



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA DE MINAS

“ANÁLISIS CINEMÁTICO DE TALUDES APLICANDO EL
CRITERIO DE ROTURA DE BARTON-BANDIS EN LOS
BANCOS 3932 -3940 Y 3948 DE LA PARED ESTE DEL
TAJO TANTAHUATAY 2 - CAJAMARCA, PERÚ”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bch. Carlos Enrique, Cotrina Ruiz.

Asesor:

Ing. Alex Patricio Marinovic Pulido.

CIP 175870

Cajamarca – Perú

2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

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
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Justificación	14
1.4. Limitaciones	15
1.5. Objetivos.....	15
1.5.1. Objetivo general.....	15
1.5.2. Objetivos específicos	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	16
a) Antecedentes.....	16
b) Bases teóricas.....	23
2.1.1. Ubicación	23
2.1.2. Geología del yacimiento.....	26
2.1.3. Mineralización	26
2.1.4. Reservas probadas y probables	26
2.1.5. Geología regional.....	27
2.1.6. Geología local.....	27
2.1.7. Geología estructural.....	28
2.1.8. Alteración hidrotermal	28
2.1.9. Silicificación	29
2.1.10. Argílico avanzado	29
2.1.11. Argílico.....	29
2.1.12. Geotecnia del tajo Tantahuatay 2.....	29
2.2. Falla planar	31
2.2.1. a) Condiciones generales de la falla planar.....	31
2.2.2. b) Análisis cinemático de la falla planar.....	33
2.3. Falla en cuña.....	34
a) Condiciones generales de la falla en cuña.....	34

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	70
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS.....	74
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°: 1 Dip y Dip Direction de Discontinuidades (García y Rodríguez, 2013).....	17
Tabla N°: 2 Parámetros Geotécnicos para el corte en ladera. (García y Rodríguez, 2013)	21
Tabla N°: 3 Áreas pertenecientes a la Cía. Minera Coimolache S.A. (Grufides.org, 2017).	24
Tabla N°: 4 Reservas Proyecto Minero Tantahuatay.....	26
Tabla N°: 5 Parámetros Geotécnicos del tajo Tantahuatay 2 Cono \$ 1,250 Oz Au. (CMC, 2016). 29	
Tabla N°: 6 Ángulo de fricción básico para varias rocas, a partir de referencias bibliográficas. (Ramírez Oyanguren et al., 1991); (Ramirez y Alejano, 2004).....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla N°: 7 Resistencia al corte de discontinuidades rellenas y materiales de relleno (Según Barton, 1974); (Ramirez y Alejano, 2004).	48
Tabla N°: 8 Orientación de discontinuidades de estación 01	55
Tabla N°: 9 Orientación de discontinuidades en estación 02.....	56
Tabla N°: 10 Número de rebotes de Martillo Schmidt E01	57
Tabla N°: 11 Número de rebotes de Martillo Schmidt E02	¡Error! Marcador no definido.
Tabla N°: 12 Resumen de resultados de las 07 estaciones levantadas linealmente.	62
Tabla N°: 13 Datos orientaciones de discontinuidades estación 01.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°: 1 Ubicación Geológica (García y Rodríguez, 2013).	16
Figura N°: 2 Distribución de polos en Software DIPS (García y Rodríguez, 2013).	18
Figura N°: 3 Porcentaje de concentraciones de polos (García y Rodríguez, 2013).	18
Figura N°: 4 Círculos mayores de las familias y el talud existente (García y Rodríguez, 2013)	19
Figura N°: 5 Círculo mayor de ángulo de fricción de 35° (García y Rodríguez, 2013).	19
Figura N°: 6 Dirección de deslizamiento de la falla en Cuña. (García y Rodríguez, 2013).	20
Figura N°: 7 Bloque con potencial de falla (García y Rodríguez, 2013).	20
Figura N°: 8 Accionistas de Cía. Minera Coimolache S.A	23
Figura N°: 9 Ubicación de Cía. Minera Coimolache S.A UP. Tantahuatay	25
Figura N°: 10 Influencia de las condiciones geológicas en la estabilidad de los cortes de roca. (García y Rodríguez, 2013).	30
Figura N°: 11 Geometría de los taludes que presenta debilidad en un plano: (a) la sección transversal que muestra planos que forman un plano de falla; (b) liberar superficies en los extremos de la insuficiencia del plano; (c) la unidad Espesor de la guía utilizada en el análisis de la estabilidad. (García y Rodríguez, 2013)	32
Figura N°: 12 Geometría de un talud en falla plana. (García y Rodríguez, 2013)	33
Figura N°: 13 Geometría de un talud en falla en cuña. (García y Rodríguez, 2013)	35
Figura N°: 14 Resolución de fuerzas para calcular el factor de seguridad de cuña. (García y Rodríguez, 2013).	36
Figura N°: 15 Estereoneta de datos necesarios para el análisis de la estabilidad de la cuña. (García y Rodríguez, 2013).	37
Figura N°: 16 : Condiciones cinemáticas (a) altura / anchura de prueba de bloque, b) las instrucciones de estrés y direcciones en deslizamiento de talud rocoso, (c) condiciones de deslizamiento entre capas, (d) Prueba de cinemática definida en menor proyección estere gráfica del hemisferio . (García y Rodríguez, 2013).	38
Figura N°: 17 Perfiles normalizados que propusieron Barton y Choubey (1977) para obtener el índice de rugosidad de una junta o JRC. Cortesía de Springer-Verlag. (Ramirez y Alejano, 2004)	40
Figura N°: 18 Método alternativo de Barton (1982) para calcular el JRC. Cortesía Balkema. (Ramirez y Alejano, 2004).	41
Figura N°: 19 Aplicación del peine de Barton sobre una discontinuidad. (Ramirez y Alejano, 2004).	42
Figura N°: 20 Fotografía del martillo de Schmidt tipo L. (Ramirez y Alejano, 2004).	42
Figura N°: 21 Método alternativo de Barton (1987) para calcular el JRC y correlacionarlo con el índice de alteración y rugosidad Jr, de la clasificación geomecánica Q de Barton. (Ramirez y Alejano, 2004).	43

Figura N°: 22 Ábaco para la obtención de la resistencia a compresión simple de una roca o de los labios de una discontinuidad a partir de medidas con el martillo de Schmidt tipo L o esclerómetro (basado en Miller, 1966). (Ramirez y Alejano, 2004).	44
Figura N°: 23 Ejes de tensión cortante – tensión normal de la ley de Barton. Cada gráfica Corresponde a un valor de <i>JRC</i> y en ella aparecen las líneas correspondientes a cuatro valores de <i>JCS</i> . (Ramirez y Alejano, 2004).	46
Figura N°: 24 Comportamiento resistente esquematizado y presentado en forma gráfica de una discontinuidad rugosa con relleno. (Ramirez y Alejano, 2004).	47
Figura N°: 25 Diagrama de la sección de una máquina muy sencilla de corte directo utilizado para la medida de resistencia al corte en juntas de granito. (Según Hoek, 1999). (Ramirez y Alejano, 2004)	50
Figura N°: 26 Diagramas de la sección y transversal de un ensayo de inclinación o “tilt-test” con testigos para obtener el ángulo de fricción básico según la propuesta de Stimpson (1981). (Ramirez y Alejano, 2004).	51
Figura N°: 27 Imagen de la realización en laboratorio de un ensayo de inclinación o “tilt-test” con testigos para obtener el ángulo de fricción básico según la propuesta de Stimpson (1981). (Ramirez y Alejano, 2004).	51
Figura N°: 28 Resistencia a compresión simple (<i>JCS</i>) para estación 01 y 02.	58
Figura N°: 29 Coeficiente de rugosidad <i>JRC</i> para estación 01 y 02.	59
Figura N°: 30 Testigo antes de corte para realizar el ensayo de laboratorio Tilt Test.	59
Figura N°: 31 Corte de muestra. Figura N°: 32 Muestra cortada.	60
Figura N°: 33 Ensayo Tilt Test con resultado de ángulo de fricción básico de 61.5°.	60
Figura N°: 34 Envolvente de Mohr-Coulomb Fit dando como resultado un ángulo de fricción de 41.73 con los parámetros de entrada del criterio de rotura de Barton-Bandis para la estación 01 y 02. ..	61
Figura N°: 35 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo planar E01.	63
Figura N°: 36 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo cuña E01.	64
Figura N°: 37 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo planar E02.	64
Figura N°: 38 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo cuña E02.	65
Figura N°: 39 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo planar E03.	65
Figura N°: 40 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo cuña E03.	66
Figura N°: 41 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo planar E04.	66
Figura N°: 42 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo cuña E04.	67
Figura N°: 43 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo planar E05.	67
Figura N°: 44 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo cuña E05.	68
Figura N°: 45 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo planar E06.	68
Figura N°: 46 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo cuña E06.	69
Figura N°: 47 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo planar E07.	69
Figura N°: 49 Análisis cinemático de talud en roca para falla tipo cuña E07.	70

RESUMEN

La estabilidad de taludes está ligada a diferentes factores y propiedades de los diferentes macizos rocosos existentes como también a diferentes estudios, en esta oportunidad se realizará un análisis cinemático de taludes en roca en la cara este del tajo de producción de Cía. Minera Coimolache S.A llamado Tantauhatay 2 específicamente en los bancos 3932 , 3940 y 3948 este último considerado como banco doble con un total de 16 metros de altura, lo que se busca principalmente en este trabajo es saber el tipo de roturas básicas existentes teniendo en cuenta de todos los criterios de rotura propuestos solo el de Barton-Bandis el cual sugiere que la resistencia al corte presenta tres factores principales; una componente de fricción residual dada por el ángulo de fricción residual ;una componente geométrica que está regulada por el coeficiente de rugosidad de juntas o JRC y por último una componente que tiene en cuenta la posible rotura de las asperezas controlada por la relación entre la resistencia a la compresión simple de los labios de cualquier discontinuidad presente en el macizo rocoso (JCS) y la tensión normal aplicada. Para que así se tenga prevención geotécnica y evitemos cualquier tipo de pérdida humana, material y por consecuente económica. Se dará a conocer toda información perteneciente a este estudio y también la ubicación y los tipos de rotura para posterior monitoreo con instrumentación geotécnica por parte de la empresa minera.

El criterio de rotura de Barton-Bandis a diferencia de otros es el más utilizado en la práctica debido a la simplicidad de su uso y por qué en su mayoría ha dado lugar a soluciones rápidas e in-situ. Es un método conservador y práctico algunos autores dicen que de nada vale un método matemático muy sofisticado si es incapaz de estimar de manera razonable y a coste apropiado valores adecuados para dicho criterio y a opinión propia lo que se quiere en cualquier empresa minera es tener datos verdaderos y de forma rápida para ser procesados y obtener resultados para la toma de decisiones acertadas, a tiempo y a un bajo costo.

ABSTRACT

The stability of the talents is linked to the different factors and the properties of the different rock masses exist as well as other studies, in this opportunity a kinematic analysis of slopes in rock is realized in the east face of the production pit of Cía. Minera Coimolache SA called Tantauatay 2 specifically in the banks 3932, 3940 and 3948 the latter considered as double bank with a total of 16 meters in height, what is sought mainly in this work is the type of basic breaks that take into account All The break criteria proposed only by Barton-Bandis which suggests that the cut resistance presents three main factors; A piece of residual friction given by the residual friction angle; A geometrical piece which is regulated by the joint roughness coefficient or JRC and finally a component which takes into account the possible breakage of the roughness controlled by the ratio between the resistance A to the simple compression of the lips of any discontinuity present in the Rock mass (JCS) and the applied normal stress. So that is the geotechnical prevention and avoid any kind of human, material and consequent economic loss. See all the products related to this study and also the location and the types of rupture for the posterior monitoring with the geotechnical instrumentation by the part of the mining company.

Barton-Bandis's break criterion unlike others is the most used in practice because of the simplicity of its use and why it has mostly resulted in quick solutions and in-situ. Es a conservative and practical method some Authors say that it is worthless a very sophisticated mathematical method if it is unable to reasonably estimate and at appropriate cost appropriate values for that criterion and own opinion what is wanted in any mining company is to have real and fast data to be processed and Get results for successful decision making, on time and at a low cost.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

1. CMC, A. d. (2016). MODIFICACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA CMC. Cajamarca.
2. Gamero Cuenda, J. (2016). ESTABILIDAD FRENTE AL TOPPLING EN TALUDES DE ROCA. Santander.
3. García Díaz, C. A., & Rodríguez Gafaro, N. O. (2013). ANALISIS CINEMATICO DE TALUD ROCOSO PARA AMPLIACION DE VIA K21+200 ENTRE YOPAL – LABRANZAGRANDE. Colombia.
4. (LOM), L. O. (2015). "GUÍA SOBRE CONTROL GEOTÉCNICO EN MINERÍA A CIELO ABIERTO". ESPAÑA.
5. Pozo García, R. R. (2015). ANÁLISIS COMPUTACIONAL DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES DE OPEN PITS. Huaraz.
6. Ramirez Oyanguren, P., & Alejano Monge, L. (2004). Mecánica de Roca: Fundamentos e Ingeniería de Taludes. España.
7. RAMOS, V. T. (2013). ESTABILIDAD DE TALUDES EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL. LIMA.