

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

**COMPARACIÓN METODOLÓGICA DE SOFTWARE DE
CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES**

Por:

MIRTHA CELINDA LEÓN APARICIO

Tesis, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Noviembre, 2010

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

Msc. Ing. Gloria Isla Llanos
TUTOR

Msc. Ing. Luis Alberto Yurquina
DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

MSc. Lic. Marlene Hoyos
Directora "P.E.T."

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Sergio Brozovich

Ing. Rita Verónica Castro.

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del (la) autor (a).

Dedicado a:

A la memoria de mi padre, ejemplo de perseverancia y dedicación, y a mis hijos Beatriz Andrea y Gustavo Tomás cuyo tiempo he sacrificado para la realización de este trabajo.

Agradecimientos a:

A Dios por cuya voluntad he logrado todas mis metas, y a mis padres por brindarme cariño y apoyo, y cuyos valores me han permitido formarme como persona y profesional.

ÍNDICE	Pag.
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 ALCANCE	3
2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	5
2. PROPIEDADES DE LOS SUELOS	5
2.1.1 Naturaleza y origen de los suelos	6
2.1.2 Física de los suelos	8
2.1.3 Compacidad de los suelos	10
2.1.4 Características de las partículas de un suelo	11
2.1.4 Estructuración de los suelos	13
2.1.5 Plasticidad de un suelo	14
2.1.6 Clasificación de suelos	15
2.1.6.1 Clasificación de suelos AASHO	15
2.1.6.2 Sistema unificado de clasificación de los suelos (S.U.C.S)	18
2.2 Resistencia al esfuerzo cortante	21
2.2.1 Tensión y deformación de los suelos	22
2.2.2 Compresibilidad de los suelos granulares	29
2.2.3 Compresibilidad de los suelos cohesivos	30
2.2.4 Resistencia al esfuerzo cortante de los suelos	32
2.2.5 Condiciones de rotura de los suelos. Diagrama de Mohr	33
2.2.6 Angulo de fricción interna y cohesión del suelo	40
2.2.7 Resistencia al corte en suelos granulares	41
2.2.8 Resistencia al corte en suelos cohesivos	43
2.2.8.1 Arcillas inalteradas normalmente consolidadas de sensibilidad baja o moderada	43
2.2.8.2 Suelos no saturados	47
2.3 DISEÑO DE TALUDES	49
2.3.1 Definición de talud	49
2.3.2 Definición de estabilidad	51
2.3.3 Pendiente del talud	52
2.3.4 Taludes de pendiente combinada	54
2.3.5 Criterios generales para el diseño de pendientes	55
2.3.6 Taludes en relleno	57
2.3.7 Protección de la superficie del talud	58
2.3.8 Protección de los taludes de las carreteras	59
2.4 TIPOS DE FALLAS EN TALUDES	61
2.4.1 Deslizamientos	62
2.4.1.1 Factores condicionantes en un deslizamiento	64
2.4.2.1 Falla rotacional	66
2.4.2.2 Falla traslacional	66

2.4.3 Flujos	68
2.4.4 Fallas por erosión	69
2.4.5 Fallas por licuación	70
3. CAPÍTULO III: INGENIERÍA DEL PROYECTO	72
3.1 MÉTODOS DE CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES	72
3.1.1 Métodos de cálculo en deformaciones	74
3.1.2 Métodos de equilibrio límite	75
3.1.2.1 Roturas planas (Método de la cuña)	78
3.1.2.2 Roturas circulares	80
3.1.2.2.1 Método del Círculo de rozamiento.....	80
3.1.2.3 Método de Valle Rodas.....	82
3.1.3 Método de Bishop Simplificado	83
3.1.4 Método de las dovelas de Fellenius	85
3.1.5 Método de Morgentern-Price.....	86
3.2 Software de cálculo de estabilidad de taludes	89
3.2.2. Software Slide 5.0	89
3.2.2.1. Análisis de estabilidad en taludes.-	89
3.2.2.2. Características:.....	90
3.2.3. Software MACSTARS. 2000.....	98
3.2.3.1 Propiedades de programa	99
3.3 Comparación metodológica de software de cálculo de estabilidad de taludes.	114
3.3.1 Ejemplo 1	114
3.3.2 Ejemplo 2	117
3.3.3 Ejemplo 3	119
3.3.4 Ejemplo 4	124
3.3.5 Ejemplo 5	127
3.3.6 Ejemplo 6	131
3.4. Resultados Obtenidos.-	142
4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
BIBLIOGRAFÍA	152

ÍNDICE DE CUADROS

Pag.

Cuadro 2.1: Clasificación de las partículas	12
Cuadro 2.2 Sistema de clasificación AASHTO	17
Cuadro 2.3 Pendientes típicas para taludes en corte de carreteras	53
Cuadro 2.4 Pendientes típicas para taludes en relleno	58
Cuadro 3.1 Métodos de cálculo de estabilidad	74
Cuadro 3.2 Método de la cuña	76
Cuadro 3.3 propiedades mecánicas de los suelos	143
Cuadro 3.4 Resumen de resultados	145
Cuadro 4.1 Resumen de resultados	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Pag.

Fig. 2.1 Esquema de una muestra de suelo.....	9
Fig 2.2 Clasificación de suelos AASHTO	18
Fig. 2.3 Tensión deformación	23
Fig. 2.4 Pruebas de tensión- deformación de los suelos	24
Fig.2.5 Detalle de la celda para ensayo triaxial.....	25
Fig.2.6 Equipo para ensayo no drenado.....	26
Fig.2.7 Detalle de la caja para ensayo de Corte Directo.....	26
Fig.2.8 Detalle del ensayo confinado del cono	27
Fig.2.9 Ensayo confinado de la Veleta.....	27
Fig. 2.10 Tipos de falla consideradas en los suelos.....	28
Fig. 2.11 (a) Relación entre e y p , en el terreno, para una arcilla normalmente consolidada; (b) Relaciones entre e y p para una arcilla similar preconsolidada.	32
Fig.2.12 a) Cubo elemental sometido a esfuerzos principales. b) esfuerzos principales en dos dimensiones y plano de falla.....	35
Fig. 2.13 Diagrama de MOHR.....	36
Fig.2.14 Esquema para la ley de Coulomb.....	38
Fig. 2.15 (a) Resultados de ensayos consolidados no drenados de una arcilla normalmente consolidada de sensibilidad moderada;.....	45
Fig. 2.16 Prueba triaxial sin drenaje en un suelo parcialmente saturado	48
Fig.2.17 Nomenclatura de taludes y laderas	50
Fig. 2.18 Tipos de movimientos	61
Fig. 2.19 Partes de un deslizamiento	63
Fig. 2.20 Fallas en los taludes (a) Fallas por rotación: local, por el pie del talud y de base. (b) Falla por traslación en un plano débil	65
Fig. 2.21 Falla traslacional.....	67
Fig. 2.22 Flujos	69
Fig. 3.1 Métodos de cálculo.....	73
Fig. 3.2 Rotura por cuñas	78
Fig. 3.3 Método de la cuña.....	79
Fig. 3.4 Método del círculo de rozamiento.....	81
Fig. 3.5 Método de Valle Rodas	83
Fig. 3.6 Método de Bishop (versión simplificada).....	85
Fig. 3.7 Método de dovelas de Fellenius	86
Fig. 3.8 Función del componente horizontal	87
Fig. 3.9 Factor de seguridad	88
Fig. 3.10 Filtrado: Extremos del talud para superficies válidas.....	90
Fig. 3.11 Diagrama de operación del Software	91
Fig. 3.12 Método de generación de círculos de deslizamiento, usando los extremos del talud e incremento del radio.	92
Fig. 3.13 Agregar agua a los materiales	93
Fig. 3.14 Cuadro para definir materiales.....	94
Fig. 3.15 Cuadro para definir el método	95

Fig. 3.16 Interpretación del análisis	96
Fig. 3.17 Definición de las propiedades geométricas del refuerzo	97
Fig. 3.18 Definición de las propiedades del material de refuerzo	97
Fig. 3.19 Partes de un talud	98
Fig. 3.20 Diagrama de operación del software	100
Fig. 3.21 Cuadro para definir propiedades de los suelos	101
Fig. 3.22 Cuadro para introducir las coordenadas de las capas	102
Fig. 3.23 Cuadro para definir la superficie piezométrica	103
Fig. 3.24 Cuadro para definir las cargas externas	103
Fig. 3.25 Cuadro para definir el método	104
Fig. 3.26 Cuadro para definir parámetros de la superficie crítica	106
Fig. 3.27 Cuadro para definir el bloque	107
Fig. 3.28 Cuadro para definir suelos asociados al bloque	108
Fig. 3.29 Cuadro para definir refuerzo adicional	111
Fig. 3.30 Características geométricas	114
Fig. 3.31 Características geométricas	116
Fig. 3.32 Características geométricas	120
Fig. 3.33 Características geométricas	122
Fig. 3.34 Características geométricas	124
Fig. 3.35 Características geométricas	126
Fig. 3.36 Características geométricas	128
Fig. 3.37 Características geométricas	129
Fig. 3.38 Características geométricas presa vacía	131
Fig. 3.39 Características geométricas presa llena	134
Fig. 3.40 Características geométricas presa vacía	136
Fig. 3.41 Características geométricas presa llena	139

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1: Modelación de un talud de suelo homogéneo**
- Anexo 2: Modelación de un talud en estrato de suelo heterogéneo**
- Anexo 3: Modelación de talud con banquina**
- Anexo 4: Modelación de un talud en suelo reforzado**
- Anexo 5: Modelación de una presa de un suelo uniforme**