

ÍNDICE

Agradecimiento

Pensamiento

Resumen

	Página
CAP. 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Situación Problemática.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Alcance.....	4
1.6. Medios y Metodología.....	5
CAP. 2 PRINCIPIOS DE LA ESTABILIDAD EN TALUDES DE CARRETERAS7	
2.1. Generalidades.....	7
2.2. Conceptos de Taludes.....	8
2.3. Cargas en Taludes.....	11
2.4. Estabilidad de Taludes.....	15
2.4.1. Análisis de Estabilidad.....	20
2.4.1.2 Métodos de Análisis de Estabilidad.....	43
2.4.1.3 Métodos de Cálculo.....	45
2.4.1.4 Comparación de los Métodos.....	55
2.4.2 Métodos para la Estabilización de Taludes.....	61

	Página
CAP. 3 CARACTERÍSTICAS Y CAUSAS DE DESLIZAMIENTOS	71
3.1. Fallas en Taludes.....	71
3.2. Deslizamientos de Taludes.	81
3.2.1. Tipos de Deslizamiento.....	86
3.2.2. Caracterización de los Deslizamientos.....	87
3.3. Causas de Deslizamientos.....	96
CAP. 4 ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTOS EN TALUDES APLICADO AL TRAMO “PUERTA DEL CHACO - CANALETAS”	99
4.1 Introducción.....	99
4.2 Ubicación.....	99
4.3. Información sobre la Situación Actual.	101
4.3.1 Características del Área de Estudio.....	102
4.4 Geología.....	105
4.4.1. Evaluación de la Situación Geológica de los Taludes en Estudio.....	106
4.4.2. Ubicación del tramo “Puerta del Chaco – Canaletas” dentro de un contexto Geológico.	107
4.4.3. Geomorfología	109
4.4.4. Estratigrafía	109
4.4.5. Tectónica	111
4.4.6. Hidrogeología.....	112
4.5. Suelos.....	113
4.5.1. Clasificación de suelos.....	120
4.5.2 Ensayos de laboratorio.	132
4.6 Topografía.....	137

	Página
4.7. Análisis de Causas de Deslizamientos.....	142
4.7.1 Talud “A”	142
4.7.2 Talud “B”	144
4.7.3 Talud “C”	146
4.7.4 Talud “D”	150
4.8. Análisis del Factor de Seguridad (FS) por medio del Programa Computacional <i>Slide</i>	
5.0	153
4.8.1 Introducción	153
4.8.2 Análisis de Estabilidad de Taludes	154
4.8.3 Datos de Entrada	155
4.8.4 Resultados	156
4.9 Proposición de Alternativas en los Deslizamientos de los Taludes.....	179
4.9.1 Generalidades.....	179
4.9.2 Alternativas Seleccionadas.....	180
4.9.3. Costos de las Alternativas de Estabilización.....	249
4.9.4. Costos de las Alternativas de Mitigación.....	261
CAP. 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	265

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía 2.1 y 2.2. Ladera (forma natural) y Corte (intervención humana).....	7
Fotografía 2.3. Relleno o terraplén (intervención humana).....	7
Fotografía 2.4. Ensayo compresión no confinada.	59
Fotografía 2.5. Hidrosiembra.	69
Fotografía 2.6. Hormigón Lanzado.	70
Fotografía 2.7. Camión con Bomba lanzando Hormigón.....	70
Fotografía 4.8. Talud “A”.....	103
Fotografía 4.9. Talud “B”.....	103
Fotografía 4.10. Talud “C”.....	104
Fotografía 4.11. Talud “D”.....	104
Fotografía 4.12. Vista del Talud “C” y del Talud “D”.....	105
Fotografía 4.13. Vegetación de la zona. (2º Subtramo).....	106
Fotografía 4.14. Recolección de muestra Talud “A” parte del pie.....	114
Fotografía 4.15. Recolección de muestra Talud “A” parte media y cabeza.	115
Fotografía 4.16. Recolección de muestra Talud “B” parte del pie.	115
Fotografía 4.17. Recolección de muestra Talud “B” parte media y cabeza.	116
Fotografía 4.18. Recolección de muestra Talud “C” parte cabeza.	116
Fotografía 4.19. Recolección de muestra Talud “C” parte medio.....	117
Fotografía 4.20. Recolección de muestra Talud “D” parte medio y cabeza.....	117
Fotografía 4.21. Recolección de muestra Talud “D” parte del pie.....	118
Fotografía 4.22. Densidad Talud “A”.....	119

Fotografía 4.23. Densidad Talud “C”	119
	Página
Fotografía 4.24. Método del lavado.....	121
Fotografía 4.25. Juego de Tamices.....	121
Fotografía 4.26. Instrumental necesario para Límite Líquido.....	122
Fotografía 4.27. Cuchara de Casagrande.....	122
Fotografía 4.28. Ensayo de Compactación.....	124
Fotografía 4.29. Ensayo de Compresión No Confinada.....	124
Fotografía 4.30. Elaboración de los Especímenes para el Ensayo de Compresión No Confinada.	125
Fotografía 4.31. Elaboración de los Especímenes para el Ensayo de Compresión No Confinada.	126
Fotografía 4.32. Rotura de Espécimen – Ensayo de CNC.....	126
Fotografía 4.33. Rotura de Espécimen – Ensayo de CNC- Ángulo de Falla.	127
Fotografía 4.34. Inestabilidad Talud “A”	138
Fotografía 4.35. Inestabilidad Talud “B”	139
Fotografía 4.36. Inestabilidad Talud “C”	140
Fotografía 4.37. Inestabilidad Talud “D”	141
Fotografía 4.38. Talud “A”.....	142
Fotografía 4.39. Talud “A”.....	142
Fotografía 4.40. Talud “A”.....	143
Fotografía 4.41. Talud “B”.....	144
Fotografía 4.42. Talud “B”.....	144
Fotografía 4.43. Talud “B”.....	145
Fotografía 4.44. Talud “D”.....	146

Fotografía 4.45. Talud “C”	146
	Página
Fotografía 4.46. Presencia de agua Talud “C”	148
Fotografía 4.47. Presencia de agua Talud “C”	148
Fotografía 4.48. Cárcavas de Erosión Talud “C”	149
Fotografía 4.49. Cárcavas de Erosión Talud “C”	149
Fotografía 4.50. Talud “D”	150
Fotografía 4.51. Deslizamiento Talud “D”	151
Fotografía 4.52. Erosión Talud “D”	152
Fotografía 4.53. Presencia de agua Talud “D” (ojos de agua).	152
Fotografía 4.54. Presencia de agua Talud “D” (ojos de agua).	153
Fotografía 5.55 y 5.56. Parte Superior Talud “C y Parte Superior Talud “D”	265
Fotografía 5.57. Talud “A”	267
Fotografía 5.58. Talud “B”	268
Fotografía 5.59. Talud “C”	269
Fotografía 5.60. Talud “D”	269

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Nomenclatura de taludes y laderas.....	9
Figura 2.2. Inducción de esfuerzos de corte y relajación de esfuerzos de compresión al cortar para un semitúnel.	19
Figura 2.3. Talud en Desmonte y Talud en Terraplén.....	20
Figura 2.4. Talud en Corte.....	23
Figura 2.5. Cuchara de Casagrande.....	27
Figura 2.6. Envolvente de falla de Mohr y los criterios de falla de Mohr-Coulomb.	31
Figura 2.7. Inclinación del plano de falla en el suelo respecto al plano principal mayor. ...	32
Figura 2.8. Círculo de Mohr y envolvente de falla.....	32
Figura 2.9. Ángulo de reposo.	39
Figura 2.10. Talud infinito.....	41
Figura 2.11. Talud finito.....	42
Figura 2.12. División de la masa deslizante en fajas verticales o dovelas.	47
Figura 2.13. Sistema de fuerzas actuantes en una dovela.....	47
Figura 2.14. Fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovela.....	51
Figura 2.15. Fuerzas actuantes en una dovela según Morgenstern y Price.	53
Figura 2.16. Esquema de esfuerzos.	59
Figura 2.17. Diagrama del arreglo para la prueba de corte directo.	60
Figura 2.18. Diagrama del equipo de prueba triaxial (según Bishop y Bjurren, 1960).....	61
Figura 2.19. Cambio de geometría (Hunt 1984).....	62
Figura 2.20. Muros.	63
Figura 2.21. Muros de gavión.....	64
Figura 2.22. Sección transversal y frontal de una pantalla.....	64

	Página
Figura 2.23. Estabilización de talud utilizando la técnica de anclajes en las vías terrestres.	65
Figura 2.24. Estructura del reticulado de Micropilotes.	66
Figura 2.25. Muros Flexibles.	66
Figura 3.26. Caídos de bloque por gravedad en roca fracturada.	71
Figura 3.27. Caídos de bloque rodando.	72
Figura 3.28. Algunos mecanismos de falla de caídos.	73
Figura 3.29. Esquema de caídos de roca y residuos.	73
Figura 3.30. Volteo o inclinación en materiales residuales.	74
Figura 3.31. Proceso de falla al volteo.	75
Figura 3.32. El volteo puede generar un proceso de desmoronamiento del talud o falla en escalera.	75
Figura 3.33. Esquema de un proceso de reptación.	76
Figura 3.34. Esquema de un esparcimiento lateral.	77
Figura 3.35. Flujos de diferentes velocidades.	79
Figura 3.36. Avalancha en cauce de río por acumulación de materiales producto de una gran cantidad	81
Figura 3.37. Deslizamientos en suelos blandos.	82
Figura 3.38. Nomenclatura de un deslizamiento.	82
Figura 3.39. Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Commission on Landslide (1990).	84
Figura 3.40. Tipos de Deslizamientos.	87
Figura 3.41. Procesos de deterioro en macizos rocosos.	90
Figura 3.42. Esquema general de cárcava de erosión.	94
Figura 4.43. Tramo Vial “Puerta del Chaco – Canaletas”	99

Página

Figura 4.44. Ubicación del tramo “Puerta del Chaco – Canaletas” dentro del mapa de Bolivia y Tarija.....	100
Figura 4.45. El tramo “Puerta del Chaco – Canaletas” dentro de un contexto Geológico.	107
Figura 4.46. Procedimiento para Límite Plástico.	123
Figura 4.47. Relevamiento Topográfico Talud “A”	138
Figura 4.48. Relevamiento Talud “B”	139
Figura 4.49. Relevamiento Talud “C”	140
Figura 4.50. Relevamiento Talud “D”	141
Figura 4.51. Gráfica Programa Slide 5.0.....	154
Figura 4.52. Límites externos de un talud creado en el Programa Slide 5.0.....	155
Figura 4.53. Datos de entrada Programa Slide 5.0.....	156

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1. Criterios generales para seleccionar un factor de seguridad para diseño de taludes.....	23
Cuadro 2.2. Diámetro de Tamices para Granulometría.....	24
Cuadro 2.3. Denominación de los suelos según el tamaño de sus partículas.....	25
Cuadro 2.4. Valores del coeficiente de Permeabilidad para suelos saturados. Fuente: Ingeniería de Carreteras Vol. II, Pardillo, Rocci, Mc Graw Hill España 2004.....	29
Cuadro 2.5. Valores típicos del ángulo de fricción drenado para arenas y limos.....	34
Cuadro 2.6. Valores típicos de “ ϕ ” de algunos materiales.....	36
Cuadro 2.7. Ángulo de fricción efectivo “ ϕ ” de arcillas.....	38
Cuadro 2.8. Clasificación de los métodos de cálculo de estabilidad de taludes.....	45
Cuadro 2.9. Ecuaciones de Equilibrio satisfechas por los métodos de equilibrio más utilizados.....	55
Cuadro 2.10. Hipótesis de fuerzas entre rebanadas de distintos métodos de equilibrio límite (extraído de Alonso, 1989).....	56
Cuadro 2.11. Condiciones de equilibrio satisfechas para los distintos métodos.....	57
Cuadro 2.12. Ventajas y Desventajas de los Muros Flexibles.....	67
Cuadro 4.13. División del Trazo en Tramos.....	101
Cuadro 4.14. Unidad Formacional Talud “A”.....	108
Cuadro 4.15. Unidad Formacional Talud “B”.....	108
Cuadro 4.16. Unidad Formacional Talud “C”.....	108
Cuadro 4.17. Unidad Formacional Talud “D”.....	109
Cuadro 4.18. Cuaternario Coluvial (Qtcl).....	110
Cuadro 4.19. Carbonífero Escarpment (Cesc).....	111

	Página
Cuadro 4.20. Tabla para determinar el ángulo de fricción interna de un suelo cualquiera.	130
Cuadro 4.21. Clasificación de Suelos.....	133
Cuadro 4.22. Compactación Proctor T-99.....	134
Cuadro 4.23. Valores típicos de la Densidad de Suelos.	135
Cuadro 4.24. Densidades adoptadas para las diferentes partes de los Taludes.	136
Cuadro 4.25. Características de los Especímenes para el Ensayo de Compresión No Confinada.	136
Cuadro 4.26. Resultados del Ensayo de Compresión No Confinada.	137
Cuadro 4.27. Coordenadas de los límites externos Talud “A”.....	158
Cuadro 4.28. Propiedades de los suelos Talud “A”.....	158
Cuadro 4.29. Factores de Seguridad por los distintos Métodos Talud “A”.....	162
Cuadro 4.30. Coordenadas de los límites externos Talud “B”.....	162
Cuadro 4.31. Propiedades de los Suelos Talud “B”.....	163
Cuadro 4.32. Factores de Seguridad por los distintos Métodos Talud “B”.....	167
Cuadro 4.33. Coordenadas de los límites externos Talud “C”.....	168
Cuadro 4.34. Propiedades de los Suelos Talud “C”.....	168
Cuadro 4.35. Factores de Seguridad por los distintos Métodos Talud “C”.....	172
Cuadro 4.36. Coordenadas de los límites externos Talud “D”.....	173
Cuadro 4.37. Propiedades de los Suelos Talud “D”.....	174
Cuadro 4.38. Factores de Seguridad por los distintos Métodos Talud “C”.....	178
Cuadro 4.39. Especificaciones Técnicas de las Alternativas de Estabilización.	181
Cuadro 4.40. Propiedades de los Suelos Talud “C”.....	182
Cuadro 4.41. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Retaludeo Talud “A”	185
Cuadro 4.42. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Anclajes Talud “A” ..	189

Cuadro 4.43. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Micropilotes Talud “A”	193
Cuadro 4.44. Coordenadas de los límites externos con Cambio de Geometría Talud “A”	194
Cuadro 4.45. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Cambio de Geometría Talud “A”	197
Cuadro 4.46. Propiedades de los Suelos Talud “B”	198
Cuadro 4.47. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Retaludeo Talud “B”	202
Cuadro 4.48. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Anclajes Talud “B” ..	206
Cuadro 4.49. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Micropilotes Talud “B”	210
Cuadro 4.50. Coordenadas de los límites externos con Cambio de Geometría Talud “B”	211
Cuadro 4.51. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Cambio de Geometría Talud “B”	214
Cuadro 4.52. Propiedades de los Suelos Talud “C”	215
Cuadro 4.53. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Retaludeo Talud “C”	218
Cuadro 4.54. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Anclajes Talud “C” ..	222
Cuadro 4.55. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Micropilotes Talud “C”	226
Cuadro 4.56. Coordenadas de los límites externos con Cambio de Geometría Talud “C”	227
Cuadro 4.57. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Cambio de Geometría Talud “C”	230
Cuadro 4.58. Propiedades de los Suelos Talud “D”	231
Cuadro 4.59. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Retaludeo Talud “D”	234
Cuadro 4.60. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Anclajes Talud “D” ..	238

Página

Cuadro 4.61. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Micropilotes Talud “D”	242
Cuadro 4.62. Coordenadas de los límites externos con Cambio de Geometría Talud “D”	243
Cuadro 4.63. Factores de Seguridad por los distintos Métodos con Cambio de Geometría Talud “D”	246
Cuadro 4.64. Especificaciones Técnicas de las Alternativas de Mitigación.	248
Cuadro 4.65. Costos de las Alternativas de Estabilización.	260
Cuadro 4.66. Costos de las Alternativas de Mitigación.	264

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTOS EN TALUDES APLICADO AL
TRAMO PUERTA DEL CHACO - CANALETAS”**

Por:

MIRKO GONZALO CASTILLO VERGARA

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

Julio de 2012

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTOS EN TALUDES APLICADO AL
TRAMO PUERTA DEL CHACO - CANALETAS”**

Por:

MIRKO GONZALO CASTILLO VERGARA

PROYECTO PROPUESTO EN LA ASIGNATURA CIV. 501

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV. 502

PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II (MENCIÓN VÍAS)

Julio de 2012

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

Ing. Marcelo Pacheco N.

PROFESOR GUÍA

MSc. Ing. Luis A. Yurquina F.

**DECANO
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

MSc. Lic. Gustavo C. Succi A.

**VICEDECANO
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Carlos E. Montán R.

Ing. Ada G. López R.

Ing. Fernando E. Mur L.

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo ellos únicamente responsabilidad del autor.

AGRADECIMIENTO

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

A mis padres y abuelos, por el apoyo, comprensión y compañía incondicionales, por los consejos y deseos llenos de esperanza que me supieron brindar a lo largo de estos años.

PENSAMIENTO

“A veces sentimos que lo que hacemos es tan sólo una gota en el mar, pero el mar sería menos si le faltara esa gota”

Madre Teresa de Calcuta.

RESUMEN

En el presente trabajo titulado “Análisis de Deslizamientos en Taludes Aplicado al tramo Puerta del Chaco - Canaletas”, se analiza y determina las principales causas que provocan inestabilidad y como consecuencia deslizamientos en variada proporción en los taludes de corte de carreteras, y ya que la vida útil de éstas está en función directa de la estabilidad de sus taludes, nace la necesidad también de poder plantear algunas alternativas de estabilización y/o de mitigación para frenar los deslizamientos.

En éste análisis se estudió en particular 4 taludes con serios problemas de deslizamientos en el tramo “Puerta del Chaco – Canaletas”, donde se llevó a cabo varios ensayos de laboratorio del material que constituyen las partes de cabeza, medio y pie de cada uno de los taludes objeto del presente estudio, obteniendo como principales parámetros: tipo de material, ángulo de fricción interno y cohesión.

Para el análisis de estos taludes, se utilizó como herramienta el programa computacional Slide 5.0 para determinar el Factor de Seguridad presente, llegando a evidenciar luego del procesamiento en el programa, la inestabilidad en los mismos, teniendo valores de seguridad inclusive inferiores a 1. A partir de ello se determina alternativas de solución definitivas estructurales como también el planteamiento de alternativas de mitigación para contrarrestar los deslizamientos en éste importante tramo, a través de un análisis tecno-económico teniendo como las principales soluciones estructurales la implementación de anclajes, micropilotes y cambio de geometría y como alternativas de mitigación, hidrosiembra, hormigón lanzado y muros de contención con gaviones.