

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO MODELOS DE:
ÁBACOS DE TAYLOR Y JAMBU EN LA AVENIDA DE LA
INTEGRACIÓN CIUDAD DE TARIJA

Por:

RICARDO CATA MANGUIA

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.

SEPTIEMBRE DE 2013

TARIJA – BOLIVIA

VºBº

.....
MSc. Ing. Grover Torres Ibieta
TUTOR GUÍA

.....
MSc. Lic. Gustavo Succi A.

**DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

.....
MSc. Lic. Marlene Hoyos Montesinos

**DIRECTORA
P. E. T.**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Wilson Yucra R.

.....
Ing. Alcides Melean K.

El tribunal calificador del presente Trabajo de Tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

A mis padres Ciro y Elsa, por el esfuerzo y ayuda incalculable, por guiarme en el camino de la superación y ser constante motivación en la conclusión del presente trabajo.

A mi hijo Javier, por ser inspiración para lograr este objetivo.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, por haberme dado la dicha de alcanzar una profesión, sin su voluntad y su bendición nada es realidad.

A mi familia por su paciencia, a mis hermanos, por el apoyo y compañía incondicional, por los consejos y deseos llenos de esperanza que me supieron brindar a lo largo de estos años.

A mi Tutor Guía Ing. Grover Torres Ibieta por el apoyo desinteresado durante la realización y revisión de este trabajo.

PENSAMIENTO:

“Como el camino está lleno de espinas, Dios ha dado al hombre tres dones: la sonrisa, el sueño y la esperanza” Immanuel Kant.

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

| | Página |
|---|---------------|
| 1.1 GENERALIDADES | 1 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN | 2 |
| 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.4 OBJETIVOS | 3 |
| 1.4.1 Objetivo General..... | 3 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos..... | 4 |
| 1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO | 4 |

CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 2.1 GENERALIDADES | 6 |
| 2.2 CONCEPTOS DE TALUDES | 7 |
| 2.2.1 Talud en Corte..... | 9 |
| 2.2.2 Talud en Relleno..... | 10 |
| 2.3 DESLIZAMIENTOS | 11 |
| 2.3.1 Deslizamiento o Movimiento en masa típico..... | 11 |
| 2.3.1.1 Partes de un Deslizamiento..... | 12 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.3.2 | Aspectos que influyen en un Deslizamiento..... | 15 |
| 2.4 | CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA..... | 15 |
| 2.4.1 | Aumento de Esfuerzos Cortantes..... | 15 |
| 2.4.2 | Disminución de la Resistencia al Corte..... | 16 |
| 2.5 | CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLAS DE TALUDES..... | 16 |
| 2.5.1 | Caídas o Desprendimientos..... | 17 |
| 2.5.2 | Derrumbes..... | 19 |
| 2.5.2.1 | Derrumbes Planares..... | 19 |
| 2.5.2.2 | Derrumbes Rotacionales..... | 20 |
| 2.5.2.3 | Desparramamiento Lateral y Falla progresiva..... | 22 |
| 2.5.2.4 | Deslizamiento de Escombros..... | 23 |
| 2.5.3 | Avalanchas..... | 23 |
| 2.5.4 | Flujo de Escombros..... | 23 |
| 2.5.5 | Repteo..... | 24 |
| 2.6 | FACTORES INFLUYENTES EN LA INESTABILIDAD DETALUDES | 24 |
| 2.6.1 | Antecedentes Históricos..... | 24 |
| 2.6.2 | Geología de la Región..... | 25 |
| 2.6.2.1 | Taludes Escarpados..... | 25 |
| 2.6.2.2 | Acantilados y bancos bajo la acción de corrientes que- | 26 |
| 2.6.2.3 | Aéreas de concentración de Drenaje y Filtración..... | 26 |
| 2.6.2.4 | Áreas de Terreno Ondulado..... | 26 |
| 2.6.2.5 | Áreas de Concentración de Fracturas..... | 27 |
| 2.6.3 | Topografía y Estabilidad..... | 27 |
| 2.6.3.1 | Efecto de la Resistencia del suelo y la Pendiente del Talud..... | 28 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.6.4 | Pluviosidad..... | 28 |
| 2.6.5 | Erosión..... | 29 |
| 2.6.6 | Licuefacción debida a las Acciones Sísmicas..... | 30 |
| 2.6.6.1 | Generalidades..... | 30 |
| 2.6.6.2 | Causas u Origen..... | 30 |
| 2.6.6.2.1 | Parámetros Relevantes..... | 31 |
| 2.7 | CARACTERIZACION DEL TALUD ENSAYOS..... | 32 |
| 2.7.1 | Perforaciones..... | 32 |
| 2.7.2 | Calicatas..... | 32 |
| 2.7.3 | Ensayos de Campo..... | 33 |
| 2.7.4 | Ensayos de Laboratorio..... | 34 |
| 2.7.4.1 | Ensayos de Clasificación..... | 34 |
| 2.7.4.2 | Ensayos de Resistencia..... | 35 |
| 2.7.5 | Muestreo..... | 35 |
| 2.7.6 | Instrumentación..... | 35 |
| 2.7.6.1 | Inclinómetros..... | 36 |
| 2.7.6.2 | Piezómetros..... | 36 |
| 2.8 | EVALUACION DE LA ESTABILIDAD DE UN TALUD..... | 37 |
| 2.8.1 | Concepto de Factor de Seguridad..... | 37 |
| 2.8.2 | Determinación de la Resistencia del Suelo..... | 41 |
| 2.8.3 | Comportamiento drenado vs no-drenado..... | 41 |
| 2.8.4 | Resistencia al Corte en suelos Granulares..... | 42 |
| 2.8.5 | Resistencia al Corte en Arcillas sobre Consolidadas..... | 42 |
| 2.8.6 | Resistencia al Corte en Limos y Arcillas blandas..... | 42 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 2.9 | METODOS PARA LA ESTABILIZACION DE UN TALUD..... | 43 |
| 2.9.1 | METODOS DE CÁLCULO DE ESTABILIZACION DE TALUDES. | 44 |
| 2.9.1.1 | MODELO DE ABACOS DE TAYLOR..... | 46 |
| 2.9.1.2 | MODELO DE ABACOS DE JAMBU..... | 50 |
| 2.9.1.3 | ANALISIS DE APLICABILIDAD DE MODELOS..... | 57 |

CAPITULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

| | | |
|------------|--|------------|
| 3.1 | UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL TRAMO..... | 60 |
| 3.2 | CARACTERISTICAS DE LA ZONA..... | 63 |
| 3.2.1 | Topografía..... | 63 |
| 3.2.2 | Geología..... | 64 |
| 3.2.3 | Erosión..... | 65 |
| 3.3 | METODOLOGIA DEL ESTUDIO..... | 67 |
| 3.3.1 | Trabajo de Laboratorio..... | 71 |
| 3.3.2.1 | Calculo de la Altura Crítica del Talud..... | 101 |
| 3.3.2.2 | Calculo del FS mediante Modelos de Ábacos de Taylor..... | 103 |
| 3.3.2.3 | Calculo del FS mediante Modelos de Ábacos de Jambu..... | 107 |
| 3.3.2.4 | Comparación entre Modelos de Ábacos de Taylor y Jambu..... | 111 |
| 3.4 | ANALISIS UNITARIOS DE COSTOS..... | 112 |
| 3.4.1 | Ítem: Movimiento de Tierra..... | 112 |
| 3.5 | COMPARACION DE COSTOS..... | 113 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.5.1 | Mediante los Modelos de Ábacos de Taylor..... | 113 |
| 3.5.2 | Mediante los Modelos de Ábacos de Jambu..... | 115 |

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | | |
|------------|-----------------------------------|------------|
| 4.1 | CONCLUSIONES..... | 117 |
| 4.2 | RECOMENDACIONES..... | 118 |
| | BIBLIOGRAFIA y ANEXOS..... | 119 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | Pág. |
|-----------------------|---|-------------|
| Figura II - 1 | Nomenclatura de taludes y laderas..... | 8 |
| Figura II - 2 | Partes de un Deslizamiento..... | 12 |
| Figura II - 3 | Dimensiones de los movimientos en Masa de acuerdo a IAEG. | 14 |
| Figura II - 4 | Desprendimientos de Bloques..... | 17 |
| Figura II - 5 | Volcamiento de Bloques..... | 18 |
| Figura II - 6 | Deslizamiento Planar en macizo rocoso..... | 19 |
| Figura II - 7 | Deslizamiento en forma de cuña..... | 20 |
| Figura II - 8 | Derrumbe Rotacional..... | 21 |
| Figura II - 9 | Desparramamiento lateral..... | 22 |
| Figura II - 10 | Principio de los Métodos de Rebanadas..... | 45 |
| Figura II - 11 | Ábaco de Taylor (cohesivos)..... | 47 |
| Figura II - 12 | Abaco de Taylor para Φ | 49 |
| Figura II - 13 | Variables de Talud..... | 50 |
| Figura II - 14 | Coordenada X_o para el círculo critico (Jambu1968)..... | 51 |
| Figura II - 15 | Coordenada Y_o para el círculo critico (Jambu1968)..... | 52 |
| Figura II - 16 | Grafica para obtener μ_q cuando el círculo pasa por la base..... | 53 |
| Figura II - 17 | Grafica para obtener μ_q cuando el círculo pasa por el pie..... | 54 |
| Figura II - 18 | Factor de reducción por carga adicional para tablas de Jambu... | 54 |
| Figura II - 19 | Factor de reducción por grieta de tracción sin presión hidrostática (Jambu)..... | 55 |
| Figura II - 20 | Número de Estabilidad..... | 56 |
| Figura III - 1 | Procedimiento para Limite Plástico..... | 83 |

| | | |
|-----------------------|--|-----|
| Figura III - 2 | Disposición de la Muestra, Fuerza y Desplazamiento..... | 88 |
| Figura III - 3 | Representacion Grafica de σ vs τ | 90 |
| Figura III - 4 | Determinación de Volúmenes de Modelos de Ábacos de Taylor..... | 114 |
| Figura III - 5 | Determinación de Volúmenes de Modelos de Ábacos de Jambu..... | 115 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla II - 1 Estabilidad y Refuerzo de Taludes..... | 40 |
| Tabla II - 2 Tabla de Terzagui y Peck (1967)..... | 43 |
| Tabla II - 3 Parámetros de Aplicabilidad..... | 59 |
| Tabla III - 1 Datos del Talud..... | 67 |
| Tabla III - 2 Resumen del cálculo de FS por Taylor..... | 106 |
| Tabla III - 3 Resumen del cálculo de FS por Jambu..... | 110 |
| Tabla III - 4 Comparación de FS Ábacos de Taylor y Jambu..... | 111 |
| Tabla III - 5 Presupuesto Modelos de Ábacos de Taylor..... | 114 |
| Tabla III - 6 Presupuesto por Modelos de Ábacos de Jambu..... | 116 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Fotografía II – 1 Ladera (forma Natura)..... | 6 |
| Fotografía II – 2 Corte (intervención humana)..... | 6 |
| Fotografía II – 3 Relleno o terraplén (intervención humana)... .. | 6 |
| Fotografía III – 1 Emplazamiento zona de Estudio..... | 62 |
| Fotografía III – 2 Degradación por erosión..... | 65 |
| Fotografía III – 3 Desprendimiento de Talud..... | 66 |
| Fotografía III – 4 Medición de la Pendiente del Talud..... | 68 |
| Fotografía III – 5 Medición de la Longitud del Talud..... | 68 |
| Fotografía III – 6 Medición de la Altura del Talud..... | 69 |
| Fotografía III - 7 Recolección de muestra de la Cabeza del Talud..... | 69 |
| Fotografía III – 8 Recolección de muestra cuerpo del Talud..... | 70 |
| Fotografía III – 9 Recolección de muestra Pie del Talud..... | 70 |
| Fotografía III – 10 Método del lavado..... | 73 |
| Fotografía III – 11 Juego de Tamices..... | 73 |
| Fotografía III – 12 - 13 Material en el tamiz N° 200..... | 74 |
| Fotografía III - 14 Tamizado de la Muestra..... | 75 |
| Fotografía III – 15 Pesado de la Muestra..... | 75 |
| Fotografía III – 16 -17 Equipo Utilizado..... | 77 |
| Fotografía III – 18 Limite Liquido..... | 78 |
| Fotografía III – 19 – 20 Colocado de la muestra al equipo..... | 79 |
| Fotografía III – 21 Procedimiento para el límite liquido..... | 79 |
| Fotografía III – 22 Proceso de sacado de la muestra..... | 80 |

| | | |
|---------------------------------|---|----|
| Fotografía III – 23 | Toma de la muestra..... | 81 |
| Fotografía III – 24 | Espécimen en las capsulas..... | 81 |
| Fotografía III – 25 – 26 | Amasado de la muestra..... | 83 |
| Fotografía III – 27 – 28 | Muestra dentro del Horno..... | 88 |
| Fotografía III – 29 | Muestra de suelo sobre la Hornalla..... | 89 |
| Fotografía III – 30 | Muestra de suelo con Alcohol..... | 90 |
| Fotografía III – 31 | Espécimen dentro del frasco..... | 93 |
| Fotografía III – 32 | Proceso de pesaje..... | 94 |
| Fotografía III – 33 | Proceso de enfriamiento..... | 95 |
| Fotografía III – 34 | Ensayo de Corte Directo..... | 97 |
| Fotografía III – 35 | Preparación de Especímenes..... | 98 |
| Fotografía III – 36 | Especímenes después de la Prueba..... | 98 |
| Fotografía III – 37 | Toma de datos del ensayo..... | 98 |

ÍNDICE DE MAPAS

| | Página |
|---|---------------|
| Mapa III - 1 Departamento de Tarija..... | 60 |
| Mapa III – 2 Municipio de Cercado..... | 61 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo I** Memoria de Calculo
- Anexo II** Precio Unitario
- Anexo III** Tabla de Clasificación de Fallas