

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



**“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL TRAMO SALADITO TIMBOY
TABASAY APLICANDO EL PROGRAMA COMPUTACIONAL SLIDE”**

Por:

EUCLIDES HERMES PORTAL APARICIO

Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I – 2023

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 ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL TRAMO SALADITO TIMBOY
TABASAY APLICANDO EL PROGRAMA COMPUTACIONAL SLIDE”**

Por:

EUCLIDES HERMES PORTAL APARICIO

**SEMESTRE I – 2023
TARIJA – BOLIVIA**

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón y mi alma esta tesis a la que en vida fue mi admirable y amada madre, Licenciada en ciencias de la educación, Prof. María Luz Aparicio, por haberme dado la vida, su bendición y cuidado, ahora protegerme y cuidarme desde el cielo.

A mi hermano del alma, Ing. Informático Miguel Ángel que ha sido mi impulso y apoyo incondicional, que desde el cielo son aquella estrella que brilla e ilumina mi camino; los amare eternamente.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Situación Problémica.....	1
1.3. Problema.....	2
1.4. Justificación.....	2
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. Objetivo general.....	3
1.5.2. Objetivos específicos.....	3
1.6. Hipótesis.....	3
1.6.1. Operacionalización de las variables.....	4
1.6.1.1. Variable independiente.....	4
1.6.1.2. Variable dependiente.....	5
1.7. Diseño metodológico.....	5
1.7.1. Unidades de estudio.....	5
1.7.2. Población.....	6
1.7.3. Muestra.....	6
1.7.4. Muestreo.....	6
1.8. Métodos y técnicas empleadas.....	7
1.8.1. Métodos.....	7
1.8.2. Técnicas.....	7
1.9. Procesamiento de la información.....	8
1.10. Alcance del proyecto de aplicación.....	10
1.10.1. Alcance general.....	10
1.10.2. Alcance por capítulos.....	10

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

	Página
2.1. Definición de talud.....	12
2.2. Partes de un talud.....	13
2.2.1. Cabeza, cresta, cima o escarpe.....	13
2.2.2. Pie o base.....	14
2.2.3. Altura.....	14
2.2.4. Altura de nivel freático.....	14
2.2.5. Pendiente.....	14
2.3. Clasificación de movimientos en masa.....	14
2.3.1. Desprendimientos.....	14
2.3.2. Volcamiento.....	15
2.4. Existen tres tipos de volcamiento.....	16
2.4.1. Volcamiento a flexión.....	16
2.4.2. Volcamiento en v invertida.....	16
2.4.3. Flexión en bloque.....	16
2.5. Deslizamiento.....	16
2.6. Expansión lateral.....	17
2.7. Flujos.....	18
2.8. La reptación superficial.....	18
2.9. Principales fallas en taludes.....	19
2.9.1. Tipo geológico.....	19
2.9.2. Variación del nivel freático.....	19
2.9.3. Falla por deslizamiento superficial.....	19
2.9.4. Falla por movimiento del cuerpo del talud.....	19
2.9.5. Fallas por licuación.....	20
2.9.6. Fallas por erosión.....	20
2.10. Tipos de erosión.....	20
2.10.1. Erosión laminar.....	20
2.10.2. Erosión en cárcavas.....	20

2.10.3. Erosión eólica.....	21
2.10.4. Erosión en surcos.....	21
2.10.5. Erosión interna.....	21
2.10.6. Erosión por afloramiento de agua.....	21
2.11. Análisis de estabilidad de taludes.....	22
2.12. Método de equilibrio límite.....	22
2.13. Esfuerzo de resistencia cortante.....	22
2.14. Esfuerzo efectivo.....	23
2.14.1. Naturaleza del esfuerzo efectivo.....	24
2.15. Esfuerzos totales y efectivos.....	25
2.16. Presión de poros.....	26
2.17. Ángulo de fricción.....	27
2.18. Cohesión (KN/m ²).....	28
2.18.1. Cohesión aparente.....	29
2.19. Pesos unitarios (KN/m ³).....	29
2.20. Factor de seguridad.....	31
2.21. Superficie de falla.....	32
2.22. Métodos exactos.....	33
2.23. Métodos no exactos.....	33
2.24. Métodos aproximados.....	34
2.25. Métodos precisos o completos.....	34
2.25.1. Método de bishop simplificado.....	34
2.25.2. Método de Spencer.....	35
2.25.3. Método de Morgenstern y Price.....	36
2.26. Slide v6.0 (software).....	37
2.26.1. Características.....	38
2.26.2. Configuración del proyecto.....	39
2.26.3. Selección de métodos de análisis.....	40
2.26.4. Métodos de análisis.....	40
2.27. Métodos de estabilización de taludes.....	42
2.27.1. Modificación de la topografía o geometría del talud.....	44

2.27.1.1. Cambio de pendiente del talud.....	44
2.27.1.2. Remoción de materiales de la cabeza.....	45
2.27.1.3. Banquinas intermedias o terraceo.....	46
2.28. Alternativa de protección y estabilización de taludes.....	47
2.28.1. Tipos de obras de protección.....	48
2.28.1.1. Protección con mallas de acero.....	48
2.28.1.2. Geomantas textiles reforzadas.....	56
2.28.1.3. Vegetación.....	59

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LOS TALUDES EN ESTUDIO

	Página
3.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	64
3.2. Geología regional.....	65
3.2.1. Clima.....	65
3.3. Metodología.....	66
3.4. Características de los componentes de los taludes.....	66
3.4.1. Criterios técnicos para la selección de los taludes.....	67
3.4.1.1. Taludes en riesgo de deslizamiento.....	67
3.4.1.2. Tamaño o altura máxima del talud.....	68
3.4.1.3. Forma del talud.....	69
3.5. Desarrollo de la investigación.....	75
3.5.1. Trabajo de campo.....	75
3.5.2. Ubicación de los tramos de estudio.....	76
3.5.3. Levantamiento topográfico.....	77
3.5.4. Recolección de muestras.....	80
3.6. Trabajo de laboratorio.....	82
3.6.1. Granulometría.....	83
3.6.2. Límite líquido (LL).....	84
3.6.3. Límite plástico (LP).....	85
3.6.4. Peso unitario.....	86
3.6.5. Ensayo de corte directo.....	88

3.7. Trabajo de gabinete.....	91
3.8. Resultados de laboratorio.....	91

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA CON EL PROGRAMA SLIDE Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE ALTERNATIVA

	Página
4.1. Procedimiento de cálculo del factor de seguridad con el programa Slide.....	96
4.2. Métodos de estabilización de taludes.....	101
4.3. Análisis del factor de seguridad utilizando geomallas reforzadas. Talud 1 104	104
4.4. Cálculo manual del F.S. mediante el método Bishop simplificado.....	106
4.4.1. Desarrollo del método.....	108
4.5. Resultados factor de seguridad con programa Slide v6.0.....	110
4.6. Sistema de estabilización mallas MacMat R1 - GalMac 4R.....	112
4.6.1. Descripción.....	113
4.6.2. Coste económico.....	114
4.6.3. Viabilidad técnica.....	114
4.6.4. Grado de seguridad.....	115
4.7. Análisis de costos.....	116
4.8. Análisis de resultados.....	120

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones.....	122
5.2. Recomendaciones.....	125

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO 1 Clasificación de
suelos **ANEXO 2** Peso unitario
de suelos **ANEXO 3** Ensayo de
corte directo

ANEXO 4 Estabilidad mediante programa Slide

ANEXO 5 Precio unitario y cálculos métricos Alternativa 1

ANEXO 6 Precio unitario y cálculos métricos Alternativa 2

PLANOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1 Conceptualización de la variable independiente.....	4
Tabla N° 2 Conceptualización de la variable independiente.....	5
Tabla N° 3 Ángulo de fricción interna de algunos suelos.....	28
Tabla N° 4 Cohesión de algunos suelos.....	29
Tabla N° 5 Peso específico de sólidos de algunos suelos.....	30
Tabla N° 6 Peso específicos de sólidos de algunos suelos.....	31
Tabla N° 7 Especificaciones de la malla para control de caídos.....	53
Tabla N° 8 Ventajas y desventajas de los diversos tipos de planta.....	63
Tabla N° 9 Relevamiento tramo en estudio.....	76
Tabla N° 10 Datos del levamiento topográfico.....	79
Tabla N° 11 Resultados de caracterización de suelos.....	92
Tabla N° 12 Resultados de clasificación de suelos.....	93
Tabla N° 13 Cohesión, ángulo de fricción interna y peso unitario.....	94
Tabla N° 14 Posibles resultados.....	107
Tabla N° 15 Datos de entrada.....	108
Tabla N° 16 Factor de seguridad inestables de los taludes con sección actuales 111	
Tabla N° 17 Factor de seguridad estables, modificando su topografía de los taludes.....	112
Tabla N° 18 Características malla MacMat R1 - GalMac.....	113
Tabla N° 19 Factor de seguridad con refuerzo MacMat R1 - GalMac con el programa Slide v6.0.....	115
Tabla N° 20 Análisis de costos para el método de estabilidad, modificación de la topografía de los taludes – alternativa 1.....	116
Tabla N° 21 Cómputos métricos totales de la alternativa 1.....	117
Tabla N° 22 Presupuesto total – alternativa 1.....	117
Tabla N° 23 Análisis de costos para la Implementación de Geomallas Reforzadas, Malla MacMat R1 – GalMac – alternativa 2.....	118
Tabla N° 24 Cómputos métricos totales de la alternativa 2.....	120
Tabla N° 25 Presupuesto total – alternativa 2.....	120
Tabla N° 26 Presupuesto total de alternativa 1.....	121
Tabla N° 27 Presupuesto total de alternativa 2.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1 Partes que conforman un talud inestable.....	13
Figura N° 2 Desprendimientos.....	15
Figura N° 3 Esquema del vuelco de una masa rocosa desprendida del sustrato rocoso.....	15
Figura N° 4 Esquema de deslizamiento rotacional (A) y traslacional (B).....	17
Figura N° 5 Esquema simplificado de una expansión lateral.....	17
Figura N° 6 Esquema de una colada fangosa.....	18
Figura N° 7 Esquema de reptación superficial en una ladera.....	19
Figura N° 8 Esquemización intuitiva de la naturaleza de los esfuerzos totales y presión de poros.....	25
Figura N° 9 Dirección de los esfuerzos.....	25
Figura N° 10 Presión del agua en una masa de suelo.....	27
Figura N° 11 Fases del suelo.....	30
Figura N° 12 Superficies de falla circular en un talud.....	33
Figura N° 13 Ventana de cálculo del programa Slide.....	38
Figura N° 14 Ventana de general de configuración del proyecto Slide.....	39
Figura N° 15 Ventana de selección de los Métodos utilizados.....	40
Figura N° 16 Abatimiento de la pendiente de un talud.....	45
Figura N° 17 Área de remoción de material en la cabecera de un talud.....	45
Figura N° 18 Estabilización con banquetas intermedias.....	46
Figura N° 19 Estabilización usando ganchos en la malla.....	50
Figura N° 20 Protección con malla.....	51
Figura N° 21 Instalación de mallas en caídos.....	52
Figura N° 22 Malla de triple torsión.....	53
Figura N° 23 Colocación de anclas en T.....	54
Figura N° 24 Anclaje con varillas en forma de "T".....	55
Figura N° 25 Anclaje con placa de acero.....	55
Figura N° 26 Tipos de amarre.....	55
Figura N° 27 Geomalla MACMAT R1 - GALMAC 4R-P.....	56

Figura N° 28 Propiedades de la Geomallas.....	57
Figura N° 29 Geocompuesto instalado en la superficie de un talud.....	58
Figura N° 30 Impermeabilizacion de taludes con geomallas reforzadas.....	58
Figura N° 31 Refuerzo de superficie de falla por las raíces de los árboles.....	60
Figura N° 32 Tipos de anclaje de la superficie de falla por acción de las raíces.....	61
Figura N° 33 Ubicación geográfica.....	64
Figura N° 34 Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	65
Figura N° 35 Talud N° 5.....	67
Figura N° 36 Talud N° 4.....	68
Figura N° 37 Dirección de los esfuerzos cortantes.....	68
Figura N° 38 Partes que conforman un talud inestable.....	69
Figura N° 39 Cortes del Talud.....	69
Figura N° 40 Talud N° 1.....	70
Figura N° 41 Talud N° 2.....	70
Figura N° 42 Talud N° 3.....	71
Figura N° 43 Talud N° 4.....	71
Figura N° 44 Talud N° 5.....	72
Figura N° 45 Talud N° 6.....	72
Figura N° 46 Talud N° 7.....	73
Figura N° 47 Talud N° 8.....	73
Figura N° 48 Talud N° 9.....	74
Figura N° 49 Talud N° 10.....	74
Figura N° 50 Ubicación de los taludes estudiados.....	77
Figura N° 51 Levantamiento topográfico talud N° 10.....	78
Figura N° 52 Estación total Sokkia set 5x, levantamiento topográfico talud N° 778	78
Figura N° 53 Levantamiento topográfico talud N° 5.....	79
Figura N° 54 Recolección de muestras cabeza talud N° 8.....	80
Figura N° 55 Recolección de muestras cuerpo talud N° 10.....	81
Figura N° 56 Recolección de muestras pie talud N° 6.....	81
Figura N° 57 Recolección de muestras pie talud N° 10 - Cabeza.....	82
Figura N° 58 Tamizado de la muestra.....	83

Figura N° 59 Granulometría suelo granular talud 9 - cabeza.....	84
Figura N° 60 Humedeciendo la muestra para ensayo de límites.....	84
Figura N° 61 Ensayo del límite líquido en el equipo de Casa Grande.....	85
Figura N° 62 Determinación del límite plástico.....	85
Figura N° 63 Realizando el tallado de la muestra intacta cúbica.....	86
Figura N° 64 Realizando el acabado manual de la muestra.....	87
Figura N° 65 Realizando la medición precisa con el vernier de la muestra.....	87
Figura N° 66 Obteniendo el peso de la muestra.....	88
Figura N° 67 Equipos para realizar los ensayos de corte directo.....	90
Figura N° 68 Muestra ensayada.....	90
Figura N° 69 Extrayendo la muestra del equipo de corte directo.....	91
Figura N° 70 Configuración general del proyecto.....	96
Figura N° 71 Configuración de los métodos de análisis de estabilidad.....	96
Figura N° 72 Extrayendo datos de la sección talud 4, realizando polilíneas.....	97
Figura N° 73 Introducción de coordenadas del perfil del talud.....	98
Figura N° 74 Perfil del talud.....	98
Figura N° 75 Propiedades de los materiales.....	99
Figura N° 76 Propiedades y dimensiones del perfil.....	99
Figura N° 77 Análisis del factor de seguridad.....	100
Figura N° 78 Interpretación de los factores de seguridad – inestable.....	100
Figura N° 79 Informe y cálculos realizados por el programa.....	101
Figura N° 80 Modificación de la topografía del talud 4 – cambio de pendiente.....	102
Figura N° 81 Análisis del nuevo factor de seguridad Método - Bishop Simplificado.....	102
Figura N° 82 Análisis del nuevo factor de seguridad, método - Spencer.....	103
Figura N° 83 Análisis del nuevo factor de seguridad, método – Morgenstern - Prince.....	103
Figura N° 84 Informe y cálculos realizados por el programa.....	104
Figura N° 85 Propiedades de soportes.....	104
Figura N° 86 Colocado de soportes.....	105
Figura N° 87 Análisis de resultados con refuerzos.....	105

Figura N° 88 Informe y cálculos realizados por el programa.....	106
Figura N° 89 Representación gráfica para el método de Bisho simplificado.....	107
Figura N° 90 F.S con el programa Slide = 1,5.....	110
Figura N° 91 Mallas MacMat R1 - GalMac 4R.....	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico N° 1 Clasificación de los taludes.....	12
Gráfico N° 2 Métodos de análisis de estabilidad de taludes.....	34
Gráfico N° 3 Acciones de conservación en taludes.....	43