



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“CARACTERIZACIÓN GEOMECANICA PARA EL DISEÑO DE BANCOS DE EXPLOTACIÓN EN LA CONCESIÓN MINERA LOMA DE ORO, EL CHICCHE, OTUZCO, CAJAMARCA, 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Alejandro Balarezo Salinas

Asesor:

Mg. Ing. José Alfredo Siveroni Morales

Cajamarca - Perú

2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	ii
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO 2.MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes	18
2.2. Bases teóricas.....	21
2.2.1. <i>Características geológicas</i>	21
2.2.2. <i>Clasificación RQD</i>	21
2.2.3. <i>Clasificación GSI</i>	22
2.2.4. <i>Clasificación RMR</i>	23
2.2.5. <i>Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.</i>	24
2.2.6. <i>Condición de las discontinuidades</i>	27
2.2.7. <i>Condiciones hidrogeológicas</i>	28
2.2.8. <i>Análisis de estabilidad de taludes</i>	30
2.2.9. <i>Factor de seguridad con respecto a la resistencia</i>	31
2.2.10. <i>Diseño de taludes de banco</i>	31
2.3. Definición de términos básicos	33
2.4. Hipótesis	34
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	35

3.1.	Variables:	35
3.1.1.	<i>Variable independiente</i>	35
3.1.2.	<i>Variable dependiente</i>	35
3.2.	Operacionalización de variables:.....	35
3.3.	Diseño de investigación	36
3.4.	Unidad de estudio	36
3.5.	Población	37
3.6.	Muestra (muestreo o selección).....	37
3.7.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	37
3.8.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	37
3.8.1.	<i>Instrumentos de investigación:</i>	37
3.8.2.	<i>Procedimiento de la investigación</i>	37
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		39
4.1.	Ubicación del Área de Estudio.....	39
4.1.1.	<i>Ubicación Política</i>	39
4.1.2.	<i>Ubicación Geográfica</i>	40
4.1.3.	<i>Vías de Acceso al Área del Proyecto</i>	40
4.2.	Clima	40
4.3.	Vegetación	41
4.4.	Drenaje.....	41
4.5.	Marco Geológico	42
4.5.1.	<i>Geomorfología</i>	42
4.5.2.	<i>Geología Histórica</i>	43
4.5.3.	<i>Geología Local</i>	44
4.5.4.	<i>Geología Estructural</i>	47
4.6.	Modelo Geomecánico	48
4.6.1.	<i>Estaciones Geomecánicas</i>	49
•	<i>Descripción de afloramiento</i>	49
•	<i>Caracterización del macizo rocoso</i>	117
	<i>Determinación del RQD</i>	117
4.6.2.	<i>Resultados</i>	161
4.6.3.	<i>Análisis de resultados</i>	163
4.7.	Diseño genérico de bancos	165
4.7.1.	<i>Diseño General del Pit</i>	166
4.7.2.	<i>Análisis de la estabilidad de taludes</i>	166
CONCLUSIONES.....		171
RECOMENDACIONES.....		173
BIBLIOGRAFÍA.....		174
ANEXOS.....		176

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN.	21
TABLA 2: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO	24
TABLA 3: FIGURA PARA ENCONTRAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL A PARTIR DEL MARTILLO SCHMIDT	27
TABLA 4: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	28
TABLA 5: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	35
TABLA 6: COORDENADAS DE LA EG- 01	49
TABLA 7: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	50
TABLA 8: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO	51
TABLA 9: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	54
TABLA 10: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	58
TABLA 11: COORDENADAS DE LA EG- 02	60
TABLA 12: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	61
TABLA 13: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO	62
TABLA 14: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	64
TABLA 15: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	68
TABLA 16: COORDENADAS DE LA EG N° 03	70
TABLA 17: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	71
TABLA 18: CUADRO DE CLASIFICACIÓN DE CLASE Y CALIDAD DE ROCA SEGÚN RMR OBTENIDO .	74
TABLA 19: TABLA DE COORDENADAS EG N° 04	74
TABLA 20: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	75
TABLA 21: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO	76
TABLA 22: CUADRO DE CLASIFICACIÓN DE CLASE Y CALIDAD DE ROCA SEGÚN RMR	80
TABLA 23: TABLA DE COORDENADAS EG N° 05	81
TABLA 24: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	82
TABLA 25: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO	83
TABLA 26: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	86
TABLA 27: TABLA COMPARACIÓN ENTRE LUTITAS Y CALIZAS PARA DETERMINACIÓN DE GSI. ...	91
TABLA 28: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	91
TABLA 29: TABLA DE COORDENADAS EG N° 06	93
TABLA 30: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	94
TABLA 31: CUADRO DE CLASIFICACIÓN DE CLASE Y CALIDAD DE ROCA SEGÚN RMR OBTENIDO EN LA EG N° 06	97
TABLA 32: COORDENADAS DE LA EG-N°07	97
TABLA 33: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	99
TABLA 34: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO	100
TABLA 35: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	102
TABLA 36: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	107

TABLA 37: PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL RMR.....	108
TABLA 38: <i>FACTOR DE CORRECCIÓN</i> R_{STA}	109
TABLA 39: COORDENADAS DE LA EG-08.....	111
TABLA 40: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	112
TABLA 41: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO.....	113
TABLA 42: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	116
TABLA 43: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	120
TABLA 44: PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL RMR.....	121
TABLA 45: FACTOR DE CORRECCIÓN R_{STA}	122
TABLA 46: COORDENADAS DE LA EG-09.....	124
TABLA 47: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	125
TABLA 48: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO.....	126
TABLA 49: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA.	128
TABLA 50: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	133
TABLA 51: PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL RMR.....	134
TABLA 52: FACTOR DE CORRECCIÓN R_{STA}	135
TABLA 53: COORDENADAS DE LA EG-10.....	137
TABLA 54: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	138
TABLA 55: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO.....	139
TABLA 56: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	141
TABLA 57: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN PARA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR	146
TABLA 58: VALORES DE LA DUREZA DE SCHMIDT	148
TABLA 59: PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL RMR.....	151
TABLA 60: FACTOR DE CORRECCIÓN R_{STA}	151
TABLA 61: COORDENADAS DE LA EG-11	153
TABLA 62: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	154
TABLA 63: CUADRO DE CLASIFICACIÓN DE CLASE Y CALIDAD DE ROCA SEGÚN RMR	157
TABLA 64: COORDENADAS EG-12	157
TABLA 65: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN	158
TABLA 66: CLASIFICACIÓN DE CLASES Y CALIDAD DE ROCA SEGÚN RMR.....	160
TABLA 67: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE LAS ESTACIONES GEOMECÁNICAS.	161

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: VISUALIZACIÓN DEL DISEÑO EN SECCIÓN TRASVERAL OPEN PIT PARA LA MINA	19
FIGURA 2: RELACIÓN ENTRE LA FRECUENCIA DE DISCONTINUIDADES (λ) Y EL ÍNDICE RQD	22
FIGURA 3: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	23
FIGURA 4: ESQUEMA DE UNA BERMA DE SEGURIDAD “PERFECTA”.....	31
FIGURA 5: ESQUEMA DE UNA BERMA DE SEGURIDAD LUEGO DE SER EXCAVADA.....	32
FIGURA 6: ANCHO FUNCIONAL DE LA BERMA DE SEGURIDAD.....	32
FIGURA 7: ANCHO DISEÑADO MÍNIMA DE LA BERMA DE SEGURIDAD.....	33
FIGURA 8: UBICACIÓN POLÍTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.	39
FIGURA 9: PLANO GEOLÓGICO	47
FIGURA 10: VISTA SATELITAL DE DOS FALLAS REGIONALES SEGÚN CHUQUIRUNA,	48
FIGURA 11: INTERSECCIÓN DE PLANOS DE LAS DISCONTINUIDADES DE LA EG-01.....	55
FIGURA 12: MODELO DE BLOQUES POLIÉDRICOS	56
FIGURA 13: ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO.....	57
FIGURA 14: MODELO MATEMÁTICO USANDO ROCCLAB PARA LA ESTACIÓN N° 01	59
FIGURA 15: INTERSECCIÓN DE PLANOS DE LAS DISCONTINUIDADES DE LA EG-02.....	66
FIGURA 16: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	67
FIGURA 17: EJEMPLO DE BLOCOSIDAD MODELO PRISMÁTICO.....	68
FIGURA 18: MODELO MATEMÁTICO USANDO ROCCLAB PARA LA ESTACIÓN N° 02	70
FIGURA 19: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	73
FIGURA 20: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	79
FIGURA 21: EJEMPLO DE BLOQUES POLIÉDRICOS PARA EG N° 04.....	80
FIGURA 22: MODELO MATEMÁTICO USANDO ROCCLAB PARA LA ESTACIÓN N° 04	81
FIGURA 23: INTERSECCIÓN DE PLANOS DE LAS DISCONTINUIDADES DE LA EG-5.....	87
FIGURA 24: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	88
FIGURA 25: BLOQUES ROMBOÉDRICOS	89
FIGURA 26: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	90
FIGURA 27: MODELO MATEMÁTICO USANDO ROCCLAB PARA LA ESTACIÓN N° 05	93
FIGURA 28: DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTADO DE METEORIZACIÓN,	96
FIGURA 29: INTERSECCIÓN DE PLANOS DE LAS DISCONTINUIDADES DE LA EG-7.....	104
FIGURA 30: BLOQUES EQUIDIMENSIONALES	105
FIGURA 31: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	106
FIGURA 32: MODELO MATEMÁTICO USANDO ROCCLAB PARA LA ESTACIÓN N° 07	110
FIGURA 33: INTERSECCIÓN DE PLANOS DE LAS DISCONTINUIDADES DE LA EG-8.....	117
FIGURA 34: BLOQUES PRISMÁTICOS	118
FIGURA 35: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	119
FIGURA 36: MODELO MATEMÁTICO USANDO ROCCLAB PARA LA ESTACIÓN N° 08	123
FIGURA 37: INTERSECCIÓN DE PLANOS DE LAS DISCONTINUIDADES DE EG- 9.....	130
FIGURA 38: BLOQUES TABULARES	131
FIGURA 39: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	132
FIGURA 40: MODELO MATEMÁTICO USANDO ROCCLAB PARA LA ESTACIÓN N° 09	136
FIGURA 41: INTERSECCIÓN DE PLANOS DE EG- 10	143
FIGURA 42: BLOQUES TABULARES.....	144
FIGURA 43: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	145
FIGURA 44: MODELO MATEMÁTICO USANDO ROCCLAB PARA LA ESTACIÓN N°10.....	147
FIGURA 45: RESULTADOS OBTENIDOS CON LA UTILIZACIÓN DEL MARTILLO SCHMIDT.....	150
FIGURA 46: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	156
FIGURA 47: CUADRO PARA CALCULAR EL GSI.....	159
FIGURA 48: ALTURA DE BANCO, ANCHO DE BERMA, ÁNGULO GENERAL DE TALUD Y ÁNGULO DE TALUD DE BANCO DEL PIT IZQUIERDO	165

FIGURA 49: ALTURA DE BANCO, ANCHO DE BERMA, ÁNGULO GENERAL DE TALUD Y ÁNGULO DE TALUD DE BANCO DEL PIT DERECHO.	165
FIGURA 50: DISEÑO GENERAL DE BANCOS	166
FIGURA 51: DISEÑO DE BANCOS PIT IZQUIERDO	167
FIGURA 52: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ESTÁTICO GLOBAL, TALUD IZQUIERDO NW	167
FIGURA 53: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ESTÁTICO GLOBAL, TALUD DERECHO SE	168
FIGURA 54: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ESTÁTICO PARA VOLCÁNICO HUAMBOS EN EL TALUD IZQUIERDO.	169
FIGURA 55: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ESTÁTICO PARA CALIZAS EN EL TALUD IZQUIERDO.	169
FIGURA 56: DISEÑO GENERAL DE BANCOS, MARCANDO LA LITOLOGÍA Y LA ZONA MINERALIZADA	170

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1: VISTA DE LA VEGETACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	41
FOTOGRAFÍA 2: VISTA PANORÁMICA DEL CAÑÓN SANGAL.	42
FOTOGRAFÍA 3: AFLORAMIENTO ROCOSO DE LA FORMACIÓN HUAMBOS. N9216695, E787546, COTA: 3019.	44
FOTOGRAFÍA 4: AFLORAMIENTO ROCOSO DE LA FORMACIÓN CELENDÍN. N9216670, E787522, COTA: 2903.	45
FOTOGRAFÍA 5: VISTA PANORÁMICA DEL AFLORAMIENTO ROCOSO DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA EN EL CAÑÓN SANGAL.	46
FOTOGRAFÍA 6: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 1.....	50
FOTOGRAFÍA 7: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 2.....	60
FOTOGRAFÍA 8: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 3.....	71
FOTOGRAFÍA 9: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 4.....	75
FOTOGRAFÍA 10: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 5.....	82
FOTOGRAFÍA 11: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 6.....	94
FOTOGRAFÍA 12: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 7.....	98
FOTOGRAFÍA 13: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 8.....	111
FOTOGRAFÍA 14: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 9.....	124
FOTOGRAFÍA 15: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 10.....	137
FOTOGRAFÍA 16: MUESTRAS Y ENSAYO EN LABORATORIO.....	148
FOTOGRAFÍA 17: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 11.....	154
FOTOGRAFÍA 18: ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 12.....	157

RESUMEN

La geomecánica es una disciplina muy utilizada en los últimos tiempos, creada para el análisis de macizos rocosos, dando, así como resultado la caracterización y las condiciones en las que se encuentra éste. El presente estudio está referido a la evaluación geológica – geomecánica, con el fin de analizar la estabilidad de taludes en el área de open pit que es parte de la explotación minera en la concesión de Lomas de Oro, En la primera parte de este informe se describe los resultados obtenidos de la evaluación geológica, evaluación geotécnica, habiendo realizado mapeos Geomecánicos en superficie, ensayos de campo y de laboratorio; también se realizó una evaluación geomecánica con el fin de obtener la caracterización de los macizos rocosos y su zonificación. Encontrando una litología de calizas cortado por diques Andesíticas y con discontinuidades en la zona de estudio. Posteriormente el diseño de los taludes de banco, serán diseñados teniendo en cuenta los parámetros Geomecánicos y geológicos, incluyendo el diseño de la berma de seguridad y el ángulo de banco óptimo. Finalmente se realizará el modelamiento de los taludes globales del tajo, teniendo en consideración los parámetros de resistencia y deformación de acuerdo al criterio generalizado de Hoek y Brown (2002) y el análisis con el software geomecánico Rocscience.

ABSTRACT

The present study contains the results of the geological - geomechanical evaluation for the purpose of analyzing slope stability in the area of an open pit that is part of the mining operation in the Lomas de Oro concession.

The first part of this report presents the results of the geological evaluation, geotechnical assessment (surface geomechanical mapping, field and laboratory tests) and geomechanical evaluation (characterization of rock masses, geomechanical zoning).

Subsequently the design of the bank slopes is presented, which includes the design of the safety berm and the optimal bank angle.

Finally, the modeling of the global slopes of the pit will be carried out, taking into account the parameters of resistance and deformation according to the general criterion of Hoek and Brown (2002) and the analysis with the geomechanical software Rocscience.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

BIBLIOGRAFÍA

- BARTON, N. R., & CHOUVEY, V. (1977). *The Shear Strength of Rock Joint in Theory and Practice* (Vol. X). Denver, EE.UU.: Rock Mech.
- BARTON, N., LIEN, R., & LUNDEN, M. (1974). *Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support Rock Mechanics* (Vol. VI). EE.UU.: Springer Verlag.
- BIENIAWSKI, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley and sons, Inc.
- CSIRO, 2009. *Guidelines for Open Pit Slope Design*: Editors J. Read and P. Stacey, CRC Press/Balkema Publishing.
- GONZALES DE VALLEJO, L., FERRER, M., ORTUÑO, L., & OTEO, C. (2012). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Education.
- HOEK, E., & BROWN, E. T. (1980). *Underground Excavations in Rock*. Londres, Inglaterra: McGraw-Hill.
- G&E Laboratory, 2017. *Estudio de Estabilidad de Taludes y Zonas de Riesgo de la Mina 14*
- Hoek E. & Brown E. T., 1997, Practical Estimates of Rock Mass Strength, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 34, 8, 1165-1186.

- Hoek, E., Kaiser, P.K. y Bawden, W.F., 1995. Support of Underground Excavation in Hard Rock. Balkema, Rotterdam.
- Hoek, E., Carranza - Torres, C.T. y Corkum, B., 2002. Hoek-Brown Failure Criterion-2002 Edition.
- ROCSCIENCE. DIPS VERSION 6.0, 2012. Graphical and Statistical Analysis of Orientation Data.
- ROCSCIENCE. SLIDE VERSION 6.0, 2012. Limit Equilibrium Slope Stability Analysis. .
- ROCSCIENCE. ROCDATA Version 4.0, 2014. Rock, Soil and Discontinuities Strength Analisis