




**Estabilización de taludes utilizando el pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)  
entre la vía de la vereda Monte Grande y la cabecera municipal de Pueblo Bello, Cesar.**

**AUTOR(ES)**

Dayana Maritza Manjarrés Ramírez

María Camila Muñoz Romero



**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2022**

[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

**Estabilización de taludes utilizando el pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)  
entre la vía de la vereda Monte Grande y la cabecera municipal de Pueblo Bello, Cesar.**

**AUTOR(ES)**

Dayana Maritza Manjarrés Ramírez

María Camila Muñoz Romero

**DIRECTORA:**

Angélica Patricia Vanegas Padilla

**ASESORA:**

Oriana Carolina Jurado Fuentes

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2022**

[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

## Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios ya que en su infinita misericordia nos permitió ejecutar este proyecto, y nos guio hasta aquí, a mi mamá y mi papá que me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera profesional, y a mis hermanos.

- Dayana Manjarres R.

Dedico este proyecto a Dios, a mi abuelo que sin su apoyo y dedicación no hubiese sido posible, y a mi compañero de vida, la persona que estuvo apoyándome en cada decisión que tomara, Gracias por la paciencia y por creer en mí; Ustedes son mi motivación día a día a seguir adelante, a no rendirme y cumplir mis sueños, gracias por estar en los buenos y malos momentos; finalmente me dedico este trabajo a mi porque a pesar de a veces querer parar, pude salir adelante y lograr lo que desde un principio me propuse.

- María C Muñoz R



## Agradecimientos

Primeramente agradecerle a Dios por la oportunidad de alcanzar esta meta, a mis padres por estar pendiente y apoyarme en todo mi proceso académico, a mi compañera María Camila Muñoz Romero por su gran esfuerzo y trabajo para lograr los resultados de este proyecto, a nuestra directora Angélica Patricia Vanegas Padilla por aceptar nuestro proyecto y guiarnos en el desarrollo de esta tesis, y a todos los compañeros y amigos que ayudaron y aportaron su granito de arena para que este proyecto saliera adelante.

- Dayana Manjarres R.

Agradezco primeramente a Dios por brindarme la sabiduría, la fuerza y el entendimiento para sacar este proyecto adelante, a mi familia, a mi madre por impulsarme y enseñarme siempre, a nuestra directora Angélica por aportar un poco de su conocimiento, a mi amado Oswaldo Andrés por su confianza y apoyo incondicional; gracias a nuestros amigos de Pueblo Bello por ayudarnos a realizar este proyecto y por acogernos en su tierra. Agradezco a nuestros compañeros, a mi compañera Dayana y a todas esas personas que nos apoyaron y contribuyeron para sacar esta tesis de la mejor manera.

- María C Muñoz R



## Resumen

La presente investigación se llevó a cabo para evaluar la efectividad del pasto vetiver, para garantizar la estabilización de taludes en el municipio de Pueblo Bello, Cesar; obteniendo de esta manera una solución eficaz, económica y natural a la problemática de erosión de taludes presentados en la zona de influencia directa del proyecto. Durante el desarrollo de la investigación, se analizaron las propiedades físicas y mecánicas del suelo, el cual se encuentra en óptimas condiciones para ser utilizado como material dentro del campo de acción de la bioingeniería, en virtud del cumplimiento del objetivo propuesto el cual inició con la toma de muestras del suelo de cada uno de los taludes. Posterior a lo anterior, se efectuaron los ensayos de laboratorio físico mecánicos para conocer el tipo de suelo objeto de la caracterización geotécnica, así como la humedad natural, pH y materia orgánica. Finalmente, habiendo obtenido los resultados esperados, se procedió a hacer un vivero del pasto el cual mantuviera las condiciones de crecimiento y resistencia de las plántulas; luego de un mes se realizó la siembra en la zona de estudio, se hizo la revisión de las raíces mes a mes y al cabo de cuatro meses se tomaron las muestras de suelo en la etapa final para la respectiva verificación y efectividad del pasto, concluyendo la importancia de la implementación de prácticas de bioingeniería como alternativa factible y rentable en términos económicos para el control de erosión en taludes.

**Palabras claves:** Deslizamiento, erosión, bioingeniería, talud, vetiver.



## Abstract

The present investigation was carried out to evaluate the effectiveness of vetiver grass, to guarantee the stabilization of slopes in the municipality of Pueblo Bello, Cesar; thus obtaining an effective, economical and natural solution to the problem of erosion of slopes presented in the area of direct influence of the project. During the development of the investigation, the physical and mechanical properties of the soil were analyzed, which is in optimal conditions to be used as a material within the field of action of bioengineering, by virtue of the fulfillment of the proposed objective which began with the sampling of the soil from each of the slopes. After the above, the mechanical physical laboratory tests were carried out to determine the type of soil object of the geotechnical characterization, as well as the natural humidity, pH and organic matter. Finally, having obtained the expected results, we proceeded to make a grass nursery which would maintain the conditions for growth and resistance of the seedlings; After one month, sowing was carried out in the study area, the roots were reviewed month by month and after four months the soil samples were taken in the final stage for the respective verification and effectiveness of the grass, concluding the importance of implementing bioengineering practices as a feasible and profitable alternative in economic terms for erosion control on slopes.

**Key words:** landslide, erosion, bioengineering, slope, vetiver.



## Tabla de contenido

Listas de tabla .....	10
Introducción.....	13
1. Estabilización de taludes utilizando el pasto vetiver ( <i>Chrysopogon zizanioides</i> ) entre la vía de la vereda Monte Grande y la cabecera municipal de Pueblo Bello, Cesar.....	14
2. Planteamiento y formulación del problema .....	15
3. Justificación.....	16
4. Objetivos .....	17
4.1 Objetivo general.....	17
4.2 Objetivo específico.....	17
5 Marco referencial .....	18
5.1 Antecedentes de la investigación .....	18
5.2 Marco Teórico .....	23
5.2.1 <i>Deslizamiento</i> .....	23
5.2.1.1 Tipos de deslizamientos .....	23
5.2.1.2 Causas de los deslizamientos.....	25
5.2.1.3 Consecuencia de los deslizamientos .....	26
5.2.2 <i>Estabilización</i> .....	27
5.2.3 <i>Taludes</i> .....	27
5.2.3.1 Características de los taludes .....	27
5.2.3.2 Tipos de taludes.....	28
5.2.3.3 Elementos constitutivos de los taludes .....	28
5.2.4 <i>Pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides)</i> .....	29
5.2.4.1 Usos del pasto .....	30
5.3 Marco conceptual.....	31
5.4 Marco contextual.....	32
5.4.1 <i>Localización Pueblo Bello, Cesar</i> .....	32
5.5 Marco legal.....	34
6. Marco Metodológico .....	37

6.1	Línea y sub línea de investigación .....	37
6.2	Tipos de investigación .....	37
6.3	Nivel de investigación .....	37
6.4	Población de estudio .....	37
6.5	Muestra poblacional.....	37
6.6	Desarrollo metodológico .....	38
6.6.1	<i>Etapa 1: Identificar los sitios críticos en el terreno que constituyen una amenaza en la zona objeto de estudio.....</i>	38
6.6.2	<i>Etapa 2: Revisión de información y recolección de datos. ....</i>	38
6.6.3	<i>Etapa 3: Procesamiento y análisis de resultados .....</i>	39
7.	Resultados .....	40
7.1	Etapa 1: Identificar los sitios críticos en el terreno que constituyen una amenaza en la zona objeto de estudio.....	40
7.1.1	<i>Puntos críticos del terreno.....</i>	40
7.2	Etapa 2: Revisión de información y recolección de datos .....	41
7.2.1	<i>Localización de la zona de estudio .....</i>	41
7.2.2	<i>Características físico y mecánicas del suelo .....</i>	43
7.2.3	<i>Comportamiento y resistencia de las raíces del pasto vetiver .....</i>	50
7.3	Etapa 3: Procesamiento y análisis de resultados .....	55
7.3.1	<i>Análisis de estabilidad Estático y Pseudo Estático sin aplicación de bioingeniería. ....</i>	55
7.3.2	<i>Análisis de estabilidad Estático y Pseudo Estático con aplicación de bioingeniería. ....</i>	57
	Conclusiones.....	62
	Recomendaciones .....	63
8	Bibliografía .....	64

## Listas de tabla

<b>Figura 1</b> .....	33
Localización geográfica .....	33
<b>Figura 2</b> .....	40
Vereda Montegrande .....	40
<b>Figura 3</b> .....	41
Recorrido en Z para recolección de muestras. ....	41
<b>Figura 4</b> .....	42
Zona de estudio .....	42
<b>Figura 5</b> .....	43
Talud 1 y Talud 2 .....	43
<b>Figura 6</b> .....	46
Porcentajes promedio de humedad a capacidad de campo de diferentes tipos de suelo.....	46
<b>Figura 7</b> .....	47
Laboratorio parámetro de pH, UPC.....	47
<b>Figura 8</b> .....	47
Parámetro de pH.....	47
<b>Figura 9</b> .....	49
Parámetro materia orgánica .....	49
<b>Figura 10</b> .....	49
Escala de vidrios de colores de referencia .....	49
<b>Figura 11</b> .....	50
Vivero pasto Vetiver.....	50
<b>Figura 12</b> .....	51
Siembra del pasto vetiver en la zona de estudio .....	51

<b>Figura 13</b> .....	52
Crecimiento del pasto mes a mes, talud 1 .....	52
<b>Figura 14</b> .....	53
Crecimiento del pasto mes a mes, talud 2 .....	53
<b>Figura 15</b> .....	55
Parámetro de factor de seguridad .....	55
<b>Figura 16</b> .....	60
Parámetro materia orgánica final .....	60

#### Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> .....	34
Matriz de identificación de aspectos legales .....	34
<b>Tabla 2</b> .....	43
Resultados parámetros físicomecánicos iniciales Talud 1 .....	43
<b>Tabla 3</b> .....	44
Resultados parámetros físicomecánicos iniciales Talud 2 .....	44
<b>Tabla 4</b> .....	44
Resultados parámetros corte directo inicial .....	44
<b>Tabla 5</b> .....	48
Resultados obtenidos parámetro pH, talud 1 .....	48
<b>Tabla 6</b> .....	48
Resultados obtenidos parámetro pH, talud 2 .....	48
<b>Tabla 7</b> .....	54
Crecimiento de las raíces del pasto mes a mes .....	54
<b>Tabla 8</b> .....	57
Resultados parámetro corte directo final .....	57

<b>Tabla 9</b> .....	59
Parámetro pH inicial vs pH final .....	59
<b>Tabla 10</b> .....	60
Parámetro MO inicial vs MO final .....	60

### Lista de gráficos

<b>Gráfico 1</b> .....	45
Resultado parámetro granulometría, talud 1 .....	45
<b>Gráfico 2</b> .....	45
Resultado parámetro granulometría, talud 2 .....	45
<b>Gráfico 3</b> .....	48
Resultados obtenidos parámetro de pH .....	48
<b>Gráfico 4</b> .....	54
Crecimiento de raíces mes a mes, Talud 1 y 2 .....	54
<b>Gráfico 5</b> .....	56
Análisis estático sin aplicación de bioingeniería, Slide .....	56
<b>Gráfico 6</b> .....	56
Análisis pseudo estático sin aplicación de bioingeniería, Slide .....	56
<b>Gráfico 7</b> .....	57
Análisis estático con aplicación de bioingeniería, Slide .....	57
<b>Gráfico 8</b> .....	58
Análisis pseudo estático con aplicación de bioingeniería, Slide .....	58
<b>Gráfico 9</b> .....	59
Parámetro pH inicial vs pH final .....	59
<b>Gráfico 10</b> .....	61
Materia orgánica inicial vs final .....	61

## Introducción

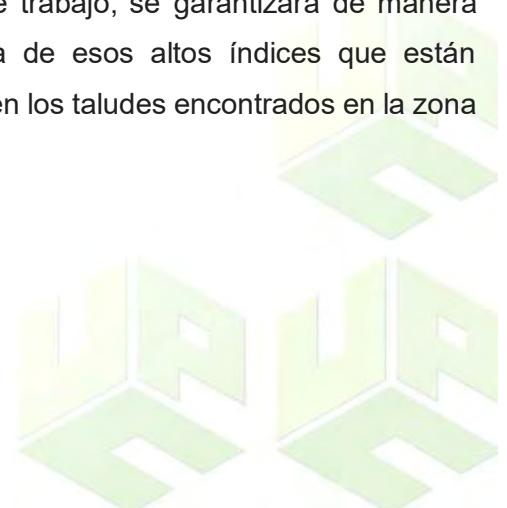
La estabilización es uno de los problemas que los ingenieros afrontan constantemente, por esta razón es necesario implementar o encontrar alternativas que ayuden con esto; en la presente investigación se entregarán aportes significativos sobre los deslizamientos, término que se define como un movimiento de ladera abajo de masas de suelo o roca, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada (Skempton y Hutchinson, 1969), siendo esto un causante de muchos problemas ambientales, de comercialización y otros (Brabb, 1989).

Hay diversos factores que influyen a que se dé un deslizamiento, como lo son las lluvias fuertes y los sismos, así mismo hay causas que aquejan al suelo como lo son la clase de roca y de suelo.

Actualmente los deslizamientos afectan notoriamente al sector agrícola, debido a que al momento de recoger los productos de sus cosechas no pueden comercializar, ni transportarlos para su sustento diario.

En la siguiente investigación se ha propuesto implementar la planta vetiver "*Chrysopogon zizanioides*" que se utiliza para aumentar la cobertura vegetal de superficie del suelo, controlar procesos erosivos, mejorar las condiciones de estabilidad de las partículas al interior de los suelos sirviendo de sistema de refuerzo (Herrera, J. 2015) ayudando así para la estabilización de taludes y la reducción de los deslizamientos en el municipio de pueblo bello Cesar.

Con la disminución de efectos que generan los deslizamientos en el municipio de Pueblo Bello, Cesar y su jurisdicción con la presentación de este trabajo, se garantizará de manera efectiva que haya una reducción de manera significativa de esos altos índices que están provocando este fenómeno sísmico que genera alteración en los taludes encontrados en la zona del área de influencia directa del proyecto.



1. Estabilización de taludes utilizando el pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) entre la vía de la vereda Monte Grande y la cabecera municipal de Pueblo Bello, Cesar.



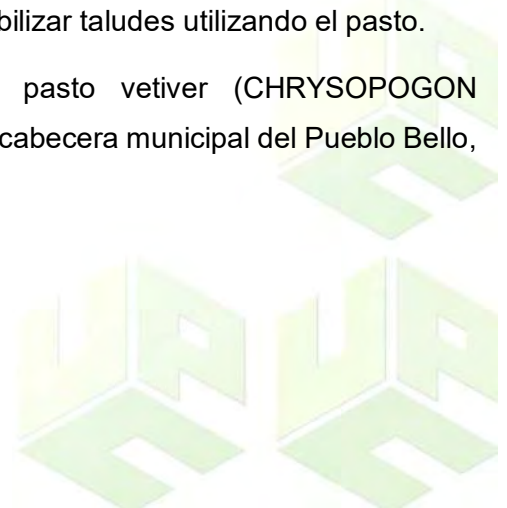
## 2. Planteamiento y formulación del problema

En los últimos años ha aumentado el número de movimientos en masa, siendo este uno de los principales fenómenos naturales que afecta a la población nacional, lo que ha ocasionado cierres en las vías. La principal causa de los deslizamientos es la erosión y el agrietamiento de la capa superficial de la corteza terrestre inclinada, generando así deslizamientos de la misma. Actualmente se han generado nuevas estrategias para estudiar los taludes por medio de la bioingeniería, con propuestas y materiales amigables con el medio ambiente donde se busca contrarrestar o minimizar el deterioro de los ecosistemas y del medio ambiente que traen las obras de ingeniería.

De acuerdo con Rivera, Sinisterra y Calle (2007), la erosión y los deslizamientos avanzan cada año, debido a que han sido afrontados tradicionalmente en forma mono disciplinaria y no integral, mediante obras mecánicas de concreto propias de la ingeniería civil, basándose en ensayo y error, que solo actúan sobre los efectos de la problemática, más no sobre sus causas lo cual viene siendo la norma en la contención de taludes degradados por erosión. El autor explica que las decisiones precipitadas de utilizar este tipo de inadecuados controles se dan más respondiendo a “intereses económicos y no a dar solución verdadera y definitiva a la problemática de degradación ambiental”.

El departamento del Cesar no es indiferente a esta problemática nacional, al contrario, está dentro del ranking de los departamentos con mayores zonas de riesgo en el país. En mayo del 2016 varias veredas del municipio de Pueblo Bello quedaron incomunicadas por causa de los movimientos en masa, dejando a los campesinos sin poder transportar sus productos. Por lo antes expuesto es necesario analizar la posibilidad de estabilizar taludes utilizando el pasto.

¿Es posible estabilizar un talud utilizando el pasto vetiver (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*), entre la vía de la vereda Monte grande y la cabecera municipal del Pueblo Bello, Cesar?



### 3. Justificación

En Colombia, gracias a la geografía, geología, geomorfología y clima; los fenómenos de remoción en masa suceden con gran frecuencia. Por lo tanto, causan grandes impactos ambientales, económicos y sociales. Causando desastres como inundaciones, deslizamientos de tierra y avalanchas, entre otros; estos aumentaron en un 93% el 7% restante se limita a las condiciones de campo, de los cuales el 56% se debe a lluvias prolongadas y el 37% a lluvias de baja duración (Mayorga, R. 2003).

Teniendo en cuenta los registros obtenidos por el sistema de información de movimientos en masa en cuanto a gestión de riesgo y desastres, se han presentado en el departamento del Cesar 107 fenómenos de remoción en masa definidos como deslizamientos, caídas, flujos y reptación desde los años de 1961 hasta el 2014. Sin embargo, se encuentra que existe un déficit de orden técnico y metodológico debido a que no todos los municipios poseen un proyecto o un plan de gestión de riesgos adecuado, para la elaboración de estudios en su territorio, ni tampoco instrumentos que permitan ejecutarlos de la manera correcta.

En la presente investigación, cuyos taludes en estudio, se encuentran ubicados en la vía entre la cabecera municipal de Pueblo Bello y la vereda Monte Grande, sufren continuamente de cambios morfológicos del suelo, debido al clima tropical dónde se ubica, ocasionando que este sector sea vulnerable ante posibles erosiones y desplazamientos de materiales sólidos, poniendo en peligro su estabilidad y estructuras viales. Este problema pone en riesgo no solo la infraestructura, sino también, vidas humanas. Para solucionar este tema, se realizará un estudio geotécnico, donde se planteará la técnica de bioingeniería. Por esta razón la investigación se basa en la utilización del pasto como método de mitigación y corrección en los fenómenos de deslizamiento y erosión, ocasionados por factores externos como las precipitaciones y las características mecánicas del suelo, los cuales, generan daños considerables a las carreteras, vías de comunicación importantes para la población, afectando también su economía.

El pasto vetiver, gracias al alto beneficio que aporta a la conservación del suelo con ayuda de sus raíces, crean una barrera que permite la conservación y estabilización del suelo. “En Villavicencio - Meta se empleó esta planta para evaluar los efectos que producen la raíz de la planta vetiver en un suelo inclinado y como desde la ingeniería civil se puede aplicar dicha planta para mitigar la erosión y estabilizar un talud”, teniendo como resultado que “la

implementación de Vetiver es un camino viable y rentable económicamente para el control de la erosión en taludes y suelos de gran parte" (Sánchez y Oviedo, 2019).

#### 4. Objetivos

##### 4.1 Objetivo general

- Estabilizar dos taludes a través del pasto Vetiver (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*), entre la vía de la vereda Monte grande y la cabecera municipal de Pueblo Bello, Cesar.

##### 4.2 Objetivos específicos

- Analizar las características geotécnicas del suelo en estudio.
- Aplicar los métodos que se usan con el pasto vetiver para estabilización de los taludes.
- Evaluar la capacidad de estabilización de taludes con el pasto Vetiver.



## 5 Marco referencial

### 5.1 Antecedentes de la investigación

**Sánchez, S. & Oviedo S. (2019)** “Control de la erosión de taludes mediante el uso de vetiver y micorrizas arbusculares, zona de Soceagro en el municipio de Villavicencio – Meta”.

Se evaluarán los efectos que produce la raíz de la planta en un suelo inclinado y cómo, desde la perspectiva de la ingeniería civil, se puede aplicar las plantas vetiver alteradas por las Micorrizas arbusculares (MA), para mitigar o controlar la erosión y estabilizar el talud. Esto con el fin de intentar tratar sólo el problema con la naturaleza misma, evitando así el uso de técnicas convencionales que incluye el uso de geomembranas y geosintéticos, o coberturas con concreto en exceso u otro material utilizado actualmente y perjudicial para el medio ambiente.

El punto de partida del estudio son los fenómenos de remoción en masa ocasionados por procesos erosivos, tomando como caso de estudio, la erosión de taludes ocasionada por factores externos como, las precipitaciones de gran intensidad y factores internos del suelo, incluyendo las características mecánicas del mismo, afectando a la comunidad y su economía.

Este proyecto ayudó a conocer como es la siembra adecuada del pasto y gracias a este se tuvo una guía en el proceso; al tener micorrizas y vetiver el proceso del crecimiento es diferente al nuestro, pero complementó al momento de hacer la siembra en los taludes y el mantenimiento de la misma.

**Sánchez, P. (2019)** “Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales”.

Esta investigación planteó la utilización de la técnica de bioingeniería para la solución de problemas de inestabilidad y control de erosión de taludes, la cual abarca un análisis de estabilización usando cultivos de pastos vetiver para el talud de la progresiva 33+450 km de la carretera Pozuzo – Santa Rosa, los cuales pueden solucionar problemas locales en cuanto a la erosión y deslizamiento, planteando nuevas alternativas de estabilización.

Tuvo como objetivo principal identificar la variabilidad de estabilidad mediante la aplicación de la técnica de bioingeniería haciendo uso del aporte de las raíces del pasto vetiver para la resistencia del corte al suelo del talud. La metodología empleada fue del tipo aplicada, a

través de ensayos de laboratorio, que permitieron la inserción de las raíces de vetiver para la evaluación en las propiedades de resistencia al corte del suelo y la evaluación de la estabilidad, frente a la aplicación de la técnica de bioingeniería.

En el proyecto mencionado anteriormente se utilizaron los programas Bishop y Janbu para determinar las configuraciones de estabilidad e inestabilidad, estos parámetros también se evaluaron en nuestra investigación y gracias a este antecedente se utilizó el programa Slide que cumple la misma función para evaluar las condiciones estáticas y Pseudo estáticas del suelo.

**Castellanos, W. (2017)** “Análisis para la reducción de riesgos utilizando el pasto vetiver en el talud ubicado en el parque ecológico las ardillas”.

El riesgo de desprendimientos masivos de suelo está presente en el talud ubicado en el parque ecológico Las Ardillas dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala; este riesgo es el resultado de la suma de las amenazas socio naturales y antropogénicas con la vulnerabilidad generada por factores físicos, sociales y ambientales. Se han realizado varios estudios para disminuir el riesgo, los daños y las pérdidas materiales y de vidas humanas que pueden llegar a generarse si ocurre un desprendimiento masivo en el área, uno de los cuales es el presente trabajo de graduación, en el cual se analizan las propiedades físicas y mecánicas del pasto vetiver para ser utilizado como un material dentro del campo de acción de la bioingeniería.

Primero, se realizó un estudio de los antecedentes generales del uso del pasto en situaciones similares en otros países; luego, se estudiaron las características que constituyen un riesgo, las características propias del pasto vetiver y el comportamiento de los taludes al momento de fallar; para esa continuación, se entró de lleno al área de aplicación, se analizó su climatología, características topográficas y del suelo; finalmente, se analizaron las propiedades mecánicas del material: se realiza un ensayo experimental para determinar el esfuerzo máximo a tensión que soportan las raíces del pasto Vetiver.

Este estudio es muy amplio en cuanto al estudio de las raíces y la manera como se comportan estas en la reducción de deslizamientos, esta investigación dio un amplio panorama de las características que tienen las raíces del pasto y su efectividad, la cual se pudo corroborar en la ejecución de nuestro proyecto.

**Muñoz, R. (2016)** “Revisión panorámica del uso del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en restauración de taludes como técnica de bioingeniería del suelo”.

El inadecuado manejo que se ha dado a los suelos en Colombia sumado a procesos naturales y las difíciles condiciones topográficas ha acelerado la degradación y erosión de los mismos.

La idea principal del documento es la de establecer comparativamente las ventajas y desventajas del uso de este pasto como técnica de bioingeniería del suelo para control de taludes con relación a las técnicas de ingeniería civil tradicionales aplicadas para los mismos fines. Documentos estudiados demuestran esas diferencias, y también algunas características importantes como la fortaleza, la longitud y la unión en manojo de la raíz, resisten la presión de las partículas del suelo aumentando su cohesión y estabilizando los taludes además de comportarse de manera similar y en algunos casos mejor que estructuras de concreto y de hierro como son las puntillas de tierra (soil nails), ya que las raíces no se corroen y en cambio sí se fortalecen con el pasar de los años.

Al tener una información a un poco más completa sobre el uso del pasto en diferentes suelos, se pudo descartar ciertas prácticas al momento de hacer los planteamientos del proyecto teniendo en cuenta las características de suelos similares al nuestro.

**Herrera, J. (2015)** “Evaluación de parámetros de resistencia al corte en suelos de ladera cubiertos con pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en la vía Neiva - Vegalarga departamento del Huila”.

En este estudio se contempló una revisión de los estudios regionales realizados por El Servicio Geológico Colombiano, SGC, (antes INGEOMINAS), así como informes locales relacionados con el área de estudio, disponibles en entidades departamentales y locales. Como resultado se presenta un Mapa Geológico Regional en el cual se delimitan las diferentes formaciones y depósitos con las estructuras geológicas más relevantes a esa escala.

Con base en la información existente y los objetivos del estudio, se realizó una revisión geológica y un análisis geomorfológico del área de interés mediante el uso de imágenes de Google Earth de muy buena resolución. Las anteriores actividades permitieron delimitar las unidades de roca y los diferentes depósitos recientes; adicionalmente ayudaron a resaltar algunos rasgos geomorfológicos.

En lugares, donde las laderas están expuestas a procesos erosión superficiales y a subsecuentes procesos de inestabilidad debido a la pérdida de resistencia de los materiales térreos, disponer sistemas de refuerzo, que proyecten la protección de la capa superficial de suelo, favoreciendo la capa vegetal y usándola como un sistema de refuerzo, es viable. El sistema Vetiver plantea una solución particular a este problema. Al ser dispuestos de manera sistemática en la ladera, no solo aumenta la cobertura vegetal superficial, controlando procesos erosivos superficiales, sino que también mejora las condiciones de estabilidad de los materiales térreos en profundidad. Esta investigación se centró en el estudio de la influencia de las raíces en la resistencia al corte del suelo, siguiendo el criterio de falla de Mohr Coulomb y en la simulación de estas condiciones en función de la estabilidad de la ladera.

Este proyecto muestra un panorama geotécnico muy amplio en cuanto el estudio del corte directo, al momento de hacer los análisis del proyecto de corte directo este antecedente fue esclarecedor al momento del análisis de los resultados.

**Escobar, d. & Orduña, I. (2014)** “Viabilidad de la implementación del pasto vetiver para la estabilización de taludes en Colombia período i, año 2014”.

La investigación e implementación de técnicas y materiales que beneficien el entorno social, económico y ambiental es un compromiso del que deben apropiarse profesionales del campo de la construcción. El progreso de una sociedad en conjunto con la protección ecológica y ambiental es indicador de su nivel de desarrollo por lo que, en países como Colombia en vías de desarrollo, la gestión ambiental es fundamental en la formulación de nuevos proyectos.

Se investigaron las características geomorfológicas de las regiones del país, para así conocer los diferentes fenómenos de remoción en masa que se presentan y con ello se evaluó en qué zonas del territorio colombiano se puede implementar este sistema en las condiciones óptimas. A su vez se realizó un estudio de la composición y las ventajas que tiene el uso del pasto vetiver para el suelo. Como resultado, surgió un método que no afecta al medio ambiente y que trae beneficios por su bajo costo.

Este proyecto tiene una investigación sobre las características geomorfológicas de las regiones del país, las condiciones en las que es propicio cultivar el pasto, al hacer la comparativa con la zona de estudio elegida para hacer la estabilización se vio que de acuerdo con el antecedente era propicia para cultivar.

**Nova, R. (2013)** “Medidas de mitigación y prevención a través de la implementación de la especie pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*) para el control de erosión, en la vereda Palacios, finca san miguel, municipio de Fusagasugá”.

La idea de implementar el pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), viene tomando gran importancia en diferentes zonas del país, para mitigar la erosión hídrica del suelo que está afectando el uso y manejo del mismo en diferentes zonas del mundo, estas varían de acuerdo a la topografía, lluvias, vientos y acción del ser humano, conformando un problema que requiere atención especial, por lo tanto entidades como la Secretaria de Agricultura vienen implementando esta especie para el control de erosión en diferentes veredas del municipio de Fusagasugá, seleccionando el pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) como una alternativa para el control de erosión en zonas de ladera, por sus múltiples cualidades, adaptabilidad a diferentes zonas agroecológicas, favoreciendo el suelo, ya que sus raíces crecen mucho y tienen un sistema radicular agresivo que crece verticalmente y profundo, el cual le confiere anclaje y un rápido establecimiento en el terreno reteniendo el suelo.

Con este proyecto se dan a conocer las alternativas que se están abordando para dar solución a los pobladores de la zona rural que tienen proceso de erosión en sus predios y que aprovechen la implementación y mejoras que proporciona el Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), que es un material vegetativo introducido al país para ser utilizado en obras de protección de terrenos de laderas, taludes de carreteras y otras obras de ingeniería rural.

Este proyecto ayudo a afianzar las técnicas utilizadas en los demás antecedentes y nos permitió corroborar la efectividad de esta.



## 5.2 Marco Teórico

### 5.2.1 Deslizamiento

Un deslizamiento de tierra, como término general, es el movimiento de masa, ya sea suelo, roca dura o escombros. Los movimientos de masas se dividen en tres tipos básicos: deslizamientos de tierra, deslizamientos de tierra y corrientes. La separación ocurre cuando el movimiento incluye la caída libre de piezas libres de cualquier tamaño y generalmente ocurre en pendientes pronunciadas donde el material a granel no se puede adherir a la superficie. El deslizamiento ocurre cuando el material adherente se mueve a lo largo de una superficie que tiene un punto débil, posiblemente un defecto, por ejemplo. El flujo ocurre cuando una sustancia, generalmente saturada de agua, desciende como un líquido viscoso. (Tarbuck, E. & Lutgens, F, 2001).

#### 5.2.1.1 Tipos de deslizamientos.

Según Maldonado (2018) existen diferentes tipos de deslizamiento:

- **Deslizamientos rotacionales**

Los deslizamientos rotacionales suelen ocurrir en suelos homogéneos (uniformes), y se caracterizan por una superficie de falla curva o en forma de cuchara, y en este deslizamiento, la masa deslizante se acumula en el pie inclinado, así como un lóbulo.

- **Deslizamientos traslacionales**

En cuanto a los deslizamientos de tierra en fluidos, pueden producirse en suelos y rocas, y la fractura ocurre a través de una o más superficies de falla (estratificación, contacto entre rocas, plano débil) que son planas y tienen una dirección inclinada (pendiente).

- **Deslizamientos traslacionales en suelos y rocas**

Debido a las características de la superficie de falla, en los deslizamientos traslacionales la masa se desliza más rápido que en los deslizamientos rotacionales.

- **Flujo**

Primero, los flujos o fluidos presentan movimientos de masa asociados con un alto porcentaje de agua en el proceso, por lo que la masa se comporta como un fluido que se desliza a lo largo de superficies fracturadas. Las principales características son: un alto contenido de agua, por lo general son poco profundos, pero alcanzan grandes áreas, los toboganes alcanzan altas velocidades, hasta un metro por segundo. Los deslizamientos de tierra de tipo flujo se clasifican como deslizamientos de tierra de lodo (lodo) o suelo, escombros o flujos de escombros y flujos de rocas.

- **Flujos de lodo, detritos y bloques rocosos**

- ***Flujos de lodo o tierra***

En los flujos de lodo existe un alto porcentaje de agua mezclado con material de tipo arcilloso, por tal razón se puede decir que se han generado por la afectación de suelos arcillosos.

- ***Flujos de detritos o derrubios***

En los flujos de detritos existe un alto porcentaje de agua mezclado con materiales arenosos, limosos y arcillosos, por tal razón se puede decir que se han generado por la afectación de rocas altamente meteorizadas.

- ***Flujos de bloques rocosos***

En los flujos de bloques rocosos el agua se ha mezclado con materiales del tamaño de gravas y bloques gruesos en una matriz arenosa, limosa y arcillosa, es decir que han afectado a macizos rocosos altamente fracturados y meteorizados.

- **Reptación y solifluxión**

La reptación es un movimiento de masas muy lento y poco profundo, que afecta suelos y zonas rocosas muy alteradas y erosionadas, es decir, casi imperceptible y medido sólo con equipos especiales (medición GPS continuo). Además, la fluencia se caracteriza por una deformación "crepé" permanente de la superficie (deformación en el tiempo) y se reconoce por árboles invertidos, columnas desplazadas, muros y vallas retiradas, etc. y deshielo en la mayor parte de la superficie de las laderas, por lo que este movimiento es característico de las regiones frías.

- **Desprendimientos de rocas**

El colapso de la roca ocurre cuando pedazos de roca de un macizo costero caen a la superficie. Los fragmentos de roca se crean porque la masa de roca es muy susceptible a la fractura o se ve afectada por roturas (juntas, fisuras, superficies estratigráficas). El deslizamiento de rocas es muy común en áreas montañosas empinadas compuestas por formaciones rocosas muy fracturadas. Además, los bloques a granel pueden venir en diferentes tamaños, sin embargo, ciertamente con los grandes, son un gran peligro en carreteras, pendientes y áreas montañosas cercanas a las ciudades.

- ***Vuelco de rocas y suelos***

Los vuelcos de rocas y suelos ocurren cuando los frentes de rocas presentan estratos verticalizados que se encuentran buzando en sentido contrario a la ladera.

- ***Avalanchas de rocas***

Las avalanchas de rocas se forman cuando existe el colapso de grandes volúmenes de masas rocosas, suelen estar asociados al colapso de calderas volcánicas. Cuando ocurre este movimiento en masa, suele ser un proceso violento, que genera la trituración de grandes bloques de rocas, el resultado es la formación de una brecha compuesta por bloques de gran tamaño en una matriz fina de rocas trituradas.

- **Desplazamientos laterales**

Este tipo de movimiento en masa suele ser regional, se origina debido a que un tipo de roca masivo y competente se encuentra sobre un material blando y deformable, lo que permite desplazamientos laterales lentos y constantes.

- ***Desplazamientos laterales (movimientos en masa)***

Los desplazamientos laterales también pueden ser provocados por licuefacción del material infrayacente, o por procesos de extrusión lateral de arcillas blandas y húmedas, bajo el peso de las masas superiores.

### **5.2.1.2 Causas de los deslizamientos.**

Los deslizamientos de tierra se producen a diario en las capas más superficiales del suelo como consecuencia de fuertes precipitaciones. Este fenómeno geológico ocurre con mayor frecuencia que cualquier otro, es por esto que le presentamos las principales causas (Construyendored, 2017):

- Actividad sísmica que provoca que el terreno se desplace.
- Construcción de edificaciones sin apoyo técnico en montañas o terrenos con pendientes.
- Sobresaturación del terreno por la cantidad de agua durante intensas lluvias.
- Falta de canalización de aguas negras (drenajes).
- Vibraciones producidas por explosiones.
- Deforestación y eliminación de la capa vegetal.
- Por composición del suelo y subsuelo.
- Por la orientación de las fracturas o grietas en la tierra.
- Erosión del suelo.
- Banqueros (cortes para abrir canteras, construcción de carreteras, edificios casas).

### 5.2.1.3 Consecuencia de los deslizamientos.

Según Montilla, N. (2016). Existen consecuencias que tienen efectos directos y efectos indirectos.

- **EFFECTOS DIRECTOS**

- Todo lo que se encuentre sobre o en el paso del deslizamiento sufrirá gran daño o destrucción total. Además, se pueden afectar las líneas de comunicación o bloquear caminos.
- Las vías fluviales se bloquean y crean un riesgo de inundación. No es grande el número de víctimas, excepto cuando hay movimientos masivos. Debido a amenazas más graves como terremotos o volcanes.

- **EFFECTOS INDIRECTOS**

- Pérdida de la productividad agrícola, forestal e industrial por daños a la tierra.
- Reducción del valor de la propiedad en zonas de alto riesgo y pérdida de ingresos tributarios a causas de esta devaluación.
- Efectos adversos en la calidad del agua de los arroyos e instalaciones de riego.
- Efectos físicos secundarios tales como inundaciones.
- Pérdida de infraestructura o interrupción de sistema de transporte.
- Pérdida de productividad humana a causa de muertes, heridas o traumas

### **5.2.2 Estabilización**

La estabilización de los suelos o tierras consiste en dar estabilidad al sustrato fijándose y garantizando la permanencia de su compactación. Se transforma el suelo del que se dispone en material de construcción de calidad especialmente en parcelas de tierra caminos y lagos artificiales. Así, al estabilizar el suelo es posible obtener el control sobre su erosión (Nanosystem S.L, 2015).

### **5.2.3 Taludes**

Unos de los elementos más importantes de una carretera vienen a ser los taludes. Según De Matteis, A. (2003) se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. Los taludes pueden ser naturales o artificiales. Al primer tipo de talud se le denomina también laderas, formados por la naturaleza a través del tiempo sin la injerencia del hombre. Al segundo tipo se le denomina talud debido a que se tiene la intervención del hombre para su construcción (De Matteis, 2003).

#### **5.2.3.1 Características de los taludes**

Las principales características de los taludes continentales son las siguientes:

- El relieve que posee está lleno de montañas, valles y cañones.
- En las áreas donde se ubican los taludes continentales se dan frecuentes deslizamientos ya que los taludes acumulan abundante material.
- Las condiciones de vida en los taludes son bastante difíciles, y la biomasa prácticamente no existe.
- Su morfología se basa en una planicie de forma inclinada.
- En sus profundidades es común encontrar depresiones que forman cañones submarinos.
- Los cañones submarinos tienen forma de V, se encuentran en la base de la plataforma continental y se pueden localizar prácticamente en todo el mundo.
- El talud continental es de origen tectónico.
- Las rocas que se pueden encontrar en los cañones submarinos son rocas blandas y granito.
- Al tener una gran disminución de la biomasa las condiciones para que se presente vida en el lugar son muy difíciles.
- Es conocida también con el nombre de zona batial.

- Se encarga de conectar la plataforma continental con el fondo del océano.

### 5.2.3.2 Tipos de taludes

- **Naturales**

Son formados por la naturaleza a través de la historia geológica.

- **Artificiales**

Necesitan de la intervención del hombre y son ejecutados para construir: carreteras, represas, ferrocarriles, etc. taludes, cortes, terraplenes. Cuando se van a construir taludes en presas de tierra, es de gran cuidado el diseño de talud, ya que si la represa falla se pueden presentar en su gran mayoría, deslizamientos, erosión, meteorización, hundimiento, entre otros, siendo el deslizamiento el problema más severo.

### 5.2.3.3 Elementos constitutivos de los taludes

- **Altura**

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

- **Pie**

Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

- **Cabeza o escarpe**

Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

- **Altura de nivel freático**

Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

- **Pendiente**

Según Suarez, J. (1998), es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual "m" es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Para efectos del presente documento, se dará mayor relevancia a la pendiente, la cuál es el elemento constitutivo que más importancia tiene a la hora de determinar cuál tecnología es la más apropiada para ser aplicada en la estabilización.

#### **5.2.4 Pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)**

El Vetiver es una planta herbácea de desarrollo muy rápido, perteneciente a la familia de las gramíneas, extremadamente resistente a la sequía, a la contaminación y la salinidad; nativa de india, adaptable a todo tipo de condiciones de cultivo, de tamaño medio, hasta dos metros. Estéril y no invasiva.

Con un sistema radicular vertical y muy poderoso. Es la herramienta perfecta para formar rápidamente barreras vivas contra la erosión, cortavientos, pantallas, acústicas, visuales, entre otras. Es una de las plantas más importantes y más útiles a nivel mundial en la lucha contra la erosión y en la conservación del suelo y del agua (Vidal, C. 2008).

- **Características**

Según Santillana, A. & Ale, S. (2020), actualmente, el vetiver está siendo utilizado en ingeniería para la protección de estructuras como puentes, rutas, caminos y taludes, para evitar su erosión o deslizamiento. De esta manera es original y útil en diseños del paisaje en terraplenes, zonas costeras (incluso inundables una vez que arraigó) fijación de dunas, clubes náuticos y zonas áridas y semiáridas.

Según su distancia de plantación, puede formar un dique capaz de disminuir la velocidad de escurrimiento del agua, como un colador que retiene sedimentos y evita así la pérdida de suelo en la retirada de las crecidas. Esta capacidad permite construir terrazas de hasta 15 cm por año. La capacidad de absorción de sus raíces permite su uso en zonas pantanosas, para evitar o reducir el anegamiento. Es muy propicia para estanques y lagunas, ya que es compatible con la fauna acuática y no compite con otros ejemplares.

Posee propiedades fitorremediadoras, por lo que se utiliza para sanear suelos o aguas contaminadas. Cuando se usa en un medio hídrico, se coloca la planta en flotadores y así sus raíces crecen libres en el agua, cumpliendo la función de purificarla. Estos flotadores se sujetan por un sistema de amarres, y pueden ser tanto lineales como crear un diseño flotante con distintas plantas y flores. También se puede recurrir a un sistema de anclaje, en el caso que haya intenso movimiento de agua.

#### 5.2.4.1 Usos del pasto

- **Estabilización de taludes**

En los últimos años, se ha convertido en una herramienta confiable para la estabilización de taludes, experiencias en diversos países con climatologías y suelos distintos han comprobado su eficacia en esta materia, se considera la alternativa más moderna y ecológica para este fin.

- **Tratamiento de aguas residuales (domésticas e industriales)**

Diversas pruebas en Asia han demostrado un alto poder descontaminante y está siendo usada en biorremediación.

- **Control de la erosión**

Muchos aspectos del vetiver lo convierten en un excelente recurso para controlar la erosión. A diferencia de muchas gramíneas, las raíces del vetiver crecen exclusivamente de manera vertical, alcanzando hasta los 4 metros de longitud. Poseen una alta resistencia a la tensión (equivalente a 1/6 del acero blando). Esto lo convierte en un excelente estabilizador de bordes y terrazas. Cuando se siembra para formar barreras vivas, la cercanía con que crecen las macollas restringe el paso de agua, a la vez que retiene los sedimentos presentes. Y por el cloruro carbono que tienen sus raíces sostiene el talud o barranco.

- **Aromaterapia y perfumería**

El vetiver se cultiva comúnmente para la extracción del aceite destilado de sus raíces. Se estima que la producción mundial es de alrededor de 250 toneladas por año. Por sus propiedades estabilizantes o preservadoras, se usa ampliamente en los perfumes. Está contenido en, aproximadamente, el 36% de los perfumes occidentales. Haití es uno de los mayores productores de vetiver en el mundo, junto con Java, China, India y Brasil. Los Estados Unidos, Europa, India y Japón son los principales consumidores. Su aceite esencial contiene un 60 % de vitevenoles y un 12 % de vitevenonas, ambos derivados sesquiterpénicos.

- **Alimentación**

Es uno de los ingredientes del jarabe saborizante Rooh afza, propio de la India.

### 5.3 Marco conceptual

- **Bioingeniería**

Según Pérez y Merino (2016), la bioingeniería es una disciplina que apela a herramientas, métodos y principios de la ingeniería para el análisis de cuestiones vinculadas a la biología. A través de recursos relacionados con las matemáticas y la física, puede aportar información de interés a aquellos que trabajan con todo lo referente a los seres vivos.

- **Ecología**

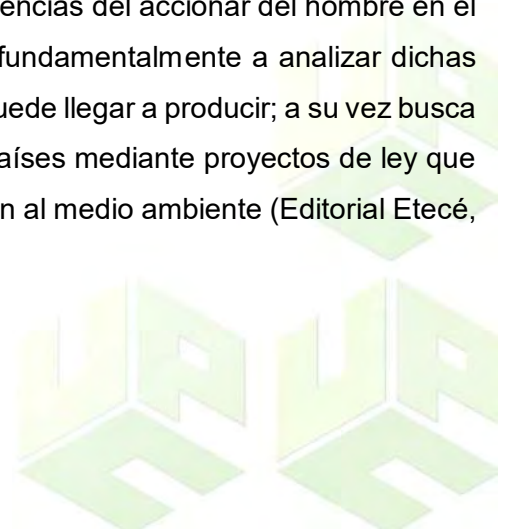
La ecología es la ciencia que estudia la relación de los seres vivos con el medio que habitan. La definición de la ecología es sencilla pero el objeto de su estudio es muy complejo. En particular, estudia, cómo influye el medio en su distribución, abundancia, biodiversidad, comportamiento, las interacciones entre diferentes especies y las modificaciones que pueden ocasionar en el medio (Benítez, A. 2014).

- **Erosión**

La erosión es el proceso de desgaste y transporte de sólidos (sedimentos, suelos, rocas y otras partículas) desde el medio natural a otro lugar. El término erosión se puede definir de manera básica o sencillamente equivale a eliminación de material, que como consecuencia produce una pérdida de masa en un cuerpo, y por tanto una disminución de volumen o tamaño. Esta idea es la que subyace en todas las definiciones, tanto en textos especializados de Geología o geomorfología, como en enciclopedias o diccionarios generales (Marqués, M. 1996).

- **Impacto ambiental**

El impacto ambiental refiere a los efectos y consecuencias del accionar del hombre en el medio ambiente. La ecología es la ciencia que se dedica fundamentalmente a analizar dichas consecuencias y la magnitud del impacto producido o que puede llegar a producir; a su vez busca desde hace mucho tiempo concientizar a los gobiernos y países mediante proyectos de ley que ayuden a disminuir los impactos negativos que se ocasionan al medio ambiente (Editorial Etecé, 2020).



- **Implementación**

Según Porto, J. & Merino M. (2018), la implementación hace referencia a la aplicación de una medida o a la puesta en marcha de una iniciativa. Lo implementado, por lo tanto, está en funcionamiento o en vigencia.

- **Reducción**

La acción y efecto de reducir o reducirse recibe el nombre de reducción. El verbo reducir, por su parte, refiere a volver algo al estado que tenía con anterioridad o a estrechar, ceñir, disminuir o aminorar algo (Pérez, J. & Merino M., 2014).

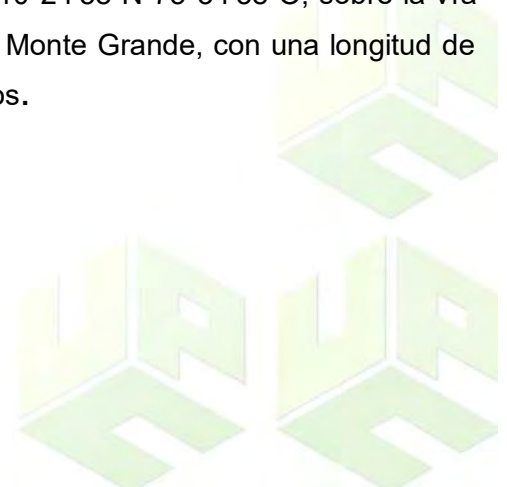
- **Geotecnia**

La Geotecnia es la rama de la Ingeniería que se ocupa del estudio de la interacción entre las construcciones y el terreno. Es el responsable del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra (suelo y rocas por debajo de la superficie), con el objetivo de diseñar las cimentaciones de estructuras como edificios, puentes y viviendas, centrales hidroeléctricas, instalación de presas, túneles y construcción de carreteras, etc. Por tanto, es una de las disciplinas de la ingeniería civil junto con la geoingeniería, que mantiene una relación directa con el terreno (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

## **5.4 Marco contextual**

### **5.4.1 Localización Pueblo Bello, Cesar**

Pueblo Bello es uno de los 25 municipios colombianos que hacen parte del Departamento del Cesar, se encuentra sobre la Sierra Nevada de Santa Marta a una altitud de 1200 m.s.n.m. La zona de estudio se encuentra ubicada en el norte con  $10^{\circ}24'58''N$   $73^{\circ}34'58''O$ , sobre la vía que conduce desde la cabecera del municipio a la vereda Monte Grande, con una longitud de 20,7 km; siendo una zona propicia para tener deslizamientos.



**Figura 1**  
*Localización geográfica*



## 5.5 Marco legal

A continuación, en la Tabla No. 1 se relaciona la matriz de identificación de aspectos legales.

**Tabla 1**

*Matriz de identificación de aspectos legales*

TEMÁTICA	ARTÍCULOS, LEYES, DECRETOS, RESOLUCIONES.	DESCRIPCIÓN
Constitución Política de Colombia-1991	<b>Artículo No. 49</b>	Atención de la salud y saneamiento ambiental. Consagra como servicio público la atención a la salud y el saneamiento ambiental y ordena al estado la organización, dirección y reglamentación de los mismos.
	<b>Artículo No. 79</b>	Ambiente sano. Consagra el derecho de todas las personas residentes en el país de gozar de un ambiente sano.
Suelo	<b>Ley No. 09 de 1979</b>	Código sanitario. Por la cual se dictan medidas sanitarias. Establece las normas sanitarias y los procedimientos y las medidas que se deben adoptar y control de las descargas y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del ambiente.
	<b>Ley No. 388 de 1997, Artículo No. 33</b>	Ordenamiento territorial, que reglamenta los usos del suelo, constituyen esta categoría los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas. Decreto Nacional 1337 de 2002, el art. 21, Ley 1469 de 2011.
	<b>Decreto No. 843 de 1979</b>	Se dictan disposiciones para el control de la industria y comercio de los bonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo, alimentos para animales, plaguicidas de uso agrícola, defoliantes, reguladores fisiológicos de las plantas, drogas y productos biológicos de uso veterinario.

	<b>Decreto No. 879 de 1998</b>	Por el cual se reglamentan las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los planes de ordenamiento territorial.
	<b>Decreto No. 2811 de 1974 parte VII</b>	Del uso agrícola y de los usos no agrícolas de la tierra.
Biodiversidad - Flora	<b>Ley No. 1333 de 2009</b>	Por el cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
	<b>Decreto No. 1791 de 1996</b>	Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.
	<b>Decreto No. 2370 de 2009</b>	Por el cual se determinan los instrumentos de planificación para institutos de investigación vinculados y adscritos al ministerio del Medio Ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
	<b>Decreto No. 2372 de 2010</b>	Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la ley 165 de 1994 y el decreto - ley 216 de 2003 en relación con el sistema de áreas protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.



<b>AMBIENTAL Y SANITARIA</b>		
Congreso de Colombia "Gestión de riesgo"	<b>Ley No. 1523 de 2012</b>	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
Decreto No. 1807 de 2014	<b>"Artículo No. 8"</b>	Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, para determinar las condiciones de amenaza por movimientos en masa en suelos, de expansión urbana y rural, los estudios básicos tienen especificaciones mínimas.
Resolución No. 227 de 2006	<b>"Por la cual se adoptan los términos de referencia para la ejecución de estudios de amenaza por fenómenos de remoción en masa"</b>	Prevenir la ocurrencia de daños que afecten la habitabilidad, funcionalidad y confiabilidad estructural de nuevas edificaciones o de las existentes, así como de la funcionalidad y permanencia de la infraestructura nueva y existente de servicios públicos, de vías, etc., que pueda verse afectada por el desarrollo propuesto, como resultado de la reactivación de fenómenos de remoción en masa existentes o el desencadenamiento de otros nuevos.
INV E-102	<b>"Descripción e identificación de suelos".</b>	Esta práctica describe un procedimiento para identificar suelos y se basa en el sistema de clasificación convencional. La identificación se hace mediante un examen visual y por medio de ensayos manuales.
INV E-101	<b>"Investigación de suelos y rocas para propósitos de ingeniería".</b>	Esta norma proporciona métodos para el muestreo y la investigación de suelos y rocas con base en procedimientos normalizados, mediante los cuales se pueden determinar las condiciones de distribución del suelo, de la roca y del agua freática.

## **6. Marco Metodológico**

### **6.1 Línea y sub línea de investigación**

Este proyecto se apoyó en la línea de investigación sostenibilidad y gestión ambiental empleada dentro de la Facultad de Ingenierías y Tecnologías en la Universidad Popular del Cesar, así mismo el proyecto está dentro de las sub-líneas de investigación de suelos debido a que en el proyecto se trabajó la estabilización de taludes del suelo y también la sub-línea de investigación de gestión de riesgo porque el problema ambiental que está dentro del proyecto es una amenaza no solo para la infraestructura de las vías sino también la población y su economía.

### **6.2 Tipos de investigación**

Este proyecto corresponde al tipo de investigación aplicada debido a que buscó estudiar la asociación y/o relación de las variables; para este estudio se planteó la estabilización de taludes utilizando el pasto vetiver en la vía a la vereda Monte grande y la cabecera municipal de Pueblo Bello, Cesar, mediante la aplicación de la técnica de la bioingeniería, empleando cultivo de pastos vetiver para poder determinar las características físicas y mecánicas del suelo del talud.

### **6.3 Nivel de investigación**

Con un nivel explicativo, gracias a que se desarrollaron ensayos de suelos en laboratorio para poder determinar las propiedades mecánicas de suelo, incluyendo elementos biológicos como lo es el pasto, para finalmente llevarlo a un análisis de estabilidad de dicho talud.

### **6.4 Población de estudio**

La zona de estudio está comprendida en la vía que comunica a la vereda Monte grande y la cabecera municipal de Pueblo Bello, Cesar, en suelos con posibles deslizamientos con ayuda de análisis de campo y pruebas de laboratorio.

### **6.5 Muestra poblacional**

La muestra estuvo conformada por 6 plántulas por metro lineal de suelo con una distancia entre barreras de 2,8 a 4 cm de acuerdo a la inclinación del terreno teniendo de 15 a 20 cms entre Cepas, se realizará una experimentación del crecimiento del pasto con la compactación del suelo a medida que aumenta su tamaño, para así poder lograr un menor índice de deslizamiento en la zona estudiada.

## 6.6 Desarrollo metodológico

La metodología para el desarrollo y cumplimiento del proyecto de investigación se desarrolló de manera periódica, cumpliendo el orden de los objetivos planteados. A continuación, se muestran las tres (3) fases para llevar a cabo la investigación.

**6.6.1 Etapa 1:** Identificar los sitios críticos en el terreno que constituyen una amenaza en la zona objeto de estudio.

**Actividad 1.1.** Definir los puntos críticos en el terreno.

Descripción: En el terreno se identificaron puntos estratégicos, teniendo en cuenta la afectación de la erosión en los puntos y la inestabilidad que se observe allí, posterior a eso se realizó una prueba de laboratorio.

**6.6.2 Etapa 2:** Revisión de información y recolección de datos.

**Actividad 2.1** Revisión topográfica y localización de la zona de estudio.

Descripción: Se establecieron los requerimientos técnicos para la realización de los estudios topográficos requeridos en la zona de estudio.

**Actividad 2.2** Establecer los beneficios geotécnicos y ambientales a partir del pasto Vetiver para la estabilización del talud estudiado.

Descripción: Se realizó una investigación geotécnica del talud, con el objetivo de asignar las propiedades mecánicas a los diferentes tipos de suelos que lo conforman y se verificó la estabilidad del talud, determinando así las causas de los deslizamientos.

**Actividad 2.3** Caracterización físico y mecánica del suelo.

Descripción: Se estudiaron las propiedades físicas y mecánicas de los suelos pertenecientes al sector, tales como su textura estructura, color, permeabilidad, consistencia, profundidad efectiva, drenaje, porosidad, tamaño, temperatura, filtración, retención de humedad, la resistencia al corte, ángulo de fricción, cohesión y consolidación, para especificar la capacidad del uso del suelo.

**Actividad 2.4** Comportamiento y resistencia de raíces del pasto vetiver.

Descripción: Con esta evaluación se estableció la resistencia a la tracción de las raíces de pasto vetiver plantado en la zona de estudio, analizando como en el suelo afecta el crecimiento y la madurez de las fibras naturales.

### **6.6.3 Etapa 3:** Procesamiento y análisis de resultados

**Actividad 3.1.** Análisis de estabilidad Estático y Pseudo Estático sin aplicación de bioingeniería.

Descripción: Se realizó un análisis de estabilidad del talud utilizando métodos de equilibrio límite. Se utilizaron los parámetros de resistencia como son: el grado de cohesión, ángulo de fricción interna y el peso específico del suelo.

**Actividad 3.2.** Análisis de estabilidad Estático y Pseudo Estático con aplicación de bioingeniería.

Descripción: Se utilizaron los parámetros de resistencia como son: el grado de cohesión, ángulo de fricción interna y el peso específico del suelo, para la determinación del factor de seguridad del suelo.



## 7. Resultados

### 7.1 Etapa 1: Identificar los sitios críticos en el terreno que constituyen una amenaza en la zona objeto de estudio.

#### 7.1.1 Puntos críticos del terreno

En el desarrollo de esta primera etapa del proyecto se realizó la identificación de los puntos críticos que constituyen una amenaza en la zona de estudio, se hallaron dos taludes con problemas de deslizamientos.

#### **Figura 2**

Vereda Montegrande

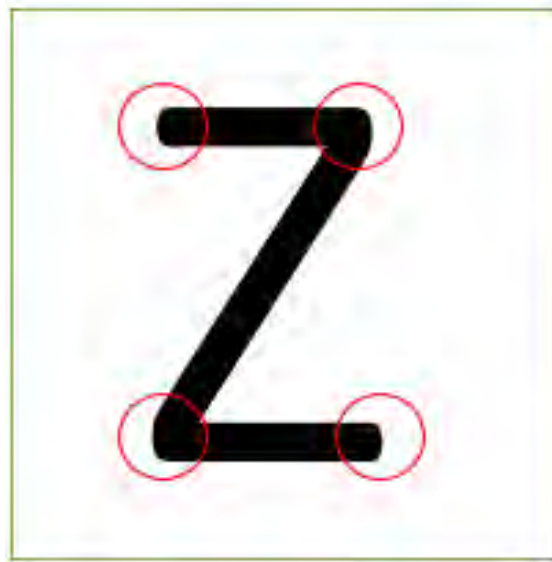


Ya ubicados los taludes a estudiar se midió la base y la altura de cada uno de estos, posterior a esto ubicamos puntos en forma de Z para la recolección de las muestras de suelo.

Para la recolección de muestras se hizo una excavación de aproximadamente 1 mt, de lo profundo de la excavación se sacó el suelo que fue pesado en la gramera hasta obtener un 1 kg de muestra, así se hizo con todos los puntos ubicados en los dos taludes. Estas muestras se introdujeron en bolsas ziploc marcadas con la ubicación y numero del talud para finalmente ser llevadas al laboratorio para su respectivo análisis.

### **Figura 3**

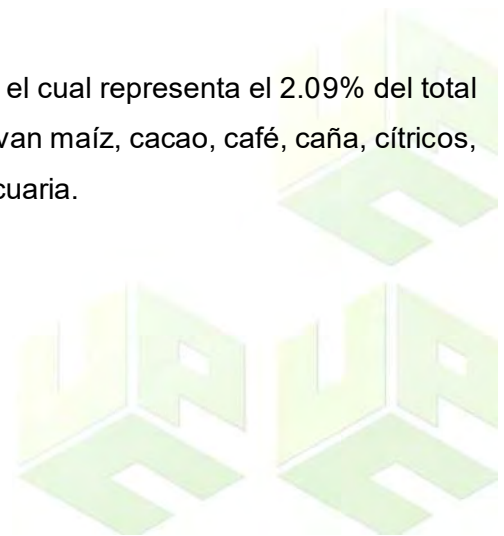
*Recorrido en Z para recolección de muestras.*



## **7.2 Etapa 2: Revisión de información y recolección de datos**

### **7.2.1 Localización de la zona de estudio**

Pueblo Bello es una población de 20.677 personas, el cual representa el 2.09% del total de la población del Departamento del Cesar, donde se cultivan maíz, cacao, café, caña, cítricos, plátano, aguacate y frijol; y es una zona totalmente agropecuaria.



**Figura 4**

Zona de estudio

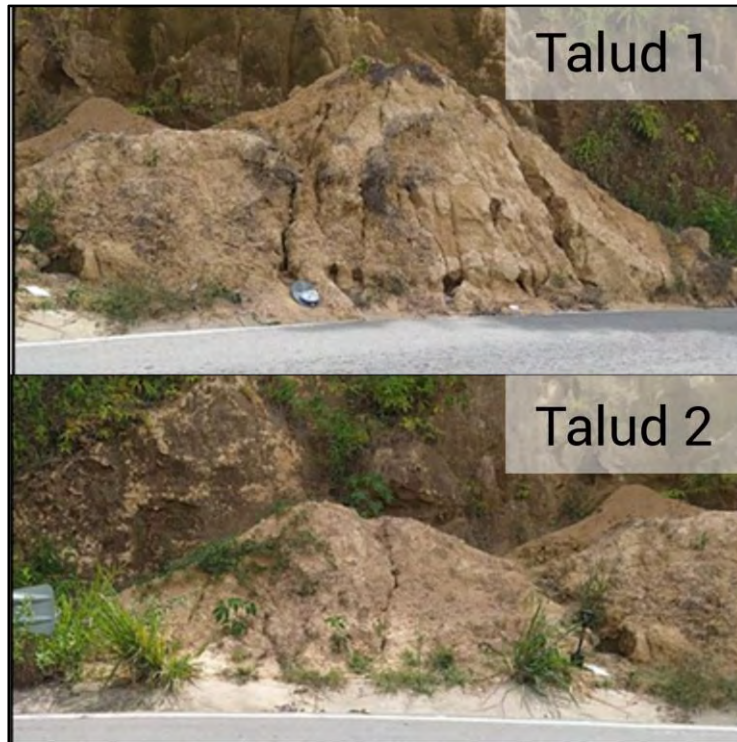


Fuente: Google Maps, 2022.



**Figura 5**

Talud 1 y Talud 2



### 7.2.2 Características físico y mecánicas del suelo

**Tabla 2**

Resultados parámetros físicomecánicos iniciales Talud 1

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
<b>Grava</b>	%	2
<b>Arena</b>	%	61
<b>Material f</b>	%	38
<b>Humedad</b>	%	14,4
<b>pH</b>	-	6,39
<b>Materia Orgánica</b>	-	2 y 3

**Tabla 3**

*Resultados parámetros físicomecánicos iniciales Talud 2*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Grava	%	0
Arena	%	61
Material f	%	40
Humedad	%	16
pH	-	7,35
Materia Orgánica	-	2 y 3

**Tabla 4**

*Resultados parámetros corte directo inicial*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Ángulo de Fricción	°	30,2
Cohesión	kPa	7,9

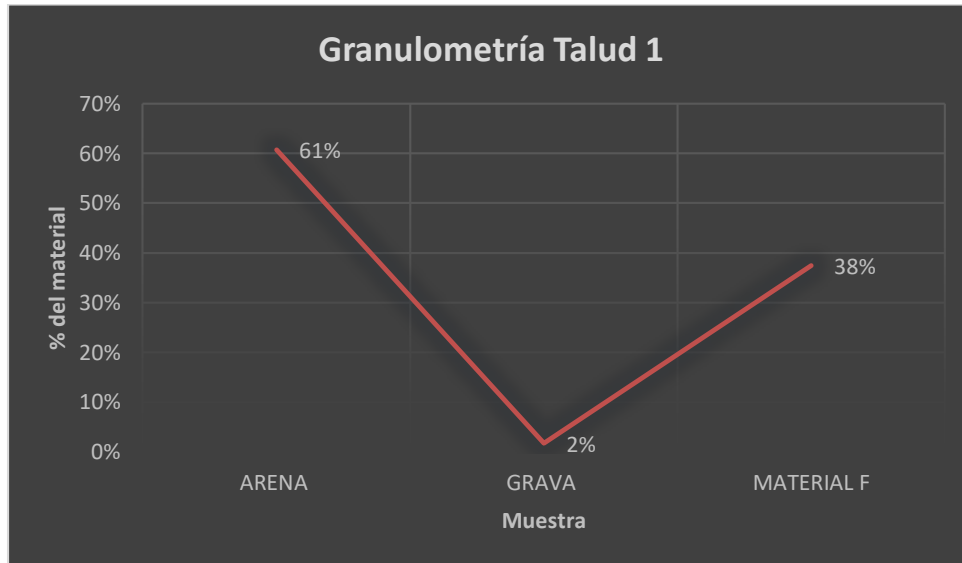
En la fase de laboratorio se determinaron las características físico y mecánicas del suelo, de acuerdo con el análisis previo, en las tablas se observan los resultados obtenidos del muestreo del suelo, realizado en el laboratorio V y O ingeniería SAS.

- **Textura**

Para la textura del suelo se hace el análisis granulométrico que se realiza para determinar la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.

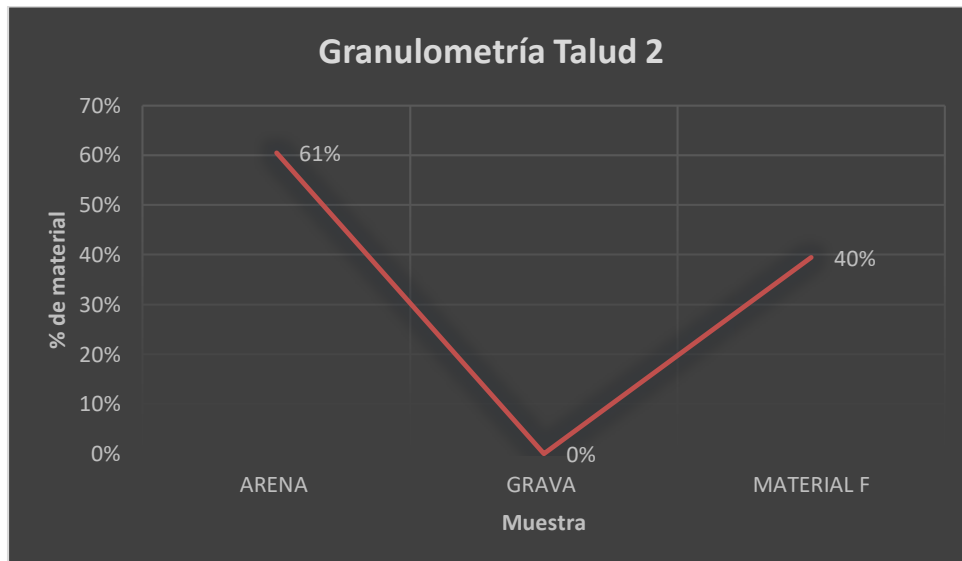
**Gráfico 1**

Resultado parámetro granulometría, talud 1



**Gráfico 2**

Resultado parámetro granulometría, talud 2



El análisis en la textura del suelo permite definir el tamaño de las partículas presentes en éste y se determinó por la cantidad de arena, grava y material fino que se encuentra inmerso en el suelo; en las tablas 2 y 3 se observan los resultados obtenidos en el análisis de cada uno de los taludes respectivamente donde se detectaron unos porcentajes del 61% de arena y aproximadamente 40% de material fino en los dos taludes, esto quiere decir que presentan características de un suelo arenoso arcilloso (SC), con un mayor porcentaje de arena y una pequeña cantidad de arcilla lo que hace que en este suelo haya cohesión; hay que tener en cuenta que este tipo de suelo retienen pocos nutrientes y tienen una baja retención hídrica.

- **Humedad natural**

La humedad en el suelo depende en gran parte del tipo de suelo y textura que se esté estudiando, en el caso de los taludes en estudio se obtuvo un suelo arenoso arcilloso, con un porcentaje mayor de arena de manera que la capacidad de humedad de este suelo obtenida en el laboratorio fue de 14,4% para el talud uno y 16% para el talud dos; es ideal, por esto está dentro del porcentaje que debe tener un suelo arenoso como se observa en la tabla 5 por lo tanto presentan una alta permeabilidad de agua y una baja retención de agua y nutrientes.

**Figura 6**

*Porcentajes promedio de humedad a capacidad de campo de diferentes tipos de suelo*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>CC (%)</b>
Arenoso	5-16
Franco	15-30
Franco arcilloso	25-35
Arcilloso	30-70

- **pH**

Inicialmente se pesaron 10 gr de suelo, seguidamente se tomaron 100ml de agua y se disolvió la muestra de suelo con ayuda de un agitador magnético; finalmente con ayuda de un pH metro se obtuvieron los resultados de pH consignados en las tablas 2 y 3.

**Figura 7**

Laboratorio parámetro de pH, UPC



**Figura 8**

Parámetro de pH

pH	Clasificación
< 5,5	Muy ácido
5,6 - 6,5	Acido
6,6 - 7,5	Neutro
7,6 - 8,5	Básico
> 8,6	Alcalino

**Fuente:** (Andrades & Martinez, 2001)

El valor de pH representa si el suelo es ácido, básico, neutro o alcalino, según los resultados obtenidos con las muestras de laboratorio, se observa que para el talud número 1 se tiene un valor neutro y para el talud 2 un valor ácido, teniendo en cuenta la tabla 6.

**Tabla 5**

Resultados obtenidos parámetro pH, talud 1

Parámetro	Resultado	Valor ideal
pH	6,39	7

**Tabla 6**

Resultados obtenidos parámetro pH, talud 2

Parámetro	Resultado	Valor ideal
pH	7,35	7

En las tablas 5 y 6 se observan los resultados obtenidos por las pruebas de laboratorio donde se muestra que en el talud 1 hay un pH comprendido entre 5,6 - 6,5 y el talud 2 tiene un pH comprendido entre 6,6 - 7,5 y el valor ideal que debe tener el suelo para ser óptimo es de 7; teniendo en cuenta las características del pasto se debe tener en cuenta que este tiene un amplio espectro de adaptación a niveles de pH del suelo desde 3.0 hasta 12.5.

**Gráfico 3**

Resultados obtenidos parámetro de pH



- **Materia orgánica**

La prueba de materia orgánica se hizo por el método de colorimetría, se tomaron las muestras de suelo de los taludes y se les aplico una solución de hidróxido de sodio, luego de 24 horas tomo una coloración comprendida en la tabla de colores entre 2 y 3, teniendo así una coloración estándar lo que quiere decir que el material presenta materia orgánica. La determinación de estos valores se realizó poniendo la tabla de colores junto al recipiente y comparar el recipiente con la tabla de colores.

**Figura 9**

*Parámetro materia orgánica*



**Figura 10**

*Escala de vidrios de colores de referencia*

Color Estándar Gardner No.	Placa Orgánica No.
5	1
8	2
11	3 (estándar)
14	4
16	5

**Fuente:** (Norma INV E-212-07)

[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

La prueba de colorimetría arrojó resultados positivos ya que los resultados comprendidos en la tabla de colores indica una cantidad de materia orgánica dentro de los márgenes permitidos por la norma INVE 212-07.

### **7.2.3 Comportamiento y resistencia de las raíces del pasto vetiver**

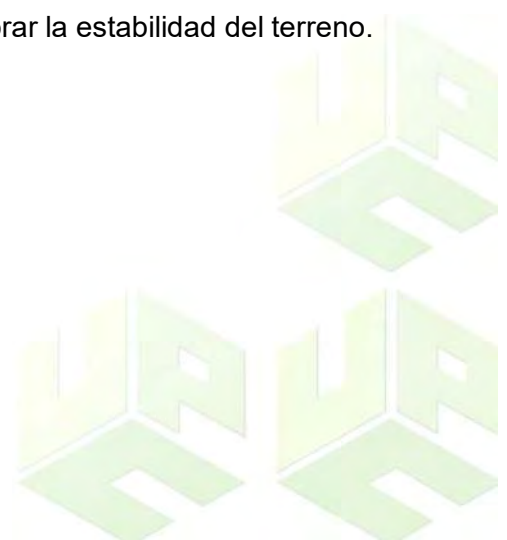
Primeramente, se realizó un vivero previamente a la siembra en el terreno de mil plántulas, por un mes, con fin de conocer el comportamiento y el índice de mortalidad del pasto.

#### **Figura 11**

*Vivero pasto Vetiver*



Luego de un mes se procedió a realizar la siembra en los taludes; previamente a eso se limpió y se adecuó el terreno para la misma; Se realizó la siembra del pasto vetiver en cada talud, sembrando 6 plántulas por cada metro cuadrado (m<sup>2</sup>) con una distancia aproximada de 5 cm, adicional a eso se colocó una malla (polisombra) para mejorar la estabilidad del terreno.



**Figura 12**

*Siembra del pasto vetiver en la zona de estudio*



Se realizó seguimiento del crecimiento del pasto vetiver para ver su productividad.



**Figura 13**

*Crecimiento del pasto mes a mes, talud 1*



**Figura 14**

*Crecimiento del pasto mes a mes, talud 2*



**Tabla 7**

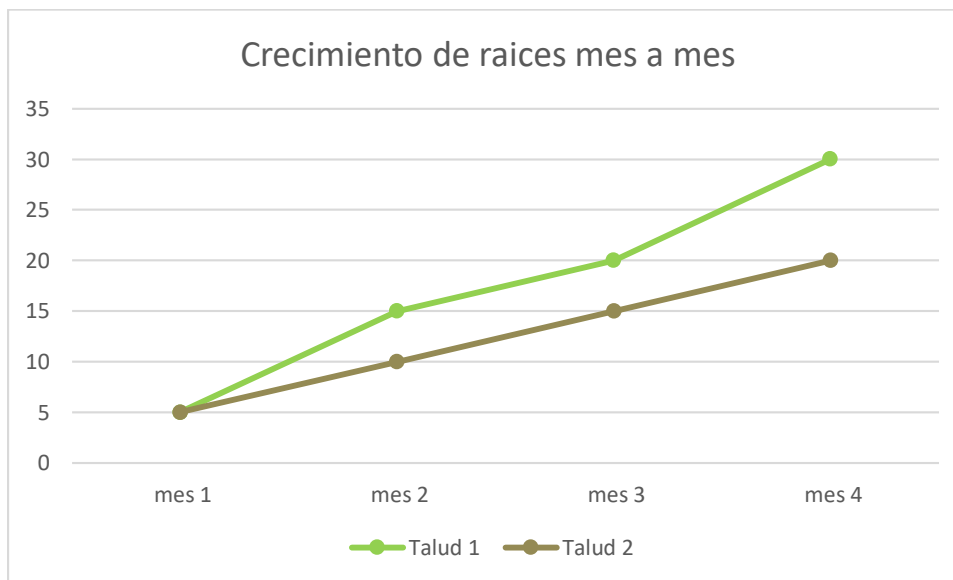
*Crecimiento de las raíces del pasto mes a mes*

Crecimiento de las raíces pasto mes a mes			
	Unidad	Resultados	
		Talud 1	Talud 2
<b>Mes 1</b>	cm	5	5
<b>Mes 2</b>	cm	15	10
<b>Mes 3</b>	cm	20	15
<b>Mes 4</b>	cm	30	20

La raíz del pasto vetiver tiene una característica que hace que se diferencie de las demás raíces de los pastos y árboles, la fuerza y vigor de la raíz del vetiver permite que el pasto penetre a través de suelos difíciles o capas de rocas con fracturas; incluso capas asfálticas. Las raíces de la planta crecen rectas hacia abajo con una masa tan densa como la cantidad de hojas que se produce por encima del suelo. Las raíces del vetiver crecen de 3 a 4 metros en el sustrato antes del adelgazamiento.

**Gráfico 4**

*Crecimiento de raíces mes a mes, Talud 1 y 2*



El mayor crecimiento de las raíces del pasto se da cuando ha sido desarrollado en condiciones de cuidado óptimo, como la estimulación del crecimiento, un suelo altamente fértil y condiciones climáticas favorables, etc. En la tabla 7 se evidencia el comportamiento del crecimiento de las raíces del pasto mes a mes, durante el mes uno el primer talud tuvo un crecimiento de 5cm, ya en el segundo mes, la raíces tenían una longitud de 15cm, en el tercer mes de 20 cm y por último en el cuarto mes las raíces del pasto alcanzaron los 30 cm para el talud dos tuvo un crecimiento de 5cm, 10cm, 15cm y 20 cm en los 4 meses respectivamente; destacándose el talud 1 porque tuvo un mayor crecimiento mensual con respecto al talud 2. Es de suma importancia resaltar que la condición meteorológica durante la ejecución del proyecto tuvo un impacto favorable con el cultivo debido a que las recurrentes precipitaciones que se presentaron en ese tiempo, ayudó al desarrollo y crecimiento del pasto.

### 7.3 Etapa 3: Procesamiento y análisis de resultados

#### 7.3.1 Análisis de estabilidad Estático y Pseudo Estático sin aplicación de bioingeniería.

Dentro de la última etapa con ayuda del programa slide se modelaron en 2D los taludes, relacionando la cohesión, el ángulo de fricción mostrados en la tabla 4 y las coordenadas del terreno, entre otros parámetros; con la finalidad de conocer el factor de seguridad de cada uno de los taludes y así poder saber qué tan estables, inestables o la falla en la que se encuentran los taludes antes de la aplicación del pasto.

#### Figura 15

Parámetro de factor de seguridad

**Tabla H.2.4-1**  
**Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos**

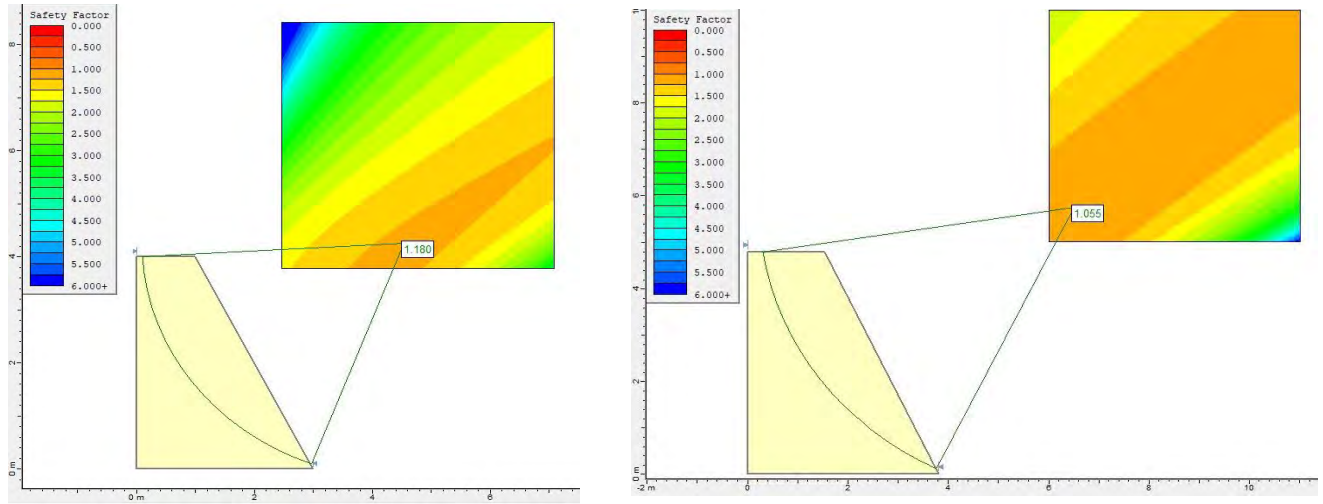
Condición	$F_{SBM}$		$F_{SBUM}$	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

(\*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño

Fuente: Título H, NSR 10.

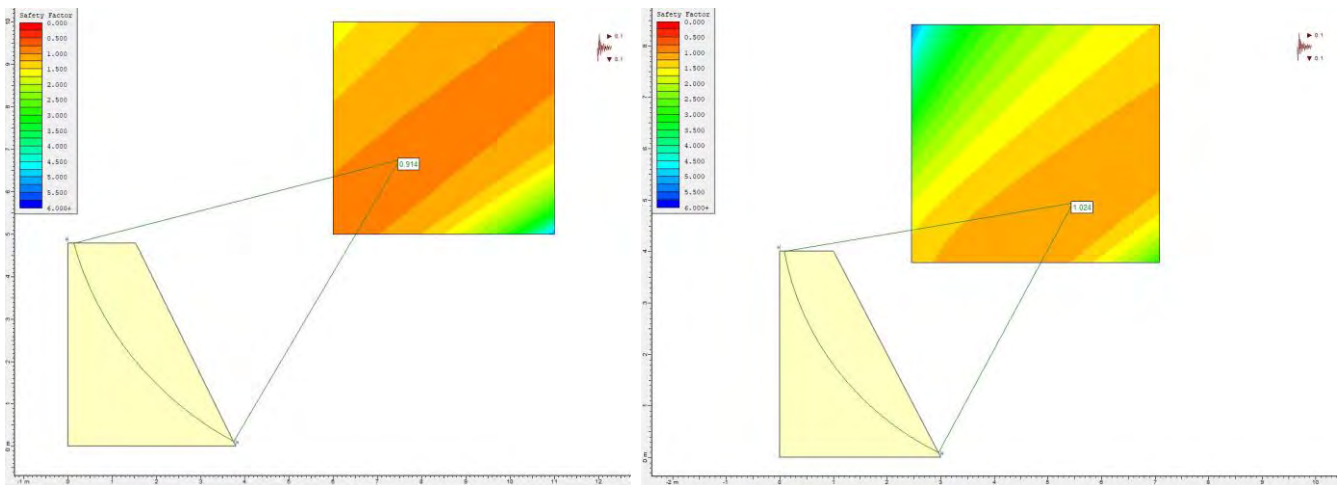
### Gráfico 5

Análisis estático sin aplicación de bioingeniería, Slide



### Gráfico 6

Análisis pseudo estático sin aplicación de bioingeniería, Slide



El factor de seguridad básico mínimo directo en condiciones estáticas, para el talud 1 es de 1,180 y el 2 de 1,055 y en condiciones pseudo estática para el talud 1 es de 1,024 y para el 2 es de 0,914; esto quiere decir que si existe una pequeña inestabilidad según lo estipulado en la tabla H.2.4-2 del título H, donde dice que el valor permitido para las condiciones estáticas es 1,50

y para pseudo estáticas es de 1,05; por esta razón fue necesario implementar una alternativa eco amigable que ayude a mejorar las condiciones en las que se encuentra la zona de estudio.

### 7.3.2 Análisis de estabilidad Estático y Pseudo Estático con aplicación de bioingeniería.

**Tabla 8**

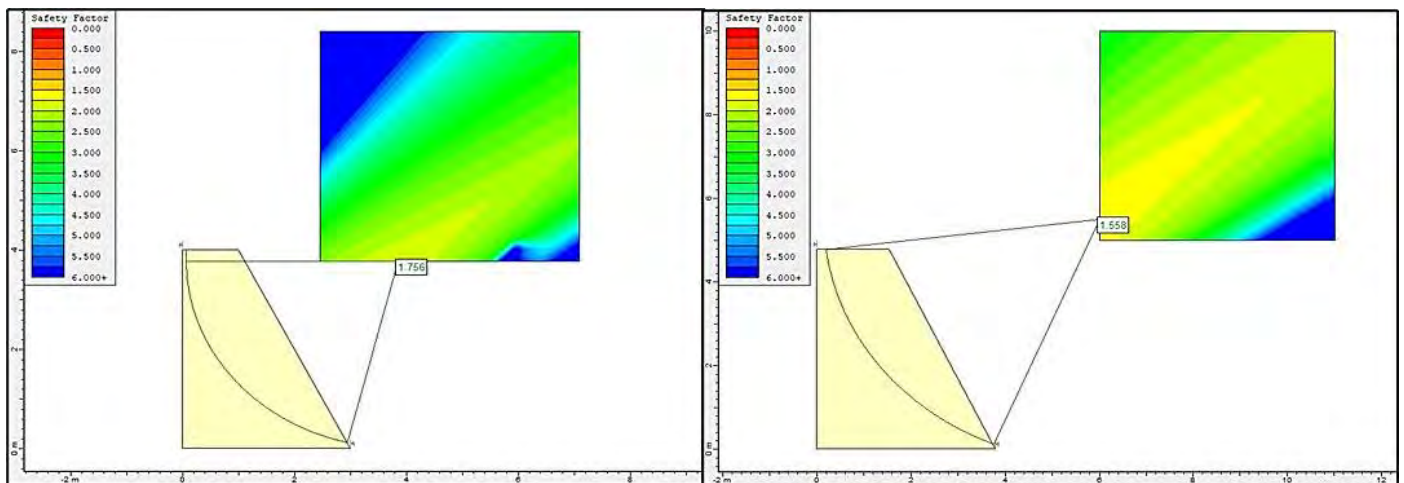
Resultados parámetro corte directo final

Parámetro	Unidad	Resultado
Ángulo de Fricción	°	18,3
Cohesión	KPa	19,6

Con los resultados obtenidos en la tabla 8 se realizó la modelación en slide para conocer el resultado de la falla final en condiciones estáticas y pseudo estáticas de cada talud.

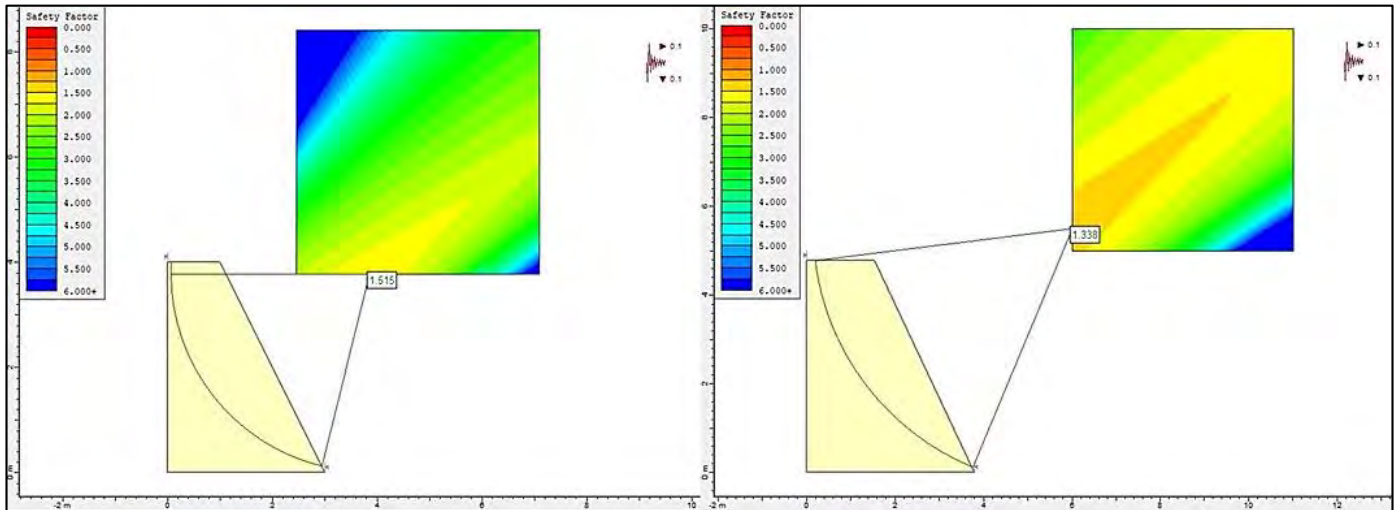
**Gráfico 7**

Análisis estático con aplicación de bioingeniería, Slide



### Gráfico 8

Análisis pseudo estático con aplicación de bioingeniería, Slide



El factor de seguridad básico mínimo directo en condiciones estáticas, para el talud 1 es de 1,756 y el 2 de 1,558 y en condiciones pseudo estática para el talud 1 es de 1,515 y para el 2 es de 1,338; esto quiere decir que son suelos estables, puesto que la normativa NSR-10 en la tabla H.2.4-2 del título H demuestran que los valores estipulados para la fase de diseño son superados según lo expuesto en la figura 14. Esto se dio gracias al tratamiento realizado con el pasto vetiver en los taludes, ya que ayudó a incorporar materia orgánica en el suelo y también contribuyó a la disminución del ángulo de fricción y al aumento de la cohesión.



**Comparación de pH y materia orgánica inicial vs pH y materia orgánica final.**

- pH

**Tabla 9**

*Parámetro pH inicial vs pH final*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	
	<b>Talud 1</b>	<b>Talud 2</b>
<b>pH inicial</b>	6,39	7,35
<b>pH final</b>	6,92	7,25
<b>Valor ideal</b>	7	

Teniendo en cuenta los resultados finales obtenidos para pH se realizó un grafica donde se podrá evidenciar lo expuesto en la tabla 9.

**Gráfico 9**

*Parámetro pH inicial vs pH final*



Al aumentar la presencia de materia orgánica el talud uno en condiciones iniciales se obtuvo un pH de 6,39 (ácido) y el talud dos un pH de 7,35 (alcalino); se logró evidenciar que, al

[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

momento de tener presencia de raíces en el suelo, hubo un cambio favorable en las condiciones finales del pH, donde para el talud uno hubo un aumento llegando a un pH de 6,92 y para el talud dos hubo una disminución de pH llegando a 7,25; buscando estos llegar al valor ideal de 7 (neutro).

- **Materia orgánica**

**Tabla 10**

*Parámetro MO inicial vs MO final*

<i>Parámetro</i>	<i>Resultado</i>
<b>Materia orgánica inicial</b>	2 y 3
<b>Materia orgánica Final</b>	3 y 4

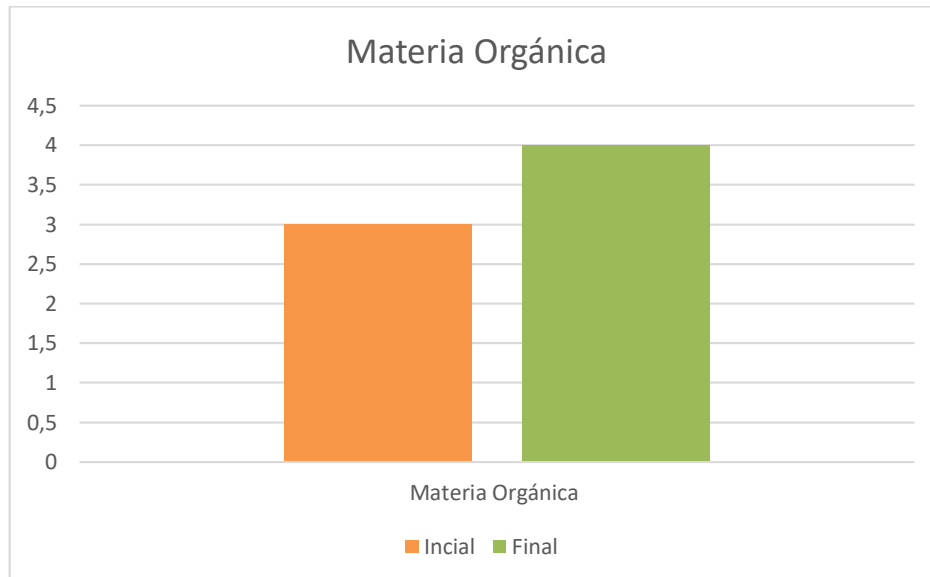
**Figura 16**

*Parámetro materia orgánica final*



**Gráfico 10**

*Materia orgánica inicial vs final*



La materia orgánica, presentó un aumento de su cantidad en el suelo, pasando de 2 y 3 a 3 y 4; encontrándose entre los rangos aptos para los taludes en estudio, en el grafico 9 se observa el aumento de la cantidad de este parámetro. La materia orgánica es una mezcla de diferentes componentes, que en cantidad realmente es una fracción pequeña, pero que el efecto que esta tiene es fundamental para mantener la estabilidad estructural del talud favoreciendo la penetración de agua y su retención gracias a sus raíces.

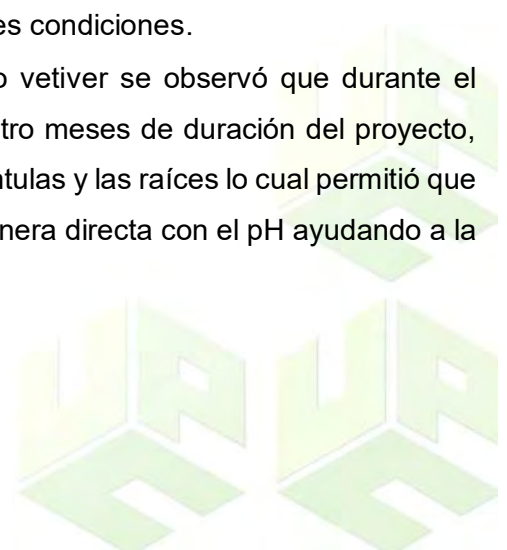


## Conclusiones

- Finalmente, a través de un proceso reflexivo y analítico, el pasto vetiver es una alternativa factible y rentable económicamente, debido al bajo costo de su desarrollo, mantenimiento, y poco impacto ambiental, comparado con los sistemas tradicionales. Ambientalmente hablando, un talud que esté recubierto con pasto, atrae más dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que uno con concreto; pero cuando se habla del pasto Vetiver específicamente, hay que tener en cuenta que, este absorbe CO<sub>2</sub> en mayor cantidad que otros pastos, ayuda a que haya una compactación entre el suelo y el material granular que conforma el talud y lo hace más amigable con el medio ambiente.

En lo que a economía se refiere, la gramínea es asequible comparado con lo que convencionalmente se utiliza, pues, es rentable realizar viveros en el municipio de Pueblo Bello, debido a que es una zona agropecuaria. Partiendo de ahí se pueden generar procesos de reproducción de la gramínea para seguir utilizando esta técnica de bioingeniería en la estabilización de taludes cercanos y garantizar la consolidación de esas obras alrededor o adyacentes al sitio estudiado.

- Esta investigación sirve de punto de partida a la población universitaria, contribuyendo a la generación de nuevas tecnologías en la zona, así como el uso de métodos naturales como el pasto vetiver; y la eficiencia de sus raíces para la conservación y tratamiento de los suelos erosionados.
- El pasto vetiver, se considera una solución para la estabilización de suelos debido a sus diferentes estudios satisfactorios, considerándose una alternativa económica, ambiental y, de fácil manejabilidad y adaptabilidad en diferentes condiciones.
- A lo largo de la ejecución de la siembra del pasto vetiver se observó que durante el periodo de altas precipitaciones que fueron los cuatro meses de duración del proyecto, hubo un favorecimiento para el desarrollo de las plántulas y las raíces lo cual permitió que el contenido de materia orgánica se asociara de manera directa con el pH ayudando a la estabilidad del talud y el crecimiento del pasto.



### Recomendaciones

- Sabiendo que el objeto de la investigación se cumplió, se demostró la eficiencia del pasto Vetiver y a su vez se controló la erosión en los taludes, es necesario expandir su análisis en diversas condiciones.
- Se recomienda utilizar un método preciso para determinar la longitud de las raíces; como lo es el ensayo de Corte Triaxial, y conocer si esa longitud es lo suficientemente fuerte para controlar el plano de falla total de un talud.
- Se recomienda hacer una comparación del pasto Vetiver con otras plantas con la finalidad de conocer, investigar y establecer nuevas alternativas de mejoramiento para la erosión y estabilización de suelo.
- Se recomienda darle una segunda utilización al pasto, sea en artesanías, aceites esenciales, perfumes; uso medicinal, material para techo, conservación de agua, entre otros.
- Se recomienda implementar un manejo con unas zanjas de drenajes naturales en taludes.



## 8 Bibliografía

Álvaro F. De Matteis. (2003). Geología y geotecnia.

Andrades, M., & Martínez, M. (2001). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Universidad de la Rioja.

Arias & Montenegro. (1966). Aplicación de la colorimetría en la determinación del contenido de la materia orgánica de los suelos.

Castellanos, W. (2017). Análisis para la reducción de riesgos utilizando el pasto vetiver en el talud ubicado en el parque ecológico las ardillas. (Tesis doctoral). *Universidad de San Carlos de Guatemala*.

CONSTRUYORED (2017). ¿Qué causa un deslizamiento de tierra? [movimientos de tierra]. Recuperado de: <https://construyored.com/noticias/1806-que-cause-un-deslizamiento-de-tierra>

D Matteis, A. (2003). Estabilidad de taludes. Recuperado de: <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). Proyecciones de población municipales por área Colombia 2005 – 2020. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Editorial Etecé (2020). Impacto ambiental [¿Qué es el impacto ambiental?]. Recuperado de: <https://concepto.de/impacto-ambiental/>

Fedeagro – Venezuela. (2019). Beneficios de la materia orgánica en el suelo. Recuperado de: <https://www.agrositio.com.ar/noticia/204377-beneficios-de-la-materia-organica-en-el-suelo>

Herrera, J. (2015). Evaluación de parámetros de resistencia al corte en suelos de ladera cubiertos con pasto vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en la vía Neiva-Vegalarga departamento del Huila (Tesis de maestría). *Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito*.

INV E – 212 – 13. (2012). Presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas para la preparación de morteros o concretos.

- Marqués, M. (1996). Concepto de erosión, El. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4 (3), 198-202.
- Mayorga, R. (2003). Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Recuperado de: <https://docplayer.es/45373076-Determinacion-de-umbrales-de-lluvia-detonante-de-deslizamientos-en-colombia-determining-rainfall-thresholds-that-trigger-landslides-in-colombia.html>
- Mendoza, J., Navarro, A. & Zequeda, Y. (2018). Microzonificación y análisis de amenazas por fenómenos de remoción en masa, en la vía entre la cabecera municipal de pueblo bello y lavereda monte grande, Dpto del Cesar. Tesis de pregrado. Universidad del Área Andina.
- Miranda, R. (2016). Revisión panorámica del uso del pasto vetiver (*Chrysopogon zaizanioides*) en restauración de taludes como técnica de bioingeniería del suelo. Recuperado de: <http://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1757/T072.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mora, De Jesús & Rosas (2016). Comportamiento de materia orgánica y pH con la profundidad del suelo.
- Mundial, B. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: Un aporte para la construcción de políticas públicas. Recuperado de: <http://gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/archivos/gestiondelriesgoweb.pdf>.
- Nova, R. (2013). Medidas de mitigación y prevención a través de la implementación de la especie pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*) para el control de erosión, en la vereda palacios, Finca San Miguel, municipio de Fusagasugá. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/22886/39615679.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Oliver, M (2019). Guía para manejo de conservación de suelos. Recuperado de: [https://issuu.com/margaretholiver06/docs/guia\\_para\\_manejo\\_y\\_conservacion\\_de\\_suelo\\_tarea\\_6\\_m](https://issuu.com/margaretholiver06/docs/guia_para_manejo_y_conservacion_de_suelo_tarea_6_m)
- Peck, Hanson & Thornburn. (1974). Foundation Engineering.
- Pérez, J. & Merino M. (2014). Definición de reducción [Definición.De]. Recuperado de: <https://definicion.de/implementar/>

Pérez, J. & Merino M. (2018). Definición de implementar [Definición.De]. Recuperado de:  
<https://definicion.de/implementar/>

Ramírez Carvajal, R. (1997). Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.  
Recuperado de: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>

Ramírez, A. (2014). Conceptos básicos para el estudio de la Ecología. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 2 (4).

Salazar, L. & Hincapié, E. (2013). Manejo de suelos y aguas para la prevención y mitigación de deslizamientos en fincas cafeteras. *Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé)*. Recuperado de:  
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/354/1/avt0401.pdf>

Sánchez, J. (2019). Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales, año 2019. (Tesis de pregrado). Universidad Continental.

Sánchez, S., & Oviedo, S. (2019). Control de la erosión de taludes mediante el uso de Vetiver y Micorrizas Arbusculares, zona de Soceagro en el municipio de Villavicencio-Meta. Recuperado de:  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16790/2019sergiooviedo?sequence=1&isAllowed=y>

Santillana, A. & Ale, S. (2020). Vetiver, la hierba multifacética capaz de proteger suelos y purificar aguas contaminadas [La Nación]. Recuperado de:  
<https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/vetiver-hierba-multifacetica-capaz-protoger-suelos-purificar-nid2324885/>

Servicio Geológico Mexicano. (2017). Introducción a la Geología de México [Introducción]. Recuperado de: [https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Geologia\\_mexico/Geologia-de-Mexico.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Geologia_mexico/Geologia-de-Mexico.html)

Suarez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.

Titulo H NSR - 10 (2014). Estudios geotécnicos.

**Anexos**

- **Socialización y reconocimiento del terreno**



- **Medición y toma de muestras de taludes**



- Realización de laboratorios en V&O ingeniería SAS









- Laboratorio pH en la universidad popular del Cesar





- pH inicial



- pH final



- Siembra del pasto vetiver (vivero)









- Siembra del pasto en el terreno de estudio



- Seguimiento del pasto





	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	VERSIÓN 3
	NORMAS DE ENSAYO - INV. E-123-13, E-213-13, E-123-13, E-126-13	VIGENCIA 20/05/15
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	PAGINA 1 de 9

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:		CÓDIGO:	GR.RE.AP.001-02-2022
SOLICITANTE:	MARIA CAMILA MUÑOZ ROMERO-DAYANA MARITZA MANJARRES RAMIREZ	LOCALIZACIÓN:	PUEBLO BELLO
DIRECCIÓN:	CARR 4E #21 30 VILLA CLARA	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL MATERIAL:	ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA - ARCILLA (SC)
OBRA:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CRYSOPONGON ZIZANOIDES) ENTRE LA VIA DE LA VEREDA MONTE GRANDE Y LA CABECERA MUNICIPAL DE PUEBLO BELLO	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	4/04/2022
		FECHA DE ENSAYO:	13/04/2022

Método de Ensayo: INV E-123-13

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
TAMIZ	PESO RET. (g)	PORCENT RET. (%)	PORCENT PASA (%)
	$M_1 = 244,7$		$M_2 = 290,4$
2 1/2"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	100,0
1"	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	100,0
1/2"	0,0	0,0	100,0
3/8"	0,0	0,0	100,0
No.4	0,0	0,0	100,0
No. 10	9,4	3,8	96,2
No. 40	98,6	40,3	59,7
No. 200	36,3	14,8	41,0
FONDO	100,4	41,0	0,0

LÍMITE LÍQUIDO			
No. DE GOLPES	35	25	15
MASA RECIP.+ MAT. HÚMEDO (g)	53,2	54,1	54,5
MASA RECIP.+ MAT. SECO (g)	46,5	46,6	46,1
MASA DEL AGUA (g)	6,7	7,5	8,4
MASA DEL RECIPIENTE (g)	17,5	17,4	17,6
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	29,0	29,2	28,5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23,1	25,7	29,5

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No.			
MASA RECIP.+ MAT. HÚMEDO (g)	12,3	12,6	12,9
MASA RECIP.+ MAT. SECO (g)	11,6	11,8	12,1
MASA DEL AGUA (g)	0,7	0,8	0,8
MASA DEL RECIPIENTE (g)	8,1	7,9	8,2
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	3,5	3,9	3,9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20,0	20,5	20,5

M1: Masa del material seco

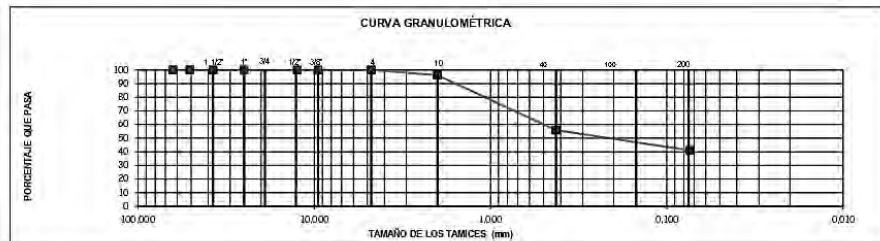
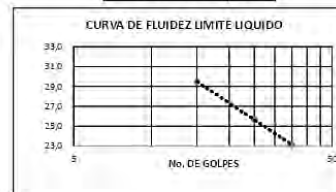
M2: Masa del recipiente + Material húmedo

GRAVA (%)	ARENA (%)	PASA/200	HUMEDAD NATURAL (%)
0,0	59,0	41,0	15,7

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	
AASHTO	A-4
USC	SC-SM



LÍMITE LÍQUIDO	26,1
LÍMITE PLÁSTICO	20,3
IND. PLASTICIDAD	5,7
ÍNDICE DE GRUPO	(0)



■ Gradación del Material.

IMPORTANTE:

\* Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.

OBSERVACIONES:

REVISÓ/APROBÓ:  
EBERTO ORTEGA SINNING  
DIRECTOR TÉCNICO

CALLE 2°C # 8-23 LOS CAMPANOS TEL. 5934724 CEL. 312669072-3005633896



	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	VERSIÓN 3
	NORMAS DE ENSAYO - INV. E-123-13, E-213-13, E-123-13, E-126-13	VIGENCIA 20/05/15
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	PAGINA 1 de 9

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:		CÓDIGO:	GR.RE.AP.001-02-2022
SOLICITANTE:	MARIA CAMILA MUÑOZ ROMERO-DAYANA MARITZA MANJARRES RAMIREZ	LOCALIZACIÓN:	PUEBLO BELLO
DIRECCIÓN:	CARR 4E #21 30 VILLA CLARA	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL MATERIAL:	ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA - ARCILLA (SC)
OBRA:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CRYSOPONGON ZIZANIOIDES) ENTRE LA VÍA DE LA VEREDA MONTE GRANDE Y LA CABECERA MUNICIPAL DE PUEBLO BELLO	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	4/04/2022
		FECHA DE ENSAYO:	13/04/2022

Método de Ensayo: INV E-123-13

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
TAMIZ	PESO RET. (g)	PORCENT RET. (%)	PORCENT PASA (%)
	M <sub>1</sub> = 251,6 g		M <sub>2</sub> = 294,7
2 1/2"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	100,0
1"	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	100,0
1/2"	0,0	0,0	100,0
3/8"	0,0	0,0	100,0
No.4	0,0	0,0	100,0
No. 10	13,1	5,2	94,8
No. 40	102,6	40,8	54,0
No. 200	39,7	15,8	38,2
FONDO	96,2	38,2	0,0

LÍMITE LÍQUIDO			
No. DE GOLPES	35	25	15
MASA RECIP. + MAT. HÚMEDO (g)	53,8	54,2	53,7
MASA RECIP. + MAT. SECO (g)	46,0	46,0	45,2
MASA DEL AGUA (g)	7,8	8,2	8,5
MASA DEL RECIPIENTE (g)	17,0	16,9	17,2
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	29,0	29,1	28,0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26,9	28,2	30,4

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No.			
MASA RECIP. + MAT. HÚMEDO (g)	13,7	13,9	13,5
MASA RECIP. + MAT. SECO (g)	12,6	12,7	12,4
MASA DEL AGUA (g)	1,1	1,2	1,1
MASA DEL RECIPIENTE (g)	6,7	6,5	6,6
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	5,9	6,2	5,8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18,6	19,4	19,0

M1: Masa del material seco

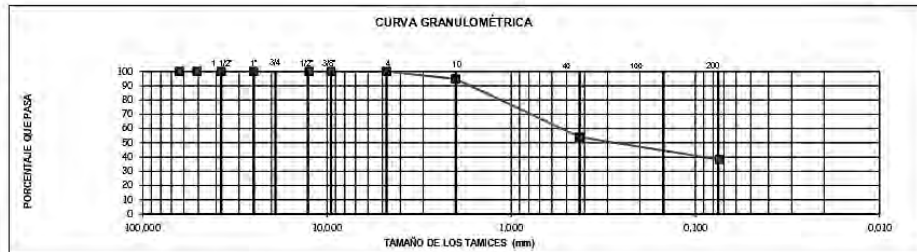
M2: Masa del recipiente + Material húmedo

GRAVA (%)	ARENA (%)	PASA/200	HUMEDAD NATURAL (%)
0,0	61,8	38,2	14,6

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	
AASHTO	A-4
USC	SC



LÍMITE LÍQUIDO	28,5
LÍMITE PLÁSTICO	19,0
IND. PLASTICIDAD	9,5
ÍNDICE DE GRUPO	(0)



IMPORTANTE:

\* Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.

OBSERVACIONES:

REVISÓ Y APROBO  
 EBERTO ORTEGA SIMNING  
 DIRECTOR TÉCNICO

CALLE 2C # 8-23 LOS CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 312669072-30 0563896

[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380



	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	VERSIÓN 3
	NORMAS DE ENSAYO – INV. E-123-13, E-213-13, E-125-13, E-126-13	VIGENCIA 20/05/15
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	PAGINA 1 de 9

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:		CÓDIGO:	GR.RE.AP.001-02-2022
SOLICITANTE:	MARIA CAMILA MUÑOZ ROMERO-DAYANA MARITZA MANJARRES RAMIREZ	LOCALIZACIÓN:	PUEBLO BELLO
DIRECCIÓN:	CARR 4E #21 30 VILLÁ CLARA	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL MATERIAL:	ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA – ARCILLA ( SC )
OBRA:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CRYSOPONGON ZIZANIOIDES) ENTRE LA VÍA DE LA VEREDA MONTE GRANDE Y LA CABECERA MUNICIPAL DE PUEBLO BELLO	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	4/04/2022
		FECHA DE ENSAYO:	13/04/2022

Método de Ensayo: INV E123-13

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
TAMIZ	PESO RET. (g)	PORCENT RET. (%)	PORCENT PASA (%)
	$M_1 = 223,9$		$M_2 = 267,9$
2 1/2"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	100,0
1"	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	100,0
1/2"	0,0	0,0	100,0
3/8"	0,0	0,0	100,0
No.4	0,0	0,0	100,0
No. 10	7,6	3,4	96,6
No. 40	90,5	40,4	59,6
No. 200	35,3	15,8	40,4
FONDO	90,5	40,4	0,0

LÍMITE LÍQUIDO			
No. DE GOLPES	35	25	15
MASA RECIP + MAT. HÚMEDO (g)	53,6	54,5	54,9
MASA RECIP + MAT. SECO (g)	46,5	46,6	46,1
MASA DEL AGUA (g)	7,1	7,9	8,8
MASA DEL RECIPIENTE (g)	17,5	17,4	17,6
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	29,0	29,2	28,5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24,5	27,1	30,9

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No.			
MASA RECIP + MAT. HÚMEDO (g)	12,3	12,6	12,9
MASA RECIP + MAT. SECO (g)	11,6	11,8	12,1
MASA DEL AGUA (g)	0,7	0,8	0,8
MASA DEL RECIPIENTE (g)	8,1	7,9	8,2
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	3,5	3,9	3,9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20,0	20,5	20,5

M1: Masa del material seco

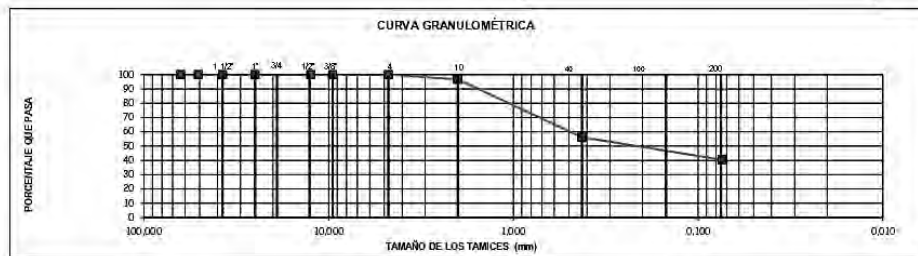
M2: Masa del recipiente + Material húmedo

GRAVA (%)	ARENA (%)	PASA/200	HUMEDAD NATURAL (%)
0,0	59,6	40,4	16,4

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	
AASHTO	A-3-4
USC	SC



LÍMITE LÍQUIDO	27,5
LÍMITE PLÁSTICO	20,3
IND. PLASTICIDAD	7,1
ÍNDICE DE GRUPO	(0)



IMPORTANTE:

\* Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.

OBSERVACIONES:

REVISÓ Y APROBO:  
**EBERTO ORTEGA SINING**  
DIRECTOR TÉCNICO

	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	VERSIÓN 3
	NORMAS DE ENSAYO - INV. E-123-13, E-213-13, E-123-43, E-126-43	VIGENCIA 20/05/15
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	PAGINA 1 de 9

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:		CÓDIGO:	GR.RE.AP.001-02-2022
SOLICITANTE:	MARIA CAMILA MUÑOZ ROMERO-DAYANA MARITZA MANJARRES RAMIREZ	LOCALIZACIÓN:	PUEBLO BELLO
DIRECCIÓN:	CARR 4E #21 30 VILLA CLARA	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL MATERIAL:	ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA - ARCILLA ( SC )
OBRA:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CRYSOPONGON ZIZANOIDES) ENTRE LA VIA DE LA VEREDA MONTE GRANDE Y LA CABECERA MUNICIPAL DE PUEBLO BELLO	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	4/04/2022
		FECHA DE ENSAYO:	13/04/2022

Método de Ensayo: INV E-123-13

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
TAMIZ	PESO (g)	RET. (%)	PORCENT RET. (%)	PORCENT PASA (%)
2 1/2"	0,0	0,0	100,0	
2"	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	0,0	0,0	100,0	
1"	0,0	0,0	100,0	
3/4"	0,0	0,0	100,0	
1/2"	0,0	0,0	100,0	
3/8"	0,0	0,0	100,0	
No.4	0,0	0,0	100,0	
No. 10	12,5	5,3	94,7	
No. 40	95,6	40,2	54,6	
No. 200	36,4	15,3	39,3	
FONDO	93,5	39,3	0,0	

LÍMITE LÍQUIDO			
No. DE GOLPES	35	25	15
MASA RECIP.+ MAT. HÚMEDO (g)	53,4	53,7	54,1
MASA RECIP.+ MAT. SECO (g)	45,1	44,9	44,6
MASA DEL AGUA (g)	8,3	8,8	9,5
MASA DEL RECIPIENTE (g)	16,7	16,7	16,8
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	28,4	28,2	27,8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29,2	31,2	34,2

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No.			
MASA RECIP.+ MAT. HÚMEDO (g)	14,7	14,3	15,4
MASA RECIP.+ MAT. SECO (g)	13,3	13,0	13,9
MASA DEL AGUA (g)	1,4	1,3	1,5
MASA DEL RECIPIENTE (g)	7,1	7,1	7,2
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	6,2	5,9	6,7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22,6	22,0	22,4

M1: Masa del material seco

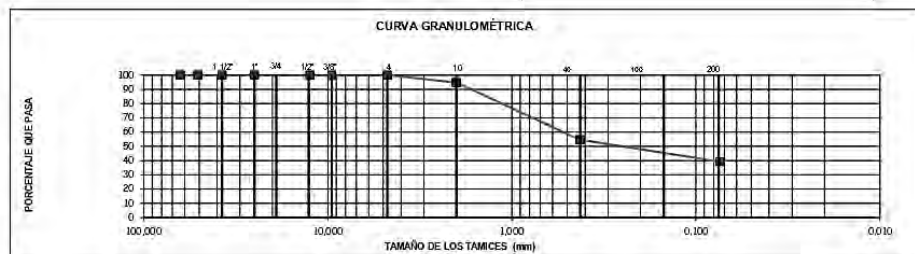
M2: Masa del recipiente + Material húmedo

GRAVA (%)	ARENA (%)	PASA/200	HUMEDAD NATURAL (%)
0,0	60,7	39,3	17,1

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	
AASHTO	A-1-b
USC	SC



LÍMITE LÍQUIDO	31,5
LÍMITE PLÁSTICO	22,3
IND. PLASTICIDAD	9,2
ÍNDICE DE GRUPO	(0)



Gración del Material

IMPORTANTE:

\* Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.

OBSERVACIONES:

REVISADO APROBADO:  
EBERTO ORTEGA SIMING  
DIRECTOR TÉCNICO

CALLE 1C # 8-23 LOS CAMPANOS TEL 5834724 CEL. 312669072-300563896

[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380



	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	VERSIÓN 3
	NORMAS DE ENSAYO – INV. E-123-13, E-213-13, E-125-13, E-126-13	VIGENCIA 20/05/15
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	PÁGINA 1 de 9

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:		CÓDIGO:	GR.RE.AP.001-02-2022
SOLICITANTE:	MARIA CAMILA MUÑOZ ROMERO-DAYANA MARITZA MANJARRES RAMIREZ	LOCALIZACIÓN:	PUEBLO BELLO
DIRECCIÓN:	CARR 4E #21 30 VILLA CLARA	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL MATERIAL:	ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA – ARCILLA (SC)
OBRA:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CRYSOPONGON ZIZANIOIDES) ENTRE LA VIA DE LA VEREDA MONTE GRANDE Y LA CABECERA MUNICIPAL DE PUEBLO BELLO	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	4/04/2022
		FECHA DE ENSAYO:	13/04/2022

Método de Ensayo: INV E-123-13

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
TAMIZ	PESO (g)	RET. (%)	PERCENT RET. (%)	PERCENT PASA (%)
	M <sub>1</sub> = 235,0 g			M <sub>2</sub> = 274,0
2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0,0	0,0	0,0	100,0
No.4	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 10	14,7	6,3	6,3	93,7
No. 40	86,0	36,6	36,6	57,1
No. 200	34,7	14,8	14,8	42,4
FOONDO	99,6	42,4	42,4	0,0

LÍMITE LÍQUIDO			
No. DE GOLPES	15	25	35
MASA RECIP.+ MAT. HÚMEDO (g)	53,7	53,9	53,5
MASA RECIP.+ MAT. SECO (g)	45,1	45,9	46,3
MASA DEL AGUA (g)	8,6	8,0	7,2
MASA DEL RECIPIENTE (g)	16,8	16,9	16,7
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	28,3	29,0	29,6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30,4	27,6	24,3

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No.			
MASA RECIP.+ MAT. HÚMEDO (g)	13,7	14,3	14,1
MASA RECIP.+ MAT. SECO (g)	12,5	13,1	12,9
MASA DEL AGUA (g)	1,2	1,2	1,2
MASA DEL RECIPIENTE (g)	6,7	6,9	6,8
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	5,8	6,2	6,1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20,7	19,4	19,7

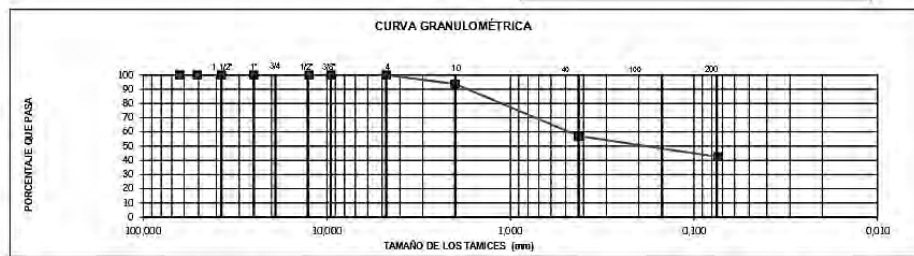
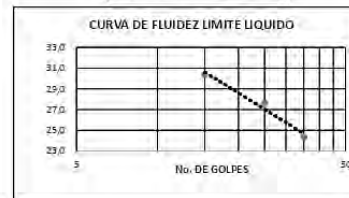
M1: Masa del material seco  
M2: Masa del recipiente + Material húmedo

GRAVA (%)	ARENA (%)	PASA/200	HUMEDAD NATURAL (%)
0,0	57,6	42,4	14,2

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	
AASHTO	A-2-4
USC	SC



LÍMITE LÍQUIDO	27,4
LÍMITE PLÁSTICO	19,9
ÍND. PLÁSTICIDAD	7,5
ÍNDICE DE GRUPO	(0)



IMPORTANTE:

\* Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.

OBSERVACIONES:

REVISÓ:   
APROBÓ:  
EBERTO ORTEGA SINNING  
DIRECTOR TÉCNICO



	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	VERSIÓN 3
	NORMAS DE ENSAYO - INV. E-123-13, E-213-13, E-125-13, E-126-13	VIGENCIA 20/05/15
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	PAGINA 1 de 9

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:		CÓDIGO:	GR.RE.AP.001-02-2022
SOLICITANTE:	MARIA CAMILA MUÑOZ ROMERO-DAYANA MARITZA MANJARRES RAMIREZ	LOCALIZACIÓN:	PUEBLO BELLO
DIRECCIÓN:	CARR 4E #21 30 VILLA CLARA	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL MATERIAL:	ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA - ARCILLA (SC)
OBRA:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CRYSOPONGON ZIZANIÓIDES) ENTRE LA VÍA DE LA VEREDA MONTE GRANDE Y LA CABECERA MUNICIPAL DE PUEBLO BELLO	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	4/04/2022
		FECHA DE ENSAYO:	13/04/2022

Método de Ensayo: INV E-123-13

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
TAMIZ	PESO RET. (g)	PORCENT RET. (%)	PORCENT PASA (%)
M <sub>1</sub> = 253,5 g			M <sub>2</sub> = 296,7
2 1/2"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	100,0
1"	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	100,0
1/2"	0,0	0,0	100,0
3/8"	0,0	0,0	100,0
No. 4	0,0	0,0	100,0
No. 10	17,1	6,7	93,3
No. 40	104,1	41,1	52,2
No. 200	42,9	16,9	35,3
FONDO	89,4	35,3	0,0

LÍMITE LÍQUIDO			
No. DE GOLPES	35	25	15
MASA RECIP. + MAT. HÚMEDO (g)	53,1	53,6	53,3
MASA RECIP. + MAT. SECO (g)	45,7	45,5	44,7
MASA DEL AGUA (g)	7,4	8,1	8,6
MASA DEL RECIPIENTE (g)	17,3	17,2	17,1
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	28,4	28,3	27,6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26,1	28,6	31,2

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No.			
MASA RECIP. + MAT. HÚMEDO (g)	16,7	17,2	18,3
MASA RECIP. + MAT. SECO (g)	15,1	15,9	16,6
MASA DEL AGUA (g)	1,6	1,7	1,7
MASA DEL RECIPIENTE (g)	7,4	7,4	7,8
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	7,7	8,1	8,8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20,8	21,0	19,3

M1: Masa del material seco

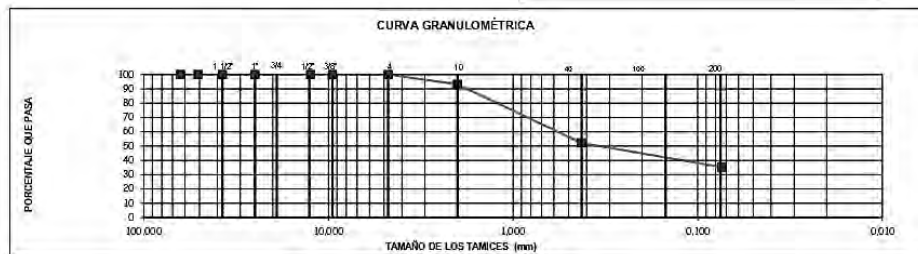
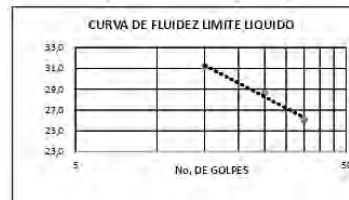
M2: Masa del recipiente + Material húmedo

GRAVA (%)	ARENA (%)	PASA/200	HUMEDAD NATURAL (%)
0,0	64,7	35,3	14,6

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	
AASHTO	A-1-b
USC	SC



LÍMITE LÍQUIDO	28,6
LÍMITE PLÁSTICO	20,4
IND. PLÁSTICIDAD	8,3
ÍNDICE DE GRUPO	(0)



Gradación del Material

IMPORTANTE:

\* Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.

OBSERVACIONES:

REVISÓ/APROBO:  
**EBERTO ORTEGA SINNING**  
DIRECTOR TÉCNICO

	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	VERSIÓN 3
	NORMAS DE ENSAYO - INV. E-123-13, E-213-13, E-125-13, E-126-13	VIGENCIA 20/05/15
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	PAGINA 1 de 9

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:		CÓDIGO:	GR.RE.AP.001-02-2022
SOLICITANTE:	MARÍA CAMILA MUÑOZ ROMERO-DAYANA MARITZA MANJARRES RAMIREZ	LOCALIZACIÓN:	PUEBLO BELLO
DIRECCIÓN:	CARR 4E #21 30 VILLA CLARA	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL MATERIAL:	SC (Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla)
OBRA:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CRYSOPONGON ZIZANIOIDES) ENTRE LA VÍA DE LA VEREDA MONTE GRANDE Y LA CABECERA MUNICIPAL DE PUEBLO BELLO	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	4/04/2022
		FECHA DE ENSAYO:	13/04/2022

Método de Ensayo: INV E-123-13

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
TAMIZ	PESO RET. (g)	PORCENT RET. (%)	PORCENT PASA (%)
	M <sub>1</sub> = 245,9 g		M <sub>2</sub> = 296,6
2 1/2"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	100,0
1"	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	100,0
1/2"	0,0	0,0	100,0
3/8"	0,0	0,0	100,0
No.4	0,0	0,0	100,0
No. 10	11,6	4,7	95,3
No. 40	94,7	38,5	56,8
No. 200	44,4	18,1	38,7
FONDO	95,2	38,7	0,0

LÍMITE LÍQUIDO			
No. DE GOLPES	35	25	15
MASA RECIP. + MAT. HÚMEDO (g)	54,9	54,6	55,5
MASA RECIP. + MAT. SECO (g)	46,8	45,9	46,0
MASA DEL AGUA (g)	8,1	8,7	9,5
MASA DEL RECIPIENTE (g)	16,9	16,9	17,1
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	29,9	29,0	28,9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27,1	30,0	32,9

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No.			
MASA RECIP. + MAT. HÚMEDO (g)	16,2	15,7	16,5
MASA RECIP. + MAT. SECO (g)	14,6	14,2	14,8
MASA DEL AGUA (g)	1,6	1,5	1,7
MASA DEL RECIPIENTE (g)	7,5	7,4	7,5
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	7,1	6,8	7,3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22,5	22,1	23,3

M1: Masa del material seco

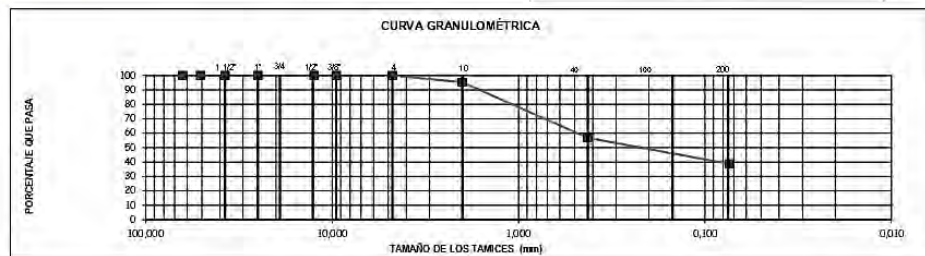
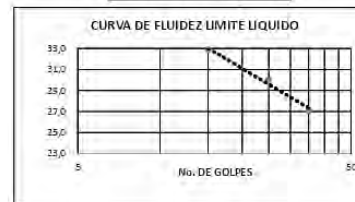
M2: Masa del recipiente + Material húmedo

GRAVA (%)	ARENA (%)	PASA/200	HUMEDAD NATURAL (%)
0,0	61,3	38,7	17,1

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	
ASHTO	A-2-4
USC	SC



LÍMITE LÍQUIDO	30,0
LÍMITE PLÁSTICO	22,6
ÍND. PLÁSTICIDAD	7,4
ÍNDICE DE GRUPO	(0)



Gradación del Material

¡IMPORTANTE!

\* Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.

OBSERVACIONES:

REVISÓ Y APROBÓ:  
EBERTO ORTEGA SIMING  
DIRECTOR TÉCNICO

CALLE 2 C # 8-23 LOS CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 312669072-3005633896

[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380



	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b> NORMAS DE ENSAYO - INV. E-123-13, E-213-13, E-125-13, E-126-13	VERSIÓN 3 VIGENCIA 20/05/15
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	PAGINA 1 de 9

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:		CÓDIGO:	GR.RE.AP.001-02-2022
SOLICITANTE:	MARIA CAMILA MUÑOZ ROMERO-DAYANA MARITZA MANJARRES RAMIREZ	LOCALIZACIÓN:	PUEBLO BELLO
DIRECCIÓN:	CARR 4E #21 30 VILLA CLARA	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL MATERIAL:	ARENA ARCILLOSA, MEZCLÁ DE ARENA - ARCILLA (SC)
OBRA:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CRYSOPONGON ZIZANIICIDES) ENTRE LA VÍA DE LA VEREDA MONTE GRANDE Y LA CABECERA MUNICIPAL DE PUEBLO BELLO	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	4/04/2022
		FECHA DE ENSAYO:	13/04/2022

Método de Ensayo: INV E-123-13

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
TAMIZ	PESO RET. (g)	PORCENT RET. (%)	PORCENT PASA (%)
	M <sub>1</sub> = 282,7 g		M <sub>2</sub> = 297,2
2 1/2"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	100,0
1"	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	100,0
1/2"	0,0	0,0	100,0
3/8"	0,0	0,0	100,0
No. 4	17,9	6,8	93,2
No. 10	33,1	12,6	80,6
No. 40	89,2	34,0	46,6
No. 200	32,0	12,2	34,4
FONDO	90,5	34,4	0,0

LÍMITE LÍQUIDO			
No. DE GOLPES	35	25	15
MASA RECIP + MAT. HÚMEDO (g)	56,7	55,7	58,3
MASA RECIP + MAT. SECO (g)	48,8	47,5	48,9
MASA DEL AGUA (g)	7,9	8,2	9,4
MASA DEL RECIPIENTE (g)	16,9	16,4	17,1
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	31,9	31,1	31,8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24,8	26,4	29,6

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No.			
MASA RECIP + MAT. HÚMEDO (g)	16,8	19,7	18,5
MASA RECIP + MAT. SECO (g)	15,3	18,0	16,9
MASA DEL AGUA (g)	1,5	1,7	1,6
MASA DEL RECIPIENTE (g)	7,4	9,6	8,8
MASA DEL MATERIAL SECO (g)	7,9	8,4	8,1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19,0	20,2	19,8

M1: Masa del material seco

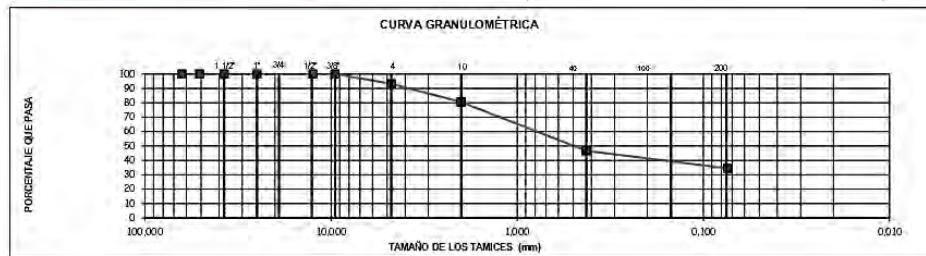
M2: Masa del recipiente + Material húmedo

GRAVA (%)	ARENA (%)	PASA/200	HUMEDAD NATURAL (%)
6,8	58,7	34,4	11,6

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	
AASHTO	A-4
USC	SC



LÍMITE LÍQUIDO	26,9
LÍMITE PLÁSTICO	19,7
IND. PLASTICIDAD	7,2
ÍNDICE DE GRUPO	(0)




■ Gradación del Material

IMPORTANTE:

\* Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.

OBSERVACIONES:

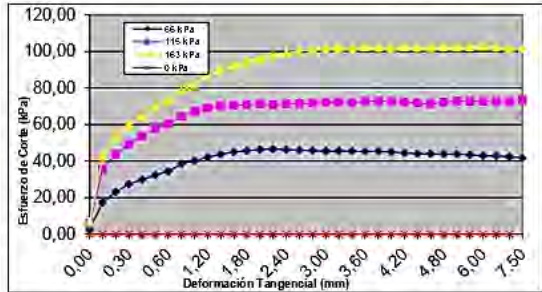
REVISADO Y APROBADO:  
EBERTO ORTEGA SINING  
DIRECTOR TÉCNICO

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	
	<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D - 3080</b>	
Formato de registro de ensayos	Código: Formatos-0020/2	Rev 1.1 2013-02-08

Proyecto: ESTABILIZACION DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (C.RYSOPONGON ZIZANIODES) ENTRE LA VIA DE LA VEREDA MONTE GRAND  
 Ubicación: PUEBLO BELLO  
 Material: \*  
 Descripción: ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA - ARCILLA (SC)

Fecha de ensayo: 10/03/2022  
 Fecha de muestreo: 2022/03/05  
 Ensayo No.: 0

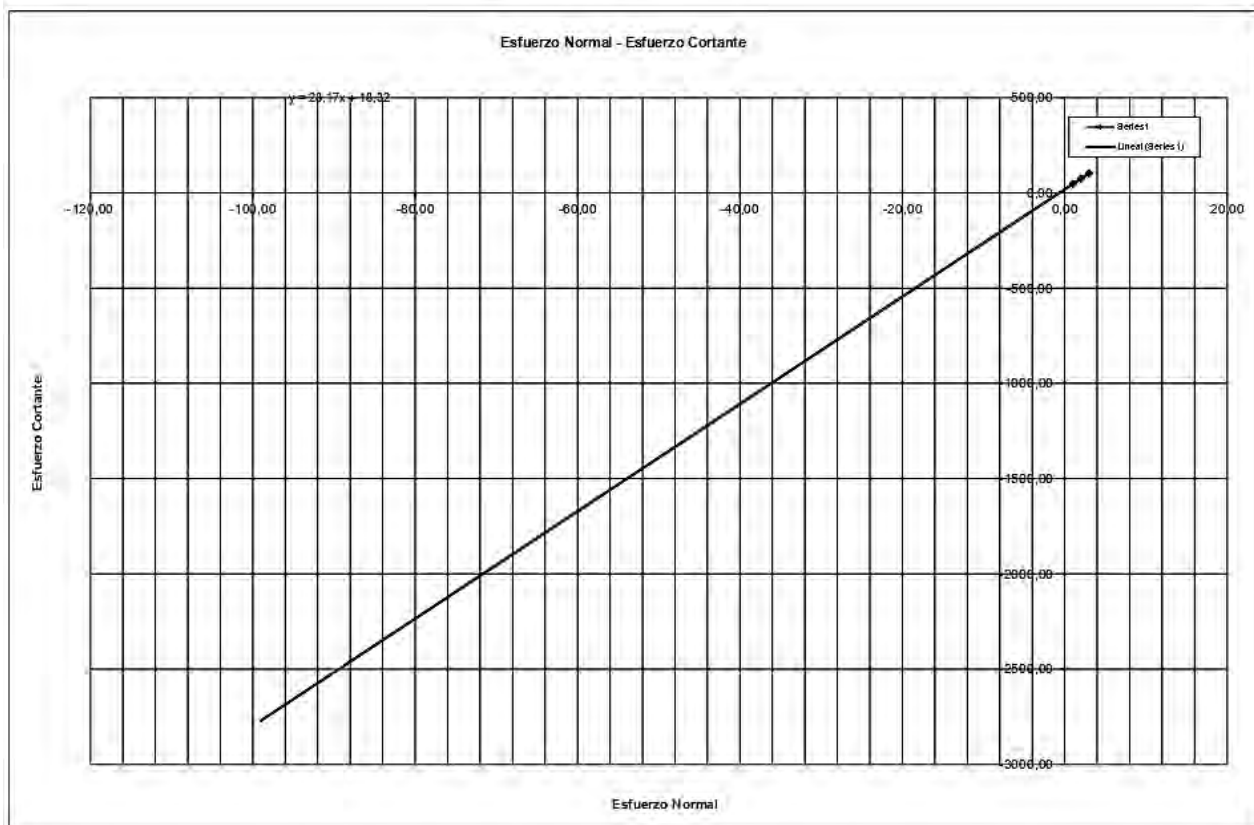
RESULTADOS DE ENSAYO				
Sondeo				
Profundidad				
Preparación	Parafinada			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Humedad Inicial (%)				
Humedad Final (%)				
Grado de saturación (%)				
Peso unitario (g/cm³)				
Area Ao (mm²)				
Velocidad (mm/min)				
Esfuerzo Normal (kpa)	86,20	114,55	162,91	
Esfuerzo de Corte (kpa)	46,57	74,50	102,91	
	Cohesión (kPa)		7,9	
	Angulo de fricción		30,2°	



Observaciones:

Técnico:

Dir. Laboratorio





**ARMANDO RIVERO INGENIEROS SAS**  
ESTRUCTURAS - CONCRETOS - SUELOS

FOR-ED-17  
VERSION 3  
FEB 20 DE 2014

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO (INV E154/07)**

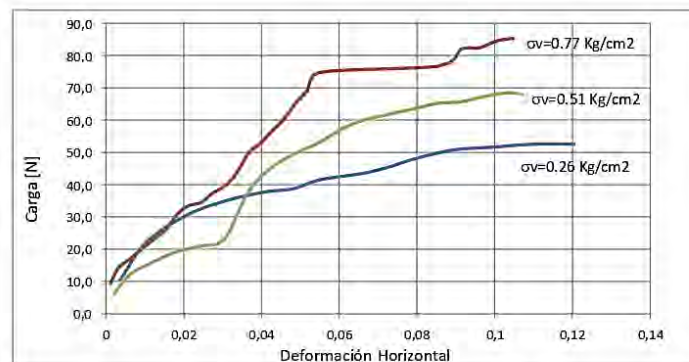
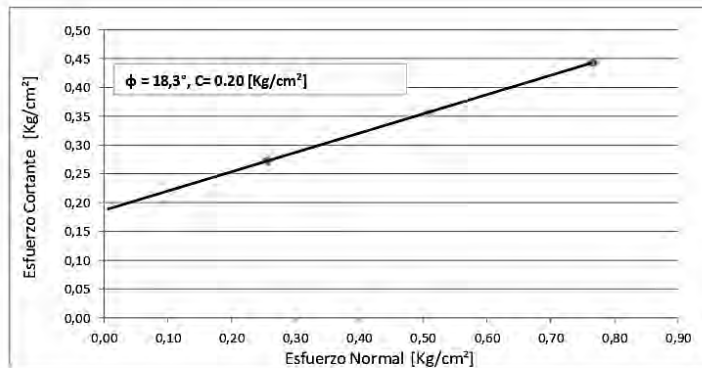
Proyecto: ESTABILIZACION DE TALUDES UTILIZANDO EL PASTO VETIVER (CHRYSOPOGONZIZANOIDES) ENTRE LA VIA DE LA VEREDA MONTE GRANDE Y CABECERA MUNICIPAL DE PUEBLO BELLO (CESAR) Muestra: 1  
Solicitante: MARIA CAMILA MUÑOZ ROMERO Y DAYANA MARITZA MANJARRES RAMIREZ Fecha Ensayo: 13/10/2022  
Clasificación USC: ARENA ARCILLOSA (SC)

Datos muestra	
Área (cm <sup>2</sup> ) =	19,6
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	0,26
w (%) =	19,9

Datos muestra	
Área (cm <sup>2</sup> ) =	19,6
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	0,51
w (%) =	20,0

Datos muestra	
Área (cm <sup>2</sup> ) =	19,6
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	0,77
w (%) =	21,2

**CONDICIÓN DEL ENSAYO CD**



ING. JEFE DE LABORATORIO

Delmer E. Parra Padilla  
LABORATORISTA

Oficina y laboratorio: Diagonal 20B No. 188 - 63 Telefax: (095) 5600848 - Valledupar

[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380