

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES ESTRATIFICADOS
MEDIANTE EL PROGRAMA SLIDE 6.0 APLICADOS AL TRAMO
“CHORCOYA MÉNDEZ – CHORCOYA AVILÉS”**

Por:

EFRAÍN DARÍO SÁNCHEZ FLORES

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.

SEMESTRE II - 2022

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES ESTRATIFICADOS
MEDIANTE EL PROGRAMA SLIDE 6.0 APLICADOS AL TRAMO
“CHORCOYA MÉNDEZ – CHORCOYA AVILÉS”**

Por:

EFRAÍN DARÍO SÁNCHEZ FLORES

SEMESTRE II - 2022

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres que en me supieron inculcar el valor de apreciar la vida y saber afrontar las situaciones que se presentan en el vivir cotidiano.

A mis hijos, ellos son los impulsores que me ayudan a seguir para darles un mejor futuro y ser un ejemplo de padre.

A mis hermanos que con su apoyo constante me ayudaron en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Justificación del proyecto de aplicación	2
1.2.1. Justificación académica.....	3
1.2.2. Justificación social	3
1.2.3. Justificación teórica.....	3
1.2.4. Justificación Práctica.....	3
1.3. Planteamiento del problema.....	4
1.3.1. Situación problemática.....	4
1.3.2. Problema de investigación	5
1.4. Objetivos del proyecto de aplicación	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis.....	6
1.6. Identificación de las variables	6
1.6.1. Variables independientes	6
1.6.2. Variables dependientes.....	6
1.6.3. Determinación de la confiabilidad	6
1.7. Alcance del estudio de aplicación	6

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

	Página
2.1. Introducción	8

2.1.1. Talud	8
2.1.1.1. Partes generales de un talud	9
2.2. Estabilidad de los taludes	10
2.2.1. Prueba de permanencia de taludes	10
2.2.1.1. Resistencia cortante del suelo.	11
2.2.2. Los deslizamientos	11
2.2.2.1. Partes de un deslizamiento	12
2.2.3. Superficie de falla	13
2.2.4. Cuerpo principal del deslizamiento.....	13
2.2.5. Inclinación de pendiente	14
2.2.5.1. Topografía:	14
2.2.6. Clima	14
2.2.7. Parámetros hidráulicos	14
2.2.8. Suelo.....	15
2.2.8.1. Mecánica de Suelos.....	15
2.3. Clasificación de los movimientos de masa	17
2.3.1. Caído	17
2.3.2. Inclinación o volcamiento	19
2.3.3. Reptación (Creep)	20
2.3.4. Deslizamiento rotacional.....	20
2.3.5. Deslizamiento de traslación	22
2.3.6. Extensión lateral.....	22
2.3.7. Fallas ligadas a la estabilidad de taludes.....	23
2.3.7.1. Deslizamiento superficial asociado a falta de resistencia por baja presión de confinamiento (Creep).....	23
2.3.7.2. Fallas asociadas a procesos de deformación acumulativa.....	24

2.3.7.3. Falla por deslizamiento superficial	25
2.3.7.4. Deslizamiento en laderas naturales sobre superficies de falla preexistentes .	26
2.3.7.5. Falla por movimiento del cuerpo del talud	26
2.3.8. Falla por flujos	26
2.3.8.1. Fallas por licuación	27
2.3.8.2. Fallas por erosión	27
2.3.9. Fallas por agrietamiento	28
2.4. Metodología para el cálculo de talud	29
2.4.1. Métodos de equilibrio límite	29
2.4.2. Factor de seguridad	29
2.4.3. Principales métodos de cálculo	31
2.4.3.1. Método de Bishop	32
2.4.3.2. Método de Janbu	33
2.4.3.3. Método de Spencer.....	35
2.4.3.4. Método de Morgenstern y Price.....	36
2.4.3.5. Método de Sarma	37
2.4.3.6. El método de las dovelas o rebanadas.....	38
2.4.3.7. Método de círculo de Mohr.....	39
2.4.4. Marco normativo.....	41
2.4.5. Programa Slide 6.0.....	42
2.5. Alternativas de estabilización de taludes	43
2.5.1. Estructuras de control de movimiento.....	43
2.5.2. Bermas en el talud.....	44
2.5.3. Barreras	45
2.6. Estructuras de contención	45
2.6.1. Muro en voladizo	46

2.6.2. Muro de gaviones.....	47
2.6.2.1. Gaviones.....	47
2.6.2.2. Tipos de gaviones.....	48

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

	Página
3.1. Diseño metodológico	49
3.2. Tipo y diseño de la investigación.....	49
3.2.1. Tipo de estudio.....	49
3.2.2. Nivel de estudio.....	49
3.2.3. Población y muestra	50
3.2.3.1. Población.....	50
3.2.3.2. Muestra.....	50
3.2.3.3. Técnicas de muestreo	50
3.2.4. Listado de actividades a realizar, e instrumentos de recojo de información.....	50
3.2.4.1. Levantamiento topográfico	50
3.2.4.2. Estudios de suelos	51
3.2.5. Preparación previa para la aplicación	52
3.2.6. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información	53
3.2.6.1. Validez de los resultados.....	53
3.2.7. Análisis de estratos.....	53
3.3. Características del área de estudio	54
3.3.1. Ubicación	54
3.3.2. Descripción del área de aplicación.....	56
3.3.3. Importancia de la zona de estudio.....	56
3.3.4. Características de área de estudio	58

3.3.5. Clima.....	58
3.3.6. Vegetación.....	58
3.3.7. Drenaje e infiltración.....	58
3.3.8. Características geotécnicas.....	58
3.3.8.1. Caracterización geotécnica de los suelos por progresivas	59
3.3.8.2. Estabilidad de taludes.....	60
3.4. Determinación de factores para el estudio	62
3.4.1. Sondeos y ensayos de campo	62
3.4.1.1. Levantamiento topográfico	62
3.5. Ensayos de laboratorio	67
3.5.1. Clasificación de suelos.....	67
3.5.2. Granulometría	68
3.5.3. Límites de Atterberg	71
3.5.3.1. Límite líquido.....	71
3.5.3.2. Límite plástico.....	71
3.5.3.3. Ensayo de corte directo	74
3.5.4. Resumen de ensayos de laboratorio	79
3.5.5. Selección de los parámetros de cálculo para el programa Slide 6.0	80
3.5.6. Perfiles de talud topográficos.....	84
3.5.7. Perfiles de talud con el programa Slide 6.0	85

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES ESTRATIFICADOS

	Página
4.1. Cálculo de los factores de seguridad con el programa Slide 6.0.....	86
4.1.1. Cálculo del talud 1 progresiva 10+760 -10+930.....	86
4.1.1.1. Análisis de la estabilidad del talud 1 progresiva 10+760 -10+930	87

4.1.2. Cálculo del talud 2 progresiva 11+300 -11+500.....	88
4.1.2.1. Análisis de la estabilidad del talud 2.....	88
4.1.3. Cálculo del talud 3 progresiva 11+800 -12+100.....	90
4.1.3.1. Análisis de la estabilidad del talud 3.....	90
4.1.4. Cálculo del talud 4 progresiva 12+500 -12+930.....	92
4.1.4.1. Análisis de la estabilidad del talud 4.....	92
4.1.5. Cálculo del talud 5 progresiva 13+120 -13+300.....	94
4.1.5.1. Análisis de la estabilidad del talud 5.....	94
4.1.6. Cálculo del talud 6 progresiva 13+380 -13+470.....	96
4.1.6.1. Análisis de la estabilidad del talud 6.....	96
4.1.7. Cálculo del talud 7 progresiva 14+120 -14+230.....	98
4.1.7.1. Análisis de la estabilidad del talud 7.....	100
4.1.8. Cálculo del talud 8 progresiva 14+630 -14+900.....	100
4.1.8.1. Análisis de la estabilidad del talud 8.....	98
4.1.9. Cálculo del talud 9 progresiva 15+140 -15+316.....	102
4.1.9.1. Análisis de la estabilidad del talud 9.....	102
4.1.10. Cálculo del talud 10 15+630 -15+796.....	104
4.1.10.1. Análisis de la estabilidad del talud 10.....	104
4.1.11. Tabla resumen del análisis de taludes	106
4.2. Recomendaciones técnicas para controlar la estabilidad de taludes	106
4.2.1. Análisis de alternativas	106
4.2.1.1. Análisis de alternativas a la estabilidad del talud 1.....	106
4.2.1.2. Análisis económico a la estabilidad del talud 1	108
4.2.1.3. Análisis de alternativas a la estabilidad del talud 2.....	108
4.2.1.4. Análisis económico a la estabilidad del talud 2	110
4.2.1.5. Análisis de alternativas a la estabilidad del talud 3.....	110

4.2.1.6. Análisis económico a la estabilidad del talud 3	112
4.2.1.7. Análisis de alternativas a la estabilidad del talud 4.....	112
4.2.1.8. Análisis económico a la estabilidad del talud 4	114
4.2.1.9. Análisis de alternativas a la estabilidad del talud 5.....	114
4.2.1.10. Análisis económico a la estabilidad del talud 5	116
4.2.1.11. Análisis de alternativas a la estabilidad del talud 6.....	116
4.2.1.12. Análisis económico a la estabilidad del talud 6	118
4.2.1.13. Análisis de alternativas a la estabilidad del talud 7.....	118
4.2.1.14. Análisis económico a la estabilidad del talud 7	119
4.2.1.15. Análisis de alternativas a la estabilidad del talud 8.....	120
4.2.1.16. Análisis económico a la estabilidad del talud 8	120
4.2.2. Selección de la mejor alternativa	123

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones	125
5.2. Recomendaciones.....	127

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A Levantamiento topográfico

ANEXO B Ensayos de laboratorio

ANEXO C Planos

ANEXO D Análisis con el software Slide 6.0

ANEXO E Memoria fotográfica

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Nomenclatura de taludes y laderas	9
Figura 2.2. Partes generales de un talud.....	9
Figura 2.3. Partes de un deslizamiento.....	12
Figura 2.4. Caídos de bloques en caída libre de roca fracturada.....	18
Figura 2.5. Algunos mecanismos de formación de caídos.....	18
Figura 2.6. Procesos que conducen al volcamiento o inclinación.....	19
Figura 2.7. Reptación	20
Figura 2.8. Deslizamiento rotacional	21
Figura 2.9. Desplazamiento de rotación en una ladera	21
Figura 2.10. Deslizamiento de traslación	22
Figura 2.11. Extensión lateral sobre una masa plástica	22
Figura 2.12. Flujo de diferentes velocidades	27
Figura 2.13. Variación de la geometría de un talud por erosión	28
Figura 2.14. Métodos esfuerzos Bishop.....	32
Figura 2.15. Representación del conjunto según la hipótesis de Janbu	33
Figura 2.16. Acciones en la i-ésima rebanada según la hipótesis de Janbu	34
Figura 2.17. Acciones en la i-ésima rebanada según la hipótesis de Spencer	35
Figura 2.18. Acciones en la i-ésima rebanada según la hipótesis de Morgenstern y Price	36
Figura 2.19. Ecuación en la i-esima rebanada, método Sarma	37
Figura 2.20. Cálculo para determinar el número de dovelas y las fuerzas que actúan sobre ellas	39
Figura 2.21. Tensión máxima	40
Figura 2.22. Cálculo de estabilidad en 2D con el programa Slide 6.0.....	43
Figura 2.23. Estructuras de control de movimiento	44

Figura 2.24. Bermas de contención en taludes.....	44
Figura 2.25. Consolidación de taludes con barrera de malla de alambre.....	45
Figura 2.26. Estructura de contención para tipos de relleno	46
Figura 2.27. Muro de contención en voladizo.....	47
Figura 2.28. Muro de Gaviones.....	48
Figura 3.1. Mapa de Tarija.....	54
Figura 3.2. Mapa provincia Méndez de Tarija.....	55
Figura 3.3. Tramo de estudio	56
Figura 3.4. Corredores de la red vial.....	57
Figura 3.5. Talud estable.....	61
Figura 3.6. Talud estratificado inestable	62
Figura 3.7. “GPS” Instrumento de levantamiento geodésico y topográfico	63
Figura 3.8. Prisma circular y bastón de levantamiento topográfico.....	64
Figura 3.9. Levantamiento topográfico con estación total.....	65
Figura 3.10. Extracción de muestra de los taludes capa superficial.....	66
Figura 3.11. Extracción de muestra del centro del talud.....	66
Figura 3.12. Secado de muestra después de ser lavada.....	68
Figura 3.13. Tamizado con la muestra seca después de ser lavada.....	69
Figura 3.14. Curva granulométrica	70
Figura 3.15. Contenido de humedad	72
Figura 3.16. Curva grafica limite líquido.....	73
Figura 3.17. Modelo para realizar el corte de la muestra.....	75
Figura 3.18. Equipo de consolidación y corte directo.....	76
Figura 3.19. Corte directo después de la saturación.....	76
Figura 3.20. Cohesión y ángulo de fricción	78
Figura 3.21. Corte transversal para determinar la falla en el talud	80

Figura 3.22. Imagen después de delimitar el talud con los cortes.....	82
Figura 3.23. Introducción de los datos de cohesión, ángulo de corte y peso unitario de las rocas	83
Figura 3.24. Factor de seguridad.....	83
Figura 3.25. Corte transversal del 1° punto	84
Figura 3.26. Corte transversal del 2° punto	84
Figura 3.27 . Corte transversal del 3° punto	85
Figura 3.28. Perfil del tercer punto antes de la falla	85
Figura 4.1 Análisis del talud 1	87
Figura 4.2 Análisis del talud 2	89
Figura 4.3 Análisis del talud 3	91
Figura 4.4 Análisis del talud 4	93
Figura 4.5 Análisis del talud Actual.....	95
Figura 4.6 Análisis del talud 6	97
Figura 4.7 Análisis del talud 7	101
Figura 4.8 Análisis del talud 8	99
Figura 4.9 Análisis del talud Actual.....	103
Figura 4.10 Análisis del talud Actual.....	105
Figura 4.11 Alternativa 1 de estabilidad al talud 1	107
Figura 4.12 Alternativa 2 de estabilidad al talud 1	107
Figura 4.13 Alternativa 1 de estabilidad al talud 2	109
Figura 4.14 Alternativa 2 de estabilidad al talud 2	109
Figura 4.15 Alternativa 1 de estabilidad al talud 3	111
Figura 4.16 Alternativa 2 de estabilidad al talud 3	111
Figura 4.17 Alternativa 1 de estabilidad al talud 4	113
Figura 4.18 Alternativa 2 de estabilidad al talud 4	113

Figura 4.19 Alternativa 1 de estabilidad al talud 5	115
Figura 4.20 Alternativa 2 de estabilidad al talud 5	115
Figura 4.21 Alternativa 1 de estabilidad al talud 6	117
Figura 4.22 Alternativa 2 de estabilidad al talud 6	117
Figura 4.23 Alternativa 1 de estabilidad al talud 7	119
Figura 4.24 Alternativa 1 de estabilidad al talud 8	120
Figura 4.25. Canal colector de aguas junto a una bajante de aguas	122
Figura 4.26. Alternativa 1	123
Figura 4.27. Alternativa de corte para el talud 1	124

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Valores de cohesión por tipo de suelo	16
Tabla 2. Servicios del ángulo de roce interior en suelos granulares no plásticos, en función de la granulometría y la compacidad.	17
Tabla 3. Clasificación de suelos.....	67
Tabla 4. Valores de granulometría	70
Tabla 5. Límites de Atterberg	73
Tabla 6. Límites plástico	74
Tabla 7. Determinación de los límites.....	74
Tabla 8. Valores para determinar la cohesión.....	77
Tabla 9. Esfuerzo normal y de corte	79
Tabla 10. Cálculo de cohesión y esfuerzo de corte.....	79
Tabla 11. Resumen de los datos finales de cálculo.....	79
Tabla 12. Recopilación de datos topográficos en campo	81
Tabla 13. Valores típicos de resistencias para rocas	82
Tabla 14: Datos de talud 1	86
Tabla 15: Datos de talud 2	88
Tabla 16: Datos de talud 3	90
Tabla 17: Datos de talud 4	92
Tabla 18: Datos de talud 5	94
Tabla 19: Datos de talud 6	96
Tabla 20: Datos de talud 7	100
Tabla 21: Datos de talud 8	98
Tabla 22: Datos de talud 9	102
Tabla 23: Datos de talud 10	104
Tabla 24: Resumen análisis de taludes.....	106

Tabla 25: Resumen cálculo talud 1	108
Tabla 26: Presupuesto talud 1	108
Tabla 27: Resumen cálculo talud 2	110
Tabla 28: Presupuesto talud 2	110
Tabla 29: Resumen cálculo talud 3	112
Tabla 30: Presupuesto talud 3	112
Tabla 31: Resumen cálculo talud 4	114
Tabla 32: Presupuesto talud 4	114
Tabla 33: Resumen cálculo talud 5	116
Tabla 34: Presupuesto talud 5	116
Tabla 35: Resumen cálculo talud 6	118
Tabla 36: Presupuesto talud 6	118
Tabla 37: Resumen cálculo talud 7	119
Tabla 38: Presupuesto talud 7	119
Tabla 39: Resumen cálculo talud 8	121
Tabla 40: Presupuesto talud 8	121