

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES POR
MÉTODO DE DOVELAS EN LA FALDA LA QUEÑUA (18+019-23+167)”**

Elaborado por:

JAVIER ALEJANDRO HUARACHI MARTINEZ

Trabajo de Tesis presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en **INGENIERÍA CIVIL**.

SEMESTRE II – 2024

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES POR
MÉTODO DE DOVELAS EN LA FALDA LA QUEÑUA (18+019-23+167)”**

Elaborado por:

JAVIER ALEJANDRO HUARACHI MARTINEZ

Proyecto elaborado en la asignatura:

CIV-502 PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II

SEMESTRE II – 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

A mis padres Rolando y Lilian, por haberme forjado con reglas y amor para ser la persona que soy en la actualidad. Gracias por la paciencia que me tuvieron durante este tiempo y la motivación constante que me dieron para alcanzar este sueño.

Por eso doy mi proyecto de grado en ofrenda a la paciencia y amor incondicional de padres, con mucho amor, Javier.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES.	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.	2
1.3. HIPÓTESIS.	3
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	3
1.4.1. Situación problemática.	3
1.4.2. Formulación del problema.	5
1.5. OBJETIVOS.	5
1.5.1. Objetivo general.	5
1.5.2. Objetivos específicos.	5
1.6. ALCANCE DEL ESTUDIO.	5

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN DE ESTABILIDAD.	7
2.2. DEFINICIÓN DE TALUD.	7
2.3. TIPO DE TALUDES.	8
2.3.1. Taludes naturales.	8
2.3.2. Taludes artificiales.	8
2.4. PARTES DE UN TALUD.	8
2.5. DEFINICIÓN DE DESLIZAMIENTO.	10
2.5.1. Deslizamiento superficial (reptación creep).	10
2.6. PARTES DE UN DESLIZAMIENTO.	11
2.7. FACTORES QUE INFLUENCIAN EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES.	13

2.7.1.	Factores geométricos.	13
2.7.2.	Factores geológicos.....	14
2.7.3.	Factores hidrológicos e hidrogeológicos.	15
2.7.4.	Factores geotécnicos.	16
2.8.	FACTOR DE SEGURIDAD.....	18
2.8.1.	Angulo de fricción.	21
2.8.2.	Cohesión.	21
2.8.3.	Factor de seguridad método de dovelas.	22
2.9.	MÉTODO PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES.	23
2.9.1.	Modificación de la geometría del talud.	24
2.9.2.	Proceso constructivo de modificación geométrico del talud.	26
2.9.3.	Geomalla reforzada.....	26
2.9.4.	Proceso constructivo implementación de geomalla reforzada.....	27
2.10.	DETERMINACIÓN DEL F.S. A PARTIR DEL SOFTWARE (SLIDE 6.0).	28

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRACTICA SOBRE LA ESTABILIDAD DE TALUDES TRAMO COCHAS – FALDA LA QUEÑUA

3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.	34
3.2.	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	36
3.3.	TRABAJO DE CAMPO.....	37
3.3.1.	Levantamiento topográfico.	37
3.3.2.	Recolección de muestras de suelo.....	39
3.4.	TRABAJO DE LABORATORIO Y GABINETE.....	41
3.4.1.	Granulometría.	41
3.4.2.	Contenido de humedad.	45
3.4.3.	Límites de Atterberg.	46

3.4.4.	Clasificación de los suelos.....	50
3.4.5.	Peso específico.....	51
3.4.6.	Corte directo.....	54
3.5.	DETERMINACIÓN DEL F.S. EN EL TRAMO DE ESTUDIO.....	60
3.5.1.	Cálculo del F.S. talud 1.....	64
3.5.2.	Cálculo del F.S. talud 2.....	65
3.5.3.	Cálculo del F.S. talud 3.....	66
3.5.4.	Cálculo del F.S. talud 4.....	67
3.5.5.	Cálculo del F.S. talud 5.....	68
3.5.6.	Cálculo del F.S. talud 6.....	69
3.5.7.	Cálculo del F.S. talud 7.....	70
3.5.8.	Cálculo del F.S. talud 8.....	71
3.5.9.	Cálculo del F.S. talud 9.....	72
3.5.10.	Cálculo del F.S. talud 10.....	73
3.6.	MODIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS TALUDES – ALTERNATIVA 1. .	74
3.6.1.	Modificación geométrica talud 1.	75
3.6.2.	Modificación geométrica talud 2.	76
3.6.3.	Modificación geométrica talud 3.	77
3.6.4.	Modificación geométrica talud 4.	78
3.6.5.	Modificación geométrica talud 5.	79
3.6.6.	Modificación geométrica talud 6.	80
3.6.7.	Modificación geométrica talud 7.	81
3.6.8.	Modificación geométrica talud 8.	82
3.6.9.	Modificación geométrica talud 9.	83
3.6.10.	Modificación geométrica talud 10.	84

3.7. TALUDES CON IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLA REFORZADA – ALTERNATIVA 2.....	85
3.7.1. Implementación de geomalla reforzada talud 1	86
3.7.2. Implementación de geomalla reforzada talud 2	87
3.7.3. Implementación de geomalla reforzada talud 9	88

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.....	90
4.2. RECOMENDACIONES.....	90

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO 1 DOCUMENTACIÓN

ANEXO 2 CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

ANEXO 3 PRECIO UNITARIO

ANEXO 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE GEOMALLA

ANEXO 5 FOTOS

ANEXO 6 PLANOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Figura 1.1 Ubicación de área de estudio	4
Figura 2.1 Partes de un talud.....	8
Figura 2.2 Esquema de un proceso de reptación.....	10
Figura 2.3 Partes de un deslizamiento	11
Figura 2.4 Aspectos geológicos	14
Figura 2.5 Talud sometido a lluvia	15
Figura 2.6 Fuerzas debidas a la gravedad y fuerza provocadas por sismos.....	16
Figura 2.7 Falla de talud	19
Figura 2.8 División de un deslizamiento en rebanadas método de equilibrio límite	23
Figura 2.9 Estabilización por conformación del taludes y bermas.	24
Figura 2.10 Cálculo de estabilidad en 2D con el programa Slide 6.0.....	29
Figura 2.11 Superficies potenciales de falla	30
Figura 2.12 Materiales de un talud.....	31
Figura 2.13 Cargas externas de un talud	31
Figura 2.14 Métodos de análisis en Slide 6.0	32
Figura 2.15 Condiciones de agua en Slide 6.0	32
Figura 2.16 Propiedades de dovelas.....	33
Figura 3.1 Mapa político de departamento de Tarija	34

Figura 3.2 Mapa de la provincia Méndez Tarija.....	35
Figura 3.3 Tramo de estudio	36
Figura 3.4 Mapa topográfico zona de estudio.....	37
Figura 3.5 a) "GPS" Instrumento geodésico b) Estación total SOKKIA SET 5X.....	38
Figura 3.6 Recolección de muestra de suelos del talud a) Pie b) Cuerpo c) Cabeza	39
Figura 3.7 a) Cuarteo de suelo b) Lavado de suelo por tamiz N° 200	42
Figura 3.8 Serie de tamices	42
Figura 3.9 Curva granulométrica Talud 1 P-1	43
Figura 3.10 Contenido de humedad talud N°1 P1	45
Figura 3.11 Límite líquido (Copa Casagrande)	47
Figura 3.12 Curva gráfica de límite líquido	47
Figura 3.13 Límite plástico	48
Figura 3.14 Calibración de frasco volumétrico.....	52
Figura 3.15 Tamizado de suelo	52
Figura 3.16 Baño María (Caliente y Frio)	52
Figura 3.17 Calibración de frasco volumétrico	53
Figura 3.18 Caja de corte y pisón pequeño	55
Figura 3.19 Caja de corte – Pesas	55
Figura 3.20 Equipo de corte directo	56
Figura 3.21 Muestra de suelo húmeda - seca.....	56

Figura 3.22	Cohesión y ángulo de fricción	58
Figura 3.23	Configuración general del proyecto	60
Figura 3.24	Coordenadas de perfil más crítico del talud	61
Figura 3.25	Perfil del talud	61
Figura 3.26	Propiedades de los materiales	62
Figura 3.27	Propiedades y dimensiones del talud.....	62
Figura 3.28	Factor de seguridad de talud 1	63
Figura 3.29	Análisis de talud 1	64
Figura 3.30	Análisis de talud 2	65
Figura 3.31	Análisis de talud 3.....	66
Figura 3.32	Análisis de talud 4.....	67
Figura 3.33	Análisis de talud 5.....	68
Figura 3.34	Análisis de talud 6.....	69
Figura 3.35	Análisis de talud 7	70
Figura 3.36	Análisis de talud 8	71
Figura 3.37	Análisis de talud 9	72
Figura 3.38	Análisis de talud 10.....	73
Figura 3.39	Análisis de nueva sección talud 1	75
Figura 3.40	Análisis de nueva sección talud 2	76
Figura 3.41	Análisis de nueva sección talud 3	77

Figura 3.42 Análisis de nueva sección talud 4	78
Figura 3.43 Análisis de nueva sección talud 5	79
Figura 3.44 Análisis de nueva sección talud 6	80
Figura 3.45 Análisis de nueva sección talud 7	81
Figura 3.46 Análisis de nueva sección talud 8	82
Figura 3.47 Análisis de nueva sección talud 9	83
Figura 3.48 Análisis de nueva sección talud 10	84
Figura 3.49 Análisis de implementación de geomalla talud 1.....	86
Figura 3.50 Análisis de implementación de geomalla talud 2.....	87
Figura 3.51 Análisis de implementación de geomalla talud 9.....	88
Figura 3.52 Factores de seguridad con implementación de geomalla reforzada	89

ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Página</u>
Tabla 2.1 Ángulo de fricción interna de algunos suelos	21
Tabla 2.2 Cohesión de suelos.....	22
Tabla 2.3 Factores típicos en geomalla reforzada MacMat R1.....	27
Tabla 3.1 Coordenadas de tramo de estudio	36
Tabla 3.2 Coordenadas de los taludes	38
Tabla 3.3 Perfil de talud 1	39
Tabla 3.4 Coordenadas de pozos de muestreo	40
Tabla 3.5 Granulometría Talud 1 P-1.....	43
Tabla 3.6 Resultados de granulometría.....	44
Tabla 3.7 Contenido de humedad Talud 1 P-1.....	45
Tabla 3.8 Resultados de contenido de humedad	46
Tabla 3.9 Determinación de Límite Líquido	47
Tabla 3.10 Determinación del Límite Plástico.....	48
Tabla 3.11 Resultados de límites de Atterberg Talud 1 P-1.....	48
Tabla 3.12 Resultados de Límites de Atterberg	49
Tabla 3.13 Clasificación de suelos Talud 1 P-1	50
Tabla 3.14 Resultados de clasificación	51
Tabla 3.15 Valores de calibración de frasco	53

Tabla 3.16	Peso específico Talud 1 P-1	53
Tabla 3.17	Resultados de peso específico	54
Tabla 3.18	Valores para determinar cohesión y ángulo de fricción	57
Tabla 3.19	Esfuerzo normal y de corte	58
Tabla 3.20	Cálculo de cohesión y esfuerzo de corte	58
Tabla 3.21	Resultados de corte directo	59
Tabla 3.22	Datos de talud 1	64
Tabla 3.23	Datos de talud 2	65
Tabla 3.24	Datos de talud 3	66
Tabla 3.25	Datos de talud 4	67
Tabla 3.26	Datos de talud 5	68
Tabla 3.27	Datos de talud 6	69
Tabla 3.28	Datos de talud 7	70
Tabla 3.29	Datos de talud 8	71
Tabla 3.30	Datos de talud 9	72
Tabla 3.31	Datos de talud 10	73
Tabla 3.32	Factores de seguridad de las secciones actuales de los taludes	74
Tabla 3.33	Factores de seguridad con cambio de la geometría de los taludes	85
Tabla 3.34	Presupuesto general Geomalla reforzada	89