



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



REDUCCIÓN DEL RIESGO Y AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS EN VÍAS PRINCIPALES DE COLOMBIA

Santiago Baena Correa, José Sebastián Paz Muñoz, David Fernández Plaza

**Pontificia Universidad Javeriana
Cali, Colombia**

Resumen

Los deslizamientos de tierra en ladera son un problema que afecta gran parte de la producción económica y el desarrollo en un país, causando daños irremediables como son las pérdidas humanas, económicas y naturales. Por esta razón, es indispensable tomar medidas y correcciones en los planes y normas que se encargan de velar por la seguridad ante posibles riesgos naturales en zona rural y urbana.

Es importante que todas las comunidades conozcan y estén informadas de los diferentes casos de deslizamiento y posibles amenazas ante cualquier fenómeno por deslizamiento, esto con el fin de mitigar y evitar pérdidas humanas, económicas y naturales.

Conocer y estudiar los antecedentes históricos de deslizamiento en un país como Colombia es el punto de partida para evaluar y determinar posibles riesgos y amenazas en un futuro, y con esta información tomar medidas preventivas la cual no permitan desastres en el país.

Palabras clave: deslizamiento en vías; obras de mitigación; masas de tierra y roca.

Abstract

The landslides on the hillside are a problem that highly affects much of the economic production and development in a country, causing permanent damage such as human, economic and natural losses. For this reason, it is critical to take measures and make improvements in the plans and standards that are in charge of ensuring safety against all possible natural risks in rural and urban areas.

It is important that all communities know and are informed of the different cases of landslides and the possible responses to any phenomenon due to landslides, in order to mitigate and avoid human, economic and natural losses.

Knowing and studying the historical background of landslide in a country like Colombia, is the starting point to evaluate and determine possible risks and threats that might present themselves in the future, and with this information take action to prevent them from happening.

Keywords: *sliding on roads; mitigation works; masses of earth and rock.*

1. Introducción

Colombia es un país montañoso en vía de desarrollo y su economía se debe en gran parte a las exportaciones agrícolas y mineras hacia mercados internacionales, por lo tanto, sus vías no se pueden ver afectadas por deslizamientos de ladera. Si el funcionamiento de la red de carreteras no es el óptimo se perdería el enlace entre la zona de producción agrícola y minera con los principales puertos marítimos. Por esta razón, es necesario intervenir en el terreno para realizar obras que garanticen su estabilidad y seguridad a los usuarios.

La vulnerabilidad de las carreteras ante movimientos de tierra cada vez es mayor, esto se debe a intervenciones realizadas como obras civiles, desarrollos urbanos y la minería a cielo abierto; por esto, es importante analizar las características del suelo que determinan el comportamiento de este. Teniendo en cuenta que el agua de las lluvias es el principal problema en la estabilización de taludes, diferentes estudios han generado soluciones que implementan drenajes superficiales o subterráneos con el fin de reducir la presión hidrostática en el terreno, también, existen soluciones más sofisticadas las cuales implementan estructuras para resistir la fuerza de la ladera.

El objetivo de este trabajo es lograr una aproximarse a los eventos por deslizamiento que han ocurrido en Colombia, las afectaciones causadas y las soluciones que se llevaron a cabo en cada caso, por otro lado, se busca lograr identificar la causa de los diferentes tipos de deslizamientos o movimientos en masa, y finalmente, conocer algunas técnicas de mitigación ante el riesgo de deslizamientos.

2. Análisis general del riesgo por deslizamiento en Colombia

Los países de América Latina que se encuentran en vía de desarrollo son los que se ven mayormente afectados debido a riesgos y desastres naturales, dado que impide llevar a cabo los diferentes procesos de desarrollo interno del país, y retardan las metas socioeconómicas trazadas por el Gobierno. (Banco Mundial, 2012).

En Colombia, los desastres naturales debido a deslizamientos en vías principales han causado daños irremediables, como lo son las pérdidas humanas, económicas y ambientales. La causa de estos fenómenos está asociados a diferentes factores como lo son actividad sísmica, clase de roca

y suelos, orientación de las fracturas en la tierra, cantidad de lluvia, actividad humana, crecimiento de población en ladera, entre otros. No en todos los casos los movimientos de masas de tierra o rocas son iguales. Por esto, es importante conocer los diferentes casos que originan estos eventos con el fin de mitigar o evitar pérdidas anteriormente nombradas.

Se han presentado varios casos de denuncias ante la falta de acción oportuna del Ministerio de Ambiente, y al incumplimiento de vigilancia y control requerido en proyectos o actividades que involucren el medio ambiente y los recursos naturales. Ejemplo de ello, son los siguientes casos:

- El 26 de agosto de 2018, la Contraloría General denunció múltiples irregularidades en procesos de licencias ambientales en proyectos de minería de carbón en el departamento del Cesar. Además, detectó debilidades en el proceso de seguimiento, control y vigilancia al medio ambiente y los recursos naturales. (Espectador, 2018)
- El 27 de agosto de 2018, la Contraloría luego de una auditoria de cumplimiento en el proceso de licenciamiento ambiental y desarrollo constructivo del proyecto hidroeléctrico Ituango logró descubrir múltiples irregularidades con las licencias ambientales expedidas por el Ministerio de Ambiente, lo que conllevó a graves daños ambientales y sociales hoy vistos. (Contraloría General de la Republica, 2018).

Debido a lo anterior, es importante hacer una revisión a las políticas de gestión de riesgo a nivel regional, departamental y local y las entidades responsables de hacer cumplir las normativas del ordenamiento territorial en sus municipios. De no ser así, los desastres naturales por deslizamientos y demás desastres seguirán en aumento, lo cual pone en riesgo el desarrollo del país, el bienestar de las comunidades, y aumenta una crisis ambiental.

3. Tipos de deslizamientos o movimientos de masa

Los deslizamientos o movimientos en masa se clasifican según un conjunto de características morfodinámicas y morfológicas que son particulares de cada movimiento. A continuación, se presenta una breve explicación de los cinco tipos de movimientos más comunes según Boletín de Geología de la Universidad Industrial de Santander:

- **Caídas, desprendimientos y desplomes**

Ocurren cuando una roca se reduce a sus componentes iniciales por la acción de agentes externos y a su vez este proceso ocurre en una zona con alta pendiente por lo que la gravedad es el principal culpable del movimiento rocoso. (Boletín de Geología, 2000)

- **Flujos**

Son movimientos de material fino y grueso los cuales se desplazan a lo largo de una falla bien definida, generalmente son rápidos, aunque en ciertas ocasiones pueden ser movimientos lentos. Existen flujos de lodos los cuales se caracterizan por presentar baja cohesión y se presentan en materiales finos como arcillas y limos, el agente encargado del movimiento en este caso es el agua. (Boletín de Geología, 2000)

- **Deslizamientos**

Se caracterizan principalmente por desarrollar una o varias superficies de ruptura y por tener una zona de desplazamiento y una de acumulación del material desplazado. Estos principalmente se generan sobre laderas suaves o escarpadas en cualquier material litológico. Existen diferentes agentes motores para el movimiento de este material como lo son el agua, y el viento. Este tipo de movimiento suele tener una velocidad rápida y pueden alcanzar proporciones en volumen excesivos. (Boletín de Geología, 2000)

- **Volcamientos**

Los volcamientos son movimientos que se generan debido al colapso de material rocoso, se caracterizan por una heterogeneidad estructural de los materiales involucrados. El agente motor encargado de generar este movimiento es la gravedad o por el agua los cuales ejercen efecto de cuña en las grietas de masas rocosas, este movimiento también es generado por la rotación hacia delante de un material rocoso alrededor de un punto de giro localizado en su parte inferior. (Boletín de Geología, 2000).

- **Reptación**

Es un movimiento superficial de suelo lento y continuo, principalmente materiales de baja cohesión favorecidos por el agua. Principalmente son detectados por la rugosidad del suelo, desplazamiento de cercas y una morfología ondulada con abombamientos. En las zonas de alta humedad se presenta una variación de este momento el cual se conoce como *solifluxión*, esto genera un mayor estado de alteración debido al continuo congelamiento y descongelamiento de los materiales. (Boletín de Geología, 2000).

4. Técnicas de mitigación ante riesgo de deslizamientos en laderas

Las técnicas de mitigación de deslizamientos en taludes se agrupan de acuerdo a las medidas que contribuyan a mitigar los impactos ambientales, socioeconómicos, pérdidas humanas, entre otros. Robert L Schuster y A Keith Turner (1996), presentaron metodologías para reducir el riesgo y amenazas ante deslizamientos de tierra, a continuación, se presenta una recopilación de algunas de sus propuestas y las tres medidas de prevención planteadas; se complementa con algunas metodologías las cuales son comúnmente utilizadas.

- **Medidas de prevención**

Esta medida consiste en tomar planes y acciones que logren disminuir evitar la generación de nuevos desastres en el país; la aplicación de esta medida consiste en:

- Articular planes de ordenamiento de territorial.
- Estipular medidas de socialización y conciencia ciudadana.
- Disponer de entes que hagan cumplir las leyes de control y prevención de desastres.
- Exigir a entidades públicas y privadas estudios de vulnerabilidad en las zonas a intervenir.
- Realizar evaluaciones periódicas en lugares de amenaza alta.

- **Medidas de control**

Esta medida consiste en realizar estructuras en la parte baja de la ladera, al lado de la vía, con el fin de obstruir el paso de material de la montaña a la vía y zonas alrededor, previniendo así, las pérdidas anteriormente nombradas y daños en infraestructura vial.

Algunas estructuras usadas comúnmente en esta medida son las bermas, cubiertas de protección, estructuras de retención, trincheras. Para dar solución y evitar el paso de material de mayor magnitud como es el caso de roca con diámetro se aconseja utilizar en la base del talud mallas, barreras las cuales logran generar una buena retención.

- **Medidas de estabilización**

- **Modificación en la geometría del talud**

Con esta medida se logra redistribuir las fuerzas debidas al peso de los materiales en el talud, logrando una nueva estructuración talud y alejándose de la superficie de falla. Los métodos que ayudan a mejorar el equilibrio en la superficie del talud son:

- Cambio en la pendiente del talud, esta medida se aplica comúnmente en taludes de menor altura, debido a que es un proceso que requiere de elevado costo por la remoción de material y maquinaria necesaria que este requiere.
- Remoción de materiales en cabecera del talud, este método consiste en retirar material en la parte alta del talud dependiendo del tamaño y el análisis de estabilidad del talud, este método es muy usado en fallas activas.
- Escalonamiento del talud, esta medida consiste en la construcción de escalones planos en las zonas medias del talud, estos escalones se llaman bermas y son las que le dan forma y estabilidad. Las bermas sirven también para la instalación de sistemas de drenaje y como estructura de retención de material del talud.
- Contrapesos en la base del talud, esta medida ayuda a reforzar en la parte inferior del talud, generando un momento en dirección contraria al peso propio del talud, comúnmente son estructuras como rellenos de tierra armada, o muros estructurales de contención. Es importante realizar estudio detallado de la estructura de contrapeso para tener éxito.

- **Sistemas de drenaje**

Esta es la principal medida para garantizar resistencia y durabilidad de una estructura, evacuar el agua en el talud es lo más importante, ya que si hay presencia de agua se desencadena gran cantidad de problemas relacionados con la inestabilidad del talud o estructuras.

En esta medida existente varias obras que ayudan a controlar el paso y dirección del agua, las cuales se nombran a continuación:

- Drenaje superficial (cunetas, contra cunetas, cajas).
- Drenaje subterráneo. (drenaje de zanja, túneles de drenaje, pozos profundos).

- **Geosintéticos**

Esta es una gran medida la cual logra incrementar la estabilidad en el talud a un bajo costo de operación y mantenimiento, además de que logran recuperar vegetación en la superficie del talud, lo cual disminuye posible erosión. Existen varios tipos de geosintéticos que dependen del tipo de talud, es necesario realizar un análisis del tipo del material.

- **Concreto lanzado**

Esta medida tiene como objetivo revestir la superficie del talud con una delgada capa de concreto, dando resistencia al talud y protegiéndolo de la erosión.

Un caso más común, es el del mortero en la superficie del talud, esta práctica consiste en una capa más delgada que la de concreto lanzado y suele ser aplicada en condiciones de bajo afluente de agua sobre el talud.

- **Muros Rígidos**

Estructuras rígidas las cuales no permiten deformaciones en la montaña, algunas de estas estructuras son: muros de concreto reforzado, muros de concreto simple, muros en ciclópeo, muros de piedra.

- **Muros flexibles**

Estas estructuras a diferencia de los muros rígidos permiten y son capaces de adaptarse a los movimientos. Dentro de estas estructuras y las más comunes son: muros en gaviones, muros de jaula o cribas, muros de bloque de concreto, muros de llantas.

- **Anclajes**

Los anclajes son un conjunto de elementos que están destinados a producir una fuerza contraria al movimiento de la masa deslizante; estos elementos trabajan a tracción dándole estabilidad al talud. Existen varios tipos de anclajes, es necesario analizar las condiciones del terreno, y con esto poder diseñar la estructura que mayor aporte da para equilibrar taludes y demás estructuras.

- **Pilotes y micropilotes**

Son elementos esbeltos los cuales dan un gran aporte a la estabilización de taludes por deslizamientos superficiales, se suelen colocar en hileras formando pantallas.

Es necesario hacer un estudio detallado el cual logre identificar la superficie de falla del terreno para poder determinar la profundidad a la cual deberá ir cada pilote o micropilote, y también determinar el diámetro de cada uno de estos.

5. Antecedentes históricos de deslizamientos en Colombia

Conocer la ocurrencia de deslizamientos en taludes en las zonas o áreas de estudio es el punto de partida para la determinación y evaluación ante posibles deslizamientos en el futuro, debido a que se aumenta el riesgo en zonas con características similares.

De acuerdo a la base de datos de la Corporación OSSO y el análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia el 18% del territorio nacional se encuentra en zonas de amenaza muy alta y alta por movimientos de masa. La región Andina es aquella que mayormente está expuesta ante posibles deslizamientos. Los departamentos con mayor riesgo y amenazas en zonas asentadas son: Antioquia, Cundinamarca, Cauca, Santander, Boyacá, Caldas y Tolima. A nivel municipal, el riesgo y amenaza es mayor en los municipios de Villamaría (Caldas), Piendamó, La Vega, Bolívar y Cajibío (Cauca), Yarumal y Urao (Antioquia), Líbano (Tolima), Santa Rosa del Sur (Bolívar), y San Vicente de Chucurri (Santander). (Banco Mundial, 2012).

Por esta razón, se ha logrado recolectar información de desplazamientos de masas de tierra y rocas ocurridos en Colombia, siguiendo reseñas y noticias publicadas por revistas, portales, inventarios para la gestión de riesgo, entre otros.

Según datos de reporte de Emergencias de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y como se dijo anteriormente la región Andina es donde mayor riesgo por deslizamiento existe, debido a que existen dos temporadas invernales cada año, con un total de 4.943 de vías afectadas. Los datos por desastre confirman lo anterior, algunos casos presentados en la región Andina se muestran a continuación:

- 1974, en la vía Bogotá-Villavicencio ocurrió un deslizamiento de lodo y piedras donde murieron alrededor de 300 personas (El Espectador, 2014). Según relatos registrados por el periódico El Tiempo antes de ocurrir este evento se estaban realizando obras de estabilización en varios puntos de la vía, debido a que ya habían ocurrido dos casos de desastre.

Los métodos de estabilización empleados fueron muros anclados y obras de drenaje, aun así, en ese mismo año la montaña falló. A la fecha, no se concluyó satisfactoriamente las obras de restauración que se han venido realizando y no se pudo dar apertura a la vía, debido a la inestabilidad de la zona. Las obras de prevención y estabilización en la zona son varias entre la que se encuentran grandes viaductos y túneles, sistemas de drenaje. La fecha de inauguración según la Agencia Nacional de Infraestructura ANI está prevista para el 2023. La reconstrucción de este tramo de vía le ha costado al país 8 billones de pesos según El Colombiano.

- 1999, comenzó un deslizamiento en la vía Bogotá-Medellín, en la variante de Villeta, la desestabilización de la zona ocurrió durante la construcción de la carretera en 1985 a cargo del consorcio Mario Huertas, donde se removieron 2 millones de metros cúbicos de tierra y gran parte se depositó en la parte alta de la ladera. (El Tiempo, 2003). El peso del material depositado sobre la ladera hizo que la ladera fallara y presentara deformaciones, lo cual generó grandes movimientos de tierra, los métodos de estabilización del terreno resultó casi imposible durante 5 años aproximadamente, donde no fue posible parar los movimientos de tierra. Las dos alternativas que pusieron fin a esta situación que duró 10 años fue la construcción de un túnel falso y un muro de carga; este túnel fue un reto para la ingeniería colombiana debido a las condiciones geológicas desfavorables de la zona, además de grandes cantidades de aguas subterráneas. El túnel falso ganó el Premio Nacional de Ingeniería 2012 por la SCI. (Editorial la Republica, 2012). - 2016, en la autopista que comunica Medellín-Bogotá, se presentó un deslizamiento de tierra donde quedaron atrapadas 16 personas, la causa de esta tragedia fue por inestabilidad en la ladera debido a una explotación minera de una cantera. (Noticias Caracol, 2016). Las pérdidas según la Asociación de transportadores de carga superan los 3.700 millones de pesos, lo cual significa pérdidas millonarias para el sector y el país. Por otro lado, hay que sumar el costo de las obras de restauración de la zona, y los gastos debido a la reparación de víctimas. Las obras de estabilización empleadas fue el escalonamiento del talud, en los cuales se instalaron sistemas de drenaje.

- 2018, en la vía Bucaramanga-Barrancabermeja, se presentó una falla geológica lo cual provocó un gran deslizamiento de tierra, este caso a diferencia de los otros ocurrió por malos procedimientos en diseño y construcción por parte de la generadora de energía Isagen. La empresa

generadora de energía tenía conocimiento de la inestabilidad de la zona y se comprometió a mantener la movilidad del corredor. (El Tiempo, 2018). Isagen construyó 11.5 kilómetros de vía sustitutiva, tramo el cual tuvo 4 puntos críticos debido a la inestabilidad. Lo que se puede ver en las fotos de las obras que ha realizado Isagen son una serie de escalonamiento en el talud, buscando una mayor estabilidad, como también la aplicación de concreto lanzado revistiendo la superficie del talud y sistemas de drenaje.

Es importante mencionar cuánto le cuesta al país la rehabilitación y reconstrucción de una vía y ponerla a servicio de toda la comunidad. El Instituto Nacional de Vías INVÍAS con recursos de la cuenta "Construcción de obras de emergencia para la red vial nacional", invierte anualmente aproximadamente \$50 mil millones, valor que se puede incrementar dependiendo la complejidad del diseño y reconstrucción del proyecto. (Banco Mundial Colombia, 2012). Según informe de INVÍAS el 91% de la inversión anual se destina a la rehabilitación y reconstrucción y el 9% es destinado a estudios y estrategias de prevención de riesgos. Lo cual demuestra la importancia de hacer reestructuraciones en los procesos de planeación y ordenamiento urbano como verificar normativas ambientales y de diseño.

6. Conclusiones

Debido a una serie de factores como la geología, el clima, geomorfología, y distintas actividades realizadas por el hombre se ha podido identificar los tipos de movimientos de masa más frecuentes o comunes en Colombia. El Servicio Geológico Colombiano de acuerdo a distintos estudios realizados identificó cinco tipos de movimientos más comunes, estos son: caídas y rodamientos, volcamientos, deslizamientos, flujos y reptación.

Estos tipos de movimientos son de alto impacto lo cual pueden causar grandes pérdidas humanas, materiales, económicas; debido a esto es muy importante tomar medidas preventivas que ayuden a identificar las zonas de alto riesgo en el país. Luego mediante planes o campañas de prevención a cargo de Corporaciones Autónomas Regionales y Desarrollo Sostenible lograr administrar de una mejor manera el medio ambiente y los recursos naturales, lo cual asegure el bienestar de la comunidad y el desarrollo económico del país.

En Colombia por las épocas lluviosas la estabilización del talud por lo general se realiza haciendo usos de sistemas de drenaje y geosintéticos. Si el terreno presenta características más complejas o es una zona de alta pendiente se deberán realizar obras complementarias de mayor magnitud a las mencionadas anteriormente, en estos casos, estos tipos de obras requieren de un mayor cuidado y estudio en el diseño debido a la importancia de la obra, es importante llevar un seguimiento detallado y cuidadoso del proyecto, efectuando procesos transparentes y siguiendo normativas y leyes las cuales garanticen el desarrollo sostenible, la conservación y restauración del medio ambiente.

7. Referencias

Artículos de revistas

- Vargas, G. (2000). Criterios para la clasificación y descripción de movimientos en masa. Boletín de geología, Universidad Industrial de Santander, Vol. 22, No. 37, pp. 45-48.

Fuentes electrónicas

- Alberti, J., Canales, R., Sandoval, B. (2006). Técnicas de mitigación para el control de deslizamiento en taludes y su aplicación a un caso específico. Ciudad Universitaria. Universidad de El Salvador, El Salvador. Consultado el 5 de marzo de 2019 en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4514/>
- Arias, B. (2012). Deslizamientos en taludes inducidos por altas precipitación en vías intermunicipales en Colombia. Facultad de Ingeniería, Universidad Libre, Bogotá, Colombia. Consultado el 7 de marzo de 2019 en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7116/AriasTorresBenjamin2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ávila, G., Cubillos, C., Granados, A., Bello, E., Rodríguez, E., Rodríguez, C., Ruiz, G. (2016). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Colección guías y manuales. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Colombia. Consultado el 7 de marzo de 2019 en: <https://www2.sgc.gov.co/biblioteca/Documents/Biblioteca/GuiaMetodologicaVersion24-05-2016.pdf>
- Banco Mundial. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas. Bogotá, Colombia. Consultado el 5 de marzo de 2019 en: <http://gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/archivos/GESTIONDELRIESGOWEB.pdf>
- Servicio Nacional de geología y minería. (2007). Movimientos en masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. Publicación Geológica Multinacional. No.4. Consultado el 5 de marzo de 2019 en: <http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/442884/GuiaEvaPeligros.pdf>

Sobre los autores

- **Santiago Baena Correa:** Estudiante de Ingeniería Civil, IX semestre de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. santiago98@javerianacali.edu.co, integrante del Semillero Gestión de Obras en Ingeniería Civil.
- **José Sebastián Paz Muñoz:** Estudiante de Ingeniería Civil, X semestre de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. jsebastianp@javerianacali.edu.co, integrante del Semillero Gestión de Obras en Ingeniería Civil.
- **David Fernández Plaza:** Estudiante de Ingeniería Civil, X semestre de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. pro david@javerianacali.edu.co, integrante del Semillero Gestión de Obras en Ingeniería Civil.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)