

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE REFUERZO EN TALUDES APLICANDO
H° LANZADO, HIDROSIEMBRA Y BULONES EN EL TRAMO PTE.**

JARCAS - PIEDRA LARGA

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

ELABORADO POR:

ORTEGA ARMELLA JAVIER ADOLFO

SEMESTRE I – 2025

TARIJA-BOLIVIA

Dedicatoria

*A mi padre, ADOLFO
ORTEGA que ahora habita en
el cielo,
quien con su ejemplo me
enseñó el valor del esfuerzo,
la nobleza del corazón y la
fuerza del silencio.
Aunque su presencia física me
falte, su amor, sus palabras y
su guía viven conmigo en cada
paso que doy.
Este logro es también tuyo.
Gracias, papá, por todo lo que*

ÍNDICE GENERAL

Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Pensamiento.....	iv
RESUMEN.....	v

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3.1. Situación Problemática.....	2
1.3.2. Problema.....	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. HIPÓTESIS	4
1.5.1. Identificación de variables.....	4
1.5.1.1. Variable dependiente.....	4
1.5.1.2. Variable independiente	4
1.6. DISEÑO MÉTODOLÓGICO	5
1.6.1. Unidad	5
1.6.2. Población	5

1.6.3. Muestra	5
1.7. MUESTREO	6
1.8. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS	6
1.8.1. Método inductivo	6
1.9. TÉCNICAS.....	7
1.9.1. Inventariación de los taludes de estudio.....	7
1.9.2. Uso del software SLIDE.....	7
1.10. PROCESO DE APLICACIÓN	8
1.11. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	8

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS TALUDES

2.1. GENERALIDADES	10
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS TALUDES.....	10
2.2.1. Definición de taludes.....	10
2.2.2. Componentes de un talud	12
2.2.3. Taludes en carreteras	14
2.2.4. Propiedades de los taludes	15
2.2.4.1. Cohesión	15
2.2.4.2. Fricción interna	16
2.2.4.3. Resistencia al corte	16
2.2.4.4. Permeabilidad.....	16
2.2.4.5. Presión de poros	17
2.2.4.6. Expansividad.....	18
2.2.4.7. Peso específico	18

2.3. ESTABILIDAD DE LOS TALUDES	18
2.3.1. Estabilidad de taludes en la Carretera al Chaco	20
2.4. FACTOR DE SEGURIDAD	20
2.5. NORMAS Y GUÍAS INTERNACIONALES DE ESTABILIDAD EN TALUDES	22
2.5.1. Métodos clásicos de análisis (referencias técnicas estándar)	23
2.5.2. Normativas en América Latina (Ejemplos relevantes).....	23
2.5.3. Normativa de diseño de estabilidad de taludes en condición sísmica.	24
2.5.3.1. Evaluación del nivel de amenaza sísmica.....	24
2.5.3.2. Tipo y categoría de la obra	24
2.5.3.3. Criterios económicos y de factibilidad	25
2.5.3.4. Análisis por pseudopresión sísmica (cuando sí se aplica).....	25
2.6. PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA ESTABILIDAD DE UN TALUD .	26
2.6.1. Parámetros geológicos.....	26
2.6.1.1. Formación geológica	26
2.6.1.2. Estructura y discontinuidades	26
2.6.1.3. Meteorización.....	27
2.6.2. Parámetros hidrológicos e hidrogeológicos.....	27
2.6.2.1. Características de las lluvias	27
2.6.2.2. Agua superficial o de escorrentía.....	27
2.6.2.3. Agua subterránea.....	27
2.6.3. Parámetros geométricos.....	28
2.6.3.1. Pendiente.....	28
2.6.3.2. Curvatura	29

2.6.3.3. Largo - ancho	29
2.6.3.4. Áreas de infiltración arriba del talud.....	29
2.6.4. Parámetros ambientales y antrópicos	29
2.6.5. Sobrecargas.....	30
2.7. TIPOS DE DESLIZAMIENTOS EN TALUDES	30
2.7.1. Deslizamientos ligados a la estabilidad de las laderas naturales	31
2.7.1.1. Deslizamiento superficial (Creep).....	31
2.7.1.3. Flujos	32
2.7.2. Deslizamientos relacionados a la estabilidad de taludes artificiales	34
2.7.2.1. Deslizamiento rotacional	34
2.7.2.2. Deslizamiento traslacional	34
2.7.3. Derrumbes y caídas	35
2.7.4. Deslizamientos no directamente asociados a la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.....	35
2.8. TIPOS DE ESTABILIZACIÓN	36
2.8.1 Modificación de geometría.....	36
2.8.1.1. La eliminación del terreno.	37
2.8.1.2. El descabezamiento.	37
2.8.1.3. Las bermas.	37
2.9. PROTECCIÓN DE TALUDES.....	38
2.9.1. Definición de protección de taludes	38
2.9.2. Tipos de obras de protección	39
2.9.2.2. Hormigón lanzado	39
2.9.2.2. Protección con mallas de acero.....	43

2.9.2.3. Vegetación (HIDROSIEMBRA)	46
2.9.2.4. Estructuras ancladas (BULONES)	51
2.9.2.5. Geomantas y para el control de erosión.....	53

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOMÉTRICA DE LOS TALUDES

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	56
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	56
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS TALUDES EN ESTUDIO	57
3.3.1. Talud N° 1	57
3.3.2. Talud N° 2.....	58
3.3.3. Talud N° 3.....	58
3.3.4. Talud N° 4.....	58
3.3.5. Talud N° 5.....	58
3.3.6. Talud N° 6.....	59
3.3.7. Talud N° 7.....	59
3.3.8. Talud N° 8.....	59
3.3.9. Talud N° 9.....	59
3.3.10. Talud N° 10.....	60
3.4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	60
3.4.1. Trabajo de campo.....	60
3.4.1.1. Levantamiento topográfico de ubicación de taludes y sus elementos.....	61
3.4.1.2. Recolección de muestras.....	62
3.4.2. Trabajo de laboratorio	62
3.4.2.1. Granulometría	63

3.4.2.2. Límites de Atterberg.....	69
3.4.2.3. El límite plástico	69
3.4.2.4. Clasificación de suelos	70
3.4.2.5. Peso específico	72
3.4.2.6. Ensayo de corte directo.....	74

CAPÍTULO IV

INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1. ECUACIONES DE CADA MÉTODO QUE USA EL SOFTWARE SLIDE PARA EL CÁLCULO MATEMÁTICO DE (FS).....	75
4.1.2 CRITERIO DE MOHR-COULOMB.....	75
4.2.3. DEFINICIÓN GENERAL DEL FACTOR DE SEGURIDAD (FS)	75
4.2.4 MÉTODOS DE CÁLCULO EN SLIDE (todos basados en Mohr-Coulomb) ..	76
4.2.4.1. Método de Bishop Simplificado	76
4.2.4.2. Método de Janbu Simplificado	76
4.2.4.3. Método de Spencer.....	76
4.2.4.4. Método de Morgenstern-Price	77
4.2.4.5. GLE (General Limit Equilibrium).....	77
4.2.5. APLICANDO REFUERZOS DE HORMIGON LANZADO HIDROSIEMBRA Y BULONES PARA CADA MÉTODO	77
4.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD CON PROGRAMA SLIDE 6.0.....	79
4.3. RESULTADOS DE FACTOR DE SEGURIDAD SIN REFUERZO	83
4.3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE LOS REFUERZOS	84
4.3.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO CON BULONES.....	84
4.3.1.1. Cálculo de FS con refuerzo de bulones	84

4.3.1.2. Resultados de cálculo de FS con refuerzo de bulones.....	87
4.3.1.3. Costo de los bulones en los taludes.....	88
4.3.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO CON HIDROSIEMBRA	88
4.3.2.1 Cálculo del FS con refuerzo de hidrosiembra.....	88
4.3.2.2 Resultados de cálculo de FS con refuerzo Hidrosiembra	91
4.3.2.3 Costo de hidrosiembra en los taludes.....	91
4.3.3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO CON HORMIGON LANZADO	92
4.3.3.1. Cálculo del FS con refuerzo de hormigón lanzado	93
4.3.3.2. Resultados de cálculo de FS con refuerzo de hormigón lanzado	94
4.3.3.3. Costo de Hormigón Lanzado en los taludes	95
4.4. ANÁLISIS TECNICO Y ECONOMICO DE LOS RFUERZOS	96
4.4.1. ANÁLISIS TÉCNICO	96
4.4.2. ANALIS ECONÓMICO	98
4.4.3 COMPARACION TECNICA Y ECONOMICA DE APLICACIÓN DE REFUERZO EN CADA TALUD DE ESTUDIO.....	99
4.4.4 COMPARACION ECONOMICA TOTAL DE REFUERZOS SELECCIONADOS PARA CADA TALUD ESTUDIADO.....	101

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	102
5.2. RECOMENDACIONES	103

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO 1.....	INFORME FOTOGRÁFICO DE LOS TALUDE
ANEXO 2.....	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y PLANOS

ANEXO 3..... ..INFORME FOTOGRÁFICO LEVANTAMIENTO
DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO 4.....MM....PLANILLAS DE CÁLCULO DE LABORATORIO

ANEXO 5.....,PRECIOS UNITARIOS

ANEXO 6.....COMPARACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DE CADA TALUD

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1	Conceptualización y operacionalización de las variables.....	4
Tabla 2. 1	Métodos de análisis de estabilidad de taludes.....	21
Tabla 2. 2	Métodos dentro del LEM.....	23
Tabla 2. 3	Valores de FS en Bolivia	24
Tabla 2. 4	Factores de seguridad típicos según condición en Chile	25
Tabla 2. 5	Características hormigón lanzado.	40
Tabla 2. 6	Ventajas y desventajas del hormigón lanzado	43
Tabla 2. 7	Especies vegetales recomendadas en Bolivia	46
Tabla 2. 8	Ventajas y desventajas de los diversos tipos de planta.....	50
Tabla 2. 9	Ventajas y desventajas de la hidrosiembra	51
Tabla 2. 10	Características de los principales tipos de bulones.....	51
Tabla 2. 11	Ventajas y desventajas de los Bulones.	52
Tabla 3. 1	Levamiento topográfico.....	61
Tabla 3. 2	Granulometría Talud 1.....	64
Tabla 3. 3	Granulometría Talud 2.....	64
Tabla 3. 4	Granulometría Talud 3.....	65
Tabla 3. 5	Granulometría Talud 4.....	65
Tabla 3. 6	Granulometría Talud 5.....	66
Tabla 3. 7	Granulometría Talud 6.....	66
Tabla 3. 8	Granulometría Talud 7.....	67
Tabla 3. 9	Granulometría Talud 8.....	67
Tabla 3. 10	Granulometría Talud 9.....	68
Tabla 3. 11	Granulometría Talud 10.....	68
Tabla 3. 12	Resultado de límites.....	69
Tabla 3. 13	Clasificación, símbolos y descripción	71
Tabla 3. 14	Resultado de clasificación de suelos	72
Tabla 3. 15	Resultado de los pesos específicos	73
Tabla 3. 16	Resultado de corte directo.....	74

Tabla 4. 2	Factor de seguridad más desfavorable.....	83
Tabla 4. 3	Parámetros de diseño con Bulones.....	84
Tabla 4. 4	Datos para el cálculo de FS con bulones	84
Tabla 4. 5	FS con refuerzo de bulones.....	87
Tabla 4. 6	Precio unitario de m ² de refuerzo por bulones.....	88
Tabla 4. 7	Propiedades geotécnicas de la hidrosiembra.....	89
Tabla 4. 8	FS con refuerzo de Hidrosiembra.....	91
Tabla 4. 9	Precio unitario por m ² de refuerzo por hidrosiembra	91
Tabla 4. 10	Propiedades del Hormigón Lanzado y Fuentes Técnicas	92
Tabla 4. 11	FS con refuerzo de Hormigón Lanzado.....	94
Tabla 4. 12	Precio unitario por m ² de refuerzo por Hormigón lanzado.....	95
Tabla 4. 13	Precio unitario de los refuerzos de taludes	98
Tabla 4. 14	Elección de refuerzo aplicado en cada talud.....	99
Tabla 4. 15	Comparación económica de los refuerzos seleccionados	101

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. 1	Diagrama de flujo	8
Figura 2. 1	Nomenclatura de taludes y laderas	11
Figura 2. 2	Nomenclatura de taludes y laderas	12
Figura 2. 3	Componentes de un talud	13
Figura 2. 4	Nomenclatura usada para describir taludes	14
Figura 2. 5	Signos de deslizamiento superficial o Creep	31
Figura 2. 6	Falla descrita en una ladera natural	32
Figura 2. 7	Flujo en materiales secos.....	33
Figura 2. 8	Flujo en materiales húmedos	33
Figura 2. 9	Deslizamiento rotacional típico	34
Figura 2. 10	Deslizamiento traslacional.....	35
Figura 2. 11	Estabilización usando ganchos en la malla.	45
Figura 2. 12	Protección con malla.	45
Figura 2. 13	Refuerzo de superficie de falla por las raíces de los árboles.	47
Figura 2. 14	Tipos de anclaje de la superficie de falla por acción de las raíces.....	48
Figura 2. 15	Esquema de estructuras ancladas.	52
Figura 2. 16	Geomantas MacMat®	55
Figura 3. 1	Ubicación geográfica de los taludes de estudio	56
Figura 3. 1	Ubicación geográfica de los taludes de estudio	46
Figura 4. 1	Configuración general del proyecto	80
Figura 4. 2	Introducción de coordenadas del perfil del talud.....	81
Figura 4. 3	Propiedades de los materiales.....	82
Figura 4. 4	Interpretación de los resultados	83
Figura 4. 5	Propiedades de soportes	85
Figura 4. 6	Colocado de soportes de refuerzos	86
Figura 4. 7	Análisis de resultados con refuerzos.....	87
Figura 4. 8	Análisis de estabilidad con refuerzo de Hidrosiembra.....	90
Figura 4. 9	Resultados de FS con refuerzo de Hidrosiembra.....	90

Figura 4. 10 Análisis de FS con refuerzo de Hormigón Lanzado	93
Figura 4. 11 Resultados de FS con refuerzo de Hormigón Lanzado	94
Figura 4. 12 Factor de seguridad de taludes con refuerzo (Bulones, Hidrosiembra y H° Lanzado)	96
Figura 4. 13 Porcentaje de incremento del FS de los taludes con refuerzo	97
Figura 4. 14 Grafica de precios unitarios de los refuerzos de taludes	98
Figura 4. 15 Grafica de comparación de costo total de inversión del proyecto de los refuerzos de taludes	101