

# **DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES**

---

**JAIME SUAREZ DIAZ**

Profesor Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga – Colombia

Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos

Suárez Díaz Jaime, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales

© 1998, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.

La legislación autoral colombiana (Ley 23 de 1982) en su artículo 32 permite la utilización de las obras o parte de ellas con propósitos de enseñanza y sin fines de lucro, con la obligación de mencionar el nombre del autor y el título de la obra utilizada.

Editor: Ingeniería de Suelos Ltda.

Dibujos: Luis Leonardo Silva Sarquez - Climaco Acevedo Prada

Diseño cubierta: Publicaciones UIS

Impresión: Publicaciones UIS

Publicación: Julio de 1998

Número de ejemplares: 1.000

ISBN

Distribuido por Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda. Calle 41 # 28-33 Bucaramanga, Colombia.

Fax + 57 – 76457507

E Mail [Erosion@multinet.com.co](mailto:Erosion@multinet.com.co)

Impreso en Colombia

*A Fanny , la persona que sufrió conmigo día y noche durante cinco años para lograr la meta de publicar el presente libro.*



# Contenido

<b>PRESENTACION</b>	<b>Pág. ix</b>
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>Caracterización de los Movimientos</b>	<b>1</b>
1.2 Nomenclatura de un talud o ladera.....	1
1.3 Nomenclatura de los procesos de movimiento.....	3
1.4 Dimensiones.....	4
1.5 Etapas en el proceso de falla.....	5
1.6 Procesos en la etapa de deterioro.....	6
1.7 Clasificación de los movimientos de Varnes.....	11
1.8 Caracterización del movimiento.....	24
1.9 Movimientos post-falla.....	29
1.10 Evolución o proceso de falla.....	30
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>Procedimientos de Investigación</b>	<b>35</b>
2.2 Organización del estudio.....	39
2.3 Procedimiento de análisis de la información existente.....	41
2.4 Visita de reconocimiento.....	44
2.5 Estudio topográfico.....	45
2.6 Investigación geotécnica detallada.....	47
2.7 Sondeos geotécnicos.....	51
2.8 Ensayos de campo.....	57
2.9 Ensayos geofísicos.....	63
2.10 Ensayos de laboratorio.....	66
2.11 Instrumentación.....	67
2.12 Caracterización de un deslizamiento.....	75
<b>CAPITULO 3</b>	
<b>Esfuerzo y Resistencia al Cortante</b>	<b>81</b>
3.2 Circulo de Mohr.....	85
3.3 Medición de la resistencia al cortante.....	87
3.4 Ensayos de laboratorio.....	89
3.5 Ensayos in situ.....	97
3.6 Diferencias entre las resistencias de campo y de laboratorio.....	100
3.7 Resistencia de suelos residuales y saprolitos.....	102
3.8 Resistencia al cortante de algunos suelos comunes.....	105
3.9 Resistencia al cortante de rocas.....	107

<b>CAPITULO 4</b>	
<b>Métodos de Análisis de Estabilidad</b>	<b>117</b>
4.2 Equilibrio límite y factor de seguridad.....	121
4.3 Métodos de análisis.....	123
4.4 Métodos numéricos y aplicaciones del computador.....	133
4.5 Análisis de estabilidad de taludes en roca.....	136
4.6 Análisis sísmico.....	148
<b>CAPITULO 5</b>	
<b>Litología y Estructura Geológica</b>	<b>151</b>
5.2 Litología.....	152
5.3 Grupos litoestructurales.....	163
5.4 Microestructura de las rocas.....	164
5.5 Estructura de la masa de roca.....	168
5.6 Fallas controladas por la estructura.....	175
5.7 Condiciones de deslizamiento y volteo en rocas.....	177
5.8 Coluviones.....	178
<b>CAPITULO 6</b>	
<b>Suelos Residuales</b>	<b>185</b>
6.2 Metodología para la caracterización integral de los suelos residuales.....	187
6.3 El proceso de meteorización.....	189
6.4 Microestructura de los suelos residuales.....	195
6.5 Estructura de los suelos residuales.....	197
6.6 Propiedades mecánicas de los suelos residuales.....	199
6.7 Suelos residuales especiales.....	207
6.8 Superficies preferenciales de falla a deslizamiento.....	209
6.9 Clasificación de la FAO para suelos tropicales.....	211
6.10 Sistema de clasificación de suelos residuales de Wesley.....	213
6.11 Caracterización del perfil de suelos residuales.....	215
6.12 Perfiles de meteorización y deslizamientos de los taludes en algunos suelos residuales.....	218
<b>CAPITULO 7</b>	
<b>Lluvias, Presión de Poros y sus Efectos</b>	<b>233</b>
7.2 Régimen de lluvias.....	233
7.3 La humedad superficial.....	236
7.4 La infiltración.....	237
7.5 El flujo no saturado.....	238
7.6 Presiones de poro negativas.....	244
7.7 El nivel freático.....	245
7.8 La presión de poros.....	248

7.9	Flujo saturado.....	249
7.10	Coefficiente de permeabilidad.....	254
7.11	Efectos del agua subterránea.....	255
7.12	Deslizamientos relacionados con las aguas subterráneas.....	257
7.13	Comportamiento de presas de tierra.....	260
7.14	El agua superficial o escorrentía.....	262
7.15	La erosión.....	263

**CAPITULO 8**

**Vegetación y Bioingeniería 275**

8.2	Características de las plantas y del suelo fértil.....	277
8.3	Efectos hidrológicos de la vegetación.....	277
8.4	Control de erosión.....	280
8.5	Sobrecarga y fuerza del viento.....	281
8.6	Características de las raíces.....	283
8.7	Acción de refuerzo de las raíces.....	288
8.8	Análisis de Estabilidad teniendo en cuenta las raíces.....	292
8.9	Diseño de revegetalización.....	293
8.10	Bioingeniería .....	294

**CAPITULO 9**

**Amenazas Sísmicas 303**

9.2	Sismicidad.....	304
9.3	Características de las ondas sísmicas.....	308
9.4	Análisis de amenaza sísmica.....	309
9.5	Susceptibilidad sísmica.....	310
9.6	Ampliación de la onda en el sitio.....	317
9.7	Licuación.....	317
9.8	Características de los deslizamientos cosísmicos.....	321
9.9	Fracturación cosísmica.....	325
9.10	Deslizamientos por actividad volcánica.....	327
9.11	Análisis sísmico de taludes.....	328

**CAPITULO 10**

**Procesos de origen Antrópico 335**

10.2	Procesos de urbanización.....	336
10.3	Modificaciones de la topografía.....	338
10.4	Deforestación.....	344
10.5	Cambios hidrológicos.....	344
10.6	Procesos de erosión urbana.....	350

**CAPITULO 11**

**Zonificación de Amenaza y Riesgo 355**

11.2	Definición de términos.....	356
------	-----------------------------	-----

viii Contenido

11.3	Susceptibilidad.....	358
11.4	Amenaza.....	362
11.5	Vulnerabilidad.....	368
11.6	Riesgo.....	370
11.7	Uso de sistemas de información geográfica.....	376

<b>CAPITULO 12</b>	
<b>Prevención, Estabilización y Diseño</b>	<b>385</b>
12.2 Métodos para disminuir o eliminar el riesgo.....	385
12.3 Prevención.....	391
12.4 Restricciones al desarrollo de áreas de riesgo.....	392
12.5 Métodos de elusión de la amenaza.....	395
12.6 Métodos de estructuras de control de movimientos.....	396
12.7 Mejoramiento de la resistencia del suelo.....	402
12.8 Protección de la superficie del talud.....	415
12.9 Modificación de la Topografía.....	417
12.10 Diseño de terraplenes.....	425
<b>CAPITULO 13</b>	
<b>Control de Aguas Superficiales y Subterráneas</b>	<b>429</b>
13.2 Drenaje superficial.....	430
13.3 Drenaje subterráneo.....	440
13.4 Drenes horizontales o de penetración.....	452
13.5 Colchones de drenaje.....	459
13.6 Trincheras estabilizadoras.....	459
13.7 Pantallas de drenaje.....	461
13.8 Galerías de drenaje.....	463
13.9 Pozos verticales de drenaje.....	465
13.10 Subdrenaje de estructuras de contención.....	468
13.11 Drenaje por electroosmosis.....	471
<b>CAPITULO 14</b>	
<b>Estructuras de Contención o Refuerzo</b>	<b>473</b>
14.2 Muros rígidos.....	488
14.3 Presiones de tierra en condiciones estables.....	492
14.4 Muros flexibles.....	503
14.5 Tierra reforzada.....	512
14.6 Estructuras ancladas.....	518
14.7 Estructuras enterradas.....	533
<b>INDICE</b>	<b>541</b>



# Presentación

Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, pretende ser un texto guía para el estudio y la práctica de Ingeniería y Geotécnia, incluyendo análisis, diseño y construcción de taludes con énfasis en los problemas de deslizamientos de tierra.

Inicialmente, el texto eran los apuntes de clase del curso de Estabilidad de Taludes en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander y el primer borrador fue publicado en forma artesanal por un grupo de personas interesadas en la divulgación de los conocimientos de Ingeniería en Colombia. Posteriormente y por solicitud de ingenieros interesados en el tema, se decidió presentar esta publicación en forma de libro.

Previamente a la publicación del presente libro, se requirió un trabajo de investigación sobre el estado del arte de la estabilidad de taludes en suelos residuales durante cinco años de trabajo permanente y con dedicación de varias horas diarias. La recopilación de información fue difícil, debido a que existen muy pocos libros guía sobre este tema en el mundo y se tuvo que acudir a la asistencia a congresos internacionales en las regiones más alejadas del mundo.

La estabilidad de taludes es una ciencia que demanda una gran cantidad de experiencia y por esta razón se requirieron muchos años para adquirirla y poder presentar un estado del arte sobre el tema. La mayor parte de esta experiencia fue obtenida en el manejo de problemas de estabilidad de taludes en los Andes Colombianos, especialmente en el estudio de suelos residuales de montaña tropical; Sin embargo, el libro incluye una gran cantidad de conocimientos que son comunes a materiales no tropicales, basados en la mecánica de suelos y la Ingeniería Geotécnica tradicional.

El libro, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales está dirigido con la misma intensidad tanto a los profesionales en la práctica de la geotécnia como a los estudiantes de Geología e Ingenierías Civil y Ambiental a niveles de pregrado y post-grado, aunque el nivel del libro requiere de conocimientos básicos previos de Geología, y mecánica de suelos para su mejor comprensión.

Algunos temas fueron tratados a profundidad, teniendo en cuenta que no existen publicaciones sobre el tema en idioma español y otros se trataron en forma general, debido a que existen otros textos mucho más especializados sobre temas específicos de la mecánica de suelos o la Geología.

## x Presentación

Es necesario enfatizar que el presente manual es un documento guía y sus recomendaciones no son mandatorias ni aplicables en todos los casos, y que el conocimiento de la Ingeniería Geotécnica está evolucionando a una tasa tal, que en pocos años los conceptos pueden requerir una re-evaluación.

La idea actual, es el realizar actualizaciones periódicas del presente texto en el momento en que exista suficiente conocimiento adicional que lo justifique.

Agradezco la colaboración recibida por numerosas personas que ayudaron en la preparación y revisión del libro pero en especial quiero dejar constancia que el presente libro no hubiera podido ser realizado sin la ayuda de Fanny Ardila Rodríguez y Leonardo Silva Sarquez, quienes dedicaron varios meses de su tiempo libre a trabajar arduamente en la elaboración del libro.

Es importante para mi, recibir observaciones, comentarios y recomendaciones, las cuales serán incluidas en las próximas ediciones.

Jaime Suárez Díaz  
Julio, 1998