

# INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



*This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:*

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

*This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.*

# Revisión del alcance de estudios de fenómenos de remoción en masa en casos disparados por deforestación.

## Review of the scope of stability studies in cases triggered by deforestation.



Parra F., H.

*InGeciencias S.A., Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia*

### ABSTRACT

Colombian engineers have studied and normalized the scope of stability problems, mainly in the urban cases that are very common because the terrains offered to the poorest people in cities of mountainous regions hide frequently geotechnical risks like landslides, creep, rock falls and unconsolidated fills, in most cases because these terrains were formerly old quarries for the exploitation of clays for brick fabrication or for construction materials. The norms developed in Colombia include the contents of the stability reports as a checklist for the engineer, and the minimum personnel team necessary to achieve the goals of the study. In this article the author proposes a review of the scope of the stability studies in cases triggered by deforestation, mainly in rural cases in which the most obvious solution consists of reforestation. The review includes key specialists to be included in the team, such as foresters and agronomists for the strategies of reforestation.

### RESUMEN

La ingeniería colombiana ha atendido el tema de fenómenos por remoción en masa de una manera diligente, ya que estos fenómenos atentan contra la vida de grupos de personas en las grandes ciudades colombianas. Por lo general los terrenos destinados para la vivienda de los estratos populares, se ubican en laderas con susceptibilidad a la inestabilidad, o en viejas zonas de explotación que esconden amenazas graves de tipo geotécnico como deslizamientos, caída de bloques, reptaciones, o rellenos. En el caso rural, la mayoría de fenómenos de inestabilidad se originan en la deforestación, por lo cual en este artículo se propone una adición de las normas existentes al caso urbano para cubrir los casos rurales, en los cuales la reforestación es una de las medidas más efectivas para la estabilización, aunque demorada. También se revisa la planta de personal recomendada para este tipo de estudios y el alcance de los informes.

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente artículo contiene una propuesta de revisión del alcance de los estudios de fenómenos de remoción en masa, FRM, los cuales han sido normalizados por algunas oficinas de planeación o de prevención de emergencias de las grandes ciudades colombianas, para actualizarlas al caso rural, en donde la mayoría de fenómenos por remoción en masa son disparados por deforestación de grandes áreas de bosques nativos. La normatividad desarrollada en algunas ciudades colombianas de topografía montañosa considera solo el caso urbano, ya que el objetivo de estas normas es asegurar que los urbanizadores desarrollen proyectos en terrenos aptos para construcción, o que si esconden algún riesgo de tipo geotécnico se adopten medidas de mitigación o solución de dichos riesgos.

Para unificar el contenido de los estudios de este tipo, la normatividad incluye los aspectos que se deben estudiar, el personal mínimo que debe conformar el grupo de trabajo, y en algunas versiones se incluye prácticamente el plan de temas del informe que se debe presentar ante la entidad. Este último es una excelente

guía para el consultor, y constituye una lista de chequeo para que todos los aspectos que hay que estudiar queden involucrados en el informe.

En este artículo el autor se basa en dicha normatividad y su adaptación a casos rurales en los cuales la deforestación y el mal estado de acueductos veredales son principales detonantes de inestabilidades masivas, y se revisa asimismo la planta de personal con que debe contar un estudio de este tipo, así como su alcance, haciendo referencia al Estudio de inestabilidades al sur de Fusagasugá, o deslizamiento la Trinidad, estudio dirigido por el autor. (InGeciencias S.A., 2009)

## 2 NORMATIVIDAD

La normatividad desarrollada en el país alrededor de los estudios de fenómenos por remoción en masa, incluyendo análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, han sido principalmente desarrolladas por el Departamento de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAAE, quienes han liderado la concertación de normas alrededor del alcance de los estudios de FRM

sobre todo para el trámite de licencias de urbanismo en los predios de riesgo medio o alto según la calificación de laderas de la misma entidad.

En el desarrollo de estas normas ha tenido una participación clave la Sociedad Colombiana de Geotecnia, SCG, como resultado de acuerdos de asesoría de la SCG a la DPAAE, y el trabajo de los ingenieros consultores que han desarrollado estudios de este tipo antes de existir las mencionadas normas.

La norma vigente hoy en día se conoce como Resolución # 227 de julio de 2006 del Departamento de Prevención y Atención de emergencias adscrita a la Secretaría de Gobierno de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

En esta resolución, el procedimiento de los estudios de FRM se debe adelantar en dos fases, la primera de las cuales está orientada a que si el Consultor demuestra que los riesgos de inestabilidad implícitos en el predio estudiado no son medios ni altos, aunque así aparezca en el mapa de riesgo por FRM de Bogotá, se podrá concluir el estudio en la fase I. Si este no es el caso, se deberá continuar con la fase II que incluye toda la investigación geotécnica, la modelación y el diseño de obras de mitigación de las amenazas.

Aunque la DPAAE ha hecho actualizaciones del mapa de riesgo por FRM de Bogotá, el mapa tiene aún muchas imprecisiones por la escala a la cual fue elaborado, y además no cubre todas las áreas urbanizables de la ciudad, y por lo tanto la adaptación de la metodología con las dos fases, es bastante adecuada para “filtrar” en la fase I aquellos casos que definitivamente no son de riesgo por FRM sino que aparecen así calificados en el mapa por las razones dichas.

La versión anterior de la resolución antes mencionada, es la distinguida con el N° 387 de 2000, de donde se adaptó la nueva versión, considera que el estudio completo se desarrolla en una sola fase, e incluye al final prácticamente el plan de temas del informe final que debe presentar el Consultor con todos sus Anexos, bibliografía y planos. También incluía un apéndice titulado

“Guía Metodológica para la cuantificación de la evaluación de amenaza por fenómenos de remoción en masa”, realizado por la Sociedad Colombiana de Geotecnia para la DPAAE.

En general, la DPAAE se ha preocupado por socializar las normas y establecer discusiones con los diferentes entes de la comunidad de ingenieros, o sea, Gobierno, Universidades, Sociedades Gremiales como la Sociedad Colombiana de Geotecnia SCG y la Sociedad Colombiana de Ingenieros SCI, la Asociación de Ingeniería Sísmica AIS, los Ingenieros Consultores, y las Curadurías quienes en últimas otorgan las licencias pero respaldadas por la autorización que otorga la DPAAE sobre cada caso.

Algunas ciudades colombianas han adoptado las normas de la DPAAE para estudios de FRM, o por lo menos las recomiendan a los consultores ya que tal como están concebidas pueden aplicarse a cualquier terreno montañoso urbano, ya que uno de los principales

objetivos de estos estudios es la autorización de los nuevos planes de urbanización de terrenos urbanos.

### 3 EL CASO RURAL

En el caso rural, la normatividad existente para lo urbano resulta muy aplicable también, porque como ya se dijo la resolución prácticamente incluye una lista de chequeo de los temas que hay que cubrir y su orden, pero si el caso es rural, donde por lo general la deforestación es el principal detonante de inestabilidades, resulta importante incluir todos aquellos aspectos forestales en la evaluación del problema y en la formulación de soluciones.

En el caso de una gran inestabilidad que comprometió 30 hectáreas de terreno en el sur de Fusagasugá, deslizamiento La Trinidad (InGeciencias, 2009) implementó los aspectos forestales en estudios de FRM y sus soluciones, en los siguientes aspectos:

#### 3.1 Aspectos forestales para incluir en el alcance del estudio

##### 3.1.1 Análisis multitemporal de la deforestación

En el estudio se incluyó un análisis multitemporal de la deforestación que puede explicar en parte el desarrollo del fenómeno de inestabilidad a partir de la saturación de los suelos. Este ejercicio se equipara a un análisis multitemporal de uso del suelo.

##### 3.1.2 Caracterización del bosque nativo en el área de estudio

Este aspecto resulta interesante para ser incorporado en el estudio ya que las soluciones de reforestación pueden girar alrededor del restablecimiento del bosque natural del sitio que se deforestó. Como es natural, el bosque que más se ha adaptado al terreno, al clima y a los patrones de drenaje es el bosque nativo y por lo tanto es el que más rápido se reproducirá y más sostenible será. En el caso de la Trinidad (DPAAE, 2000), las áreas aledañas a la zona inestabilizada estaban aún cubiertas por bosques nativos, lo cual permitió hacer un inventario de la composición del bosque nativo con el objeto de poderlo reproducir lo más fielmente posible en el área a reforestar en el futuro. El procedimiento incluyó:

- Inventario detallado de árboles principales y arbustos en 1 hectárea de terreno, en 3 sitios separados cercanos.
- Elaboración de fichas técnicas por árbol con sus características.

##### 3.1.3 Estudios agrológicos del suelo para investigar fertilidad, textura, y composición

Se incluyeron estudios agrológicos de los suelos predominantes, para poder pronosticar el desempeño de nuevas especies importadas si fuera del caso para un programa de reforestación.

### 3.1.4 Estudios de especies locales y foráneas para cumplir con objetivos particulares del plan de reforestación

La inclusión de eucaliptos en el plan de reforestación se considera en connotación con el reforzamiento del suelo que el árbol proporciona al suelo, por su rápido crecimiento y por su alto consumo hídrico profundo. Este aspecto tuvo que ser consultado con la comunidad porque el eucalipto es una especie foránea que no es de muy buen recibo en algunos medios. Sin embargo, su rápido crecimiento su alto consumo hídrico y su raíz principal pivotante, representa un método de desecación y apuntillamiento que en el caso estudiado de la Trinidad tenía un objetivo principal, y era la de permitir que la vía a las veredas del sur se restableciera con el reforzamiento a corto plazo.

Las fuerzas de cortante que puede aportar cada eucalipto en la superficie de falla puede estar entre 30 y 150 toneladas por árbol según su tamaño.

Se hizo un inventario de especies locales bien adaptadas en la zona como es el caso de los guaduales para los sitios en donde se requería especies de alto consumo hídrico superficial o subsuperficial

### 3.2 Otros aspectos

En el caso estudiado en la Trinidad, uno de los detonantes de la inestabilidad paralelo a la deforestación es el mal estado y condición artesanal de los acueductos veredales, que en este caso estaban alimentando día y noche a la cabeza del deslizamiento y muy posiblemente a la superficie de falla, por medio de un permanente flujo de agua originado en fugas, mangueras desempatadas y tanques de distribución con rebose incontrolado.

La razón para esto es que por lo general los acueductos veredales son desarrollados por la comunidad sin ningún tipo de ingeniería o de control de calidad, construyéndolos por acción comunal, y utilizando por lo general tuberías e insumos regalados por el Municipio o el Departamento, o donados por algún particular, pero sin ninguna asistencia técnica, lo cual conduce a construcciones defectuosas, y de muy mala calidad.

También se pudo identificar en el caso de la Trinidad, que los terrenos aldeaños a la cabeza del deslizamiento albergaban numerosos jagüeyes y reservorios artesanales, la mayoría sin impermeabilización, lo cual podría estar alimentando el fenómeno de inestabilidad del área.

## 4 CONCLUSIONES

La normatividad existente para estudios por FRM urbanos en Bogotá son aplicables en general, y al caso rural con adiciones de tipo forestal para el caso rural. Ver tabla comparativa.

Los casos disparados por deforestación deben estudiarse con la ayuda de ingenieros forestales, agrónomos y biólogos para diseñar un plan de reforestación.

Se deben reglamentar los acueductos veredales y los reservorios ya que estos son responsables de parte del problema.

Tabla 1

Alcance	<p>Determinar los daños esperados en las edificaciones del proyecto durante su vida útil por fenómenos de remoción en masa.</p> <p>Diseñar un plan de mitigación para evitar que estos daños se presenten y para garantizar la estabilidad, funcionalidad y habitabilidad de las edificaciones que conforman el proyecto.</p>
Profesionales (Tareas)	<p>Geólogo o ingeniero geólogo/Estudios básicos de geología y geomorfología.</p> <p>Ingeniero civil, ambiental o hidrólogo e hidráulico/ Estudios básicos de clima, hidrología e hidráulica.</p> <p>Geólogo o ingeniero geólogo o civil, con postgrado en geotecnia/Análisis de antecedentes históricos de remoción en masa y de evaluación de procesos de inestabilidad.</p> <p>Geólogo o ingeniero especialista en evaluación de riesgos/Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, así como el plan de medidas de mitigación.</p> <p>Ingeniero civil con postgrado en estructuras o geotecnia/Diseño de las obras de mitigación.</p>
Contenido	<p>Tabla de contenido</p> <p>Lista de planos</p> <p>Capítulo 1. Resumen ejecutivo</p> <p>Capítulo 2. Introducción</p> <p>Capítulo 3. Localización del proyecto</p> <p>Capítulo 4. Metodología</p> <p>Capítulo 5. Estudios básicos</p> <p>5.1 Geología</p> <p>5.2 Geomorfología</p> <p>5.3 Clima, hidrología, hidráulica e hidrogeología</p> <p>5.4 Sismología</p> <p>5.5 Cobertura del suelo</p> <p>Capítulo 5. Análisis de antecedentes históricos de remoción en masa en la zona</p> <p>Capítulo 6. Evaluación de procesos de inestabilidad</p> <p>6.1 Identificación de procesos y descripción de factores</p> <p>6.2 Estudio geotécnico</p> <p>Capítulo 7. Evaluación de amenaza por fenómenos de remoción en masa</p> <p>7.1. Evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa bajo las condiciones naturales presentes a las que está y pueda estar expuesto el proyecto.</p> <p>7.2. Evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, inducida por las obras durante y después de la ejecución del proyecto.</p> <p>Capítulo 8. Evaluación de vulnerabilidad física</p> <p>Capítulo 9. Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa</p>

Contenido (Cont.)	<p>Capítulo 10. Plan de medidas de mitigación del riego</p> <p>Capítulo 11. Evaluación de riesgos para el escenario con medidas de mitigación</p> <p>Capítulo 12. Diseño detallado de las obras de mitigación seleccionadas</p> <p>Capítulo 13. Referencias bibliográficas</p> <p>Capítulo 14. Anexos y planos</p>
-------------------	--

Tabla 1. Aspectos generales de la Resolución 364 de 2000 (DPAE, 2000)

Tabla 2

Alcance	<p>Prevenir la ocurrencia de daños que afecten la habitabilidad, funcionalidad y confiabilidad estructural de nuevas edificaciones o de las existentes, así como de la funcionalidad y permanencia de la infraestructura nueva y existente de servicios públicos, de vías, etc., que pueda verse afectada por el desarrollo propuesto, como resultado de la reactivación de fenómenos de remoción en masa existentes o el desencadenamiento de otros nuevos, por medio de:</p> <p>i. La identificación y evaluación de la amenaza por eventos de esa naturaleza en el sitio del nuevo desarrollo urbanístico o construcción y en su área de influencia.</p> <p>ii. El diseño de un plan de medidas de prevención y mitigación, complementadas con la formulación de planes de seguimiento y monitoreo, de acuerdo con las características de los fenómenos. Todo ello deberá garantizar la seguridad de las edificaciones en análisis durante un período de exposición no menor a 50 años, mediante acciones y obras de estabilización que deberá ejecutar el responsable del proyecto con carácter obligatorio.</p>
Profesionales (Tareas)	<p>Geólogo o ingeniero geólogo/Estudios básicos de geología, geomorfología e hidrogeología. Ingeniero civil, ambiental o hidrólogo e hidráulico/Estudios básicos de drenaje.</p> <p>Geólogo o ingeniero geólogo o civil con postgrado en geotecnia o evaluación de riesgos/Análisis de antecedentes históricos de remoción en masa y de evaluación de procesos de inestabilidad, así como la cuantificación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo.</p> <p>Ingeniero civil con postgrado en estructuras o geotecnia/Diseño de las obras de mitigación.</p>
Contenido	<p>Tabla de contenido</p> <p>Fase I</p> <p>Capítulo 1. Revisión y análisis de información</p> <p>Capítulo 2. Base cartográfica 1:2000</p> <p>Capítulo 3. Plano de uso actual y uso precedente</p> <p>Capítulo 4. Modelo geológico-geotécnico general</p> <p>Capítulo 5. Descripción del plan de uso previsto</p> <p>Capítulo 6. Zonificación del terreno</p>

Contenido (Cont.)	<p>Capítulo 7. Ajustes propuestos Fase II</p> <p>Fase II</p> <p>Lista de planos</p> <p>Capítulo 1. Localización y descripción del proyecto</p> <p>Capítulo 2. Modelo geológico-geotécnico</p> <p>a. Estudio y plano geológico</p> <p>b. Estudio y plano geomorfológico, análisis multitemporal.</p> <p>c. Evaluación hidrogeológica</p> <p>d. Evaluación del drenaje superficial</p> <p>e. Plano de inventario y caracterización detallado de procesos de remoción actuales.</p> <p>f. Programa de exploración geotécnica y resultados del mismo.</p> <p>Capítulo 3. Evaluación de amenaza</p> <p>a. Condición actual.</p> <p>b. Condición con proyecto urbanístico y de construcciones.</p> <p>c. Con medidas de mitigación</p> <p>Capítulo 4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo</p> <p>Capítulo 5. Plan de medidas de mitigación del riego</p> <p>Referencias bibliográficas</p> <p>Anexos y planos</p>
-------------------	---

Tabla 2. Aspectos generales de la Resolución 227 de 2006 (DPAE, 2006)

Tabla 3

Alcance	<p>Determinar los daños esperados en la funcionalidad y permanencia de la infraestructura nueva y existente de vías, etc., durante su vida útil por fenómenos de remoción en masa y prevenir el deterioro del terreno para cualquier uso.</p> <p>Revisar el estado y calidad de acueductos veredales que son por lo general un detonante más de las inestabilidades.</p> <p>Restaurar las áreas forestales afectadas por erosión.</p> <p>Restaurar los ecosistemas forestales y conservar la biodiversidad de los recursos naturales y bellezas escénicas.</p> <p>Mejorar la calidad de vida de los habitantes, mediante programas de reforestación, y reparación técnica de acueductos veredales, involucrando a la comunidad local en la gestión.</p> <p>Incrementar la cubierta forestal, a fin de mejorar la calidad del aire, captura de CO<sub>2</sub>, la recarga de los mantos acuíferos, reducir los problemas de erosión y desertificación, y desalentar el cambio del uso del tipo de suelo.</p>
---------	---

<p>Profesionales (Tareas)</p>	<p>Ingeniero civil, ambiental o hidrólogo e hidráulico/Estudios básicos de drenaje, evaluación de acueductos veredales y redes de distribución.  Geólogo o ingeniero geólogo o civil con postgrado en geotecnia o evaluación de riesgos/Análisis de antecedentes históricos de remoción en masa y de evaluación de procesos de inestabilidad, así como la cuantificación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo.  Ingeniero agrónomo, forestal, o agrónomo/Estudio aspectos forestales y manejo de los recursos renovables.  Biólogo especialista en vegetación.  Orientación de selección de especies nativas para reforestación  Ingeniero civil con postgrado en estructuras o geotecnia/Diseño de las obras de mitigación.</p>	<p>c. Especies dominantes  Capítulo 12. Especies recomendadas para la reforestación  a. Consumo hídrico  b. Metodología de siembra  c. Vivero o método de trasplante.  Capítulo 13. Diseño detallado de las obras de mitigación seleccionadas y de manejo de aguas.  Capítulo 14. Revisión y reparación de acueductos veredales y sus redes de distribución.  Referencias bibliográficas  Anexos y planos</p>
<p>Contenido</p>	<p>Tabla de contenido  Lista de planos  Capítulo 1. Resumen ejecutivo  Capítulo 2. Introducción  Capítulo 3. Localización del proyecto  Capítulo 4. Metodología  Capítulo 5. Estudios básicos  5.1 Geología  5.2 Geomorfología  5.3 Clima, hidrología, hidráulica e hidrogeología  5.4 Sismología  5.5 Cobertura del suelo. Aspectos forestales.  5.6. Evaluación de acueductos veredales y aspectos socioeconómicos.  Capítulo 6. Formación ecológica  a. Relieve  b. Precipitación  c. Clima  Capítulo 7. Caracterización agrológica de los suelos  a. Tipos de suelos  b. Estudio de la vegetación del sitio y sus alrededores  c. Análisis químico del suelo  d. Análisis físico del suelo  Capítulo 8. Análisis de antecedentes históricos de remoción en masa en la zona  Capítulo 9. Evaluación de procesos de inestabilidad  9.1 Identificación de procesos y descripción de factores  9.2 Estudio geotécnico  Capítulo 10. Aspectos forestales  10.1. Fenómenos erosivos  10.2. Evolución de la deforestación-Análisis multitemporal  Capítulo 11. Caracterización del bosque nativo en el área.  a. Inventario forestal  b. Metodología del inventario</p>	<p>Tabla 3. Aspectos generales para un caso rural- Reforestación</p> <p>REFERENCIAS</p> <p>Gómez Orea D. (2004). Recuperación de Espacios Degradados. España, Ediciones Mundi-Prensa.  Sánchez E., Ahmed K., Ame Y. (2007). Prioridades ambientales para la reducción de la pobreza en Colombia. Washington. Banco Mundial, DC: Mayol Ediciones.  Sociedad Colombiana de Ingenieros. (2008). Campaña protejamos el bosque. Informe técnico.  InGeciencias S.A. (2009). Gobernación de Cundinamarca Inmobiliaria Cundinamarquesa-deslizamiento La Trinidad, Fusagasugá. Informe I1312/2009.  DPAE. (2000). Resolución 364.  DPAE. (2006). Resolución 227.</p>