



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA DE MINAS

“ESTUDIO GEOMECANICO PARA EL PLANEAMIENTO DE MINADO Y DISEÑO DEL PROYECTO MINERO EL ZARCO- 2018”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas.

Autor:

Adner Benjamin Muñoz Yupanqui.

Asesor:

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque.

Cajamarca – Perú

2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

Tabla de Contenido

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.1.1. Explotación en canteras.....	13
1.1.2. Estudio geomecánico para el minado y diseño en Minería Superficial.....	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Justificación.....	14
1.4. Limitaciones.....	14
1.5. Objetivos.....	14
1.5.1. Objetivo general.....	14
1.5.2. Objetivos específicos.....	14
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	15
1. Antecedentes.....	15
i. Estabilidad Física de las Canteras, Minera La Zanja S.R.L. Proyecto La Zanja Estabilidad Física, Química y Plan de Cierre de Canteras Estudio de Factibilidad.....	15
ii. Estabilidad de taludes del plan de minado para la vida de mina (vdm) 2011 tajo abierto Pierina, 2011.....	16
iii. Estudio Geomecánico para el diseño minero a cielo abierto del yacimiento de carbón en Rondón- Boyocá -2012.....	16
iv. Diseño y análisis económico de la explotación a cielo abierto de un yacimiento de caliza. (Guayaquil-Ecuador, 2015).....	17
2. Bases teóricas.....	18
2.1. Generalidades.....	18
2.1.1. Ubicación.....	18
2.1.2. Vías de Acceso.....	18
2.2. Estudio Geológico.....	18
2.2.1. Geología Regional.....	18

2.2.2.	<i>Precámbrico</i>	18
2.2.3.	<i>Paleógeno</i>	18
2.2.4.	<i>Triásico – Jurásico</i>	19
2.2.2.	Geología Local.....	19
2.2.2.1.	<i>Formación Celendín (Ks-Ce)</i>	19
2.2.2.2.	<i>Formación Cajamarca (Ks-Ca)</i>	19
2.2.2.3.	<i>Formación Quilquiñán Mujarrum (Ks- qm)</i>	20
2.2.2.4.	<i>Formación Yumagual (Ks-yu)</i>	20
2.2.2.5.	<i>Formación Pariatambo (Ki- pa)</i>	20
2.2.2.6.	<i>Formación Chulec (Ki-chu)</i>	21
2.2.3.	Geología Estructural.....	22
2.2.4.	Geología Económica.....	22
2.2.5.	Análisis Geomecánicos.....	22
2.2.5.1.	<i>Geomecánica de las rocas</i>	23
2.2.5.1.1.	<i>Clasificación de Deere</i>	23
2.2.5.1.2.	<i>Clasificación de Bienawski</i>	26
2.2.5.1.3.	<i>Clasificación de Barton</i>	29
2.2.6.1.	<i>Roc Lab.</i> 35	
2.2.6.2.	<i>Dips (5.0)</i> . 35	
2.2.6.3.	<i>Slide</i> . 35	
2.2.6.4.	<i>ArGiS</i> . 35	
2.3.	DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	38
2.3.1.	<i>Banco</i>	38
CAPITULO 3. METODOLOGIA.....		40
1.	Diseño de investigación.....	40
CAPITULO 4. RESULTADOS.....		43
I.	GENERALIDADES.....	43
1.1.	<i>UBICACIÓN</i>	43
1.1.1.	<i>GEOGRÁFICA</i>	43
II.	GEOLOGIA REGIONAL.....	47
2.1.	<i>GEOLOGIA REGIONAL</i>	47
III.	GEOLOGIA LOCAL.....	48
3.2.2.	<i>CUATERNARIO</i>	51
3.3.	PETROLOGÍA.....	52
3.4.1.	<i>FALLAS. La zona de estudio se encuentra ha sido afectad por la tectónica andina la cual ha generado diversas fallas regionales dentro de las cuales encontramos a dos principales</i>	53
IV.	CARACTERIZACION GEOMECANICA DE ROCAS.....	55
4.1.1.	<i>Índice de Calidad de la Roca (RQD Deere 1967) - GSI (Índice de Resistencia Geológica Hoek y Brown 2002) TALUD 01:</i>	57
4.1.2.	<i>Clasificación RMR BIENIASWKI TALUD 01 (1989)</i>	58
4.2.	CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE LA ESTACIÓN 02.....	58
4.2.1.	<i>Índice de Calidad de la Roca (RQD Deere 1967) - GSI (Índice de Resistencia Geológica Hoek y Brown 2002) TALUD 02</i>	59

4.2.2.	<i>Clasificación RMR BIENIASWKI TALUD 02 (1989)</i>	59
4.3.	CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE LA ESTACIÓN 03:.....	60
4.3.1.	<i>Índice de Calidad de la Roca (RQD Deere 1967) - GSI (Índice de Resistencia Geológica Hoek y Brown 2002) TALUD 03:</i>	60
4.3.2.	<i>Clasificación RMR BIENIASWKI TALUD 04 (1989)</i>	61
4.4.	CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE LA ESTACIÓN 04:.....	62
4.4.1.	<i>Índice de Calidad de la Roca (RQD Deere 1967) - GSI (Índice de Resistencia Geológica Hoek y Brown 2002) TALUD 04:</i>	62
4.4.2.	<i>Clasificación RMR BIENIASWKI TALUD 04 (1989)</i>	63
V.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	63
5.	ENVOLVENTES DE MOHR-COLOMB Y HOECK -BROWN (2002)	63
5.1.	ANÁLISIS PARA LA PRIMERA ESTACIÓN GEOMECÁNICA.....	64
5.2.	ANÁLISIS PARA LA SEGUNDA ESTACIÓN GEOMECANICA.	65
5.3.	ANÁLISIS PARA LA TERCERA ESTACIÓN GEOMECÁNICA.....	67
5.4.	ANÁLISIS PARA LA CUARTA ESTACIÓN GEOMECÁNICA.	69
VI.	RESULTADOS.	72
VII.	METODO DE EXPLOTACION Y CLICLO DE MINADO	73
CAPITULO 5.	DISCUSION.	78
CAPITULO 6.	CONCLUSIONES.	79
CAPITULO 7.	RECOMENDACIONES.	79
CAPITULO 8.	BIBLIOGRAFIA.	80
CAPITULO 9.	ANEXOS.	81

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Índice de calidad del macizo rocozo.	25
Tabla 2 .Parámetros de clasificacion y sus valores.	27
Tabla 3. Ajuste de valores por la orientacion de las juntas.	28
Tabla 4. Determinacion de la clase del macizo rocoso.	28
Tabla 5. Significado de las clases de macizos rocosos.	29
Tabla 6. Numero de familias de juntas. Jn	30
Tabla 7. Meterorizacion de las juntas Ja	30
Tabla 8. : Rugosidad de las juntas Jr.	31
Tabla 9. Agua en las juntas Jw.....	32
Tabla 10. Tensiones en la excavacion. S.R.F.....	32
Tabla 11. Resistencia aproximada al corte a partir de los parametros Jr y Ja.	33
Tabla 12. Clasificacion de Barton (1974) tipos de macizo rocoso.	34
Tabla 13. Operacionalización de variables.	40
Tabla 14. Registro geomecánico con los resultados de campo.....	56
Tabla 15. Clasificación según RQD-GSI talud 01.	57
Tabla 16. Clasificación geomecánica del talud 01 (Bieniawski 1989).	58
Tabla 17. Clasificación según RQD-GSI talud 02.	59
Tabla 18. Clasificación geomecánica del talud 01 (Bieniawski 1989).	59
Tabla 19. Clasificación según RQD-GSI talud 03.	60
Tabla 20. Clasificación geomecánica del talud 03 (Bieniawski 1989).	61
Tabla 21. Clasificación según RQD-GSI talud 04.	62
Tabla 22. Clasificación geomecánica del talud 04 (Bieniawski 1989).	63
Tabla 23. Resultados de las estaciones geomecánicas analizadas con datos tomados en campo y con datos de laboratorio.	72
Tabla 24. Resultados de las estaciones geomecánicas analizadas con datos de laboratorio.	72
Tabla 25. Parámetros de Perforación.	78

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Sistema de clasificación del macizo rocoso RQD.	24
Figura 2. Determination and applications of rock quality designation (RQD).	25
Figura 3. Diseño de Explotacion a Cielo Abierto.....	36
Figura 4. Corte de Talud.....	37
Figura 5. Diseño del banco de explotación.	37
Figura 6. Ubicación de la zona de estudio.	43
Figura 7. Accesibilidad de la zona de estudio.	44
Figura 8. El gráfico muestra los meses con mayor presencia de lluvias (Enero - Mayo) y los meses con escasa o poca precipitación (Junio – Agosto).	45
Figura 9. Vegetación de la zona de estudio.	45
Figura 10. Topografía de la zona de estudio predominando las laderas.	46
Figura 11. Columna estratigráfica de la región de Cajamarca.	47
Figura 12. Presencia de valle joven en la zona de estudio.	48
Figura 13. Presencia de valle joven en la zona de estudio.	49
Figura 14. Lomadas con pendientes de 57°, zona de estudio.	50
Figura 15. Presencia de lenares en bancos de calizas.	50
Figura 16. Afloramientos de la Formación Cajamarca en el área estudiada.	51
Figura 17. Depósito Fluvial en la zona de estudio.	52
Figura 18. A la izquierda estratos de la Formación Cajamarca y a la derecha caliza wackestone.	52
Figura 19. Ejemplo de una caliza packstone.	53
Figura 20. Falla de desplazamiento dextral regional afecta a los estratos de calizas de la Formación Cajamarca.	53
Figura 21. Proyección teórica del Eje de un Pliegue Sinclinal ubicado dentro de la concesión minera.	54
Figura 22. Ubicación de la estación geomecánica del talud 01.	57
Figura 23. Ubicación de la estación geomecánica del talud 02.	58

Figura 24. Ubicación de la estación geomecánica del talud 03.	60
Figura 25. Caracterización geomecánica de la estación 04.	62
Figura 26. Envoltentes de rotura en función de los esfuerzos principales y función de los esfuerzos cortantes y normales, en la estación geomecánica 01.....	64
Figura 27: Análisis cinemático de las discontinuidades para el talud 01.	65
Figura 28: Análisis del factor de estabilidad del talud 01.	65
Figura 29: Envoltentes de rotura en función de los esfuerzos principales y función del esfuerzos cortante y normal, en la estación geomecánica 02.	66
Figura 30: Análisis cinemático de las discontinuidades para el talud 02.	67
Figura 31: Análisis del factor de estabilidad del talud 02.	67
Figura 32: Envoltentes de rotura en función de los esfuerzos principales y función del esfuerzos cortante y normal, en la estación geomecánica 03.	68
Figura 33: Análisis cinemático de las discontinuidades para el talud 03.	69
Figura 34: Análisis del factor de estabilidad del talud 03.	69
Figura 35: Envoltentes de rotura en función de los esfuerzos principales y función del esfuerzos cortante y normal, en la estación geomecánica 04.	70
Figura 36: Análisis cinemático de las discontinuidades para el talud 04.	70
Figura 37: Análisis del factor de estabilidad del talud 04.	71
Figura 38. Volumen Total de Reservas: 4 706 000 toneladas.	73
Figura 39. Ciclo de minado para la producción de la cantera.	74

RESUMEN.

La presente tesis se realizó en la concesión minera “TRES PIRÁMIDES” propiedad de la empresa A.H&H Minería y Construcción S.R.L, políticamente está ubicado en el caserío de Acshupata, distrito de Magdalena, provincia y departamento de Cajamarca en el norte peruano, al Nor Oeste de Cajamarca.

En la presente investigación desarrollamos un estudio geomecánico para el planeamiento de minado y el diseño de las canteras, iniciamos haciendo una descripción general, accesos, geología, topografía, datos necesarios para conocer las reservas, posteriormente la evaluación geomecánica en campo y en gabinete; finalmente el diseño de los taludes, altura de banco y berma.

En la evaluación geomecánica los macizos rocosos analizados pertenecen a las calizas de la Formación Cajamarca que corresponden a calizas wackstone y packstone. El área se encuentra dentro de una estructura principal que es un pliegue sinclinal cuyo eje pasa por esta formación sedimentaria.

Para el presente estudio se ha considerado la clasificación de RMR 89 propuesto por Bieniawski, el RQD propuesto por Deere, el GSI por Hoek Brown y los respectivos análisis en el laboratorio de Mecánica de Rocas de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los resultados muestran que son macizos de CLASE II en estudio de campo y CLASE III mediante resultados de laboratorio, y que estos según el análisis de estabilidad se encuentran totalmente estables, una vez que hemos evaluado la calidad y resistencia de la roca procedemos a realizar el diseño de bancos y ángulos de banco y talud.

ABSTRACT.

The following thesis was developed to a mining concession with “Tres Pirámides” that is property of A.H&H mining and construction company S.R.L., and it is in Acshupata countryside area, district of Magdalena, province and department of Cajamarca stated in the North of Peru.

This research we developed a geotechnical study for the planning on mining and the design of mining pits, we start making a general description, accesses, geology, topography and the needed data to know the reservation of mining, therefore the geo-mechanic assessment in proper field and in office, finally the design of the batter, height of bench and berm.

In the geo-mechanic assessment, the solid rocks studied belong to limestone of Formación Cajamarca, that corresponds to lime wackstone and pack stone. The area is inside of a main structure that is a synclinal fold whose axis goes through this sediment formation.

To this study we have considered the sorting of RMR 89 proposed by Beniaowski, the RQD proposed by Deere, the GSI by Hoek Brown and the respective analyses at the Rock Mechanic Laboratory of the Universidad Nacional de Ingeniería. The results, and whose stability analysis show a totally stability, after we have evaluated the quality and resistance of the rock we proceeding to make the design of the benches and benches angles including the batter.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

CAPITULO 8. BIBLIOGRAFIA.

(s.f.).

- Alva, D. (10 de Diciembre de 2015). *Plan de minado de la compañía minera la Encalada de Chimchin*. Obtenido de Plan de minado de la compañía minera la Encalada de Chimchin: <http://myslide.es/documents/plan-de-minado-de-la-compania-minera-la-encalada-de-chimchindan.html>
- Alva, G. C., López, M. M., Pindo, M. J., & Proaño, G. G. (s.f.). *Diseño y análisis económico de la explotación a cielo abierto de un yacimiento de caliza*. Obtenido de DSpace en ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17132/1/Art%C3%ADculo%20final%20de%20tesis%20Alvear-Lop%C3%A9z%20pdf%5B1%5D.pdf>
- CENTRO NACIONAL MINERO – SENA Regional Boyacá. (2002). *Planeamiento minero a cielo abierto*. Obtenido de Planeamiento minero tecnico profesional a cielo abierto: <https://es.scribd.com/doc/95008823/planeamiento-minero>
- Cruzado Vásquez, G., & Crisólogo, R. M. (16 de 07 de 2012). *GEOLOGIA Estudio de Geología*. Obtenido de Ordenamiento Territorial: <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOLOGIA.pdf>
- Galeon.com. (s.f.). *Software Geomecanico*. Obtenido de Geomecanica: <http://www.geomecanicacusco.galeon.com/enlaces2580686.html>
- Geoestadística. com. (s.f.). *Planeamiento de minado*. Obtenido de Geoestadística. com: http://www.geoestadistica.com/planeamiento_minado.htm
- Geoinova Formacion SIG y Medio Ambiente . (13 de 07 de 2017). *Curso de ARCGIS 10: Sistemas de información geográfica*. Obtenido de Cursos de SIG y Medio Ambiente : https://geoinnova.org/cursos/curso-arctgis-10-online-certificado-gratis/?gclid=Cj0KcQjwJzLBRC7ARIsAGMkOAI2m1-VTU5oWFOB20S1IBFdQX2NaLAKWDUIT3G0IpsndXBPJYLw98aAvJVEALw_wcB
- Knight Piésold Consultores S.A. (2007). *Estabilidad Física, Química y*. Lima.
- Lozano Montañez, F. A., Willian Ochoa, J., & Andres Camacho, R. (2012). *Estudio geomecanico para el diseño del yacimiento de carbon en Rondon-Boyoca*. Colombia.
- Montalar, E. (22 de marzo de 2010). *El inquietante RQD de Deere*. Obtenido de <http://enriquemontalar.com/el-inquietante-rqd-de-deere/>
- Montero, P. J. (2002). *RocLab*. Obtenido de Rocscience: <https://www.rocscience.com/downloads/roclab/RocLabManualSp.pdf>
- Rocscience Store. (s.f.). *Slide*. Obtenido de Rocscience: <https://www.rocscience.com/store/slide>
- Salazar Aldana, J. E. (2013). *Estudio de proyecto minero no metalico Rumichaca*. Obtenido de Jesa.E.I.R.L: <http://www.regionhuancavelica.gob.pe/webhvca/descargas/Direccion%20Energia%20y%20Minas/2013/estudio/IGAC-RUMICHACA-EMESVI-pelayo-janampa.p>