

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA OBRAS DE CONTROL DE PROCESOS EROSIVOS Y DESLIZAMIENTOS PEQUEÑOS EN TALUDES TENIENDO EN CUENTA FACTORES IN SITU COMO EL CLIMA, LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y LA MORFOLOGÍA DEL TERRENO.**



**INFORME FINAL**

**ASESOR INTERNO:  
CLAUDIA HELENA MUÑOZ HOYOS  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**ASESOR EXTERNO:  
WILMAR SÁNCHEZ URIBE  
GEOSFERA SAS**

**DIANA VÁSQUEZ GUERRA  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA AMBIENTAL  
INGENIERÍA CIVIL  
2018-2**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVO GENERAL.....	4
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. MARCO TEÓRICO.....	4
4. METODOLOGÍA.....	6
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	6
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA OBRAS DE CONTROL DE PROCESOS EROSIVOS Y DESLIZAMIENTOS PEQUEÑOS EN TALUDES TENIENDO EN CUENTA FACTORES IN SITU COMO EL CLIMA, LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y LA MORFOLOGÍA DEL TERRENO.....	7
I. PROCESOS EROSIVOS.....	7
II. DESLIZAMIENTOS SUPERFICIALES.....	8
III. MATERIALES PARA EL CONTROL DE EROSIÓN.....	10
6. CONCLUSIONES.....	20
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

# **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA OBRAS DE CONTROL DE PROCESOS EROSIVOS Y DESLIZAMIENTOS PEQUEÑOS EN TALUDES TENIENDO EN CUENTA FACTORES IN SITU COMO EL CLIMA, LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y LA MORFOLOGÍA DEL TERRENO.**

---

## **RESUMEN**

Los procesos erosivos e inestabilizaciones en taludes causados por intervención antrópica deben ser mitigados utilizando diversos métodos y técnicas de las que su uso depende fundamentalmente de factores in situ como el clima, el tipo de suelo y la pendiente del terreno.

Se presenta en este informe una recopilación de métodos y materiales usados para el control de erosión en taludes extraídos desde la literatura y desde la experiencia recopilada por la empresa Geosfera S.A.S apoyados en evidencia fotográfica con el fin de realizar un análisis a la luz de las variables identificadas incluyendo observaciones y procedimientos generales para la utilización de cada método.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El actual crecimiento de obras de infraestructura vial genera, además de un crecimiento económico del sector, varios impactos ambientales que afectan el equilibrio morfológico del relieve actual. Tales impactos se producen por la intervención antrópica de las montañas y otras geo formas naturales originados por los cortes y demás movimientos de tierra que son necesarios para la construcción de vías y demás obras de ingeniería, que en la mayoría de las veces involucran procesos erosivos y problemas de inestabilidad, que deben ser mitigados para el normal funcionamiento de las vías.

Los procesos erosivos y movimientos en masa generados en los taludes de corte, se convierten en situaciones que deben ser intervenidas con ayuda de la ingeniería y la bioingeniería, utilizando métodos y técnicas que necesitan ser cuidadosamente elegidos, teniendo en cuenta factores naturales como el clima, el relieve, la geología y los suelos, con el fin de controlar los efectos negativos por las modificaciones antrópicas realizadas en las obras.

En la actualidad, existen varios métodos y técnicas usadas para estos fines que fueron propuestas, en su mayoría para otros países y que por factores diferenciadores como el clima, la vegetación, los suelos etc., no necesariamente funcionan para el nuestro. Por esto, es imprescindible realizar una revisión y evaluación de algunos de estos métodos utilizados en varias obras de infraestructura en Colombia con el propósito de identificar la eficacia de estas técnicas para la mitigación de estos procesos.

El objetivo de esta práctica académica, consiste en realizar un manual con procedimientos generales y sugerencias apoyadas en literatura y experiencias de la empresa, con el fin de ayudar a profesionales en ingeniería civil a elegir

correctamente uno de los métodos teniendo en cuenta los factores in situ y el tipo de proceso que se genere.

A continuación, se presenta un conciso marco teórico acerca de los métodos y técnicas para el control de erosión y tratamiento de deslizamientos pequeños acompañados de fotografías, sugerencias y casos susceptibles de evaluación por su éxito o fracaso.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un manual de procedimientos generales para la utilización de obras de ingeniería para el control de procesos erosivos (laminar, surcos y cárcavas) y estabilización de deslizamientos pequeños en taludes, teniendo en cuenta factores de la zona como el clima, las características del suelo y la morfología del terreno apoyado en literatura y experiencias de estabilización y revegetalización de la empresa.

### 2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de algunos métodos y materiales usados en la estabilización y control de erosión en taludes y su eficiencia en algunos casos de estudio.
- Analizar la influencia que tienen varios factores in situ en la implementación de metodologías usadas actualmente.
- Revisar literatura y recopilar algunas experiencias de obras realizadas con el fin de contrastar la eficacia de los métodos.

## 3. MARCO TEÓRICO

Con el fin de entender los métodos y materiales para el control de erosión y estabilidad de taludes, es muy importante tener de presente algunos conceptos relacionados con la bioingeniería de taludes:

**PROCESOS EROSIVOS:** Procesos interrelacionados desde el desprendimiento, transporte y depósito de materiales, del suelo o roca, por la acción de un fluido en movimiento. (García Rodríguez, 2011). Los procesos erosivos ocurren como respuesta rápida o lenta de la naturaleza, las características físico-químicas de la roca ante diferentes factores como las altas precipitaciones, la influencia sísmica de la región y la intervención antrópica. (Cortolima, 2009)

- **Erosión en surcos:** La erosión en surcos ocurre cuando el flujo superficial empieza a concentrarse sobre la superficie del terreno debido a la irregularidad natural de la superficie. El concentrarse el flujo en pequeñas corrientes sobre una pendiente, se genera una concentración del flujo el cual por la fuerza tractiva de la corriente produce erosión, formándose pequeños surcos o canales, los cuales prácticamente imperceptibles, pero poco a poco se van volviendo más profundos. En estos surcos la energía del agua en movimiento adquiere cada vez, una fuerza mayor capaz de desprender y transportar partículas de suelo. Inicialmente, los pequeños

canales presentan una forma en V la cual puede pasar a forma en U. (Suárez Díaz, 2001)

- **Erosión en cárcavas:** Al profundizarse y ampliarse los surcos de erosión se convierten en cárcavas, o varios pequeños surcos pueden unirse y crecer para formar una cárcava. Se denomina cárcava a un canal de erosión con una sección superior a un pie. Las cárcavas tienen una mayor capacidad de transporte de sedimentos que los surcos, debido a que las tasas de flujo son mayores. En este proceso una cárcava con cauce en V captura a las vecinas y va transformando su sección de una V ampliada a U. (Suárez Díaz, 2001)

**DESLIZAMIENTOS PEQUEÑOS (O DESGARRES SUPERFICIALES):** Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda, la que sería, la superficie de falla. Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc. (Suárez Díaz, 1998)

## **MATERIALES PARA EL CONTROL DE EROSIÓN**

- **Geo sintéticos:** Los materiales geo-sintéticos son los fabricados a partir de varios tipos de polímeros derivados del petróleo y que son usados para mejorar y hacer posible la ejecución de ciertos proyectos de construcción de ingeniería civil y geotécnica, como anticontaminación, redistribución de esfuerzos, refuerzo de tierra, filtración, drenaje, protección, control de la permeabilidad y otras funciones.  
Los geo sintéticos son productos de última tecnología, cuyo campo de acción abarca temas como el control de la erosión, drenaje y filtración, o relleno sanitario, entre otros. (Geotexan, 2012)
- **Tejidos orgánicos:** Son tejidos orgánicos biodegradables de fibras vegetales de Coco, Paja, Heno, Yute, en diferentes composiciones en gramos y tipo, que se extienden y se fijan a la superficie del terreno adaptándose y recubriéndolo. Estos agro textiles biodegradables facilitan la colonización de la vegetación en terrenos áridos, erosionados e inclinados. Las mantas retienen la humedad, facilitan la fijación de semillas, protegen el terreno del viento y de fuertes precipitaciones degradándose a medida que el talud es colonizado por la vegetación.

Esta técnica admite su uso junto con la hidrosiembra, favoreciendo así la germinación de la semilla proyectada al retener la humedad y además tienen la ventaja de controlar la evapotranspiración del suelo, regulando su temperatura, aumentando la infiltración de agua de lluvia, mejorando las condiciones de humedad presente en el suelo y por todo ello, favoreciendo

la vegetación espontánea, hidrosembrada o plantada sobre ellas. (Vivansa, 2013)

- **Mulch:** es un material o capa de paja u otro material que se utiliza para proteger las semillas o la vegetación durante el proceso de germinación, del efecto negativo de la energía de la lluvia, el viento, de los rayos del sol y de los depredadores. (Suárez Díaz, 2001)
- **Vegetación:** La vegetación, incluyendo árboles, arbustos, hierbas y pastos representa la mejor protección contra la erosión. Existe el convencimiento de que la vegetación es un elemento muy efectivo en el control de la erosión, la dificultad se presenta cuando se ha eliminado la vegetación y se desea recuperar la situación inicial revegetalizando. La vegetación debe considerarse como un material de ingeniería, y por lo tanto se deben establecer especificaciones consistentes y monitoreables que permitan verificar la calidad de la obra. (Suárez Díaz, 2001)

#### 4. METODOLOGÍA

Con el propósito de cumplir con los objetivos propuestos para la práctica académica, se realizaron varias actividades encaminadas al desarrollo de un manual de procedimientos generales para el control de procesos erosivos y estabilización de deslizamientos pequeños en taludes. En primer lugar, fue fundamental realizar una revisión bibliográfica completa para recopilar la mayor cantidad de métodos y técnicas usadas actualmente para estos fines con la intención de identificar las condiciones climáticas, topográficas y de suelos en las que fueron aplicados, intentando extraer información específica relacionada con las condiciones favorables y desfavorables de aplicación.

En segundo lugar, y con apoyo del asesor externo, se revisó cuáles han sido los métodos y técnicas implementados por la empresa realizando un análisis de cada proyecto para identificar las variables de la zona en las que fueron aplicadas, así como también la efectividad a corto y mediano plazo del proyecto.

Al final de la práctica académica, se realizó un informe final acompañado de un manual en cuanto a evaluación de variables in situ que servirá de apoyo a los profesionales que trabajan en la empresa, y demás ingenieros civiles que se desempeñan en esta área.

#### 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presenta el manual de procedimientos generales para obras de control de procesos erosivos y deslizamientos pequeños en taludes teniendo en cuenta factores in situ como el clima, las características del suelo y la morfología del terreno.

# MANUAL DE PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA OBRAS DE CONTROL DE PROCESOS EROSIVOS Y DESLIZAMIENTOS PEQUEÑOS EN TALUDES TENIENDO EN CUENTA FACTORES IN SITU COMO EL CLIMA, LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y LA MORFOLOGÍA DEL TERRENO.

## I. PROCESOS EROSIVOS

Los procesos erosivos generados por la intervención antrópica como cortes en taludes y actividades agrícolas y ganaderas producen sitios de inestabilidades en las vías y parcelas. Existen factores que aumentan la erosionabilidad de los suelos como condiciones geológicas especiales, climáticas extremas y topográficas del sitio. Por ejemplo, regiones con taludes con pendientes muy altas y clima seco, generan alta pérdida de suelo por erosión.

Dentro de estos procesos erosivos, se tipifican diferentes grados de erosión laminar (desprendimiento y transporte de material) que generan fenómenos que fluctúan en términos de afectación para los taludes; estos son:

**a. Erosión en surcos:** este tipo de fenómeno, se evidencia por pequeños canales en forma de V pero que, con el tiempo, se vuelven más profundos debido a flujos superficiales de agua por precipitaciones de baja intensidad, pero larga duración. Este tipo de surcos, van formando una red de drenaje con mayor amplitud en la parte baja de los taludes incrementando el poder erosivo del agua. La imagen 1 representa el fenómeno en un talud sin cobertura que posibilita la erosión.



**Imagen 1.** Taludes con problemas de erosión en surcos y cárcavas, modelados en una secuencia estratigráfica de areniscas y conglomerados. Vía Ruta del Sol.

Fuente: Geosfera SAS

Los surcos pueden tratarse perfilando el terreno y sembrando vegetación, sin embargo, dependiendo de las condiciones propias del talud, el poder erosivo del agua, puede romper la vegetación, logrando que el problema reaparezca. Los surcos, pueden evolucionar y convertirse en cárcavas.

**b. Erosión en cárcavas:** este tipo de fenómeno se evidencia por cavidades mucho mayores a los surcos, como en la imagen 2, y van remontando hacia arriba con el paso del tiempo. Se producen generalmente en sitios con topografía de alta pendiente y suelos expansivos por procesos de humedecimiento y secado. Las cárcavas son procesos mucho más complejos de estabilizar, pero su tratamiento radica en controlar la entrada de flujos de agua al talud redireccionando el drenaje hacia una zona más segura (alcantarillas o box culverts), canalizando por medio de cunetas o construyendo obras de disipación de energía y en algunos casos, revistiendo la cárcava con materiales como geotextiles o fibra de vidrio.



**Imagen 2.** Erosión en cárcava. Vía Quibdó. Fuente: Propia

Se debe tener en cuenta, que, el método de estabilización de estos procesos erosivos, depende del grado de erosionabilidad del terreno, del clima, del suelo, y de la pendiente. Sin embargo, es de anotar que, en sitios que presenten cárcavas con pendientes pequeñas, de menos de 5%, y de más de 7 m de ancho, es posible estabilizar con siembra de vegetación.

## **II. DESLIZAMIENTOS SUPERFICIALES**

Los deslizamientos superficiales de terreno son fenómenos bastante comunes que pueden darse naturalmente o ser una consecuencia de alguna intervención antrópica del terreno. Estos deslizamientos se deben mitigar, en la medida de lo posible, rápidamente con el fin de que se controle su tamaño y no generen daños a las vías o terrenos de producción.

La parte más crítica de un deslizamiento es la superficie del terreno en la parte alta del talud, exactamente por debajo de las raíces de la vegetación. En la imagen 3, se evidencia un deslizamiento generado en km8+950 vía Hatillo – Don Matías, cuya causa principal es la falta de control de aguas de escorrentía, como en la mayoría de los casos de movimientos de tierra.





**Imagen 3.** Deslizamiento superficial Km 8+950 vía Hatillo-Don Matías. Fuente: Geosfera SAS

El tratamiento empleado para la estabilidad de este sitio, fue la instalación de trinchos de madera ubicados uniformemente con el fin de contener la masa deslizante acompañado de obras de drenaje para evitar que el agua llegara al talud conduciéndola al lugar adecuado diseñadas en espina de pescado. En la imagen 4 se evidencian los trinchos y las obras de drenaje.



**Imagen 4.** Instalación de trinchos y obras de drenaje en talud. Fuente: Geosfera SAS

Además, se sembraron líneas de pasto vetiver para mejorar la cohesión de la masa de suelo acompañado de siembra de pasto de la zona. Esta planta, vetiveria *Zizanioides*, crece desde el nivel del mar hasta 2000 msnm, en zonas con precipitación media anual desde 600 mm hasta 6000 mm, temperaturas desde 5 °C -45°C, ya que el ambiente nativo del vetiver son suelos tropicales, se establecen fácilmente en suelos húmedos y con perfil profundo. (Suárez Díaz, 2001).

Este tratamiento, trinchos con vegetación que refuerzan el suelo aumentando la resistencia al corte (fricción y cohesión) y la resistencia a las fuerzas de erosión, se recomienda ampliamente para taludes con más de 45° de pendiente. A continuación, en la imagen 5 se presenta el resultado final luego de cuatro meses de estabilizado.



**Imagen 5.** Resultado final estabilización Km 8+950 vía Hatillo- Don Matías. Fuente: Geosfera SAS

A continuación, se presentan algunos materiales utilizados para el control de erosión de taludes y algunas sugerencias con casos de estudio acerca de su utilización.

### III. MATERIALES PARA EL CONTROL DE EROSIÓN

**a. Geo sintéticos:** En el tratamiento de taludes, el geo sintético más usado es el **TRM500**, éstos consisten en esterillas de alta resistencia, flexibles, con una matriz de polietileno en la mayoría de los casos, diseñados para el establecimiento de la vegetación, sin embargo, este método presenta, a partir de la experiencia, muchas desventajas. El principal inconveniente es que, al ser sintético, no posee por sí solo ningún material que favorezca el crecimiento de la vegetación, se debe completar su uso con varias capas de algún tipo de materia orgánica con semillas generando una cobertura sobre el sintético. En el tiempo, la capa vegetal que crece sobre este manto es poca, las raíces de ésta alcanzan profundidades de poco espesor por lo que no obtienen los nutrientes necesarios para sostenerse. Además, por agentes climáticos como el viento y la lluvia, estos mantos pueden desprenderse; y si no se garantiza el buen drenaje del talud, los flujos de agua se siguen infiltrando y persiste el problema de la erosión, demostrado en la imagen 6.



**Imagen 6.** TRM500, un año después de la instalación, vía Caucasia-Zaragoza. Fuente: Geosfera SAS



A pesar de las propiedades de resistencia a la tracción presentadas por fabricantes de estos productos, en algunos casos, estos sintéticos no son efectivos en problemas de desgarres superficiales o caídas de roca como se muestra en la imagen 7.



**Imagen 7.** Resistencia a la tracción de geo sintético. Fuente: Geosfera SAS



**Imagen 8.** Desprendimiento de geo sintéticos. Vía Honda- Girardot. Fuente: Propia

**b. Tejidos orgánicos:** Los tejidos orgánicos en general, sin importar su origen, protegen por sí solos las semillas y favorecen el crecimiento y sostenimiento de la vegetación.

- **Tejido de coco:** Textil para el control de erosión y ayudante en la revegetalización de taludes y vertientes degradadas, combinado con la aplicación de biomorteros ricos en semillas. Son de alta resistencia a la tensión y durabilidad en el tiempo. Las fibras del capacho de coco son materiales biodegradables que se incorporan al suelo con los años, después de instalarse una cobertura vegetal espesa en el terreno.

La instalación del agro textil de fibra de coco, con un biomortero rico en semillas, es una técnica de buen manejo de áreas degradadas, con una fijación óptima de las raíces en los suelos erosionados y con crecimientos superiores a los 10cm.

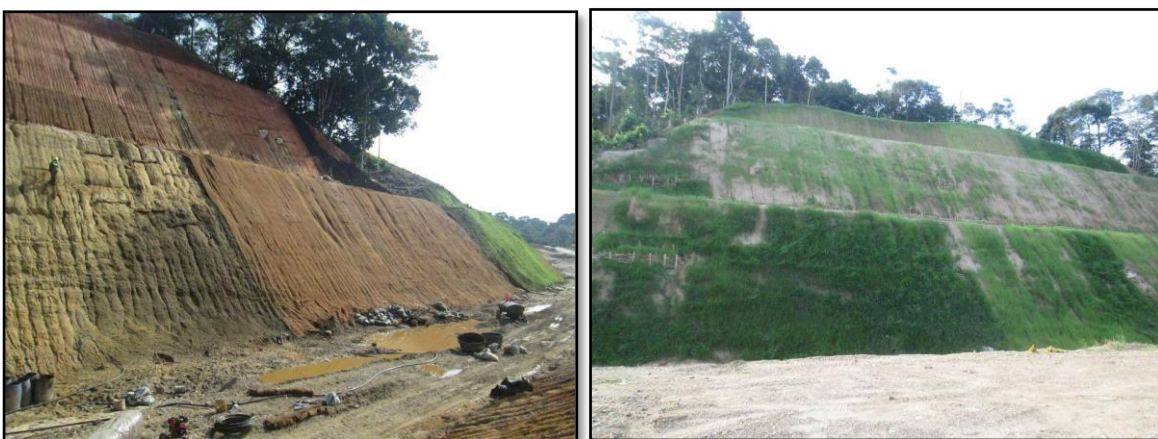
Aunque el Agro textil es biodegradable, cumple con las características de resistencia a la tracción y a la tensión, durante un buen tiempo, mientras se restaura la cobertura vegetal, previniendo caída de bloques de roca pequeños, erosión por escorrentía y sostenimiento del biomortero; al igual que por su alta porosidad la germinación es más eficiente.

Las referencias son Agro tex Coco Mat 400, 700 y 900, imagen 9. El Agro Texcoco Mat 400 se utiliza en taludes de inclinación baja (5-15°), modelados en materiales arenosos, pedregosos; el Agro Texcoco Mat 700 se utiliza para taludes de inclinación media (16-25°) modelados en materiales pedregosos; y el Agro Texcoco Mat 900 se utiliza para taludes de inclinación alta (26-40°) a escarpados, modelados en materiales pedregosos, horizontes IC "saprolitos" y IC-IIA del perfil de meteorización.



**Imagen 9.** Agro Texcoco 400, 700 y 900

Las siguientes imágenes 10 y 11, corresponden al tratamiento de un talud con problemas de erosión de surcos utilizando agro textiles de coco con biomortero rico en semillas de pasto.



**Imagen 10 y 11.** Talud tratado con agro textil de coco. Vía Ruta del Sol. Fuente Geosfera SAS.



- **Tejido de fique:** Textil de fique para el control de erosión y ayudante en la revegetalización de taludes y vertientes degradadas, combinado con la aplicación de biomorteros ricos en semillas. Materiales biodegradables que se incorporan al suelo después de instalarse una cobertura vegetal espesa en el terreno. Tienen buena resistencia a la tensión; se pueden utilizar en taludes de pendientes bajas a altas, la trama del tejido favorece la germinación de las semillas y protegen el talud a la escorrentía y la erosión concentrada, mientras se establece una cobertura vegetal densa y espesa, como se muestra en la imagen 12.



**Imagen 12.** Taludes con un agro textil de fibras de fique, protegen el biomortero rico en semillas de pasto. El Hormiguero, vía Santafé de Antioquia. Fuente: Geosfera SAS

De acuerdo a la experiencia colombiana se acostumbra colocar debajo del manto de fique un lodo fertilizado el cual está compuesto por tierra orgánica, tierra arcillosa o estolones picados de gramíneas, semillas de gramíneas predominantes de la región, fertilizantes químicos y un hidrorretenedor de agua, fundamental en climas calurosos. Una vez colocado el lodo sobre el talud en un espesor de 1 cm aproximadamente se procede a colocar el biomanto de fique, el cual se fija al talud mediante ganchos de alambre galvanizado hasta 6 ganchos x m<sup>2</sup> en taludes de pendientes altas. (Suárez Díaz, 2001)

**c. Mulching:** Material o capa de paja u otro material que se utiliza para proteger semillas o la vegetación durante la germinación del efecto negativo de la energía de la lluvia, el viento, los rayos del sol y los depredadores.

En términos generales, los sistemas de mulching permiten mucha más erosión que los mantos. Sin embargo, en bajas pendientes e intensidades bajas de precipitación, el comportamiento del mulching es muy similar al de los mantos enrollables. (Urroz & Isrsraelsen, 1998)

En suelos arenosos de erosionabilidad alta, en pendientes muy altas (superiores a 2,5 H:1V) o en áreas de intensidad muy fuerte de las lluvias, el mulching y los procesos de hidrosembado no son eficientes y se recomienda utilizar enrollables de protección (Northcutt & Mc Falls, 1998). El espesor de la capa de mulching depende de las necesidades de humedad y protección. En zonas semiáridas se

requieren mayores espesores (Fifield & Malnor, 1998)

No se recomienda colocar suelos orgánicos permeables en taludes de alta pendiente directamente sobre suelos arcillosos, debido a que se forma una acumulación de agua en el suelo orgánico que lo hace deslizarse hacia abajo del talud.

**d. Empradización:** El establecimiento de la vegetación es una de las formas más eficaces para estabilizar y disminuir los efectos erosivos del agua en un talud, pero las condiciones del sitio (clima, tipo de suelo, pendiente) afecta directamente el crecimiento de las plantas.

Actualmente, se realiza este proceso de empradización, usando uno de los métodos que a continuación se describen.

- **Con hidrosiembra:** Es un método de colocación de semillas en un slurry o mezcla acuosa, utilizando equipos de bombeo a presión, es ideal para taludes de gran altura o sitios de difícil acceso, pero su principal desventaja es el desprendimiento y arrastre de la mezcla por acción de lluvias de gran intensidad. Adicionalmente, se requiere una superficie rugosa que facilite la adherencia y un suelo que facilite el establecimiento de la vegetación.



**Imagen 13.** Método Hidrosiembra con mulching. Fuente: Jardines sin fronteras

Para este proceso, se utiliza un sistema de bombeo que puede alcanzar alturas de hasta 25 metros, con presiones desde los 30 hasta 200 psi; es de anotar, que dependiendo de la altura, se requiere la máquina de bombeo y la viscosidad de la mezcla. El proceso de hidrosiembra puede realizarse en varias capas, primero colocándose la semilla con fertilizantes químicos o naturales y en la segunda capa se colocan materiales protectores como el mulching o hidrotenedores para facilitar la permanencia del agua y de los nutrientes de las plantas.

## **Observaciones para hidrosiembra**

- Asegurar un buen contacto entre la semilla y el suelo.
- El suelo no debe estar compactado pero debe ser firme.
- Instalar zangas para el desvío de las aguas lluvias y evitar que las corrientes destruyan la hidrosiembra.
- Sembrar un poco antes de la temporada de lluvias.
- Usar semillas de germinación rápida.
- Diseñar adecuadamente la mezcla de semilla, fertilizante, mulching y aditivos.
- Aplicar semillas inmediatamente después de preparar el suelo. El suelo debe estar húmedo y suelto.
- Primero aplicar semilla y después el mulching. (Suárez Díaz, 2001)

### **• Con biomortero rico en semillas de pasto:**

Es un método para empedrar taludes propio de la empresa Geosfera SAS, totalmente diferente a la empedración con hidrosiembra, compuesto de una capa de material orgánico que enriquece los horizontes de suelo expuestos en superficie, mientras que la hidrosiembra está compuesta en mayor porcentaje de agua y en menor proporción fibras naturales que componen el mulching. El biomortero es una mezcla de material compostado fibroso, micorrizas, fertilizantes, celulosa, aglutinantes, hidroretenedor entre otros componentes que ayudan a acelerar el crecimiento de las semillas de pastos. A continuación, en la tabla 1, se realiza una comparación de los dos métodos, hidrosiembra y biomortero en cuanto a la fijación y calidad de los materiales que los componen.

**Tabla 1.** Comparación método de hidrosiembra y biomortero

Item	INDICADOR	EMPRADIZACIÓN MÉTODO HIDROSIEMBRA (MH)	EMPRADIZACIÓN MÉTODO BIOMORTERO (MB)	RELACIÓN
1	Rendimientos	> a 2000 m <sup>2</sup> día	> a 2000 m <sup>2</sup> día	MH = MB
2	Materiales utilizados	Mulch + agua + semillas	Material orgánico compostado + agua + enmiendas + semillas	El MH se comporta como un material inerte, poco aporte de nutrientes a las plantas en germinación. El MB aporta más nutrientes a las plantas para una mejor germinación y permanencia durante el crecimiento.
3	Capa fijada al terreno	Menor a 1 cm	entre 1,5 y 3 cm	El MH es un método con mayor predominio de agua en la mezcla que a medida que se instala en el terreno, el agua se evapora y el material de sustrato que se queda es muy poco para sostener una buena germinación. El MB es una mezcla 1 a 1 de agua y material orgánico, lo cual al deshidratarse deja una buena capa sobre el talud, para un mejor aprovechamiento de las plantas a futuro
4	Capas de material de bombeo en la primera aplicación	Una capa durante la primer aplicación	Dos capas durante la primer aplicación	El MH aplica una sola capa al terreno durante la primer aplicación y durante las resiembras. El MB aplica dos capas en su primer aplicación y durante los reparcheos, lo cual genera una capa orgánica espesa en el terreno muy importante para el ciclo organo-mineral en las plantas en proceso de emergencia.
5	Resistencia a las condiciones climáticas	Muy bien con polisombra	Muy bien	Las semillas germinan muy bien con el MH, bajo condiciones invernadero con polisombra, pero cuando se retira la polisombra las plantas entran en estrés climático y se da un proceso de marchitamiento severo. Con el MB la germinación de las semillas se adaptan al terreno sin necesidad de efecto invernadero, y ganan mayor adaptabilidad a las condiciones climáticas desde su fase inicial
6	Adaptabilidad del método a las condiciones de suelos	Adaptable en terrenos sueltos arenosos, pero en terrenos compactos el método no es el indicado	El biomortero se adapta muy bien en cualquier tipo de suelo presente en los cortes de la vía	Para las condiciones de suelo cambiantes en los cortes de la vía, es mas indicado el método del biomortero, por la adherencia, el espesor de la capa orgánica que ayuda a mejorar la penetrabilidad de las raíces y el aporte de nutrientes a las plantas.



## El procedimiento de aplicación del biomortero consiste en:

1. Mezcla de materiales en un compartimento sellado
2. Hidratación de la mezcla con agua del carrotanque, la cual lleva 5000 a 6000 lt de agua por mezcla preparada; hasta obtener un biomortero espeso, pero manejable para su bombeo.
3. Agregar el mulch de semillas a la mezcla acuosa y revolverla bien.
4. Seleccionar los taludes a empradizar y hacer el bombeo del material en varias direcciones para ganar una capa homogénea y espesa sobre el talud.
5. Seis días después de aplicado el material, se empieza a notar la germinación de las semillas, con ayuda de riegos permanentes para que se promueva el efecto de germinación.
6. Una vez se obtenga una emergencia de las semillas se deben hidratar las plántulas hasta que se adapten al sistema climático de la zona.
7. El trabajo se garantiza con una cobertura de pastos hasta del 90%, por lo que se deben hacer reparcheos permanentes en sitios donde la enmienda no se hace efectiva por: suelos duros, ácidos, temperaturas altas con efectos de marchites, morfologías de pendientes altas difíciles de fijar el material.

A continuación, se presentan imágenes 14-16 de proyectos en los que se aplicó el biomortero rico en semillas de pasto.



**Imagen 14.** Empradización con biomortero rico en semillas de pasto. Ruta del Sol.  
Fuente: Geosfera SAS



**Imagen 15.** Empradización con biomortero rico en semillas de pasto. Otanche, Boyacá . Fuente: Geosfera SAS



**Imagen 16.** Empradización con biomortero rico en semillas de pasto. km 30+900 , costado occidental. Variante Zarzal, Valle del Cauca

### Observaciones generales para empradización

- No es posible establecer buena vegetación en taludes de más de 60° de pendiente y es difícil revegetalizar taludes de más de 45° de pendiente. En un principio, si se tiene un proceso adecuado de cuidado , el pasto puede germinar muy bien, pero con el tiempo va muriendo poco a poco y con el paso de los años puede desaparecer (Helliwell, 1995)
- La razón por la cual no es fácil establecer vegetación en pendientes de más de 60° es que el agua lluvia no es interceptada por el talud en suficiente proporción para garantizar humedad y la infiltración es prácticamente nula. Al no existir infiltración, la vegetación no tiene humedad requerida para germinar y permanecer.
- La mayor parte de la humedad que sostiene las plantas en un talud es el agua infiltrada, la cual deja de humedecer el talud en pocas horas después de la lluvia. En ocasiones el agua capilar puede ayudar pero se requiere que el NF se encuentre a no más de 1.5 metros debajo de la superficie. (Suárez Díaz, 2001)

- Zonas bajas pueden conservar fácilmente la humedad y soportar menores temperaturas. Generalmente, se requiere una vegetación más tolerante a las sequías en los taludes de gran altura.
- Los mejores suelos para el crecimiento de plantas son aquellos que contienen arenas, limos y algo de arcilla, los cuales tienen suficientes finos para mantener la vegetación, y buena aireación para el crecimiento de las plantas. Los suelos arcillosos, no permiten la presencia suficiente de oxígeno mientras los suelos totalmente granulares no permiten la acumulación de humedad por largos períodos de tiempo. (Suárez Díaz, 2001)

A continuación se presentan la tabla 2, que contiene sugerencias para el tratamiento de procesos erosivos y deslizamientos superficiales y la tabla 3, que recoge el método a usar dependiendo del clima, la pendiente y el tipo de suelo junto con observaciones procedimentales.

**Tabla 2.** Tratamiento procesos erosivos y deslizamientos superficiales

Proceso	Mitigación
Erosión en surcos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfilación manual del talud.</li> <li>• Instalación de biorrollos o fajas de pasto vetiver para disipar la energía del flujo de agua superficial.</li> <li>• Canalizar las aguas de escorrentía.</li> <li>• Empradizar.</li> </ul>
Erosión en cárcavas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfilación manual del borde de la cárcava en el talud.</li> <li>• Relleno de cárcavas de gran tamaño con sacos de tierra.</li> <li>• Manejo de aguas de escorrentía con cunetas en la ronda de coronación y en medio del talud afectado.</li> <li>• Empradización con un biomortero rico en semillas de pasto cubierto con un agrotexil de fibras naturales.</li> </ul>
Deslizamientos o desgarres superficiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de aguas de escorrentía con cunetas en la ronda de coronación y espina de pescado en medio de la masa deslizada.</li> <li>• Estabilización con trinchos de madera y en la base del talud con trinchos en concreto cimentados a gran profundidad.</li> <li>• Los trinchos deben ser rellenados con suelo compactado.</li> <li>• Siembra de fajas de pasto vetiver para mejorar la cohesión del suelo en profundidad.</li> <li>• Empradización con un biomortero rico en semillas de pasto cubierto con un agrotexil de fibras naturales.</li> </ul>



**Tabla 3.** Empradización

CLIMA	PENDIENTE	TIPO DE SUELO	MÉTODO	OBSERVACIONES
Seco	muy alta a escarpada (> 40°)	Todos	No es posible	La empradización en taludes de pendientes escarpadas a muy altas, dificulta su fijación
	Moderada a alta (20°-40°)	Arenosos	Biomortero rico en semillas de pasto cubierto con un agrotexil de alta resistencia (fibra de coco)	El biomortero se debe proteger contra la erosión en los suelos arenosos. Es necesario implementar riego permanente hasta establecer una cobertura vegetal perenne
		Finos (Arcillosos y limosos)	Biomortero rico en semillas de pasto protegido con una polsombra a un metro de altura del terreno	Se protege con polsombra ante el impacto de las gotas de lluvia (erosión pluvial) y el efecto de la radiación solar mientras se establece la cobertura vegetal permanente. Es necesario implementar riego permanente hasta establecer una cobertura vegetal perenne
	Suave a baja (3°-15°)	Todos		
Húmedo	muy alta a escarpada (> 40°)	Todos	Biomortero rico en semillas de pasto cubierto con un agrotexil de alta resistencia (fibra de coco)	Se debe proteger el biomortero con el agrotexil para evitar la erosión superficial
	Baja a alta (5°-40°)		Biomortero rico en semillas de pasto protegido con una polsombra a un metro de altura del terreno	Se debe proteger con polsombra ante la erosión superficial y la radiación solar

## 6. CONCLUSIONES

Luego de realizar la práctica académica durante 6 meses,

- Se analizaron y reconocieron los métodos y materiales que se usan para realizar obras para el control de la erosión en taludes y mitigar deslizamientos pequeños.
- Se identificó la influencia de algunos factores in situ como el clima, la pendiente del terreno y el tipo de suelo en el uso de estos métodos y técnicas apoyados en fotografías de obras realizadas por la empresa.
- Se realizó un manual de procedimientos y sugerencias generales para la utilización de métodos y materiales para el control de procesos erosivos en taludes y estabilización de deslizamientos pequeños utilizando literatura referente al tema y la experiencia propia de la empresa.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cortolima. (2009). *PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL*.
- Fifield, J., & Malnor, L. K. (1998). *Erosion control materials vs a semiarid environment, what has been learned from three years of testing*. IECA Soil Stabilization series: Vol. 4. Erosion control product performance and evaluation.
- García Rodríguez, J. L. (23 de Agosto de 2011). *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*. Obtenido de [https://imta.gob.mx/potamologia/images/stories/ponencias\\_tercer\\_seminario/dr\\_jose\\_garcia\\_procesos\\_erosivos/Procesos%20Erosivos%20Primera%20Part](https://imta.gob.mx/potamologia/images/stories/ponencias_tercer_seminario/dr_jose_garcia_procesos_erosivos/Procesos%20Erosivos%20Primera%20Part)

e.pdf

- Geotexan. (20 de Noviembre de 2012). Geotexan. Obtenido de <https://geotexan.com/geosinteticos/>
- Helliwell, D. (1995). *Rooting habits and moisture requirements of trees and other vegetation. Vegetation and slopes. Stabilization, protection and ecology.* (D. B. Editor, Ed.) Londres: Institution of Civil Engineers. Thomas Telford.
- Northcutt, P., & Mc Falls, J. (1998). *Performance testing of erosion control products - what have we learned after five complete evaluacion cycles.* IECA Soil Stabilization series: Vol. 4. Erosion control product performance and evaluation.
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.* Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Suárez Díaz, J. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales.* Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Urroz, G., & Isrsraelsen, C. (1998). *Effectiveness of selected materials under simulated rain and sunlight.* IECA Soil Stabilization series: Vol. 4. Erosion control product performance and evaluation.
- Vivansa. (2013). Vivansa. Obtenido de <http://www.vivansamedioambiente.es/estabilizacion-taludes-y-control-erosion.html>