

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



"DIMENSIONAMIENTO DE MALLAS DE ACERO DE ALTA RESISTENCIA
COMO SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES"

Por:

EVELIN ROSALBA VARGAS GARCIA

SEMESTRE I – 2020

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico especialmente a mis padres: Hugo Vargas, Felicidad García y Yorky Vargas ya que con su esfuerzo, amor y comprensión lograron que cumpliera la meta que me había planteado en la vida.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS

	Página
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación del proyecto.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.3.1 Situación problemática	3
1.3.2 Problema	4
1.4 Objetivos del proyecto de aplicación.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Diseño metodológico	5
1.5.1 Unidad.....	5
1.5.2 Población.....	5
1.5.3 Muestra	6
1.5.4 Muestreo	6
1.6 Métodos y técnicas empleadas.....	6
1.7 Procedimiento de aplicación.....	7
1.8 Alcance del estudio de aplicación.....	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

	Página
2.1 Características generales de taludes de roca	11
2.1.1 Generalidades.....	11
2.1.2 Tipología	13
2.1.2.1 Elementos de un talud.....	13
2.1.3 Nomenclatura de un deslizamiento.....	14
2.2 Características generales de un macizo rocoso	17

	Página
2.2.1 Definición macizo rocoso	17
2.2.2 Discontinuidades en la masa rocosa.....	17
2.2.2.1 Tipos de discontinuidades	18
2.2.2.2 Propiedades de las discontinuidades	22
2.3 Clasificación de los macizos rocosos y parámetros geotécnicos	26
2.3.1 Introducción	26
2.3.2 Clasificación de macizos rocosos	26
2.3.2.1 Clasificación RQD índice de calidad de la roca (Deere 1967)	27
2.3.2.2 Clasificación RMR de Bieniawski (Rock Mass Rating).....	28
2.3.2.3 Clasificación SMR para taludes	34
2.3.3 Parámetros geotécnicos de taludes rocosos	37
2.3.3.1 Peso específico.....	37
2.3.3.2 Absorción	38
2.3.3.3 Resistencia a compresión simple	38
2.3.3.3.1 Parámetros de la resistencia a compresión simple	40
2.4 Tipo de fallas en taludes rocosos	41
2.4.1 Tipos de rotura en macizos rocosos más frecuentes	41
2.4.1.1 Deslizamientos	42
2.4.1.2 Desprendimientos.....	43
2.4.1.3 Coladas.....	44
2.4.1.4 Vuelcos.....	45
2.4.1.5 Movimientos complejos	46
2.4.2 Proceso de deterioro de los movimientos	46
2.4.3 Factores de inestabilidad:.....	51
2.4.4 Factor de seguridad	55
2.4.4.1 Rotura planar.....	56
2.5 Solución para la estabilidad de taludes rocosos	57
2.5.1 Definición	57
2.5.2 Estabilidad de taludes de roca.....	61
2.5.2.1 Componentes del sistema flexible de alta resistencia	63

	Página
2.6 Análisis del soporte mediante anclajes en taludes rocosos mediante rotura planar...80	
2.6.1 Procedimiento para determinar el factor de seguridad..... 81	
2.6.2 Cálculo de la fuerza del anclaje considerando el caso activo y pasivo 87	
2.6.3 Determinación de la separación entre anclajes 91	
2.6.4 Determinación de la longitud del anclaje..... 92	

CAPÍTULO III

DIMENSIONAMIENTO DE MALLAS DE ACERO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

	Página
3.1 Ubicación 95	
3.2 Descripción del tramo de estudio..... 97	
3.3 Datos obtenidos en campo de cada talud 98	
3.4 Extracción y preparación de muestras de roca del tramo de estudio 100	
3.5 Ensayos de laboratorio..... 103	
3.6 Clasificación de rocas 106	
3.6.1 Cálculo de la resistencia mediante el ensayo a compresión simple..... 106	
3.6.2 Cálculo de los parámetros de la resistencia 108	
3.6.3 Clasificación RQD (Deere 1967) "rock quality designation" 109	
3.6.4 Clasificación RMR (Bienawski) 110	
3.6.5 Clasificación SMR para taludes..... 114	
3.7 Cálculo del factor de seguridad..... 116	
3.8 Dimensionamiento de los pernos de anclaje para cada talud..... 118	
3.8.1 Determinación de la fuerza de anclaje 118	
3.8.2 Cálculo de la separación entre anclajes de barras 119	
3.8.3 Determinación de la longitud de anclaje de la barra 121	
3.9 Resultados 158	
3.10 Análisis de los resultados 171	

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1 Conclusiones.....	194
4.2 Recomendaciones.....	195

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXOS I ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXOS II DATOS DE CAMPO

ANEXOS III CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Talud artificial y natural	12
Figura 2.2 Nomenclatura de taludes y laderas	13
Figura 2.3 Elementos del talud.....	13
Figura 2.4 Tipos de movimiento	14
Figura 2.5 Nomenclatura de un deslizamiento.....	15
Figura 2.6 Macizo rocoso.....	17
Figura 2.7 Discontinuidades en las rocas.....	18
Figura 2.8 Diaclasas	19
Figura 2.9 Plano de estratificación.....	19
Figura 2.10 Falla	20
Figura 2.11 Zona de corte	20
Figura 2.12 Planos de foliación o esquistosidad	21
Figura 2.13 Venilla.....	21
Figura 2.14 Pliegues.....	22
Figura 2.15 Orientación	22
Figura 2.16 Medición del rumbo.....	23
Figura 2.17 Buzamiento	23
Figura 2.18 Espaciado.....	24
Figura 2.19 Persistencia	24
Figura 2.20 Rugosidad	25
Figura 2.21 Apertura	25
Figura 2.22 Relleno.....	26
Figura 2.23 Diagrama que muestra roca intacta hasta el macizo rocoso muy fracturado	28
Figura 2.24 Ensayo de peso específico	38
Figura 2.25 Equipo para medir la resistencia a compresión simple.....	39
Figura 2.26 Deslizamiento rotacional	42
Figura 2.27 Deslizamiento traslacional a lo largo de planos de estratificación	43
Figura 2.28 Desprendimiento de rocas.....	44
Figura 2.29 Colada de rocas.....	44

	Página
Figura 2.30 Mecanismos de vuelco.....	45
Figura 2.31 Procesos de deterioro en macizos rocosos.....	47
Figura 2.32 Zonificación para diseño sísmoresistente para Bolivia	53
Figura 2.33 Condiciones para que exista rotura planar.....	57
Figura 2.34 Tipos más frecuentes de rotura planar.....	57
Figura 2.35 Análisis de estabilidad de los taludes en roca.....	58
Figura 2.36 Taludes artificiales en roca.....	59
Figura 2.37 Sistema flexible	63
Figura 2.38 Malla de triple torsión.....	63
Figura 2.39 Colocación de las mallas	64
Figura 2.40 Especificaciones técnicas.....	65
Figura 2.41 Colocación de bulones.....	67
Figura 2.42 Tendido de malla	67
Figura 2.43 Clips de conexión	68
Figura 2.44 Unión sin solape	68
Figura 2.45 Unión con solape	69
Figura 2.46 Sujeción con cables de acero	70
Figura 2.47 Sujeción con tubo metálico de acero	70
Figura 2.48 Cable perimetral.....	71
Figura 2.49 Perno de anclaje.....	72
Figura 2.50 Mecanismo básico de un anclaje	73
Figura 2.51 Componentes del anclaje	73
Figura 2.52 Componentes de un anclaje con tendón de barra.....	74
Figura 2.53 Esquema simplificado de anclaje en roca.....	75
Figura 2.54 Principales tipos de anclajes	76
Figura 2.55 Colocación exacta de placa de fijación del sistema.....	78
Figura 2.56 Apretado de la tuerca usando llave dinamométrica.....	79
Figura 2.57 Clips de conexión	79
Figura 2.58 Geometría del talud mostrando las fuerzas y el plano potencial de deslizamiento.....	80

	Página
Figura 2.59 Fuerzas sísmicas actuando sobre la superficie potencial de rotura.....	85
Figura 2.60 Anclaje actuando sobre el plano de discontinuidad.....	88
Figura 3.61 Ubicación nacional del lugar de estudio.....	95
Figura 3.62 Ubicación departamental del lugar de estudio.....	96
Figura 3.63 Talud fuertemente fisurado.....	97
Figura 3.64 Talud ambos lados de la carretera	98
Figura 3.65 Medición de la altura y longitud del talud a estabilizar.....	98
Figura 3.66 Medición del rumbo del talud.....	99
Figura 3.67 Medición del ángulo de buzamiento del talud.....	99
Figura 3.68 Medición de las discontinuidades	100
Figura 3.69 Extracción de muestras	100
Figura 3.70 Realización del corte de las muestras	101
Figura 3.71 Muestra cortada según especificaciones de laboratorio.....	101
Figura 3.72 Preparación de la mezcla	102
Figura 3.73 Muestra capinada.....	102
Figura 3.74 Pesado de muestras	103
Figura 3.75 Ensayo a compresión simple	103
Figura 3.76 Muestra después de la compresión	104
Figura 3.77 Muestra saturada en agua 24 horas	104
Figura 3.78 Peso superficialmente saturado.....	105
Figura 3.79 Secado de la muestra	105
Figura 3.80 Ubicación de los anclajes en el terreno.....	157
Figura 3.81 Talud N°1.....	172
Figura 3.82 Talud N°2.....	173
Figura 3.83 Talud N°3.....	174
Figura 3.84 Talud N°4.....	174
Figura 3.85 Talud N°5.....	175
Figura 3.86 Talud N°6.....	176
Figura 3.87 Talud N°7.....	176
Figura 3.88 Talud N°8.....	177

	Página
Figura 3.89 Talud N°9.....	178
Figura 3.90 Talud N°10.....	179
Figura 3.91 Talud N°11.....	179
Figura 3.92 Talud N°12.....	180
Figura 3.93 Talud N°13.....	181
Figura 3.94 Talud N°14.....	182
Figura 3.95 Talud N°15.....	183
Figura 3.96 Talud N°16.....	184
Figura 3.97 Talud N°17.....	185
Figura 3.98 Talud N°18.....	185
Figura 3.99 Talud N°19.....	186
Figura 3.100 Talud N°20.....	187
Figura 3.101 Talud N°21.....	188
Figura 3.102 Talud N°22.....	188
Figura 3.103 Talud N°23.....	189
Figura 3.104 Talud N°24.....	190
Figura 3.105 Talud N°25.....	191
Figura 3.106 Talud N°26.....	191
Figura 3.107 Talud N°27.....	192
Figura 3.108 Talud N°28.....	193
Figura 3.109 Talud N°29.....	194
Figura 3.110 Talud N°30.....	194

ÍNDICE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Número de discontinuidades por metro cúbico.....	27
Tabla 2.2 Clasificación del macizo rocoso según Deere.....	28
Tabla 2.3 Primer parámetro clasificación por resistencias de rocas sanas.....	29
Tabla 2.4 RQD	30
Tabla 2.5 Espaciamiento de las discontinuidades	30
Tabla 2.6 Muestra la clasificación según la apertura de las discontinuidades	31
Tabla 2.7 Muestra la clasificación según la persistencia de las discontinuidades	31
Tabla 2.8 Muestra la clasificación según la rugosidad de las discontinuidades	32
Tabla 2.9 Muestra la clasificación según el relleno de las discontinuidades	32
Tabla 2.10 Muestra la clasificación según la meteorización de las discontinuidades	32
Tabla 2.11 Condiciones de agua en el terreno	33
Tabla 2.12 Clase de roca de acuerdo a la clasificación RMR.....	33
Tabla 2.13 Factor de ajuste para las juntas	36
Tabla 2.14 Valores para cada forma de falla.....	37
Tabla 2.15 Tipo de roca a partir del valor de la resistencia a compresión simple	40
Tabla 2.16 Ángulo de fricción y la cohesión para rocas de acuerdo a Mohr-Coulomb	41
Tabla 2.17 Aceleración máxima del terreno	53
Tabla 2.18 Factor de seguridad según la zona sísmica	54
Tabla 2.19 Factores de seguridad atendiendo a las consecuencias del fallo del talud.....	56
Tabla 2.20 Tipo de tratamiento a emplear según el SMR.....	62
Tabla 2.21 Características de la malla triple torsión	66
Tabla 2.22 Cables de refuerzo.....	71
Tabla 2.23 Características mecánicas de barras	75
Tabla 2.24 Diámetro de perforación	77
Tabla 2.25 Resumen de datos técnicos de los clips de conexión	80
Tabla 2.26 Parámetros involucrados para determinar (FS).....	86
Tabla 3.27 Parámetros de la resistencia según el tipo de roca.....	159
Tabla 3.28 Propiedades de las discontinuidades	160

	Página
Tabla 3.29 Clasificación por 3 métodos.....	162
Tabla 3.30 Parámetros geotécnicos.....	163
Tabla 3.31 Dimensionamiento de pernos de anclaje.....	164