

DISEÑO DE OBRA DE BIOINGENIERÍA PARA EL MANEJO EN PROCESOS DE
REMOCIÓN EN MASA Y AGUAS SUPERFICIALES EN EL CERRO DE BANDERAS
SOACHA.

JUAN SEBASTIAN NOVA AVILA



UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE GRADO

BOGOTA 2018

DISEÑO DE OBRA DE BIOINGENIERÍA PARA EL MANEJO EN PROCESOS DE
REMOCIÓN EN MASA Y AGUAS SUPERFICIALES EN EL CERRO DE BANDERAS
SOACHA.

JUAN SEBASTIAN NOVA AVILA

TRABAJO DE GRADO

DIRECTOR

ALVARO ENRIQUE RODRIGUEZ PAEZ

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE GRADO

BOGOTA 2018

GLOSARIO

Deslizamientos: Son movimientos ladera abajo de masas de suelo o roca sobre una o varias superficies de rotura, o zonas relativamente delgadas con intensa deformación de corte, en los que se preserva a grandes rasgos la forma de masa desplazada. (Carlos.E.Potes, 2017)

Bioingeniería: Según (H.Bernal, 2016) las obras de bioingeniería funcionan especialmente para la estabilización de taludes, ya que por su comportamiento hidromecánico permite que la cubierta vegetal actúe como refuerzo mecánico haciendo que las raíces vegetales se anclen al suelo evitando movimientos en masa y evaporando el agua por medio de un proceso que hacen las plantas llamado evotranspiración, siendo un procedimiento efectivo para mitigar los movimientos en masa, amigable con el medio ambiente, y son obras estéticamente armoniosas con el entorno.

Erosión: la erosión pluvial es la erosión causada por el impacto del agua lluvia sobre el suelo. El mecanismo de erosión por impacto la gota de lluvia incluye la compactación que sufre el suelo por la energía de las gotas y la acción hidráulica del agua que permite arrancar las partículas de suelo superficial e incorporarlo al flujo. Este fenómeno es estimulador de los caudales líquidos cuando la compactación disminuye la permeabilidad, y de los caudales sólidos cuando las partículas finas se incorporan al caudal. Es el principio de los otros procesos de erosión. (Carlos.E.Potes,2017).

Trincho disipador: Son estructuras fundamentales para la estabilización de taludes y funcionan como disipadores de energía, de cierta manera que no se profundice el agua y se formen zanjas, su construcción como se había mencionado se realiza usando guadua y vegetación, dicha vegetación a medida que va creciendo conforta el sistema estructural de la obra, haciendo más fuerte su anclaje al suelo y evita el movimiento en masa de la zona. (f.f.gloria, 2014).

Terrazas vivas: Es el procedimiento por el cual se estabiliza el talud, para dar más firmeza a los filtros y de esta manera prevenir movimientos en masa e infiltración del agua. (H.Bernal, 2016).

Filtros vivos: Los filtros son necesarios para drenar el terreno y de esta manera asegurar que el agua de infiltración en la zona tenga un cuerpo de agua existente donde llevarla. Estos filtros se pueden calificar como filtros vivos o no vivos lo que depende del material con el que se elaboren. Los filtros vivos se construyen utilizando guadua mientras que los no vivos se construyen utilizando piedra songa, gravilla y tubos de gress como medio poroso para evacuar el agua. Según (H.Bernal, 2016).

CONTENIDO

1.0 GENERALIDADES	10
1.1 Antecedentes.....	10
1.1.1 “Efectividad de la bioingeniería para el tratamiento de la erosión y movimientos en masa en laderas de caldas.”.....	10
1.1.2 Manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción de masa para altitudes superiores a 3.000 m.s.n.m.	11
1.1.3 Zonificación geomecánica y de amenazas por movimiento en masa en el municipio de Soacha Cundinamarca.....	12
1.1.4 Deslizamiento en el municipio de Soacha deja tres personas muertas.	14
1.1.5 Evacúan Soacha ante riesgo inminente de deslizamiento por ola invernal.	14
1.1.6 Lluvias ocasionan emergencias en Soacha y Cundinamarca.	14
1.1.7 “Soacha no puede atender riesgos de deslizamientos”: alcalde municipal.....	14
1.1.8 Alerta en chía y Soacha por lluvias.	15
1.1.9 No cesa drama por el invierno en Soacha.	15
1.1.10 Deslizamiento deja sin techo a 70 personas en Soacha.	16
1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 ALCANCE	20
1.5 MARCO TEORICO	21
1.5.1 Tipos de desplazamientos en masa.....	21
1.5.1.1 Deslizamientos rotacionales.	21
1.5.1.2 Deslizamientos traslacionales.....	21
1.5.1.3 Reptamientos.	22
1.5.1.4 Esguerramiento.	22
1.5.1.5 Subsistencia.	22
1.5.2 Erosión pluvial.	23
1.5.3 Fenómenos de origen geológico.	24
1.5.3.1 Derrumbe o Deslizamiento.....	24
1.5.4 Guadua.	24

1.5.4.1 Beneficios.	25
1.6 METODOLOGIA	26
2. LOCALIZACIÓN	27
3. TOPOGRAFÍA.....	29
3.1 Geología.	32
4. DISEÑO.....	34
4.1 Obras de drenaje (zanjas de infiltración).....	34
4.1.1 Condiciones para la construcción de las zanjaz.	34
4.2 Filtro drenante vivo (construido en guadua).	35
4.3 Sistema de drenaje con filtros vivos.	36
4.3.1 Procedimiento para la construcción de filtros.....	37
4.4 Trincho dissipador (construido en guadua).....	37
4.5 Construcción de terrazas (construido con guadua).....	39
4.5.1 Procedimiento.....	39
4.6 Revegetalización.....	41
4.6.1 Entre sus funciones principales se encuentran:	42
4.7 Diseño pantalla viva.....	43
4.7.1 Diseño pantalla viva frontal.	44
4.7.2 Diseño pantalla viva perfil.....	45
5. CANTIDADES Y COSTOS DE OBRA	46
6. CRONOGRAMA DE OBRA	49
7. RECOMENDACIONES	50
8. PROTOTIPO	51
9. CONCLUSIONES.....	52
REFERENCIAS	54

IMÁGENES

Imagen 1. Trinchos vivos escalonados.....	10
Imagen 2. Estabilidad de talud usando bioingeniería.....	12
Imagen 3. Deslizamiento en el Cerro de banderas	17
Imagen 4. Vista arera Cerro de banderas.....	27
Imagen 5. Talud Cerro de banderas.....	28
Imagen 6. Talud Cerro de banderas.....	28
Imagen 7. Delimitación del terreno	29
Imagen 8. Delimitación terrazas vivas.....	31
Imagen 9. Procesos constructivos zanjas de infiltración	34
Imagen 10. Filtros vivos drenantes	36
Imagen 11. Trinchos vivos	38
Imagen 12. Terrazas vivas	39
Imagen 13. Terrazas vivas	40
Imagen 14. Instalación cubierta vegetal.....	41
Imagen 15. Plano vista frontal pantallas vivas.	44
Imagen 16.Plano vista perfil pantallas vivas.....	45
Imagen 17. Prototipo.....	51

TABLAS

Tabla 1. Datos iniciales de las terrazas.....	32
Tabla 2. Costo por unidad de medida.	46
Tabla 3. APU y localización para las pantallas vivas.....	47
Tabla 4. Resumen costos totales de obra.....	48

INTRODUCCION

Este trabajo propone una alternativa para la estabilización del talud ubicado en el Cerro de banderas usando la bioingeniería como fundamento principal, ya que permite el uso de elementos naturales para su construcción como lo es la guadua, es una técnica amigable con el medio ambiente y estéticamente armoniosa con él mismo.

Se desarrollará el proyecto haciendo una revisión de los documentos otorgados por parte de la alcaldía, como los antecedentes y las condiciones geomecánicas del suelo donde se trabajará, posteriormente se realizarán visitas de campo y revisión de material para verificar y validar si las condiciones topográficas del terreno son aptas para el diseño de estabilidad usando bioingeniería de acuerdo con las normas que plantea el *manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción en masa para latitudes superiores a 3.000 m.s.n.m* empleado para este estudio según (H.Bernal, 2016).

Si las condiciones son aptas, como se verá reflejado en el presente documento, se diseñarán los elementos que componen las obras de bioingeniería como lo son filtros vivos, trinchos vivos, terrazas escalonadas, determinando las respectivas cantidades y las dimensiones apropiadas para un eficaz diseño.

1.0 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes.

1.1.1 “Efectividad de la bioingeniería para el tratamiento de la erosión y movimientos en masa en laderas de caldas.”

Según (F.F.GLORIA, 2014) la importancia de la investigación radica en la problemática ambiental que se presenta en el departamento de caldas e innumerables regiones del país que son afectadas por la erosión severa del suelo y los movimientos masales con consecuencias catastróficas en pérdidas de vidas humanas y materiales, el objetivo de esta investigación era determinar la efectividad de la bioingeniería en la prevención y el control de erosión y los movimientos masales, también determinar la eficiencia y la eficacia de la bioingeniería en la estabilización de laderas en el tiempo y en el espacio.

Imagen 1. Trinchos vivos escalonados



Fuente (F.F.GLORIA, 2014)

Como principal conclusión se demostró la efectividad de la bioingeniería se logró con las obras realizadas en los sitios establecidos, las cuales con el tiempo se convirtieron en estructuras vivas que lograron disipar la energía cinética que generaban las lluvias sobre el suelo y regularon la velocidad de las aguas de escorrentía, en la eficiencia lograron demostrar que si se puede invertir el dinero de forma adecuada y óptima.

1.1.2 Manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción de masa para altitudes superiores a 3.000 m.s.n.m.

(H.Bernal, 2016) publicó un manual con el procedimiento constructivo y características principales para la estabilidad de taludes usando bioingeniería, este manual está enfocado para laderas que se encuentran en altitudes superiores a 3.000 M.S.N.M, ya que son zonas que presentan más infiltración, como guía y recurso enseña las recomendaciones necesarias para un buen proceso constructivo y el mantenimiento requerido al finalizar la construcción. El proceso constructivo consta de las siguientes fases:

- ✓ Obras de drenaje (zanjas de infiltración)
- ✓ Filtro drenante vivo
- ✓ Trincho disipador
- ✓ Terrazas escalonadas
- ✓ Revegetalización

Imagen 2. Estabilidad de talud usando bioingeniería



Fuente: (h.bernal, 2016)

1.1.3 Zonificación geomecánica y de amenazas por movimiento en masa en el municipio de Soacha Cundinamarca.

Según (colombiano, 2012). En el municipio de Soacha encuentran una morfología principalmente de laderas que varían desde moderadas a abruptas, laderas de pendiente media a baja, divisorias de aguas que presentan terminación en forma de crestas semi-redondeadas, convexas, aplanadas e incluso llanas, longitudinalmente inclinadas con pendientes que no superan los 10° . Estas geoformas se originan como parte del proceso tectónico que plegó y levantó las unidades geológicas y luego fueron modeladas por procesos erosivos posteriores.

Por otra parte, este municipio está compuesto por masas de suelo, roca o mezcla de ambos, producto del desprendimiento y transporte de material hacia zonas topográficamente más bajas. Con depósitos desarrollados al pie de laderas y zonas colinadas, con altas pendiente, como

producto de caída de bloques y cantos. Sus pendientes varían de suaves a moderadamente empinadas.

En estas zonas los suelos residuales son delgados y la humedad se concentra alrededor de los drenajes, generando erosión en surcos o cárcavas que contribuyen a la generación de movimientos en masa importantes (principalmente traslacionales), como los que se presentan en el Barrio la Capilla, Loma Linda y Casaloma.

✓ Comuna IV

El drenaje de aguas lluvias de la Comuna IV se caracteriza porque en general ocurre de manera superficial por las vías en su mayoría sin pavimentar, por lo que el material que conforma el terreno define el mayor o menor cárcavamiento que se produce por efecto del escurrimiento.

✓ Barrios Casaloma y Villas de Casaloma

El agua servida se dispone en redes de alcantarillado. Existe un drenaje natural que discurre por la Calle 14 desde la Transversal 3E hasta la Institución Educativa Luis Carlos Galán - Sede Casaloma, en donde por medio de una tubería de 14 pulgadas llega a los predios de la E.A.A.B, drenando de manera controlada parte de las aguas servidas de los barrios Casaloma y Villas de Casaloma, hasta ser dispuesta en la red de alcantarillado del municipio, La zonificación resultante de la evaluación de redes en el cual se indican las zonas en donde los taludes permanecen saturados por efecto de las fugas o roturas de redes o presencia de agua en drenajes naturales.(colombiano, 2012).

1.1.4 Deslizamiento en el municipio de Soacha deja tres personas muertas.

Gracias a la información de (L. w. radio, 2017a). El Cuerpo Oficial de Bomberos de Soacha informó que las autoridades atienden desde las últimas horas un deslizamiento que ha dejado hasta el momento tres víctimas mortales en el barrio El Progreso, en la zona de Altos de Cazucá.

1.1.5 Evacúan Soacha ante riesgo inminente de deslizamiento por ola invernal.

Un artículo mostrado por (L. w. radio, 2017b). Un 36 por ciento de la comuna cuatro se encuentra en peligro, lo que equivale a más de 9 mil viviendas.

El alcalde de Soacha, Eleázar González, en coordinación con el coronel de la Policía de la ciudad, Jairo Baquero, realizó un recorrido por más de cinco horas en la zona de riesgo afectada por el deslizamiento de tierra que acabó con la vida de tres personas de una misma familia. Luego de ello determinó mantener la alerta roja, y dispuso lo necesario para la inmediata evacuación de las familias más vulnerables a posibles deslizamientos de tierra.

1.1.6 Lluvias ocasionan emergencias en Soacha y Cundinamarca.

De acuerdo con (público, 2017) el lunes se vio cobijada por un fuerte aguacero en territorio de Soacha, Bogotá y varios municipios del departamento de Cundinamarca. Derrumbes, inundaciones y afectación al tráfico, fueron las principales consecuencias de las lluvias, que además fueron acompañadas de una tormenta eléctrica.

En Soacha, la Autopista Sur se inundó en el sector de Cazucá y ocasionó un enorme trancón que se prolongó hasta pasadas las 9:00 p.m.

1.1.7 “Soacha no puede atender riesgos de deslizamientos”: alcalde municipal.

Según (C. radio, 2016). Después de la declaratoria de alerta roja en Soacha por riesgo de deslizamientos, alcaldía municipal reconoció que no tiene la capacidad para atender posibles

deslizamientos por eso le pidió al Gobierno Nacional que los apoye con planes de prevención y con la implementación de obras para la mitigación del riesgo como la construcción de muros de contención. El alcalde municipal, Eleázar González, advirtió que hay dos comunas con mayor vulnerabilidad, Altos de Cazucá y Altos de la Florida, donde más de 200 familias están en riesgo. “Efectivamente Soacha necesita de unos recursos serios para mitigar, por eso necesitamos construir muros de contención. No tenemos la capacidad para sopesar una circunstancia de esa índole y sobretodo una remoción en masa”.

1.1.8 Alerta en chía y Soacha por lluvias.

Según (espectador, 2014). La Unidad Administrativa Especial para la Gestión del Riesgo llamó a no bajar la guardia ante la temporada de lluvias. Eyder Ruiz, director de la Unidad Administrativa Especial para la Gestión del Riesgo, los habitantes de los municipios de Soacha y Chía están en alerta por la amenaza de posibles inundaciones, en vista de que las lluvias no han cesado.

Puesto que la preocupación más grande la tienen hoy los ciudadanos de la Comuna 4 de Soacha, pues uno de los tubos del alcantarillado que evacua las aguas residuales de ocho barrios de Bogotá.

1.1.9 No cesa drama por el invierno en Soacha.

Según (el tiempo, 2013), Deslizamientos e inundaciones dejan víctimas cada año. Siete mil familias viven en zonas de riesgo. En Casaloma, Lomalinda, La Capilla y El Arroyo, los cuatro barrios de la parte más alta del municipio, donde existe mayor riesgo de deslizamientos e inundaciones.

Para muchos.

En Soacha, familias integradas en promedio por ocho personas temen convertirse en nuevas víctimas del invierno; que las lluvias arrasen sus casas o que las rocas que caen de la montaña derriben los muros de las viviendas vecinas por la presión de las aguas. Un panorama que no varía desde hace tres años.

1.1.10 Deslizamiento deja sin techo a 70 personas en Soacha.

Según (el tiempo, 2013), el municipio de Soacha, nuevamente se convirtió en un escenario de desconsuelo, Un torrencial aguacero ocasionó el nuevo deslizamiento en la carrera 12 con calle primera Este, la misma zona en la que hace tres años 150 familias fueron evacuadas. De ellas, 12 retornaron a la zona y nuevamente el jueves tuvieron que salir a buscar un lugar seguro donde pasar la noche. “Esta es una zona densamente poblada y de riesgo. Aquí debe primar la vida; ellos deben salir de sus casas y proteger su integridad”, dijo Eyder Ruiz, director de la Unidad Administrativa Especial para la Gestión del Riesgo de Cundinamarca.

1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Imagen 3. Deslizamiento en el Cerro de banderas



Fuente: Autor

En la actualidad el cerro de banderas en el barrio Casaloma de la comuna 4 del municipio de Soacha presenta eventos de remoción en masa causados porque no se tiene un manejo adecuado de aguas de escorrentía superficial, las cuales generan infiltración y erosionan el suelo, se requiere un control porque en la parte de la montaña a estabilizar se presentan viviendas de invasión, dichas viviendas están ubicadas en el problema descrito.

Para plantear una solución en la bioingeniería encontramos una práctica amigable con el medio ambiente, es muy usada para estabilidad de taludes por medio de un eficaz manejo de aguas torrenciales las cuales son transportadas por filtros vivos y trinchos disipadores para reducir la velocidad y disipar su energía cinética, por dichas razones es óptima para generar un diseño, por lo tanto se genera una inquietud ¿Mediante obras de bioingeniería se podrán controlar los procesos

de remoción en masa y aguas superficiales presentados en el cerro de banderas del barrio Casaloma en el municipio de Soacha?, con el estudio que se llevará acabo se espera resolver ésta pregunta de manera satisfactoria con el fin de generar una solución técnico-mecánica y que favorezca a los habitantes del sector.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar obra de bioingeniería para el control y manejo de procesos de remoción en masa y aguas superficiales en el cerro de banderas del barrio Casaloma en el municipio de Soacha Cundinamarca.

1.3.2 Objetivos específicos.

- ✓ Identificar las condiciones topográficas del terreno para definir un diseño.
- ✓ Verificar la implementación de la bioingeniería como proceso de remoción en masa.
- ✓ Diseñar obra de bioingeniería para un adecuado manejo y control de remoción en masa y aguas superficiales en el cerro de banderas.
- ✓ Garantizar un diseño con alternativa de solución técnico económicas para evitar pérdidas humanas y económicas por medio del control de remoción en masa del cerro de banderas en el municipio de Soacha.

1.4 ALCANCE

La bioingeniería es una técnica empírica que permite dar estabilidad a los taludes, como principal componente se usa la guadua ya que es un material vivo el cual no pierde sus propiedades de resistencia a la tracción con el tiempo, es el material por excelencia y predominante en un diseño de obras de bioingeniería, por tal motivo éste trabajo tiene como fin diseñar la estabilidad del talud ubicado en el Cerro de banderas del municipio de Soacha, ya que no se cuenta con un manejo de estabilidad y se generan deslizamientos poniendo en peligro pérdidas económicas y humanas.

Con base en lo anterior se diseñarán filtros vivos, trinchos disipadores, terrazas escalonadas, son aquellas estructuras usadas para dar estabilidad y firmeza al terreno, se construirá una tabla de APU'S (análisis de precios unitarios), conjunto a lo anterior se entregará un cronograma de obra en MS PROJECT con los tiempos de ejecución, y finalmente una imagen del resultado final del diseño.

1.5 MARCO TEORICO

Según (H.Bernal, 2016) las obras de bioingeniería funcionan especialmente para la estabilización de taludes, ya que por su comportamiento hidromecánico permite que la cubierta vegetal actúe como refuerzo mecánico haciendo que las raíces vegetales se anclen al suelo evitando movimientos en masa y evaporando el agua por medio de un proceso que hacen las plantas llamado evotranspiración, siendo un procedimiento efectivo para mitigar los movimientos en masa, amigable con el medio ambiente, y son obras estéticamente armoniosas con el entorno.

1.5.1 Tipos de desplazamientos en masa.

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de masas de suelo o roca sobre una o varias superficies de rotura, o zonas relativamente delgadas con intensa deformación de corte, en los que se preserva a grandes rasgos la forma de masa desplazada. (Carlos.E.Potes,2017)

1.5.1.1 Deslizamientos rotacionales.

El terreno en movimiento experimenta un giro a lo largo de una superficie de rotura curvilínea y cóncava, y según un eje situado por encima del centro de gravedad de la masa deslizada. El material de cabecera queda con una inclinación contra ladera, generando depresiones donde se acumula el agua e induciendo nuevas reactivaciones. En el pie, por el contrario, se presentan abombamientos o levantamientos del material con una superficie convexa.

1.5.1.2 Deslizamientos traslacionales.

Las masas se desplazan a lo largo de una superficie de rotura plana u ondulada, pudiendo deslizar posteriormente sobre la superficie del terreno original y proseguir si la inclinación es suficientemente fuerte. Los componentes de la masa desplazada se mueven inicialmente

con la misma velocidad y trayectorias paralelas, pudiendo fragmentarse o disgregarse si posteriormente aumenta su velocidad, derivando en un flujo más que en deslizamiento.

1.5.1.3 Reptamientos.

Movimiento de tipo viscoso sumamente lento (unos pocos centímetros por año), asociado a una deformación continua de terrenos no consolidados o relativamente sueltos, sin rotura o falla del mismo a lo largo de superficies de corte. Afecta principalmente a los depósitos y a los suelos residuales, pero puede presentarse también en rocas.

Propagación lateral: El caso más común corresponde al desplazamiento horizontal de masas duras por flujo plástico o licuación del material subyacente más blando.

1.5.1.4 Esguerramiento.

Se designa de esta manera al colapso o derrumbe de masas secas o húmedas expuestas en excavaciones viales o semejantes, que se desplazan de manera viscosa, por lo general poco tiempo después del corte.

1.5.1.5 Subsistencia.

Aunque no se trata de un movimiento que afecte la cara libre de un talud o ladera, es más común de lo que parece. Se trata de desplazamientos verticales del terreno, asociados a remoción o consolidación del material subyacente, por causas diversas

De acuerdo con (H.Bernal, 2016) el concepto de erosión desde la perspectiva general es el resultado de la degradación y el transporte de suelo o roca y se producen por distintos procesos como la circulación del agua o hielo, el viento, o los cambios de temperatura. Esta acción puede ser incrementada por actividades humanas o antropogénicas y se produce generalmente en el

relieve de los valles, gargantas, cañones y mesas. La erosión puede afectar una zona mediante los siguientes cuatro aspectos internos y externos:

- ✓ La topografía
- ✓ Las características internas del suelo.
- ✓ La cubierta vegetal.
- ✓ El clima.

1.5.2 Erosión pluvial.

De acuerdo con (Carlos.E.Potes,2017) causada por el impacto del agua lluvia sobre el suelo. El mecanismo de erosión por impacto la gota de lluvia incluye la compactación que sufre el suelo por la energía de las gotas y la acción hidráulica del agua que permite arrancar las partículas de suelo superficial e incorporarlo al flujo. Este fenómeno es estimulador de los caudales líquidos cuando la compactación disminuye la permeabilidad, y de los caudales sólidos cuando las partículas finas se incorporan al caudal. Es el principio de los otros procesos de erosión. Según (desastres, 2016). El propósito de las obras de mitigación es la toma de medidas constructivas para generar una solución a una futura amenaza natural, se deben tener medidas para solucionar los problemas generados por desastres, estas medidas deben estar consolidadas en un Plan de mitigación, el que debe formar parte del estudio de impacto social. Para poder realizar el diseño de las obras de mitigación es necesario comprender las causas por las cuales se han generado estos desastres y sus principales normas que nos permitan hacer un buen diseño. El componente general define los objetivos estratégicos nacionales a ser logrados por los tres niveles de gobierno, así como con la acción privada, de los actores sociales y comunitarios. La meta fundamental que comparten la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático es la de reducir el riesgo de desastres y los efectos asociados a pérdidas y daños derivados de la ocurrencia de acontecimientos

climáticos e hídricos con posibles aumentos en intensidades y recurrencias de futuros eventos extremos exacerbados por los efectos del calentamiento global. Los fenómenos amenazantes naturales y socio naturales derivados y asociados con los agentes meteorológicos, como:

- ✓ Atmosféricos: huracanes, vendavales, heladas, sequías.
- ✓ Hidrológicos: Desbordamientos, inundaciones, avenidas torrenciales, lahares.
- ✓ Socio-naturales: Inundaciones, avenidas torrenciales, movimientos en masa, incendios de la cobertura vegetal.

Estos fenómenos amenazantes configuran los principales escenarios de riesgo con manifestaciones recurrentes de desastres en el mundo. (desastres, 2016).

1.5.3 Fenómenos de origen geológico.

De acuerdo con (Soacha, 2007). Avalancha Acumulación de residuos sólidos en los brazos de agua Río Bogotá, Río Soacha, Represamiento de quebradas, caños o ríos, Aumentos históricos de caudal en ríos y quebradas.

1.5.3.1 Derrumbe o Deslizamiento.

Vertimiento de Aguas Servidas, Explotación de canteras y ausencia de actividades de Recuperación post explotación, Urbanización indiscriminada en zonas de ladera, Escorrentía superficial de aguas lluvias, Acumulación y filtración de aguas en terrenos de pendiente inclinada.

1.5.4 Guadua.

La Guadua de acuerdo con (H.Bernal, 2016) es el material por excelencia para las estructuras de estabilidad de taludes usando bioingeniería, cuya mejor calidad se consigue en plantas con edad mayor a cuatro años. Es recomendable que la guadua no se encuentre con más del 20% de humedad

en su estructura. La guadua debe inmunizarse para evitar el ataque de los insectos, pero esto no significa que esté protegida completamente sobre los efectos ambientales. La guadua tiene características mecánicas similares a las varillas de acero usadas en la ingeniería convencional, es muy resistente al esfuerzo en tracción, tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía y es apta para construcciones sismorresistentes.

1.5.4.1 Beneficios.

- ✓ Ayuda con la conservación del medio ambiente
- ✓ Menor tiempo de ejecución
- ✓ Las obras trabajadas con guadua pueden alcanzar a ser un 50% más económica que las construcciones tradicionales.

1.6 METODOLOGIA

Fase 1. Identificación

1.1. Gracias a la documentación entregada por la alcaldía de Soacha identificar las características de los suelos en el cerro de las banderas.

1.2. Por medio de visitas técnicas y documentación investigada encontrar las condiciones topográficas con el fin de caracterizar la zona de estudio.

Fase 2. Verificación

2.1. Con base en los diferentes estudios, manuales e investigaciones realizadas en diferentes partes del país se verifica la implementación de la bioingeniería como alternativa para el proceso de remoción en masa, la cual permite la construcción de estructuras totalmente vivas con el fin de dar una posible solución a los problemas de deslizamientos.

Fase 3. Diseño de obras

3.1. Realizar el diseño de obras de bioingeniería para un adecuado manejo de aguas superficiales y control de remoción en masa como lo son terrazas vivas, trinchos disipadores, revegetación, vertederos en guadua, mostrando su procedimiento constructivo.

3.2. Determinar los costos de las obras de bioingeniería elaborando un presupuesto.

3.3. Elaboración y entrega del documento final.

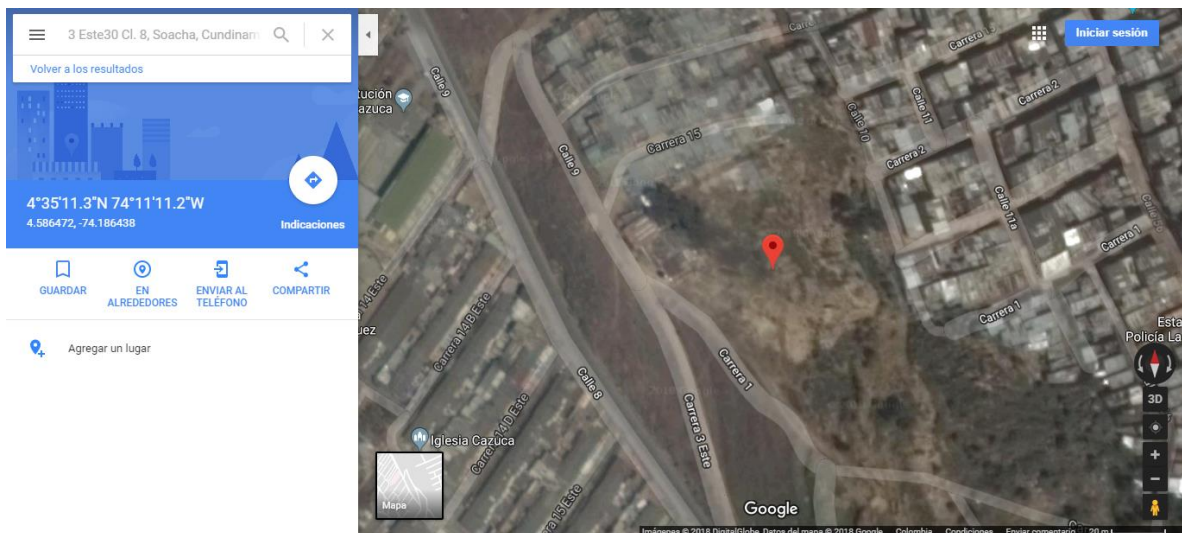
Fase 4. Factor social

Garantizar que las obras de bioingeniería son una alternativa de solución técnico económica que controla la remoción en masa, evita la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales.

2. LOCALIZACIÓN

El talud a intervenir se encuentra ubicado en el Cerro de banderas en la comuna 4 barrio Villas de Casaloma del municipio de Soacha Cundinamarca, se encuentra en el extremo oriente de la ciudad, tiene límites territoriales con el barrio La Capilla, Cazuca y la localidad de Ciudad Bolívar se sitúa en las coordenadas $4^{\circ}35'11.3''N$, $74^{\circ}11'11.2''W$, la mayoría de las vías de acceso están sin pavimentar.

Imagen 4. Vista arera Cerro de banderas



Fuente: Google maps

Imagen 5. Talud Cerro de banderas



Fuente: Autor

Imagen 6. Talud Cerro de banderas

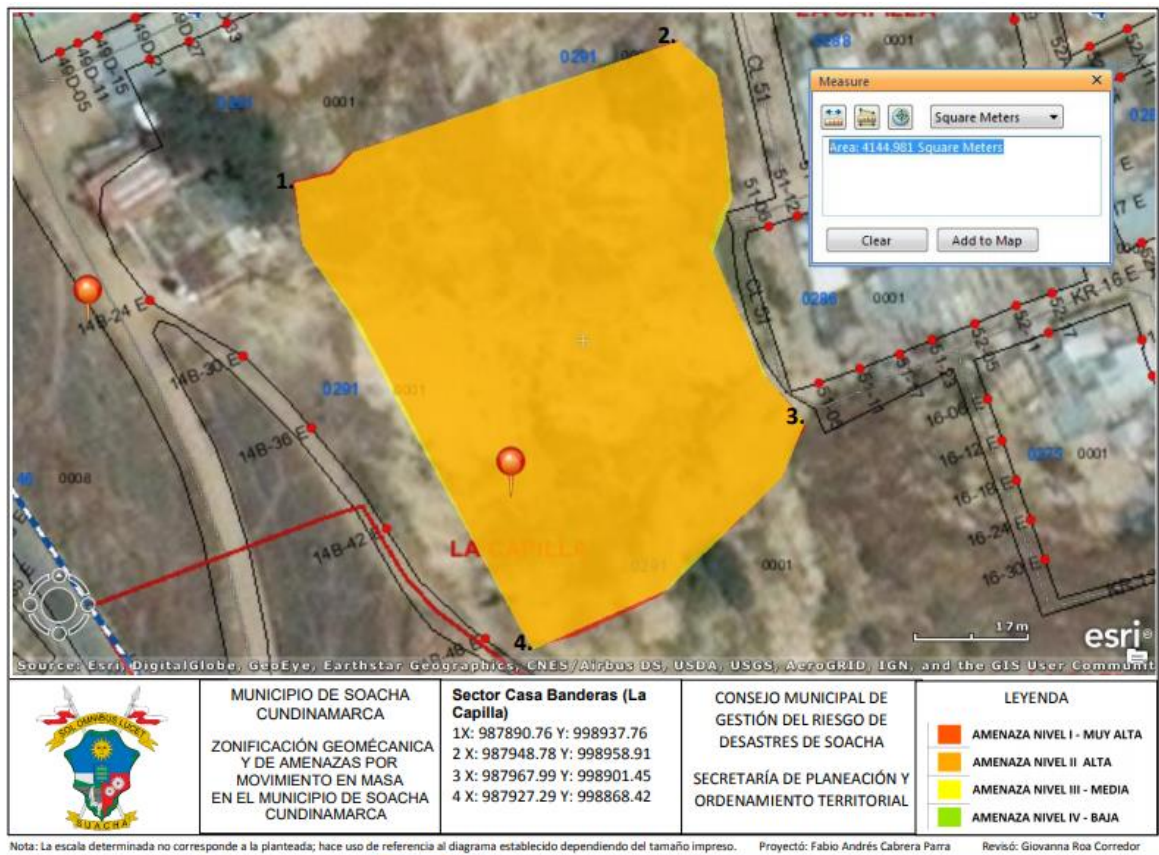


Fuente: Autor

3. TOPOGRAFÍA

Mediante la información obtenida por medio de la oficina de gestión del riesgo de la alcaldía municipal de Soacha y las visitas técnicas realizadas en el sitio de trabajo, se delimitó el área de estudio previniendo un deslizamiento, ya que en la parte baja de la ladera se encuentran las primeras viviendas del barrio La capilla.

Imagen 7. Delimitación del terreno



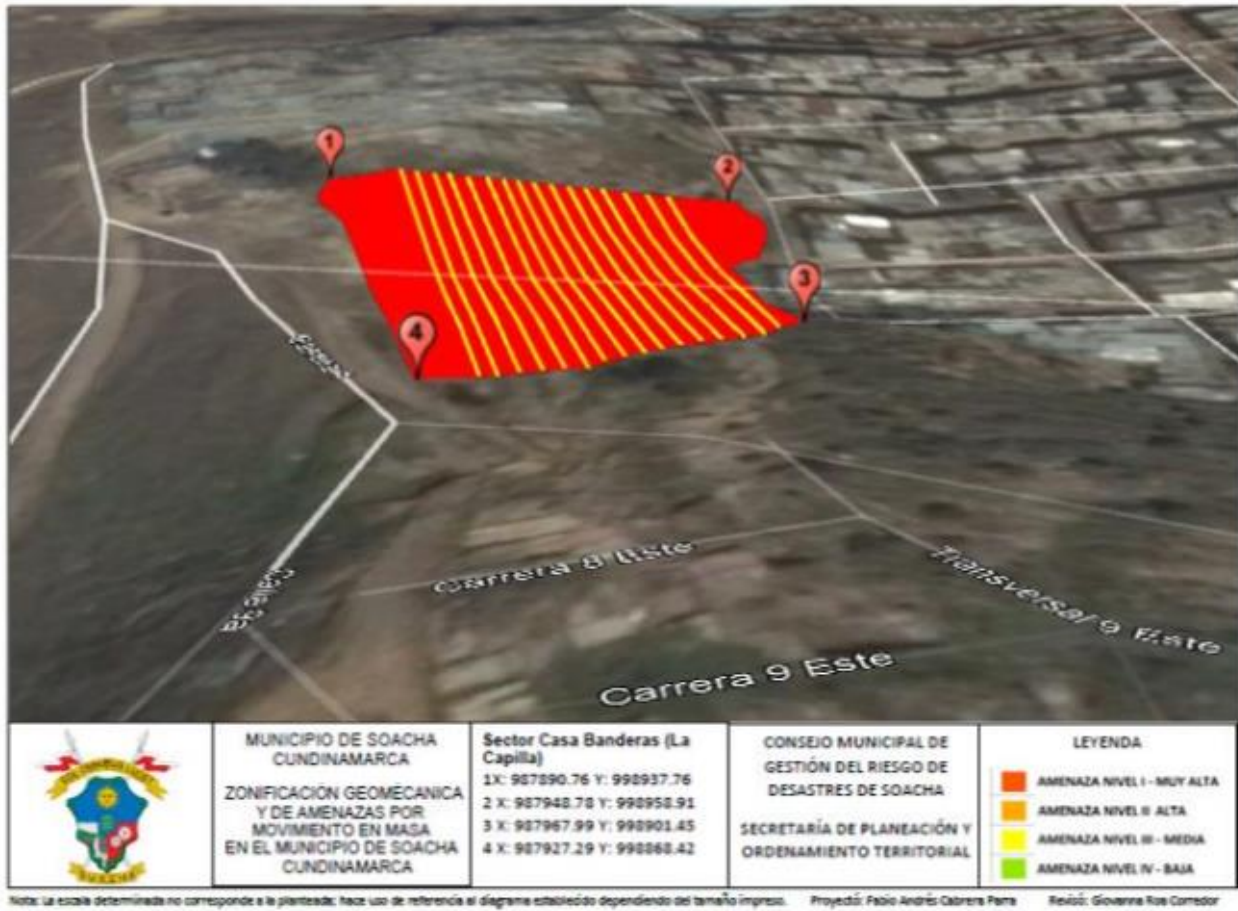
Fuente: Autor – Alcaldía municipal de Soacha

Se delimitó el terreno teniendo en cuenta las principales áreas de afectación, para esta labor se usó el software ArcGis y las respectivas mediciones en campo. En conjunto con la oficina de gestión del riesgo de la alcaldía de Soacha, se tomaron 4 puntos de referencia generando un polígono sobre la ladera para determinar el área de influencia usando como referencias coordenadas cartesianas Magna Bogotá, arrojando los siguientes datos:

- ✓ Área: 4144.981 M²
- ✓ Coordenadas punto 1: X: 987890.76 Y: 998937.76
- ✓ Coordenadas punto 2: X: 987948.78 Y: 998958.91
- ✓ Coordenadas punto 3: X: 987967.99 Y: 998901.45
- ✓ Coordenadas punto 4: X: 987927.29 Y: 998868.42
- ✓ Pendiente promedio del terreno: 45%

Posteriormente se realizaron líneas de extremo a extremo del área de afectación para determinar el número de terrazas a construir, tomando un espacio de aproximadamente 3 metros, valor aceptado según el *manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción en masa para latitudes superiores a 3.000 m.s.n.m* entre cada terraza para efecto de una buena estabilidad y firmeza en la ladera, como el proceso constructivo para las terrazas se debe realizar desde la base de la ladera hasta la parte alta del mismo, se enumeraron las terrazas en éste mismo orden dando como resultado un total de 16 terrazas.

Imagen 8. Delimitación terrazas vivas



Fuente: Autor – Alcaldía municipal de Soacha

A continuación, se presenta una tabla con la información relevante y necesaria para proceder a realizar los diseños, obteniendo las coordenadas geográficas para la localización, longitud en metro lineal (ml) por terraza y elevación del terreno en m.s.n.m.

Tabla 1. Datos iniciales de las terrazas

	terrazas						
	coordenadas				longitud (m)	elevacion (m.s.n.m)	
	Punto inicial		Punto final			Punto inicial	Punto final
Terraza	latitud	longitud	latitud	longitud			
1	4°35'12.28"N	74°11'10.30"O	4°35'10.40"N	74°11'9.44"O	64,5	2606	2617
2	4°35'12.25"N	74°11'10.42"O	4°35'10.27"N	74°11'9.49"O	67,7	2607	2618
3	4°35'12.22"N	74°11'10.52"O	4°35'10.21"N	74°11'9.57"O	69,2	2608	2619
4	4°35'12.19"N	74°11'10.64"O	4°35'10.13"N	74°11'9.65"O	70,7	2608	2619
5	4°35'12.14"N	74°11'10.71"O	4°35'10.06"N	74°11'9.70"O	71,4	2609	2620
6	4°35'12.12"N	74°11'10.80"O	4°35'10.00"N	74°11'9.78"O	72,9	2610	2620
7	4°35'12.10"N	74°11'10.87"O	4°35'9.95"N	74°11'9.85"O	74,3	2610	2621
8	4°35'12.05"N	74°11'10.95"O	4°35'9.90"N	74°11'9.91"O	74,9	2611	2621
9	4°35'12.05"N	4°35'12.05"N	4°35'9.81"N	74°11'9.95"O	75,9	2611	2621
10	4°35'12.02"N	74°11'11.09"O	4°35'9.76"N	74°11'10.03"O	77	2612	2622
11	4°35'12.00"N	74°11'11.16"O	4°35'9.68"N	74°11'10.08"O	79	2612	2622
12	4°35'11.97"N	74°11'11.25"O	4°35'9.65"N	74°11'10.17"O	78,6	2613	2622
13	4°35'11.96"N	74°11'11.33"O	4°35'9.62"N	74°11'10.24"O	79	2613	2622
14	4°35'11.92"N	74°11'11.40"O	4°35'9.59"N	74°11'10.33"O	78,8	2614	2623
15	4°35'11.88"N	74°11'11.47"O	4°35'9.53"N	74°11'10.40"O	79,8	2614	2623
16	4°35'11.87"N	74°11'11.58"O	4°35'9.51"N	74°11'10.47"O	80,1	2615	2623

Fuente: Autor.

3.1 Geología.

De acuerdo con (colombiano, 2012) en el estudio de zonificación geomecánica y de amenazas por movimiento en masa en el municipio de Soacha Cundinamarca, del Servicio Geológico Colombiano, indica los siguientes antecedentes presentados en el municipio de Soacha.

Los municipios localizados en el sistema andino colombiano sufren permanentemente problemas asociados a los movimientos en masa, producto de diferentes causas tanto intrínsecas como extrínsecas, tales como materiales, pendientes, cobertura del suelo, drenajes, etc., que han sido detonados algunos por procesos naturales como lluvia y sismo y otros que puede asociarse a diferentes actividades antrópicas; ocurre esto último especialmente en el municipio de Soacha en

el departamento de Cundinamarca, sector que presenta unos materiales con propiedades especiales y asociados a una problemática social que afecta el territorio y puede estar generando fenómenos de inestabilidad; fenómenos como el crecimiento desordenado y acelerado de nuevos barrios, los cuales ocupan laderas inestables y especialmente una actividad minera tradicional e histórica que ha venido modificando el uso del territorio parecen tener relaciones específicas con los procesos de inestabilidad, relaciones no comprobadas pero existentes, las cuales requieren de un análisis a mayor profundidad.

Rocas intermedias de areniscas de la Formación Guaduas (Riag). Esta unidad presenta una morfología principalmente de laderas que varían desde moderadas a abruptas. Está constituida por areniscas cuarzosas de grano fino a medio, limolitas silíceas, compactas, de color variable de gris hasta amarillo, altamente fracturadas y meteorizadas, dispuestas en estratificación media a gruesa.

En algunos sectores presenta taludes escarpados producto de actividades mineras, situación que facilita la ocurrencia de deslizamientos y caída de rocas, ya que se encuentran fracturadas y con la estratificación inclinada en el mismo sentido de la pendiente. (colombiano, 2012).

4. DISEÑO

4.1 Obras de drenaje (zanjas de infiltración).

Según (H.Bernal, 2016) son canales abiertos cuyo uso principal es poder captar el agua de escorrentías, de esta manera se controla al agua de infiltración, transportándola a unos filtros vivos (guadua), disipando su energía y reduciendo su velocidad.

Imagen 9. Procesos constructivos zanjaz de infiltración



Fuente: (F.F.GLORIA, 2014)

4.1.1 Condiciones para la construcción de las zanjaz.

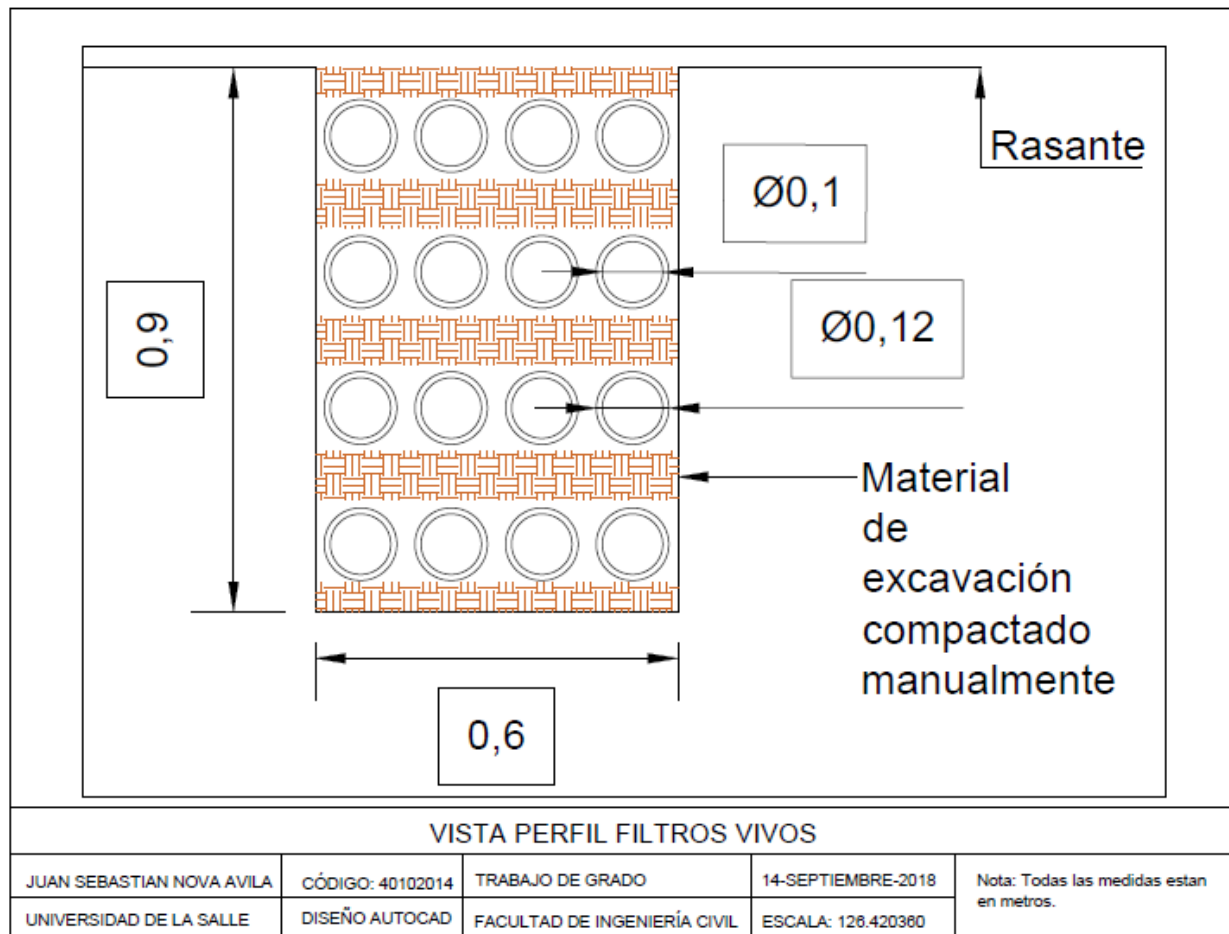
- ✓ Tener en cuenta que no es recomendable realizar las zanjaz para terrenos con texturas sueltas, que puedan derrumbarse.
- ✓ Puede realizar las zanjaz de infiltración en terrenos que note pendientes mayores al 10%
- ✓ Determine el espaciamiento de donde va a construir la zanja de infiltración con ayuda de un nivel y empiece por la parte más alta de la ladera.

- ✓ Todo el material extraído de la excavación de la zanja se coloca en su borde inferior, apisonando capa por capa, formando una especie de bordillo.

4.2 Filtro drenante vivo (construido en guadua).

Los filtros son necesarios para drenar el terreno y de esta manera asegurar que el agua de infiltración en la zona tenga un cuerpo de agua existente donde llevarla. Estos filtros se pueden calificar como filtros vivos o no vivos lo que depende del material con el que se elaboren. Los filtros vivos se construyen utilizando guadua mientras que los no vivos se construyen utilizando piedra songa, gravilla y tubos de gress como medio poroso para evacuar el agua. Según (H.Bernal, 2016).

Imagen 10. Filtros vivos drenantes



Fuente: Autor

4.3 Sistema de drenaje con filtros vivos.

De acuerdo con (F.F.GLORIA, 2014) consiste en capas superpuestas de materiales vegetales de reproducción vegetativa fácil y rápida (rebrote de yemas entre 45 – 60 días), especialmente hechos con guadua (*Bambusa guadua*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*), entre otras especies, ubicados dentro de un sistema de drenaje abierto, en zanjas o brechas, que en algunos casos y dependiendo de la saturación del terreno, se pueden establecer en forma de espina de pescado.

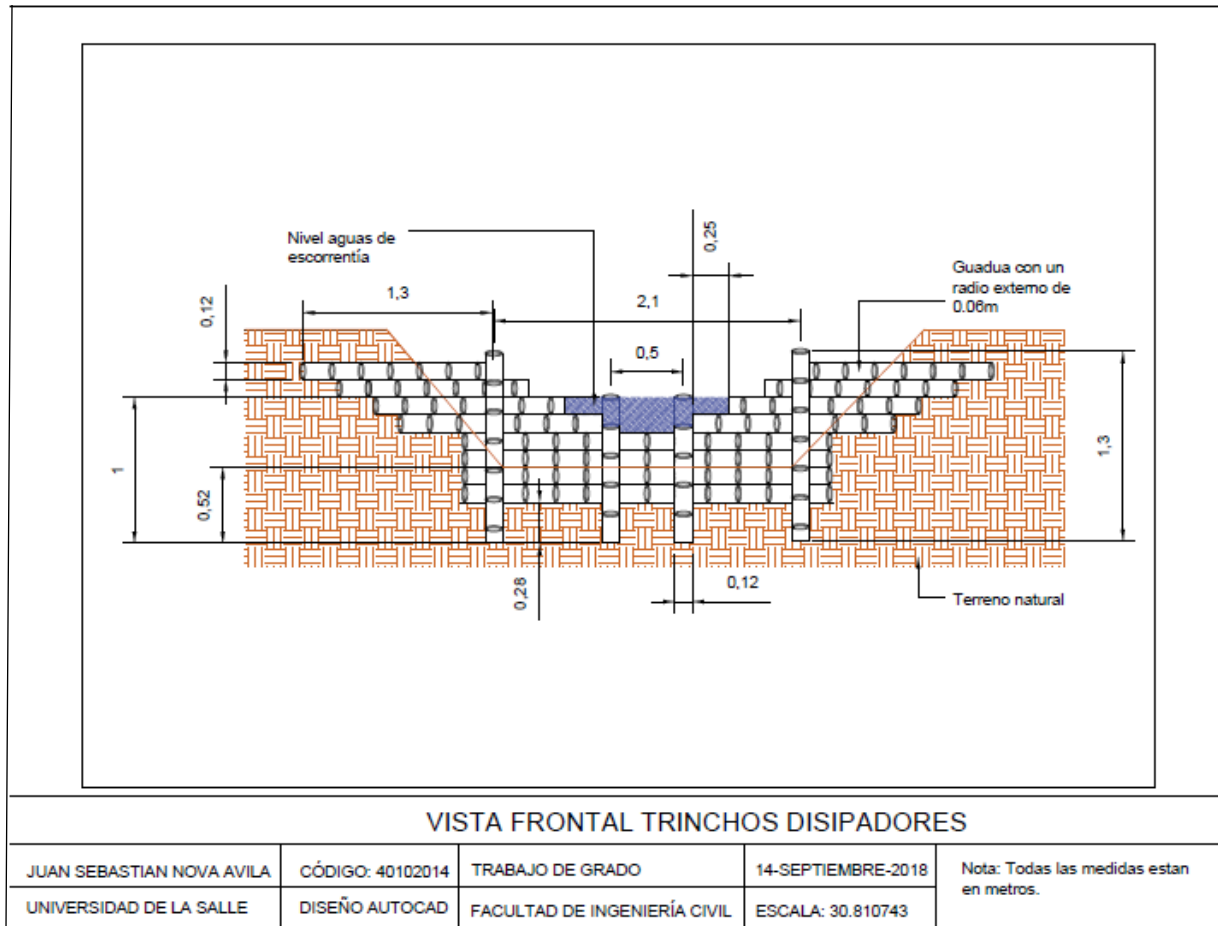
4.3.1 Procedimiento para la construcción de filtros.

- ✓ Se ubican los agrietamientos del terreno que marcan sitios de inestabilidad y se sellan.
- ✓ Se ubican las depresiones y drenajes naturales que pueden servir para evacuar el agua.
Son identificables pues se ve agua brotando del subsuelo. Si no las hay, se ubican unos drenajes principales hacia el centro y lados del talud o zona inestable.
- ✓ Se trazan canales secundarios en espina de pescado que deben desembocar a los canales principales de evacuación. Es importante que al trazar los canales secundarios estos tengan un ángulo de desviación para ayudar a la evacuación rápida del agua. Si el ángulo queda recto, el agua se infiltra y no evacua.
- ✓ Se excavan los drenajes. El ancho de los filtros varía entre 0,5 y 0,7 m. La profundidad de los filtros es la profundidad del nivel freático encontrado en cada sitio y deben coincidir con terreno firme. Puede variar entre 0.5 y 2.5 metros.
- ✓ Se llenan las zanjas principales con guadua. Si el filtro es muy profundo, lleva 5 o 6 tendidos de guadua, luego se coloca una capa de pasto y se termina de tapar con tierra. Los filtros secundarios llevan de 2 a 4 tendidos de guadua. La capa de pasto retiene los sedimentos y evita que el filtro se sature.
- ✓ Se da paso a la construcción de los trinchos para dar estabilidad a los filtros.

4.4 Trincho disipador (construido en guadua).

Son estructuras fundamentales para la estabilización de taludes y funcionan como disipadores de energía, de cierta manera que no se profundice el agua y se formen zanjas, su construcción como se había mencionado se realiza usando guadua y vegetación, dicha vegetación a medida que va creciendo conforta el sistema estructural de la obra, haciendo más fuerte su anclaje al suelo y evita el movimiento en masa de la zona.

Imagen 11. Trinchos vivos



Fuente: Autor

De acuerdo con (F.F.GLORIA, 2014) Trinchos vivos escalonados en guadua, desde la parte alta de la ladera hacia abajo, especialmente desde los sitios activos más críticos con distancias entre 1 a 2 m, dependiendo de la pendiente del terreno y el criterio técnico para lograr reducir la energía cinética de las aguas de escorrentía y dar amarre futuro tanto al terreno como a la pedregosidad. Con esto se logró la mayor eficiencia, eficacia y economía durante la ejecución del proyecto.

4.5 Construcción de terrazas (construido con guadua).

Es el procedimiento por el cual se estabiliza el talud, para dar más firmeza a los filtros y de esta manera prevenir movimientos en masa e infiltración del agua.

Imagen 12. Terrazas vivas



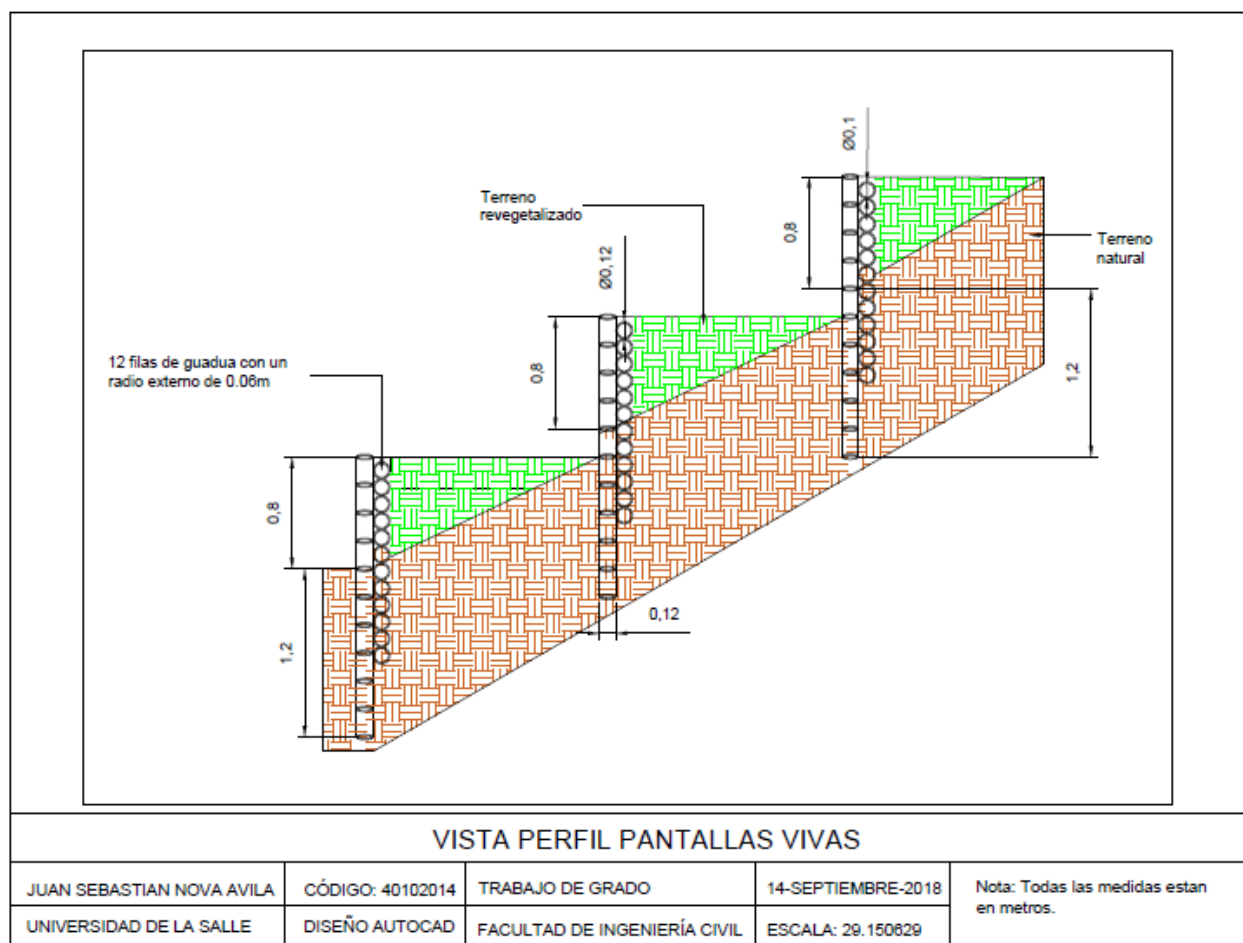
Fuente: (F.F.GLORIA, 2014)

4.5.1 Procedimiento.

- ✓ Este procedimiento se debe realizar desde la base del talud hacia arriba. Es decir que debe excavar en zanjas a una profundidad de por lo menos 1 a 2 metros. Sobre la ladera, y sobre el fondo de esa zanja, se clavan los postes verticales de los cuales deben quedar anclados como mínimo 1,2 metro por debajo del nivel inferior de la zanja.
- ✓ Tenga en cuenta que deben quedar anclados los postes verticales como mínimo 1,2 metros por debajo o Incluso pueden quedar totalmente enterradas, En la superficie este tipo de estructuras no deben ser mayores de 50 centímetros

- ✓ Luego de la colocación de los postes verticales, se procede a la colocación de las guaduas acostadas horizontalmente paralelas a los postes y desde la base de la zanja construida anteriormente. Se requieren para este proceso 12 guaduas de 12 centímetros de grosor.

Imagen 13. Terrazas vivas



Fuente: Autor

Como la obra requiere de movimiento de tierra, se debe apisonar la tierra que quede vertida en la terraza, evitando infiltración del agua por lo menos en el momento de construcción.

- ✓ Luego se recomienda realizar una siembra directa, utilizando únicamente herramienta de mano y de fácil acceso, esto con el fin de evitar el daño a la vegetación y terreno cercano, se sugiere que el tipo de vegetación sea de la misma zona.
- ✓ Si prefiere cubrir con cuadros de césped procure que estos seas de aproximadamente de 30 x 30 cm, y que contengan una capa de 5 cm de espesor como mínimo. Según (H.Bernal, 2016).

4.6 Revegetalización.

Imagen 14. Instalación cubierta vegetal



Fuente: (H.Bernal, 2016).

De acuerdo con (F.F.Gloria, 2014) Su intervención es de tipo hidromecánica, y sus beneficios por estabilización o protección dependen del tipo de vegetación y del proceso degradativo del terreno. En el caso de la estabilidad de los movimientos en masa, los beneficios protectores al tener un manto vegetal son los de refuerzo mecánico por las raíces que ayudan a sostener o atar el suelo y permiten además la evaporación del agua a través de la evapotranspiración de las plantas.

La cubierta vegetal se desempeña como agente regulador en los fenómenos erosivos, controlando los excesos de agua en el perfil del suelo, disminuyendo las velocidades del flujo de escurrimiento e integrando el suelo como masa unitaria, entre otros beneficios. Sin embargo, su papel es variable de acuerdo a las características de porte, enraizamiento, hábito y velocidad de crecimiento. (H.Bernal, 2016).

4.6.1 Entre sus funciones principales se encuentran:

- ✓ Atrapa el material erosionado que baja por el talud. Esta función la realizan los tallos de la Vegetación. El movimiento puede ocurrir producto de la gravedad o con la ayuda del agua.
- ✓ Protege el talud contra la erosión superficial producto de la escorrentía y del salpique de las gotas de lluvia. Para ser eficaz se requiere una cobertura continua de vegetación baja. Las plantas de porte alto por si solas no protegen el talud ya que la velocidad terminal de las gotas de lluvia ocurre a unos dos metros aproximadamente.
- ✓ Apoya una masa de suelo por la contra fuerza y barrera que producen las raíces. Esto se puede lograr con vegetación grande y pesada, como árboles, en la base del talud o a micro escala con una densa red de raíces de pasto que hacen contra fuerza a pequeñas cantidades de suelo.
- ✓ Refuerza el suelo por la presencia de una red de raíces que incrementa la resistencia del suelo al fraccionamiento. El grado de reforzamiento eficaz depende de la forma de las raíces y del tipo de suelo.

- ✓ Drena el exceso de agua del talud. La configuración de la plantación de la vegetación puede mejorar el drenaje del exceso de agua del talud, evitando la saturación y la caída repentina del material. La vegetación también puede ayudar a reducir la presión capilar dentro del talud.
- ✓ Mejora el entorno local, en particular el suelo y el micro clima. Esto promueve el crecimiento de otra vegetación ya sea de manera natural o mediante el manejo. (H.Bernal, 2016).

Nota: todos los procesos constructivos se realizan manualmente.

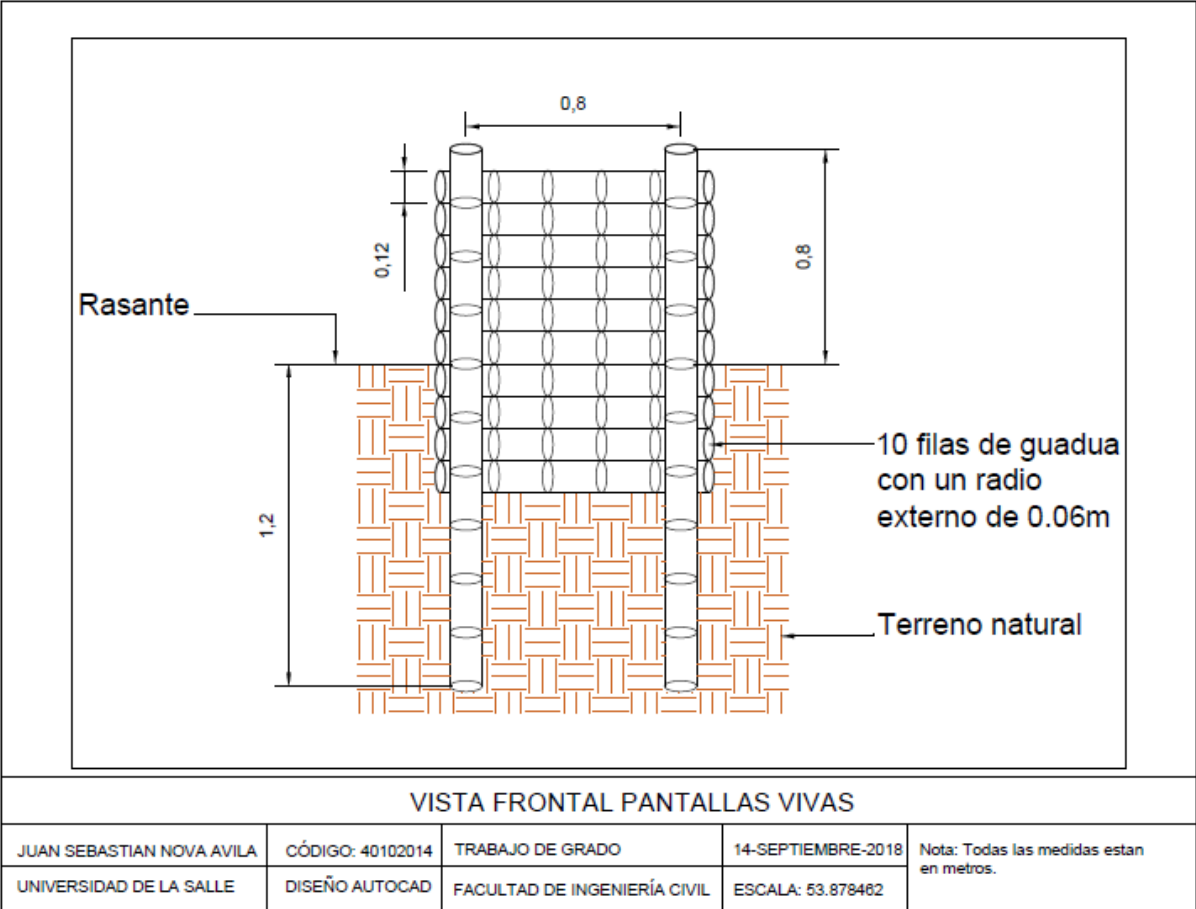
4.7 Diseño pantalla viva.

En el punto más alto del talud se instalarán unas pantallas vivas, esto se debe a que el talud en esta parte presenta una pendiente bastante pronunciada, por tal motivo y para una mejor protección se realizaron los planos de esta estructura con base en los lineamientos del *manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción en masa para latitudes superiores a 3.000 m.s.n.m.*

Se generaron 2 planos que incluyen la vista frontal y la vista en perfil de las pantallas para determinar con la atención requerida cada detalle de la estructura diseñada.

4.7.1 Diseño pantalla viva frontal.

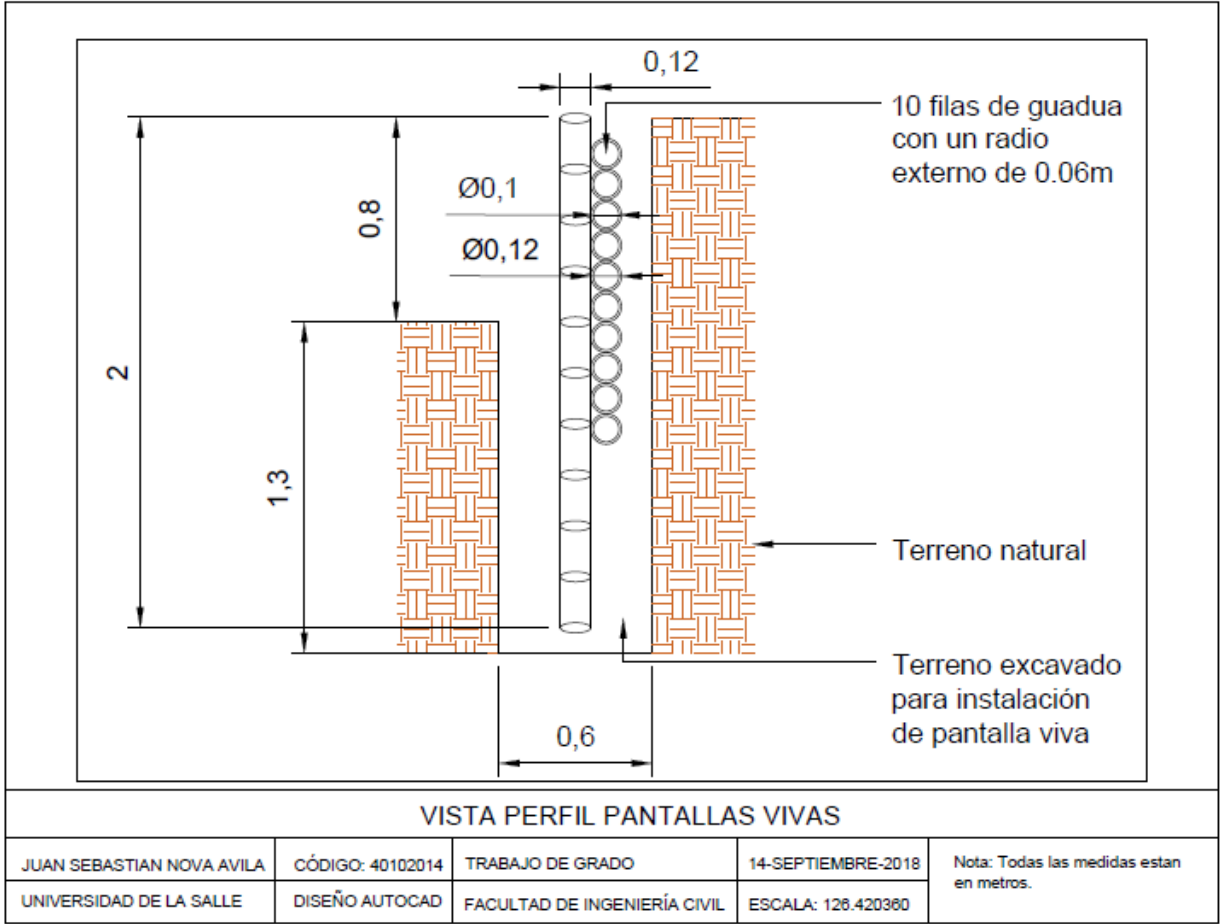
Imagen 15. Plano vista frontal pantallas vivas.



Fuente: Autor.

4.7.2 Diseño pantalla viva perfil.

Imagen 16.Plano vista perfil pantallas vivas.



Fuente: Autor.

5. CANTIDADES Y COSTOS DE OBRA

Se realizaron los costos por metro lineal (ml) de terraza, ya que cada terraza contiene todas las estructuras para la estabilidad de la ladera como lo son los filtros vivos, trinchos disipadores y cada estructura de la misma terraza, donde el valor económico de cada ítem fue otorgado por parte de la Alcaldía municipal de Soacha ya que los precios manejados serán los costos reales de la licitación pública para la ejecución de la obra, de esta manera al obtener cada valor por terraza se totaliza y se genera el valor global de los costos de la obra. La siguiente tabla muestra el valor otorgado por parte de la alcaldía municipal de Soacha por unidad de medida junto con la descripción y especificaciones de cada actividad a realizar.

Tabla 2. Costo por unidad de medida.

Costos Cerro de banderas				
	Item	Descripción	Unidad	Costo unitario
1.0	Localización y replanteo	Localización con materiales de medición para determinar el área de estudio.	M2	\$6.053
2.0	Filtros vivos	Excavación manual de aproximadamente 0.60 m x 0.90 m, el cual contiene 4 capas de guadua separadas por el mismo material de excavación por 4 guaduas puestas en fila, como se muestran en los diseños para el transporte de las aguas de escorrentía.	ML	\$207.635
3.0	Trinchos vivos	Estructuras diseñadas para la disipación de energía cinética y reducción de la velocidad, están ubicados en cada terraza donde se requiere un adecuado manejo y control de aguas de escorrentía. Según los diseños mostrados en los planos.	UN	\$227.268
4.0	Terrazas escalonadas	Terrazas reforzadas con filas de hasta 12 guaduas, con una profundidad de excavación aproximada de 0.50 m x 1.2m, con barreras de reforzamiento en guadua de 2 m de largo, según los diseños mostrados en los planos.	ML	\$307.635
5.0	Revegetalización	Instalación de cubierta vegetal usada en la misma zona o la vegetación descrita en las recomendaciones del diseño.	M2	\$12.028
				Total

Fuente: Autor

A continuación, se presenta una tabla con la información resumida de la localización, cantidades y costos de obra de las pantallas vivas usadas para la estabilidad de la ladera en su punto más elevado como un método de protección como se había mencionado en el capítulo anterior.

Tabla 3. APU y localización para las pantallas vivas

Pantalla								
Localización				Longitud (m)	Descripción	Unidad	Costo unitario	Costo total
Desde		Hasta		77,56	Pantalla en guadua con excavación de 2M x 0,50M, para estabilizar la parte alta del talud.	ML	\$ 164.525	\$12.760.559
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud					
4°35'11.75"N	74°11'11.69"O	4°35'9.46"N	74°11'10.61"					

Fuente: Autor.

Luego de esto, se procede a generar la tabla con la información total de cantidades y costos de obra de las 16 terrazas y las pantallas vivas como método empírico para la estabilidad de la ladera, donde se incluyen en la terraza número uno (1) los costos de localización y replanteo, en la tabla se puede observar la actividad a realizar, longitud de cada terraza en metros (m), la descripción de cada actividad con base en las labores a realizar, y por último la unidad de medida con su costo total.

Tabla 4. Resumen costos totales de obra.

Resumen costos					
	Item	Longitud (m)	Descripción	Unidad	Costo
1	Terraza 1	66,4	En este item se contempla la localización y replanteo del terreno, junto con las estructuras usadas en cada terraza como lo son los trinchos vivos, filtros vivos y la terraza escalonada.	ML	\$ 59.802.127
2	Terraza 2	67,7	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 35.925.353
3	Terraza 3	69,2	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 36.716.290
4	Terraza 4	70,7	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 37.507.237
5	Terraza 5	71,4	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 37.876.345
6	Terraza 6	72,9	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 38.667.292
7	Terraza 7	74,3	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 39.405.509
8	Terraza 8	74,9	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 39.721.888
9	Terraza 9	75,9	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 40.249.186
10	Terraza 10	77	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 40.829.214
11	Terraza 11	79	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 41.883.810
12	Terraza 12	78,6	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 41.672.891
13	Terraza 13	79	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 41.883.810
14	Terraza 14	78,8	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 41.778.350
15	Terraza 15	79,8	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 42.305.648
16	Terraza 16	80,1	Contiene la terraza escalonada, filtros vivos y trincho disipador	ML	\$ 42.463.838
17	Terraza 17	77,56	Pantalla viva para estabilidad de la parte superior del talud donde presenta una pendiente cercana al 100%	ML	\$ 12.760.559
				Total	\$671.449.347

Fuente: Autor.

Dando como resultado un costo total de obra de: SEISCIENTOS SETENTA Y UN MILLONES CUATROCIENTOS CUARENTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y SIETE pesos moneda corriente (\$671.449.347).

6. CRONOGRAMA DE OBRA

Se generó un cronograma de obra teniendo en cuenta cada una de las actividades a realizar, para este caso se tomó la fecha inicial de ejecución de la obra el día 1 de octubre del 2018, cuenta con un periodo laboral los días lunes a viernes con un horario de 7:00 am hasta las 12:00 pm y continua a las 2:00 pm hasta las 5:00 pm, los días sábados se tiene un periodo laboral de 8:00 am hasta las 12:00 pm, donde se tiene en cuenta los días festivos, el cronograma muestra la ruta crítica del proyecto, tiempos de ejecución, costo por terraza y el costo total de la construcción, además de esto la programación cuenta con la asignación del personal humano para la construcción de la obra de bioingeniería.

7. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar un análisis de estabilidad de la ladera para conocer su condición actual.
- ✓ Para un futuro trabajo se recomienda actualizar los precios y ajustar de acuerdo al IPC
- ✓ Se recomienda usar cubiertas vegetales para estabilizar el talud tales como: Sauco, Laurel, Arboloco, Siembra cespedones, Trébol blanco, Trébol rojo y vegetación de la zona.
- ✓ Se recomienda hacer mantenimiento a las zanjas de infiltración, ya que en las épocas de lluvia suelen taponarse por arrastre de basuras y sedimentos, mínimo dos (2) veces al año, se deben revisar los filtros, si las terrazas presentan deslizamientos es necesario generar un nuevo amarre y anclaje, para esto se considera desamarrar la estructura existente. Por último, verificar que los materiales usados para la construcción se encuentren en perfecto estado.
- ✓ Se recomienda para un mejor desarrollo del presente trabajo continuar con este estudio y generar un análisis del manejo de aguas de escorrentía y la disposición final de estas aguas para el proyecto.

8. PROTOTIPO

Imagen 17. Prototipo



Fuente: Autor

9. CONCLUSIONES

Se da por cumplido el objetivo de diseñar una obra usando la bioingeniería como principal fundamento para el control de procesos en remoción en masa y manejo de aguas superficiales en el Cerro de banderas del municipio de Soacha, ya que se diseñó de acuerdo a la información suministrada por la alcaldía municipal de Soacha, las necesidades del barrio Casaloma y el sector del Cerro de banderas, generando un diseño óptimo, por sus condiciones topográficas y geotécnicas el terreno fue apto para estabilizar por medio de la bioingeniería ya que se realizó siguiendo los parámetros y cumpliendo con los requerimientos de la información consultada de manuales e investigaciones mencionadas en cada una de las etapas del presente trabajo, por otra parte se pudo revisar y confirmar que las obras de estabilidad de laderas usando bioingeniería como técnica empírica son un alternativa apta y confiable para dar una solución, así lo confirman las obras llevadas a cabo en Caldas donde se estabilizaron 3 laderas usando esta técnica o como se evidencia en el páramo de Sumapaz y también en Pacho Cundinamarca, donde usando dicha técnica se genera una solución técnico - económica y ambiental, reduciendo los gastos de estabilidad de laderas hasta un 50% menos que al usar ingeniería tradicional como lo menciona el *manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción en masa para latitudes superiores a 3.000 m.s.n.m* (H.Bernal, 2016,p 8), se pensó éste diseño de tal manera que los habitantes del sector del Cerro de banderas sean partícipes de la construcción de la obra, ya que no se necesita personal especializado por su facilidad de construcción.

Las obras de bioingeniería aparte de ofrecer resistencia a los taludes por sus estructuras vivas y su correcto funcionamiento hidromecánico, son construcciones amigables con el medio ambiente y estéticamente armoniosas con él mismo generando un entorno donde priman las zonas verdes. La guadua angustifolia Kunth, como herramienta principal de las obras de bioingeniería posee

características aptas para construcciones sismos resistentes y un comportamiento mecánico similar al del acero que cuenta con un módulo de elasticidad de 200.000Mpa, y la guadua presenta un módulo de elasticidad de 20.000Mpa apropiado para soportar esfuerzos a tensión, los cuales son generados por los movimientos en masa.

Por medio de las estructuras diseñadas se controlarán los procesos de erosión causados por las aguas de escorrentía, según datos de 2018 la estación meteorológica Fute ubicada en Soacha del IDEAM presenta niveles de precipitación en enero de 11mm y un histórico de 23mm, lo cual comparando con datos de otras estaciones en Cundinamarca como estación Doña Juana en la localidad de Usme presenta precipitaciones de 48mm en el mes de enero y un histórico de 24mm o la estación Venecia ubicada en Facatativá con precipitaciones en enero de 34mm y un histórico de 58mm, podemos observar que el nivel de precipitaciones en Soacha es mucho menor, lo cual nos permitió diseñar las estructuras de control y manejo de aguas de una forma adecuada sin sobre dimensionar cada una de estas, éstas aguas permiten la infiltración y son el principal motivo para generar deslizamientos en el sector, es de suma importancia generar mantenimiento a las estructuras ya que por medio de las aguas de escorrentía se transportan sedimentos los cuales pueden taponar las estructuras y así generar de nuevo infiltración, además verificar que la guadua se encuentre en condiciones mecánicas aptas para seguir dando firmeza a las estructuras.

REFERENCIAS

- Acosta, J. A. R. (2017). zona rural de Bogotá dc, alternativa para mejorar la transitabilidad vial. 1. Retrieved from Obras de bioingeniería para la mitigación de los riesgos en procesos de remoción en masa.
- Bayona, I. A. G. G. (2017). *Alcaldia municipal de Soacha secretaría de planeación y ordenamiento territorial*
Informe de revisión y concepto técnico. Retrieved from Soacha Cundinamarca.
- RIVERA P., J.H. 2011. Sistemas de drenaje con filtros vivos para la Estabilización y restauración de movimientos masales en zonas de ladera. Chinchiná (Colombia),Cenicafé, 2011.
- Colombia, u. c. d. (2016). *MANUAL DE OBRAS DE BIOINGENIERIA EN ZONAS DE LADERAS CON PROCESOS DE REMOCION DE MASA PARA ALTITUDES SUPERIOS A 3.000 M.S.N.M..* universidad católica de Colombia, Bogotá. (1)
- RIVERA P., J.H.; SINISTERRA R., J.A.; CARVAJAL, M. 2006. Control de Erosión y Movimientos Masales con obras de Bioingeniería en el Departamento del Valle del Cauca Colombia. IN: XIII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. La Sostenibilidad del Suelo y la Competitividad Agrícola, 2006. Bogotá. Programa y Resúmenes. XIII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Bogotá Colombia.
- colombiano, S. g. (2012). *Zonificación geomecánica y de amenazas por movimiento en masa en el municipio de Soacha Cundinamarca zona urbana y de expansión urbana escala 1:5000*. Bogotá
- desastres, S. n. d. g. d. r. d. (2016). *Plan nacional de gestión del riesgo de desastres, una estrategia de desarrollo 2015-2025*. Bogotá

FLOREZ, G. D. S. F. (2014). *EFFECTIVIDAD DE LA BIOINGENIERIA PARA EL TRATAMIENTO DE LA EROSION Y LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN LADERAS.*, universidad de manizales, Manizales-caldas. (1)

público, P. (2017). lluvias ocasionan emergencias en Soacha y cundinamarca.

radio, C. (2016). " Soacha no puede atender riesgos de deslizamientos": alcalde municipal.

radio, L. w. (2017a). Deslizamiento en el municipio de Soacha deja tres personas muertas.

radio, L. w. (2017b). Evacuan Soacha ante riesgo inminente de deslizamiento por la ola invernal.

Soacha, A. m. d. (2007). *Plan de emergencia municipio de Soacha.* Soacha