Sección de la Rp. Zamirha con sostenimiento de pernos en la progresiva 40.00 - 60.00m .....	35
Figura 15 Dip y Dip direction de la Rp. Zamirha Nv. 2255 en la progresiva 60.00 - 80.00m .....	35
Figura 16 Cuñas formadas en la Rp. Zamirha Nv. 2255 de la progresiva 60.00 - 80.00m .	36
Figura 17 Sección de la Rp. Zamirha con sostenimiento de pernos y shotcrete en la progresiva 60.00 - 80.00m.....	37

Figura 18 Dip y Dip direction de la Rp. Zamirha Nv. 2255 en la progresiva 80.00 - 100.00m .....	38
Figura 19 Cuñas formadas en la Rp. Zamirha Nv. 2255 de la progresiva 80.00 - 100.00m	39
Figura 20 Sección de la Rp. Zamirha con sostenimiento de pernos y shortcrete en la progresiva 80.00 - 100.00m.....	40
Figura 21 Instalación del perno, detalle del perno y cantidad de cemento y resina. ....	50
Figura 22 Instalación y traslape de malla metálica para la Rp. Zamirha.....	51
Figura 23 Instalación de perno y malla para la Rp. Zamirha .....	52
Figura 24 Diseño de sección de la rampa Zamirha .....	70
Figura 25 Simbología Cromática por calidad de roca .....	75
Figura 26 Caracterización geotécnica del macizo rocoso según el grado de fracturamiento y resistencia de la roca (se toma en cuenta la condición de las discontinuidades) – (2002) ..	81
Figura 27 Estimación del índice geológico de resistencia GSI en base al grado de fracturamiento y resistencia de la roca (2002).....	82
Figura 28 Sostenimiento recomendado según el índice Q de Barton y dimensión equivalente .....	83



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo realizar la evaluación geomecánica para el diseño de sostenimiento en la rampa Zamirha Nv. 2255 de la Empresa Franday. Ya que en la presente rampa no existe estudio y control geomecánico para determinar el diseño de sostenimiento y se desconoce la calidad del macizo rocoso. Esta investigación es de tipo aplicada – descriptiva de diseño Cuasi – experimental con enfoque cuantitativo. Como técnicas de recolección de datos se hizo el análisis estructural usando el software RocData y Unwedge, tablas de las clasificaciones geomecánicas RMR, Q de Barton y GSI de Hoek, obteniendo como resultado para las 5 estaciones un  $RMR_{89}$  promedio de 60, Q de 6 y un GSI de 52(MF/R) clasificando como una roca de calidad regular tipo III - A. Se comparo las pautas de sostenimiento por cada clasificación, concluyendo que el tipo de sostenimiento adecuado para la Rp. Zamirha debido a las condiciones y características que esta presenta, es de pernos sistemáticos espaciados a 1.0m, con malla electrosoldada. Finalmente, con shotcrete como fortificación con un espesor de 80mm el cual evitara el deslizamiento de cuñas y desprendimiento de roca por efecto de vibraciones producto de la voladura y/o factores influyentes.

**PALABRAS CLAVES:** Minas subterráneas, evaluación geomecánica, parámetros geomecánicos, sostenimiento de labores, macizo rocoso.

## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

## REFERENCIAS

- Adco, A (2018). Control de inestabilidad de la masa rocosa con la aplicación de refuerzo por método numérico en galería de avance nivel 2640 contrata new horus Mina Atahualpa - Compañía Minera Poderosa S.A. (*Tesis de pregrado*). Puno, Perú: Universidad Nacional del Antiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8939>
- Arana, G. (2019). Análisis geomecánico para seleccionar el tipo de sostenimiento en la Mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa. (*Tesis de pregrado*). Arequipa, Perú: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4539>
- Área Planeamiento & Ingeniería Departamento de Geomecánica. (2011). Estudio del Comportamiento del Macizo Rocosos y Tipo de Sostenimiento de la Compañía Minera Poderosa S.A. La Libertad: Compañía Minera PODEROSA S.A.
- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación: Introducción a la investigación científica (5ta ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A.
- Arias, J., Villasís, K., Miranda, M., & Guadalupe, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. Revista alergia – México. Pág. (1 – 2)
- Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (Diciembre de 1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, 6(4), 189-236.
- Benel, B. (2020). Comportamiento geomecánico según los métodos RMR y Q de Barton del nivel 3 de la mina Paredones San Pablo - Cajamarca. (*Tesis de pregrado*). Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3942>
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Pennsylvania, USA: John

Wiley & Sons.

- Bieniawski, Z. (2011). Misconceptions in the Applications of Rock Mass Classifications and Their Corrections. ADIF Seminar on Advanced Geotechnical Characterization for Tunnel Design. Madrid
- Blanco, R., Cartaya, M. y Watson, R. (2019). Criterios para estimar la resistencia en macizos rocosos de la zona oriental del país. *Revista de Minería y Geología*. 17(2). 1 - 2.
- Calderón, M. (2018). Caracterización geomecánica para la determinación del tipo de sostenimiento en la galería gavilán de oro de UEA Ana María. (*Tesis de pregrado*). Puno, Perú: Universidad Nacional del Antiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8409>
- Chilon, J. A., & Morillo, R. P. (2019). Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño del sostenimiento de la rampa Karent de la unidad minera María Antonieta - La Libertad. (*Tesis de licenciatura*). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/22307>
- Cipriano, R. R., & Marín, E. E. (2018). Propuesta de sostenimiento en base a la caracterización geomecánica de la galería NV. 9, unidad Minera Colquirrumi, Cajamarca, 2018. (*Tesis de licenciatura*). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/13943>
- Cordova, N. (2008). Geomecánica en el minado subterráneo caso Mina Condestable. (*Tesis de maestría*). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://docshare04.docshare.tips/files/26532/265324755.pdf>
- Cueva, J. G., & Arana, J. A. (2019). Caracterización geomecánica en minería subterránea: Una revisión de la literatura científica. (*Trabajo de investigación*). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/15035>

- Dpto. Geomecánico Compañía Minera Poderosa S.A. (2016). Estudio Geomecánico  
Compañía Minera PODEROSA S.A. Pataz: Compañía Minera Poderosa S.A.
- Escudero, C. & Cortez, L. (2018). Técnicas y métodos cualitativos para la investigación  
científica. Universidad Técnica de Machala. Pág. (19 – 25)
- E. Hoek. E. T. Brown. (1985). Excavaciones Subterráneos en Roca. México: Mcgraw Hill.
- Espinoza, A. (2018). Geomecánica para mejorar la estabilidad de labores mineras  
subterráneas en la empresa minera Flor Aquia S.A.C. – año 2018. (*Tesis de  
pregrado*). Huaraz, Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo,  
Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4060>
- Fernández, P., Vallejo, G., Livacic, P & Tuero, E. (2014). Validez Estructurada para una  
investigación cuasi - experimental de calidad: se cumplen 50 años de la  
presentación en sociedad de los diseños cuasi - experimentales. 30(2). 756 – 771.
- González de Vallejo, L. 2002. Ingeniería Geológica. Madrid, España, PEARSON  
EDUCACIÓN. 744 p.
- Guevara Alban, G., Verdesoto Arguello, A., & Castro Molina, N. (2020). Metodologías de  
investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de  
investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. doi:10.26820/  
recimundo/4.(3).julio.2020.163-173
- Hernández, C. & Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Revista ALERTA*.  
2(1). 1 – 2.
- Hernández, R., Fernández, C & Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. Sexta  
edición. Cap(9). Pág. (194 - 267)
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. C  
entro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos. Pág. (34 – 39)

- Mamani, L. (2018). Clasificación geomecánica para el diseño de sostenimiento en la galería principal – contrata minera Peyols, U.E.A. - Ana María. (*Tesis de maestría*). Puno, Perú: Universidad Nacional del Antiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8514>
- Mendieta, L. (2014). Optimización de los costos operativos en la unidad Cerro Chico. (Tesis de maestría). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5946>
- Osinermin. (2017). Guía de Criterios Geomecánicos para Diseño, Construcción, Supervisión y Cierre de Labores Subterráneas. Lima: INVERSIONES IAKOB S.A.C.
- Quispe, K. (2018). Evaluación geomecánica para la elección del tipo de sostenimiento en el Túnel Yauricocha del Nv. 720, Sociedad Minera Corona S.A. – 2018. (*Tesis de pregrado*). Huancayo, Perú: Universidad Continental. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4685>
- Quispe, M. (2020). Evaluación geomecánica para el diseño de sostenimiento del proyecto chimenea alimak en la Unidad Minera Pallancata. (*Tesis de pregrado*). Puno, Perú: Universidad Nacional del Antiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14406>
- Rocscience. (2021). UnWedge. Obtenido de <https://www.rocscience.com/software/unwedge>
- Rojas, I. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: Una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. 12(24). 277 – 297.
- Salazar, E. (2020). Evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente Unidad Minera Yauricocha – Sociedad Minera Corona S.A. (*Tesis de pregrado*). Huancayo, Perú:

Universidad Continental. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8428>

Vallejo, C. (2002). Aplicaciones del Índice G.S.I para el Mapeo Geomecánico y la definición del sostenimiento de labores Mineras Subterráneas. XI Congreso Peruano de Geología. Lima.