

Evaluación para la gestión de riesgos y control de erosión en taludes



García Díaz Jessica Alejandra

Ensayo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniera Civil

Director:

Juan Carlos Ruge Cárdenas

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad de Ingeniería

Diplomado en gerencia de proyectos PMI con PMBOK versión 6

Bogotá, D.C., 03 noviembre de 2020

Lista de tablas

Tabla 1. Los diez Deslizamientos más relevantes en los últimos tres años	5
Tabla 2. Principales factores que influyen en la erosión.	7
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de refuerzos.	9

Lista de figuras

- Figura 1.** Esquema de estabilización de talud en corte usando un muros MSE. 13
- Figura 2.** Esquema de una estructura de contención de suelo reforzado con geomalla. 13

Lista de gráficos

Gráfico 1. Gestión de Riesgos del Proyecto

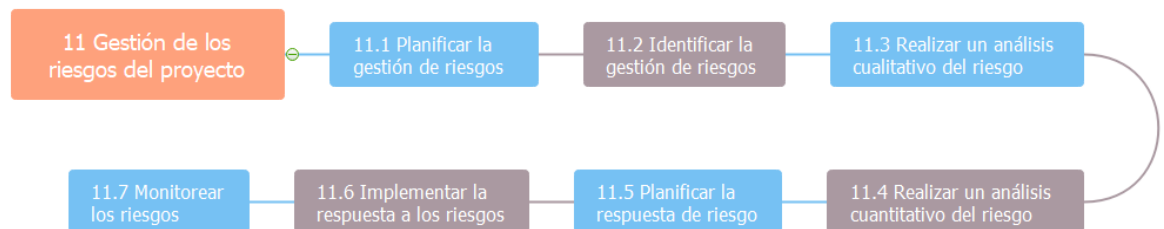
3

El deslizamiento traslacional en taludes es una de las principales causas de afectación a la movilidad del país, originan al año innumerables pérdidas económicas y en vidas humanas, un ejemplo de ello sería, el derrumbe de grandes proporciones que tuvo lugar en el kilómetro 58 de la vía al llano a principios de junio de 2019. En las últimas décadas se ha concebido el desarrollo de proyectos de infraestructura de una manera que la gestión e implementación de estos, a través de guías, sea fácil para la gerencia de cualquier proyecto y así permitan mitigar los daños ocasionados por los riesgos del proyecto, para este caso serían los deslizamientos de taludes en los proyectos de infraestructura vial. Teniendo en cuenta lo expuesto por el Project Management Institute (PMI) en el capítulo 11 de la guía Project Management Body Of Knowledge (PMBOK) versión 6: Gestión de Riesgos del proyecto. Existe una gran variedad de técnicas, manuales y medidas que se podrían tomar en cuenta al momento de diseñar y ejecutar una obra de estabilización de terreno para las vías.

El presente ensayo, busca abordar la importancia del plan de gestión de riesgos propuesto por el Project Management Institute (PMI) en la guía PMBOK (ver gráfico 1) teniendo en cuenta una problemática presente en nuestro país, sobre deslizamientos de taludes en carreteras, se ha visto la necesidad de analizar el paso 11.3: realizar un análisis cualitativo del riesgo en los deslizamientos de vías, entender con mayor claridad por qué se producen este tipo de movimientos y hacer una propuesta que se podría tener en cuenta en la ejecución de los proyectos, para evitar futuros deslizamiento y disminuir los sobrecostos que le generan estas situaciones al proyecto.(Bermúdez Calle, Terreros Hidalgo, Vargas Aponte, & Zapata Ramos, 2018)

En todos los proyectos existen factores que generan riesgos que serían eventos que afectan los objetivos del proyecto de forma negativa (amenaza) o positiva (oportunidades). Las organizaciones deben elegir enfrentar el riesgo de una forma controlada e intencional. La gestión de riesgos del proyecto tiene como objetivo primordial identificar y gestionar los riesgos que no están contemplados en los demás procesos de la dirección del proyecto y del éxito de esta es gestión, iría directamente relacionada con la del proyecto. (Project Management Institute, 2017). Los procesos de gestión de riesgos son:

Gráfico 1. Gestión de Riesgos del Proyecto



Fuente: (Project Management Institute, 2017)

Es importante aclarar que en Colombia las entidades encargadas de analizar, evaluar y proponer medidas correctivas para los deslizamientos son la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y para el caso concreto de vías es el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) a través de sus planes de gestión y control para la implementación de vías en el país, como tal no existe una entidad que se encargue de registrar, vigilar y controlar los movimientos de tierra que se presentan durante las épocas de invierno. (L. Beltrán Moreno, J. Ayala Rodríguez, 1992)

Los movimientos en masa son desplazamientos del terreno a favor de la pendiente que se genera por la acción de la fuerza de gravedad, bajo la influencia de ciertos

factores como son el agua, los eventos sísmicos, la aplicación de carga excesiva, las excavaciones para la adecuación de viviendas o la apertura de senderos y vías entre otros. Estos movimientos producen cambios visuales en el terreno como agrietamientos, hundimientos e incluso desprendimientos de grandes cantidades de suelo o roca, de ahí que puedan ocasionar la destrucción o deterioro de la infraestructura pública, viviendas, cultivos y propiciar el represamiento de cauces de ríos o quebradas (Alcaldía de Medellín & Tecnológico de Antioquia I.U., 2016, Pág. 7)

En Colombia la problemática de deslizamientos y cierres parciales en las vías primarias, secundarias y terciarias del país aumenta en épocas de lluvias prolongadas por las características morfológicas y el relieve accidentado característico del país. Este tipo de fenómenos se acentúan principalmente en zonas entre las cordilleras (central, oriental y occidental), paralizando parcial o totalmente obras de ingeniería, elevando costos de rehabilitación para determinados tramos y aumentando los tiempos de viaje para transportadores y pasajeros, etc. (J. Montero O., L. Beltrán M., 2011)

En nuestro país se han reportado importantes deslizamientos, en casi todos los casos de estudio se puede observar que la causa de dichos deslizamientos en su mayoría se debe a precipitaciones excesivas, lo que provoca desestabilización de taludes causando severos daños a la comunidad en la zona afectada. A continuación, se muestran diez de los deslizamientos más relevantes en los últimos tres años, en función de daños ocasionados (Ver tabla 1).

A pesar de que INVIAS como entidad pública y las concesiones como entidades privadas han implementado diversas técnicas de mitigación para estos taludes, no es suficiente, pues al realizar la búsqueda, se logra evidenciar que el

mismo derrumbe ocurre en el mismo punto en diferentes años, lo que indica que las obras de mitigación realizadas por dichas entidades no son eficientes, lo que genera cada año, costosos cierres y reparaciones en las diferentes vías del territorio nacional. (Instituto Nacional de Vías INVIAS & Universidad Nacional de Colombia, 2006)

Tabla 1.

Los diez Deslizamientos más relevantes en los últimos tres años

Fecha	Lugar	Causa	Daños
18/09/2020	Vía Santuario - Caño Alegre, Km 14+900	Deslizamiento de tierra y caída de rocas	Cierre total en ambos sentidos
21/08/2020	Vía Suaza - Florencia	Caída de tierra y rocas	cierre parcial y un herido
11/09/2019	Variante La Romelia - El Pollo de la troncal de Occidente	Fuertes lluvias colapsaron el talud	Varias personas muertas porqué el movimiento de tierra sepulto carros y motos que transitaban a esa hora de la mañana.
19/06/2019	Vía Florencia - Neiva, sector El Pórtico, Municipio de Suaza	Derrumbes causados por fuertes lluvias	Dos muertos, cuatro heridos, una desaparecidos, arrastre de vehículos y Cierre de la vía de 30 horas mientras se retiraban los restos de tierra que generaban el bloqueo de la vía
14/06/2019	Vía Bogotá - Villavicencio, Municipio de Guayabetal (Cundinamarca)	Inestabilidad Geológica en diferentes puntos del corredor vial, especialmente en el Km 58	Afectaciones para el sector Agropecuario, el comercio, transporte y turismo ubicados en los llanos orientales
11/02/2019	Vía Quibdó - Medellín, Km 17 sector Las Escarpetas	Derrumbe de grandes magnitudes sobre la vía	Cierre parcial indefinido de la vía, arrastre de maquinaria en el sitio y Paralización de obras viales
15/04/2018	Vía Bogotá - Girardot, sector de Nariz del Diablo km 47+100	Caída de rocas en la carretera	Cierre total del corredor
14/04/2018	Vía Bogotá - La mesa, km 84	Derrumbe y caída de rocas en la vía	Cierre parcial y represamiento de tráfico en la zona
20/12/2017	Vía Bucaramanga - Barrancabermeja, km 34	Deslizamiento generado por el movimiento de Coluvión	Cierre total por alrededor de tres días
20/08/2017	Vía Tuquerres - Samaniego, Nariño	Taponamiento de vía por alud	Dos personas desaparecidas

Fuente: Elaboración Propia

La diversidad en suelos, el clima, la topografía y el desarrollo que tiene el país en el centro geográfico del territorio nacional, hace que sea necesario evaluar el riesgo de deslizamiento en taludes, las características del relieve colombiano y su localización en la zona intertropical, siendo cruzada en la parte inferior por la

línea ecuatorial, hacen que en los periodos de lluvias prolongadas se presenten deslizamientos que ocasionan pérdidas humanas, materiales y económicas, tales como, daños físicos se ven representados en la destrucción de la infraestructura vial generando así costos excesivos de remoción, construcción y mantenimiento de los tramos afectados, aumentando así los tiempos de viaje; socioeconómicos derivados de la interrupción de las actividades industriales que dependen de materias primas para su funcionamiento, el sector turístico afectado por el cierre de algunas vías y ambientales reflejados en la erosión, pérdida de cobertura vegetal, daños a los ecosistemas y alteración del cauce de los ríos por la cantidad de sedimento que les hace perder sección hidráulica (L. Beltrán Moreno, J. Ayala Rodríguez, 1992).

Es importante destacar que este tipo de riesgo en un proyecto de infraestructura vial se puede clasificar como una amenaza; según lo expuesto en el capítulo 11 de la guía PMBOK versión 6, una de las estrategias para este tipo de riesgo es la mitigación de este con lo que se busca reducir el riesgo sin desaparecerlo, pues los deslizamientos dependen de factores como las características del suelo, la cubierta vegetal, la topografía, la cubierta vegetal, la topografía y el clima (Tabla 2).

Tabla 2. Principales factores que influyen en la erosión.

Factores	Descripción
Características del suelo	Distribución del tamaño de partículas (textura)
	Contenido de Materia Orgánica
	Estructura
	Permeabilidad
Cubierta Vegetal (beneficios que proporciona con respecto a la erosión)	Protección a la superficie del suelo del impacto de gotas de agua
	Incremento de la resistencia del suelo al esfuerzo de corte en la escorrentía gracias a las raíces.
	Mejora la capacidad de infiltración del suelo
	Aumento de la rugosidad hidráulica que disminuye la velocidad de la escorrentía
	Menor humedad del suelo por la transpiración de las plantas
Topografía	Pendiente
	Forma
	Longitud
Clima	Frecuencia de ocurrencia de chubascos
	Intensidad de la lluvia
	Duración de los chubascos

Fuente: (Boraita Pérez et al., Pág. 8, 2014)

Uno de los tipos de obras más comunes en la ingeniería son los muros de contención, bien sea para la conservación de las dimensiones de la banca en vías, contención de suelos o conformación de áreas planas. (PAVCO, Pág. 315, 2012).

“Para la construcción de carreteras y obras de infraestructura, se realiza gran cantidad de cortes y terraplenes, los cuales modifican los estados de esfuerzos y disminuyen los factores de seguridad al deslizamiento. Por esta razón, son muy comunes los deslizamientos en taludes en carreteras y vías férreas” (Suárez, 2001, pág. 352.) Las obras de construcción involucran la intervención de

laderas y taludes, los cuales requieren un programa de control de erosión durante la construcción y de medidas definitivas de control a mediano y largo plazo.

Para el diseño de un talud se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

- Diseño de la forma, dimensiones y condiciones del talud, pendientes, bermas, etc.
- Diseño de obras de manejo de aguas de escorrentía.
- Diseño de obras de protección de la superficie del terreno.
(Bioingeniería o Mantos de control de erosión)
- Diseño de obras de control geotécnico (Subdrenajes, muros y otros sistemas de estabilización que se requieran)

Las estructuras de suelo mecánicamente estabilizadas (Muros de tierra mecánicamente estabilizada (MSE) O Taludes RSS) son terraplenes donde su principal componente es el material propio del sitio, en el proceso de compactación se emplean elementos de refuerzo para aumentar la resistencia a la tensión y al cortante. Este tipo de estructuras son fáciles de construir, se adaptan fácilmente a la topografía, tolera asentamientos diferenciales y pueden repararse de manera fácil.

Los taludes reforzados (RSS) con refuerzos metálicos o geosintéticos tienen una inclinación menor a 70° , este tipo de obras según la Federal Highway Administration (FHWA) de los Estados Unidos, no requieren un relleno tan granular y limpio como los muros MSE, por tal razón, resultan ser más económicos al momento de implementarlos en una obra de ingeniería, si se compara con una estructura de concreto reforzada, en la tabla 3 se puede ver las ventajas y

desventajas de los diferentes tipos de refuerzos usados para estas estructuras (Suarez, 2009).

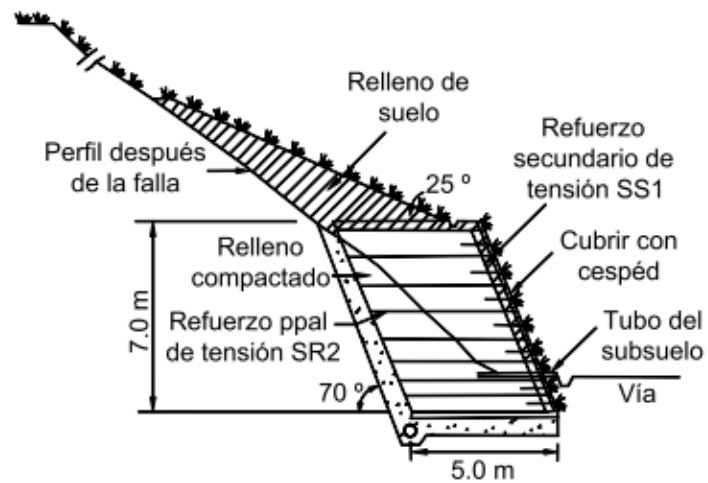
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de refuerzos.

Tipo	Ventajas	Desventajas
Refuerzo con tiras metálicas	Los refuerzos metálicos le dan rigidez al terraplén y los prefabricados de concreto en su cara de fachada los hace presentables y decorativos. Existen empresas especializadas dedicadas a su construcción. El agua no se acumula entre capas.	Las zonas de refuerzo requieren protección especial contra la corrosión. Se requieren características especiales en el relleno utilizado con los elementos de refuerzo. Algunos tipos de muro de tierra armada están cubiertos por patentes.
Refuerzo con malla metálica	La malla le da cierta rigidez al terraplén y las capas no constituyen superficies de debilidad. El efecto de anclaje es mejor. El agua no se acumula entre capas.	Dependiendo del material constitutivo la malla puede descomponerse o corroerse. Hay dificultades para la unión con la fachada.
Refuerzo con geomalla sintética	El terraplén es relativamente rígido. Se deforman menos que los de geotextil. El agua no se acumula entre capas.	Dependiendo de la rigidez de la malla puede requerirse un material diferente para la fachada.
Refuerzo con geotextil	Son generalmente muy económicos y fáciles de construir.	Son muy flexibles y se deforman fácilmente. Las capas de geotextil se pueden convertir en superficies de debilidad para deslizamientos. El geotextil se descompone con la luz solar. El agua puede acumularse entre capas.

Fuente: (Suárez, Pág. 231, 2009)

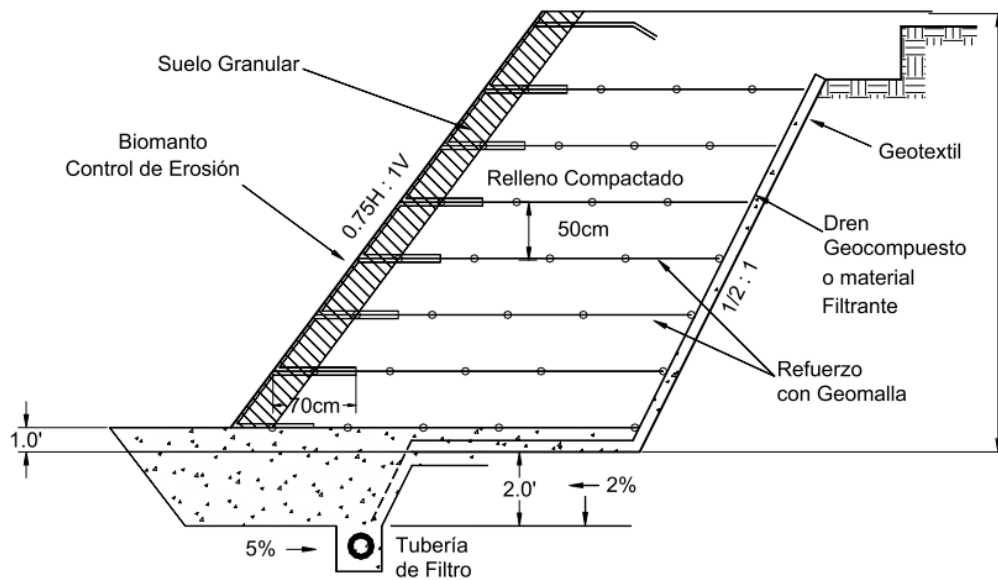
La estabilización de los taludes en corte donde existe una amenaza de deslizamiento se incluye la opción con muros MSE (Figura 1). Para implementar este tipo de muros de suelos reforzados con geosintéticos en su diseño es necesario determinar qué tipo de geotextil será necesario usar entre las capas, de tal manera que el factor de seguridad de la superficie potencial de falla aumente y la estructura sea internamente estable (Figura 2). El refuerzo en el talud del terraplén es considerado típicamente no crítico si el factor de seguridad es mayor a 1.1 y el refuerzo seleccionado es usado para incrementar el factor de seguridad hasta un valor confiable (PAVCO, Pág. 352, 2012).

Figura 1. Esquema de estabilización de talud en corte usando un muro MSE.



Fuente: (Suarez, Pág. 215, 2009)

Figura 2. Esquema de una estructura de contención de suelo reforzado con geomalla.



Fuente: (Suarez, Pág. 216, 2009)

En el capítulo 11 del PMBOK, se propone implementar un plan maestro para el proyecto, para este caso sería en el control de la erosión en la construcción

de una obra donde se va a intervenir el suelo y la cobertura vegetal. La Asociación América de Oficiales de Carreteras estatales y de Transportes conocida por sus siglas en inglés AASHTO (American Asociación of State Highway and Transportation Officials), es una organización que establece normas, publica especificaciones y hace guías usadas para el diseño de vías de transporte (carretero, ferrero, aeropuertos y marítimo) en Estados Unidos y es referencia para la construcción de vías en Colombia; la AASTHO recomienda seguir un procedimiento general:

1. Determinar los límites de las áreas a intervenir para la obra, dando especial atención al área crítica de erosión si son intervenidas para la ejecución del proyecto.
2. Dividir el área de la obra en áreas de drenaje, determinar cómo va a ser el paso de la escorrentía por encima del terreno a intervenir y cómo puede controlarse la erosión y sedimentación implementando obras de drenaje antes y después de ejecutada la obra.
3. Seleccionar el sistema a implementar en la obra:
 - a) Control de erosión: práctica dirigida a proteger la superficie del suelo y prevenir el desprendimiento de partículas por acción de agua y viento.
 - b) Control de sedimentos: atrapar los sedimentos después de que han sido desprendidos por acción del agua y del viento. Son sistemas pasivos de sedimentación o filtración para evitar que los sedimentos producidos por la construcción lleguen a ríos o quebradas.
 - c) Manejo adecuado de la obra: la planeación de la secuencia de la construcción, el tiempo de exposición de las áreas a la lluvia, el

mantenimiento y el control permanente son responsabilidades que deben asignarse a profesionales específicos dentro del grupo de trabajo en el proyecto (Suárez, 2001).

Para prevenir y mitigar el riesgo de deslizamiento en las carreteras colombianas es necesario realizar estudios debido a las características topográficas y climáticas de la zona donde se llevará a cabo el proyecto, realizar los cortes de acuerdo al tipo de suelo, únicamente en el área donde se requieran y en temporadas donde no predominen las lluvias, evitar pendientes fuertes (mayores a 70°) en los taludes, manteniendo la vegetación de la zona en la mayor área posible y si no es posible, reforestar el área cuando sea posible usando capas de protección en la supervise del terreno (mantos de control de erosión), si existen sitios de concentración de agua realizar las obras de drenaje (canales escalonados) que disipen la energía para concentrar en agua en alcantarillas e inspeccionar permanentemente la obra para tomar medidas de prevención y control a medida que lo requiera.

Referencias

- Alcaldía de Medellín, & Tecnológico de Antioquia I.U. (2016). Movimientos En Masa. *Alcaldía de Medellín*, 1, 25.
- American Association of State Highway and Transportation Officials.
<https://www.transportation.org/home/organization/>
- Boraita Pérez, A., Gutiérrez, A., Cámara, A., Astiz, M. Á., Sostenible, A., & Suárez Díaz, J. (2014). ESTABILIZACION BIOTECNICA - Universidad de Córdoba. *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes En Zonas Tropicales*, 30(5), 514–528. Retrieved from [http://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales.html%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.rimni.2012.10.001%0Ahttp://hdl.handle.net/10481/40400%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/S1885-5857\(08\)60166-8](http://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales.html%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.rimni.2012.10.001%0Ahttp://hdl.handle.net/10481/40400%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/S1885-5857(08)60166-8)
- Instituto Nacional de Vías INVIAS, & Universidad Nacional de Colombia. (2006). *Manual para la Inspección visual de Obras de estabilización*. 43.
- Juan Montero O.; Lisandro Beltrán M.; Ricardo Cortes D. (2011). Inventario de deslizamientos en la red vial colombiana. *Ingeniería e Investigación*, 0(17), 16–27.
- Lisandro Beltrán Moreno; Jorge Ayala Rodríguez; Mauricio Hernán Camargo Chávez. (1992). Elementos del impacto ambiental producido por los deslizamientos de taludes viales colombianos. *Ingeniería e Investigación*, 0(27), 38–47.
- López, E. J. (2013). Diagnóstico de Estabilidad de Taludes en la Localidad de Usme a través de los Sistemas de Información Geográfica de libre Distribución. Bogotá D.C.
- PAVCO, M. C. (2012). *Manual de Diseño Con Geosintéticos* (Novena). Retrieved from <http://www.geosoftpavco.com/manual.html>
- Project Management Institute. (2017). Dirección de proyectos (Guía del PMBOK). In *Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos Sexta Edición*. Retrieved from www.pmi.org
- Suárez, J. (1989). Capítulo 8 Deslizamientos en Áreas Urbanas y en Obras de Ingeniería. *Deslizamientos: análisis geotécnico, Tomo 1*(Geotecnia), 308–338. Bermúdez Calle, D. A., Terreros Hidalgo, J. K., Vargas Aponte, C. F., & Zapata Ramos, L. C. (2018). Gestión proyectos. *Mycological Research*, 106(11), 1323–1330.
- Suarez, J. (2009). Capítulo 6 Refuerzo con Geosintéticos. *Deslizamientos*, 1–28. Retrieved from www.erosion.com.co
- Suárez, J. (2001). Control de Erosión en Taludes y Obras de Ingeniería. *Control de Erosión En Zonas Tropicales*, 349–400.