

**CONTROL DE EROSIÓN Y METEORIZACIÓN CON GUADUA EN TALUDES  
DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA, VEREDA TÓRIBA.**

**LAURA ALEJANDRA MORALES HERRERA**

**CÓDIGO 506155**

**CRISTIAN GILDARDO SARMIENTO RESTREPO**

**CÓDIGO 506279**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN**

**BOGOTÁ D.C**

**2020**

**CONTROL DE EROSIÓN Y METEORIZACIÓN CON GUADUA EN TALUDES  
DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA, VEREDA TÓRIBA.**

**LAURA ALEJANDRA MORALES HERRERA**

**CÓDIGO 506155**

**CRISTIAN GILDARDO SARMIENTO RESTREPO**

**506279**

**Trabajo de grado para obtener el Título de  
Ingeniero civil**

**Director**

**OLGA LUCÍA VANEGAS ALFONSO**

**Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN**

**BOGOTÁ D.C**

**2020**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**  
Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Bogotá D.C, 10 de Junio 2020**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. JUSTIFICACIÓN .....	3
2. ANTECEDENTES .....	4
3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
4. MARCO DE REFERENCIA.....	12
4.1 MARCO TEÓRICO.....	12
4.2 MARCO LEGAL.....	24
4.3 MARCO GEOGRÁFICO.....	27
4.4 MARCO CONCEPTUAL .....	29
5. OBJETIVOS .....	31
5.1 OBJETIVO GENERAL .....	31
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	31
6. METODOLOGÍA .....	32
7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL – LABORATORIOS .....	35
7.1 ENSAYOS DE RESISTENCIA EN LA GUADUA .....	35
7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS LABORATORIOS DE RESISTENCIA EN LA GUADUA.....	40
7.3 TOMA DE MUESTRAS DE SUELO .....	42
7.4 ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL SUELO .....	44
7.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DEL SUELO .....	47
8. ESTABILIDAD ACTUAL DEL TALUD NATURAL (FACTOR DE SEGURIDAD) .....	49
9. CÁLCULO DE EMPUJE DE TIERRAS VS RESISTENCIA DE LA GUADUA.....	53
10. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA ESCALONADA ESTABILIZADA CON GUADUA .....	54
11. ANÁLISIS DEL CONTROL DE EROSIÓN Y METEORIZACIÓN CON LA ESTRUCTURA ESCALONADA .....	56
12. CONCLUSIONES .....	57
13. RECOMENDACIONES .....	58
14. REFERENCIAS .....	59
ANEXOS .....	62

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Número de desastres por remoción en masa y victima fatales en cada país Andino, periodo 1901-2011.....	<b>9</b>
<b>Tabla 2</b> Criterios de evaluación del riesgo 2006-2012, Municipio de San Francisco Cundinamarca.....	<b>10</b>
<b>Tabla 3</b> Movimientos en Masa del Municipio San Francisco de Sales, Cundinamarca.....	<b>14</b>
<b>Tabla 4</b> Características de algunos pastos utilizados para el control de la erosión. ....	<b>19</b>
<b>Tabla 5</b> Comparación de la Guadua frente a otros materiales .....	<b>21</b>
<b>Tabla 6</b> Normatividad Vigente .....	<b>24</b>
<b>Tabla 7</b> Fase 1, comportamiento inicial del Talud .....	<b>33</b>
<b>Tabla 8</b> Fase 2, Ensayos de laboratorio .....	<b>34</b>
<b>Tabla 9</b> Diámetros de muestras de Guadua, ensayo de Compresión .....	<b>35</b>
<b>Tabla 10</b> Resultados de resistencia al ensayo de Compresión .....	<b>37</b>
<b>Tabla 11</b> Diámetros de muestras de Guadua, ensayo de Flexión .....	<b>38</b>
<b>Tabla 12</b> Resultados de resistencia al ensayo de Flexión .....	<b>40</b>
<b>Tabla 13</b> Normas técnicas de los laboratorios realizados para el proyecto.....	<b>44</b>
<b>Tabla 14</b> Resultados de laboratorio complementaria adaptadas al proyecto de estudio, Peso unitario, Humedad natural y Límites de Atterberg .....	<b>47</b>
<b>Tabla 15</b> Resultados de laboratorio complementaria adaptadas al proyecto de estudio, Granulometría .....	<b>48</b>
<b>Tabla 16</b> Factores de Seguridad mínimos directos .....	<b>49</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Factores que aumentan la incidencia de remociones en masa en Colombia. .....	13
<b>Figura 2</b> Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Compresión, muestra 1, Velocidad 1,3 mm/min .....	36
<b>Figura 3</b> Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Compresión, muestra 2, Velocidad 1,3 mm/min .....	36
<b>Figura 4</b> Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Compresión, muestra 3, Velocidad 1,3 mm/min .....	37
<b>Figura 5</b> Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Flexión, muestra 4, Velocidad 4 mm/min .....	39
<b>Figura 6</b> Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Flexión, muestra 5, Velocidad 1,3 mm/min .....	39
<b>Figura 7</b> Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Flexión, muestra 6, Velocidad 4 mm/min .....	40
<b>Figura 8</b> Vista frontal de la Guadua por escalón .....	41
<b>Figura 9</b> Perfil estratigráfico del material de suelo encontrado.....	43
<b>Figura 10</b> Parámetros iniciales para la modelación, Software SLIDE .....	50
<b>Figura 11</b> Modelación en condiciones normales del talud natural, Software SLIDE .....	51
<b>Figura 12</b> Modelación en condiciones sísmicas del talud natural, Software SLIDE .....	52

## LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
<b>Imagen 1</b> Sitios considerados con mayor riesgo asociado a vulnerabilidad física (RVF) en la microcuenca de la quebrada Cay, en el municipio de Ibagué (Tolima, Colombia). .....	5
<b>Imagen 2</b> Degradación de los suelos por erosión, remoción en masa y sedimentación en Colombia.....	7
<b>Imagen 3</b> Estructuras De estabilización de talud alto, complementadas con estacas vivas de nacedero y cobertura densa de maní forrajero, Corregimiento de Pavas..	7
<b>Imagen 4</b> Vista lateral de trinchos de Guadua, Palmares del Recreo, Armenia Quindio. ....	8
<b>Imagen 5</b> Trinchos en Guadua, vereda Vallano, sector Capiro. ....	8
<b>Imagen 6</b> Influencia del clima húmedo y la erosión en las pendientes y tipos dominantes de movimientos en masa.....	13
<b>Imagen 7</b> Tipos de remoción en masa de acuerdo a humedad y velocidad.....	14
<b>Imagen 8</b> Frecuencia de los movimientos de masa registrados en el municipio de San Francisco Cundinamarca.....	15
<b>Imagen 9</b> Partes generales de un Talud o Ladera. ....	16
<b>Imagen 10</b> Identificación Geomorfológica del Municipio de San Francisco, Cundinamarca.....	16
<b>Imagen 11</b> Geología del Municipio de San Francisco, Cundinamarca.....	17
<b>Imagen 12</b> Planta de pasto Vetiver .....	19
<b>Imagen 13</b> Guadua Angustifolia Kunth.....	20
<b>Imagen 14</b> Talud escalonado con vegetación y estructura en Guadua.....	22
<b>Imagen 15</b> Obras de mitigación y propuestas de estabilización.....	23
<b>Imagen 16</b> Mapa y ubicación geográfica de Colombia.....	27
<b>Imagen 17</b> Mapa y ubicación geográfica de Cundinamarca, Colombia.....	27
<b>Imagen 18</b> Mapa y ubicación geográfica de San Francisco De Sales, Cundinamarca .....	28
<b>Imagen 19</b> Mapa y ubicación geográfica de la vereda Tóriba, San Francisco De Sales.....	28
<b>Imagen 20</b> Paraíso de la Guadua, Armenia Quindio .....	32
<b>Imagen 21</b> Talud de estudio, San Francisco Cundinamarca, vereda Tóriba.....	33
<b>Imagen 22</b> Práctica de laboratorio, Universidad Católica de Colombia.....	34
<b>Imagen 23</b> Muestras de Guadua .....	34
<b>Imagen 24</b> Exploración del suelo, sondeo 1 y 2.....	34
<b>Imagen 25</b> Fotografías ensayo de Compresión de la Guadua, Laboratorio de la Universidad Católica de Colombia .....	35
<b>Imagen 26</b> Fotografías rotura de la muestra 3 en ensayo de Compresión, Laboratorio de la Universidad Católica de Colombia .....	37



<b>Imagen 27</b> Fotografías rotura de la muestra 4 en ensayo de Flexión, Laboratorio de la Universidad Católica de Colombia .....	<b>38</b>
<b>Imagen 28</b> Fotografías de sondeos en el Talud natural, San Francisco Cundinamarca.....	<b>42</b>
<b>Imagen 29</b> Fotografías del material de construcción encontrado en el Sondeo 1 y 2. ....	<b>43</b>
<b>Imagen 30</b> Fotografías del ensayo de Secado del material, Laboratorio Universidad Católica de Colombia.....	<b>44</b>
<b>Imagen 31</b> Fotografías del ensayo de Contenido de Humedad, Laboratorio Universidad Católica de Colombia .....	<b>45</b>
<b>Imagen 32</b> Fotografías de las muestras después de secado, Laboratorio de la universidad Católica de Colombia.....	<b>46</b>
<b>Imagen 33</b> Fotografías del ensayo de lavado del material, Laboratorio de la Universidad Católica de Colombia .....	<b>47</b>
<b>Imagen 34</b> Unión pernada de la Guadua Angustifolia Kunth.....	<b>55</b>

## LISTA DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Riesgo asociado a vulnerabilidad física. ....	<b>4</b>
<b>Ecuación 2</b> Esfuerzo total de la Guadua.....	<b>41</b>
<b>Ecuación 3</b> Humedad total.....	<b>46</b>

## ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> Formulario 2, Descripción del escenario de riesgo por deslizamientos/movimiento en masa, Plan Nacional de Gestión del Riesgo de desastres San Francisco de Sales.....	62
<b>Anexo 2.</b> Formato diligenciado de estimación de consumo para laboratorios del proyecto .....	68
<b>Anexo 3.</b> Bitácora de laboratorio, ensayo de Compresión en Guadua, Autores ...	69
<b>Anexo 4.</b> Bitácora de laboratorio, ensayo de Flexión en Guadua, Autores .....	70
<b>Anexo 5.</b> Bitácora de laboratorio, Secado del material, Autores .....	71
<b>Anexo 6</b> Bitácora de laboratorio, Contenido de Humedad, Autores .....	72
<b>Anexo 7.</b> Bitácora de laboratorio, Lavado y Secado del material, Autores.....	73
<b>Anexo 8.</b> Resultados de laboratorio del ensayo de Peso unitario, proyecto Riochuelo año 2017,(Suelos, 2017).....	74
<b>Anexo 9.</b> Resultados de laboratorio del ensayo de Granulometría, proyecto Riochuelo año 2017,(Suelos, 2017).....	75
<b>Anexo 10.</b> Resultados de laboratorio del ensayo de Límites de Atterberg, proyecto Riochuelo año 2017,(Suelos, 2017).....	76
<b>Anexo 11.</b> Vista isométrica de los detalles de unión.	
<b>Anexo 12.</b> Vista isométrica de la estructura en Guadua	

## INTRODUCCIÓN

La Guadua es una de las plantas mas comunes en Cundinamarca por su facilidad de sembrado, su gran aporte dentro del ámbito de la construcción y son ecológicamente viables ya que dentro del proceso de crecimiento la raíz va capturando dióxido de carbono, siendo este uno de los gases mas tóxicos en el planeta. Desde el momento que se hace la siembra se notan gran variedad de plantas de otro tipo, variedad de animales, que en su mayoría son microorganismos, los cuales son uno de los factores que benefician a la Guadua y el suelo donde estan plantadas, (Agricultura & Rural, n.d.) ya que cuidan la planta y regulan la cantidad de nutrientes disponibles para la Guadua; por esta razón los cultivadores no tienen un mayor esfuerzo al sembrar y cuidar la planta hasta su crecimiento total.

La erosión en cualquier tipo de terreno es causada por el agua y por el transporte de sedimentos, los cuales son unos de los factores que provocan inestabilidad y deslizamiento de tierras. En referencia a los taludes la erosión es ocasionada por lluvias sobre los mismos o agua sobrante de los ríos cercanos a estos. (E.Estalrich, n.d.) La capacidad de infiltración del talud no es constante, sino que depende de su geometría y varia por el nivel de interceptación por la vegetación y permeabilidad del terreno, el tipo de planta influye en el control de erosión ya que tienen la capacidad de retener los sedimentos y evitar deslizamientos(Alvarado, Bermúdez, Romero, & Piedra, 2014).

En la actualidad se han implementado proyectos en los cuales la bioingeniería ha sido una de las principales soluciones para la mitigación de remoción en masa, ya que consisten en la implantación o siembra de material vivo como plantas, que al crecer sobre el suelo y la roca, contribuyen de manera esencial una barrera natural, que asegura el terreno en forma duradera, evitando la erosión y la remoción en masa (CAR, n.d.). En el municipio de Vianí se han visto afectados por las fuertes lluvias causando deslizamientos de rocas y sedimentos hacia la vía, el cual hizo que la CAR propusiera la bioingeniería como solución y mejora del drenaje del agua en forma eficaz para evitar la saturación de agua y la inestabilidad del suelo, instalando filtros, trinchos y terrazas vivas con Guadua que permitieran la estabilidad en el talud y prevenga el riesgo de deslizamiento.(CAR, n.d.)

La vereda de Tóriba está ubicada en el municipio de San Francisco de sales (Cundinamarca), se encuentra ubicado a 55 km al noroccidente de Bogotá, el clima es templado aunque en ocasiones tiende a ser frio, por tal razón la zona es humeda y es de gran ayuda para la plantación y producción de Guadua. Por otro lado, la erosión dentro de este municipio es alta a causa de la humedad y transporte de sedimentos. Dicho lo anterior con esta investigación se pretende implementar la

Guadua en el control de erosión, construyendo un diseño de talud escalonado para que de esta forma el agua pierda velocidad y reduzca la inestabilidad del talud, sostenido de Guadua inmunizada evitando derrumbes del material y en la parte superior de cada corona de escalón sembrar vegetación tal que evite transporte de sedimentos y destrucción del suelo al paso del agua.

## **1. JUSTIFICACIÓN**

El tema a tratar en esta investigación se basa en controlar la erosión y meteorización por medio de la estabilidad de taludes utilizando como material de construcción la Guadua. Se quiere llegar a diseñar una estructura cuya funcionalidad sea reducir la velocidad del flujo del agua, evitar deslizamientos de tierra y rehabilitar el terreno con la siembra de vegetación en las coronas de cada escalón conformado en la obra de bioingeniería, para dicho resultado se realizarán ensayos de laboratorio para poder determinar las propiedades físico mecánicas de la Guadua como material natural y ensayos de laboratorios para la caracterización del suelo.

## 2. ANTECEDENTES

### ANTECEDENTE 1

Un primer artículo de investigación que se realizó está dirigido a la evaluación de riesgos de taludes, ya que nuestro proyecto va orientado al control de la erosión de estos, se titula: Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca cay, Ibagué, Tolima, Colombia; autores: Yelena Hernández Atencia, Hildebrando Ramírez Arcila de la Universidad Militar Nueva Granada Colombia; fecha de aprobación: 26 de mayo de 2016.

Tiene como objetivo presentar una herramienta de evaluación para determinar la vulnerabilidad física asociada con taludes inestables, se presenta una ecuación que relaciona los factores claves que influyen en la amenaza y los elementos expuestos asociados. El procedimiento que se siguió en primer lugar fue la localización del lugar en el que se ejecutara el proyecto para así poder determinar los factores detonantes y los elementos expuestos a dichos factores, con toda esta información obtenida se procede a plantear la ecuación (RVF).

*Ecuación 1 Riesgo asociado a vulnerabilidad física.*

$$RVF = A * VF * P$$

Donde:

**RVF:** Riesgo asociado a vulnerabilidad física.

**A:** Amenaza

**VF:** Vulnerabilidad física.

**P:** Probabilidad de ocurrencia del evento

**Imagen 1** Sitios considerados con mayor riesgo asociado a vulnerabilidad física (RVF) en la microcuenca de la quebrada Cay, en el municipio de Ibagué (Tolima, Colombia).



**Fuente:** (Hernández Atencia & Ramírez Arcila, 2016)

Como conclusiones de la investigación se obtuvo que: la ecuación (RVF) permite cuantificar el riesgo asociado a vulnerabilidades físicas por taludes y laderas inestables, aunque fue diseñada para un lugar específico se puede adaptar a cualquier lugar. Los resultados que se obtienen a través de esta ecuación son una valiosa herramienta para los tomadores de decisiones encargados de invertir los recursos públicos, de manera que se prioricen estas inversiones en obras de infraestructura, lo cual permite mayor eficiencia y racionalidad de los dineros para prevenir y mitigar los impactos de este tipo de eventos frecuentes en el país.

El análisis realizado en este trabajo pone de manifiesto la necesidad de realizar estudios más detallados de la vulnerabilidad de los centros poblados presentes en el sector Cay parte baja y la cascada, que apunten a capacitar a las comunidades. (Hernández Atencia & Ramírez Arcila, 2016)

## **ANTECEDENTE 2**

El segundo documento hace referencia a un artículo de investigación el cual se titula: Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización; autor: Claudia Díaz Mendoza; fecha de publicación: diciembre 2011. Se enfoca en distintos métodos de control de erosión combinada con la aplicación de bioingeniería usando elementos vegetales ya que son uno de los mejores materiales para el control de la erosión. El análisis para control de erosión se realiza con diversos tipos de materiales debido a considerarse que la revegetalización es un proceso muy lento, debido a esto es primordial definir el material(vegetal) y método a usar con anticipación para así definir el tiempo que este proceso conllevara.



Se obtuvo como conclusión que las consecuencias de la erosión se manifiestan tanto en el lugar donde se produce como fuera de él (erosión difusa). Los efectos in situ son particularmente importantes en tierras de uso agrícola, en las cuales la redistribución y pérdida del suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y de nutrientes llevan a la pérdida del espesor superficial de suelo y al descenso de la fertilidad. La erosión reduce también la humedad disponible en el suelo, acentuando las condiciones de aridez.

Actualmente existe tendencia a realizar control de erosión de una forma menos agresiva con el ambiente, para lo cual la propuesta es la utilización de materiales naturales (mantas o mallas orgánicas y biorrollos o fajinas orgánicas), confeccionados fundamentalmente con base en fibras, muchas de ellas de origen y aprovechamiento forestal (Contreras, V., 2001); estos, integrados a un proceso de fertilización del suelo y revegetalización, constituyen soluciones ambientales al problema de erosión de suelos. (Díaz Mendoza, 2011)

### **ANTECEDENTE 3**

La tercera investigación que se enfoca en el uso de la guadua en la ingeniería se titula: Trincho en guadua, y su optimización con enfoque bioingenieril para el control de la erodabilidad hídrica en el ecoparque los alcázares; autor: Camilo Gallego Arias de la universidad católica de Manizales de la facultad de ingeniería y arquitectura. Tiene como objetivo el diseño de un trincho en guadua mediante los factores ambientales del sector con ayuda de la aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos por erosión (USLE) Wischmeier y Smith, todo esto a base a que el suelo es un factor primordial para el ser humano desde la cultivación de alimentos hasta la construcción y buscar el aprovechamiento de elementos naturales para el control de la erosión. se sigue un procedimiento de exploración del lugar de interés a trabajar para así poder definir las cosas desfavorables que se pueden encontrar, para luego poder fijar una hipótesis de diseño y con base en esto definir el tipo de trincho a usar y así calcular dicho diseño en condiciones desfavorables para garantizar su estabilidad.

**Imagen 2** Degradación de los suelos por erosión, remoción en masa y sedimentación en Colombia.



**Fuente:** IDEAM 2000

En dicha investigación se logra concluir que la bioingeniería de suelos es una técnica histórica, eficiente, efectiva y económica, ambientalmente amigable con el entorno, con ventajas estéticas y paisajísticas utilizando recursos que la misma naturaleza brinda, el efecto más importante de la vegetación, es la protección contra la erosión ya que la retención de agua en el follaje demora o modifica el ciclo hidrológico en el momento de una lluvia. Este fenómeno disminuye la rata de agua de escorrentía disminuyendo su poder erosivo. (Gallego Arias & E., 2016)

**Imagen 3** Estructuras De estabilización de talud alto, complementadas con estacas vivas de nacedero y cobertura densa de maní forrajero, Corregimiento de Pavas.



**Fuente:** José Horacio Rivera Posada, (Gallego Arias & E., 2016)

**Imagen 4** Vista lateral de trinchos de Guadua, Palmares del Recreo, Armenia Quindio.



**Fuente:** (Gallego Arias & E., 2016)

#### **ANTECEDENTE 4**

La cuarta investigación se enfoca en la ejecución de trinchos en Guadua en el marco de limpieza de quebradas, se titula: Acciones del programa de limpieza de quebradas; autor: Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario, donde en el marco del convenio de 2017, ejecutado conjuntamente entre la Alcaldía de Envigado y el Área Metropolitana, se adelantaron acciones de estabilizaciones de talud, con trinchos de Guadua, en la vereda El Vallano, sector El Capiro.(Agropecuario, n.d.)

En esta investigación el trabajo fue ejecutado por la cuadrilla de la Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario. Se realizaron 800m<sup>2</sup> de trinchos de Guadua en el marco del programa de limpieza de quebradas, que trabaja por el mejoramiento de las cuencas. Con esta investigación puntual, se logró la estabilización de un talud es riesgo, ubicado al lado de una cuenca.

**Imagen 5** Trinchos en Guadua, vereda Vallano, sector Capiro.



**Fuente:** Secretaria de Medio Ambiente y desarrollo Agropecuario

## ANTECEDENTE 5

Esta investigación se relacionó con los desastres que ha habido durante el periodo de 1901 al 2011 a causa de la remoción en masa ocurridos en cada país de la región Andina, en la siguiente tabla se ilustran los diferentes datos obtenidos:

**Tabla 1** Número de desastres por remoción en masa y víctima fatales en cada país Andino, periodo 1901-2011

País	n.º de eventos (R)	n.º de víctimas fatales (F)	País	n.º de eventos (R)	n.º de víctimas fatales (F)
Argentina	3	79	Ecuador	13	1,106
Bolivia	6	218	Perú	33	10,512
Chile	4	229	Venezuela	4	164
Colombia	41	3,171	Total	104	15,479

*Fuente: (Mergili, Marchant Santiago, & Moreiras, 2015)*

De acuerdo a los resultados de la tabla anterior, Colombia y Perú son los países con mayor número de víctimas fatales a casusa de la remoción en masa, se debe tener en cuenta que el número de muertes no va relacionado directamente con el número de eventos naturales, sino con la magnitud, área afectada y alcance de estos eventos.

## ANTECEDENTE 6

Basados en la investigación realizada por la Universidad Piloto de Colombia en el 2012 en el municipio de san francisco Cundinamarca, podemos determinar que en el periodo 2006-2012, los deslizamientos, aunque son igual de recurrentes que los vendavales, inundaciones entre otros eventos, no siempre son los que más dejan personas y viviendas afectadas, Pero si son aquellos a los cuales se les define una prioridad estimada tipo 1 que se considera riesgo crítico ,debido a su potencial amenaza ya que puede afectar en gran medida la salud de las personas, la infraestructura o las redes de servicio en el municipio, aunque se debe resaltar que en este periodo no se presentaron victimas mortales.

**Tabla 2** Criterios de evaluación del riesgo 2006-2012, Municipio de San Francisco Cundinamarca

EVENTO	RECURRENCIA	FECHA dd/mm/aa	POBLACION # PERSONAS	VIVIENDAS AFECTADAS	MUERTES	PRIORIDAD ESTIMADA			
						I	II	III	-
Deslizamiento	3	18/11/2010	130	1	0	■			
		10/02/2009	35	1	0				
		05/05/2006	0	0					
Vendabales	3	30/06/2011	491	49	0		■		
		26/04/2010	130	1	0				
		20/10/2009	205	41	0				
Inundacion	3	30/06/2011	486	131	0		■		
		23/03/2011	10	3	0				
		30/11/2008	25	5	0				
Incendios	1			1	0			■	
Basuras	3							■	
sobrepoblacion de caninos	2							■	
Congregación masiva de personas	2							■	
Desplazamiento forzado de población	2							■	
Remosion en masa	2							■	
Avalancha (flujo torrencial por cauce)	1							■	
Accidente de tránsito terrestre.	0								■
Ataque o toma armada a población	0								■
Explosión.	0							■	
Incendios en estación de combustible	0							■	
Incidente con materiales peligrosos	0							■	
Paro armado	0								■
Sequía.	1							■	
Sismo o terremoto	1							■	
Tormenta eléctrica	2							■	

	Riesgo Critico		Riesgo Alto		Riesgo Bajo		Riesgo poco probable
--	----------------	--	-------------	--	-------------	--	----------------------

*Fuente: (Hall, 2012)*

En su mayoría los deslizamientos se han ocasionado por acción del río y una quebrada que bordea el municipio, debido a que no se cuenta con una infraestructura de servicio y recolección de aguas lluvia, ocasionando así inundaciones en épocas de invierno, el problema de las lluvias combinado con el desarrollo urbano no planeado y con la deficiencia en el sistema constructivo de algunas viviendas, se ha convertido en uno de los principales problemas del municipio ya que en estas épocas se pierde el material en el que se acentúan las viviendas afectándolas directamente.

### **3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El municipio de San Francisco de Sales en los últimos años se ha visto afectado por los deslizamientos de los taludes naturales y derrumbes a causa del cambio climático y la inestabilidad del suelo, teniendo en cuenta que para determinar una amenaza por deslizamiento en la zona urbana, se tiene en cuenta la geología, la geomorfología y las redes de drenaje como factores condicionantes a los fenómenos de remoción en masa (Francisco, 2009), estos se presentan a la entrada del municipio y en las diferentes veredas que lo conforman.

Dicho lo anterior, es importante resaltar que el terreno del municipio es apto para la siembra y producción de Guadua, por lo tanto, sería de gran aprovechamiento en la realización de proyectos sostenibles, reduciendo el factor económico en la utilización de materiales industriales, sabiendo que la población de los sectores aledaños como las veredas no cuentan con los recursos suficientes para invertir en construcciones que les den solución a las amenazas de deslizamiento dentro de cada predio.

Bajo este contexto, se plantea el siguiente problema:

¿Es posible controlar la erosión y meteorización con Guadua en taludes del municipio de San Francisco Cundinamarca en la vereda Tóriba?

## 4. MARCO DE REFERENCIA

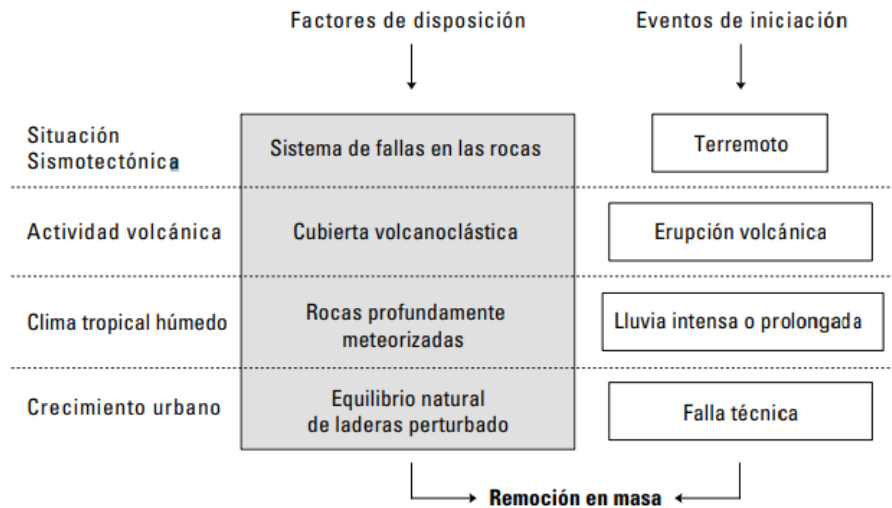
### 4.1 MARCO TEÓRICO

Los taludes son estructuras principalmente vulnerables a los efectos causados por el agua y al movimiento de masas de manera inesperada, en la mayoría de casos son controlados mediante estructuras civiles o por medio del uso de recursos naturales, por eso para el control de erosión en taludes es primordial comprender el comportamiento y las principales causas que ocasionan dicho movimiento de tierra, teniendo en cuenta lo anterior mencionado es necesario realizar análisis detallado de las condiciones del terreno, también es necesario identificar las categorías en las que se agrupan los diferentes tipos de taludes, ya que se pueden presentar diferentes combinaciones.

Los principales factores y problemas que se presentan en estas estructuras son en su mayoría meteorización del suelo, presencia del agua, el cambio en la topografía, cambios en la resistencia del suelo, reducción de la cobertura protectora. por esta razón el primer paso es el control de las aguas, seguido de la selección del sistema de estabilización del terreno y así definir el tipo de cobertura de protección a usar el cual en su mayoría se utiliza vegetación o recursos naturales, no obstante, en ocasiones se requieren obras con materiales no orgánicos para complementar la protección con vegetación.

Por otro lado, la remoción en masa es una de las principales causas de desastres con víctimas mortales y afectación en viviendas, según un estudio realizado por la base de datos internacional de desastres en el año 2001 algunas de las causas que producen la remoción en masa son el clima tropical húmedo, actividad sismo-tectónica, actividad volcánica y crecimiento urbano en pendientes abruptas, ya que intervienen en el equilibrio dinámico de las pendientes, como se ilustra a continuación:

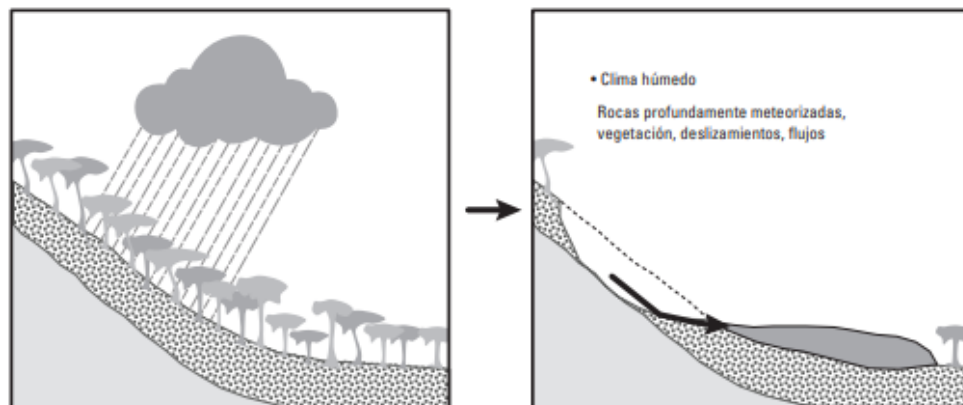
**Figura 1** Factores que aumentan la incidencia de remociones en masa en Colombia.



**Fuente:** (Mergili et al., 2015)

Según un estudio realizado por Martin Mergili de la Universidad de Viena en Austria y Carla Marchant de la Universidad Austral de Chile en el año 2011, el clima húmedo causa rápidos procesos erosivos y remociones en masa naturales, sin embargo la topografía y la cantidad de vegetación existente controlan la ocurrencia de varios tipos de remoción en masa, adicional a esto, los deslizamientos causados en climas húmedos se transforman rápidamente en un proceso de flujo que puede alcanzar diversas velocidades, donde movimientos relativamente lentos pueden causar daños considerables.

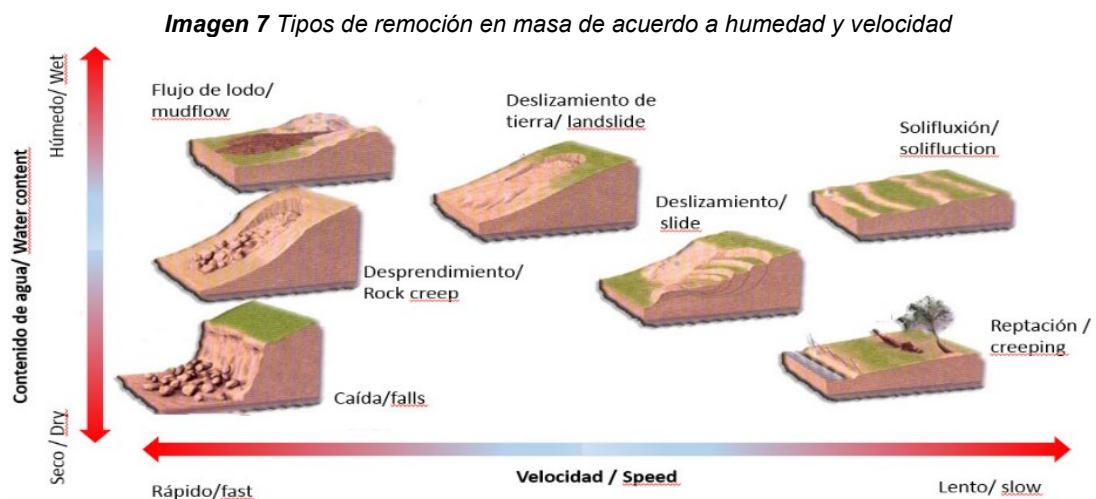
**Imagen 6** Influencia del clima húmedo y la erosión en las pendientes y tipos dominantes de movimientos en masa.



**Fuente:** (Mergili et al., 2015)



En el municipio de San Francisco Cundinamarca se han registrado remociones en masa por deslizamientos y desprendimientos de los materiales que conforman el talud, a causa del contenido de humedad en el suelo. Por esta razón, se requiere la construcción de una estructura que mitigue el desplazamiento de las partículas y el drenaje en dicho talud garantizando estabilidad, evitando la caída del talud existente y la destrucción de la vivienda que se encuentra construida en la corona de este.



Fuente: (Remoción en masa, n.d.)

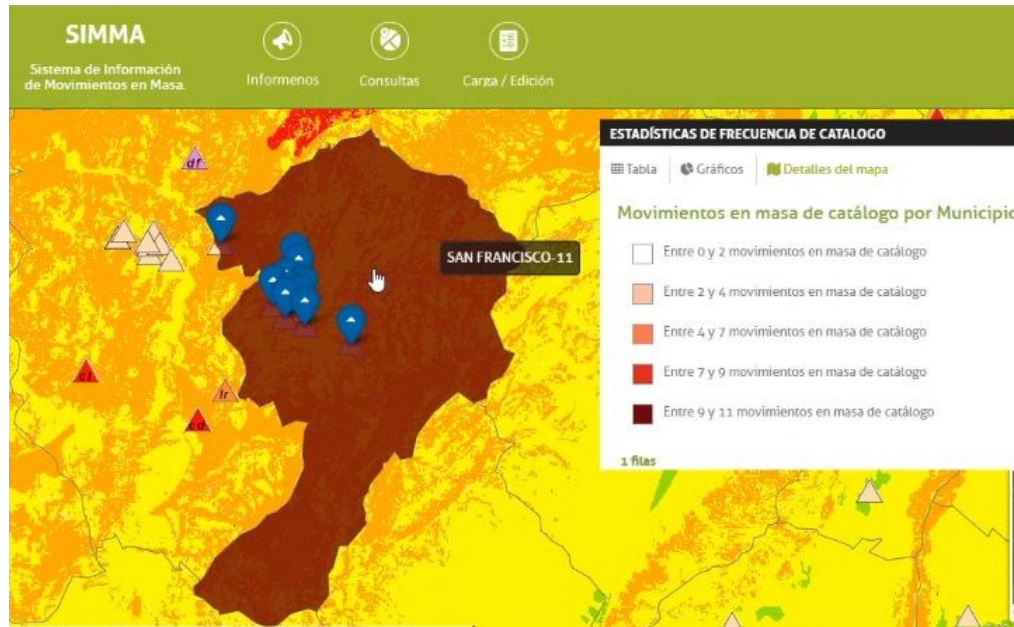
Dicho lo anterior se rectificó en la página del SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa) el movimiento en Masa que más presenta el municipio de San Francisco Cundinamarca, donde se registraron 11 movimientos por deslizamiento de partículas **ver Imagen 8** siendo el año 2006 con mayor actividad de movimiento de masa, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3** Movimientos en Masa del Municipio San Francisco de Sales, Cundinamarca

AÑO	CANTIDAD	CANTIDAD POR TIPO DE MOVIMIENTO
2006	4	Deslizamiento 4
2017	1	Deslizamiento 1
2010	1	Deslizamiento 1
1999	1	Deslizamiento 1
1994	1	Deslizamiento 1
1989	1	Deslizamiento 1
1981	1	Deslizamiento 1
1971	1	Deslizamiento 1

Fuente: SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa)

**Imagen 8** Frecuencia de los movimientos de masa registrados en el municipio de San Francisco Cundinamarca



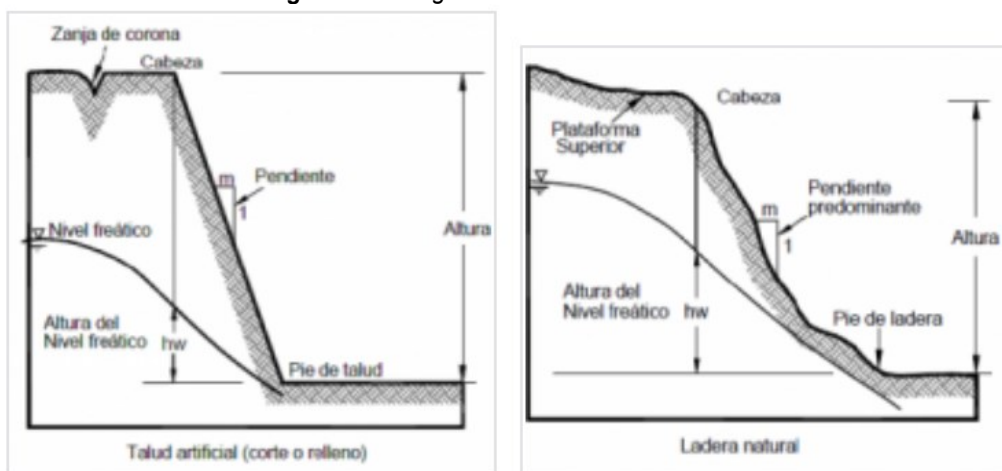
*Fuente: SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa)*

## **PARTES DE UN TALUD**

Los taludes están divididos en tres partes, una parte superior por lo general convexa, conocida como cima, cresta o escarpado y una parte intermedia semirrecta y una parte baja conocida como pata o pie.

- cima, cresta o escarpado: es la zona donde se presenta la mayor parte de la erosión ya que se presenta un cambio brusco en la dirección del suelo cambiando de un suelo semi-plano a un suelo semi-vertical.
- En la parte intermedia encontramos la altura tanto del talud, como la altura del nivel freático, también podemos determinar la pendiente y así clasificarlo.
- pata o pie: es la parte inferior donde se presenta un cambio en la pendiente debido a que en esta zona se el asentamiento del material deslizado. (*Estabilidad de taludes*, n.d.)

**Imagen 9** Partes generales de un Talud o Ladera.

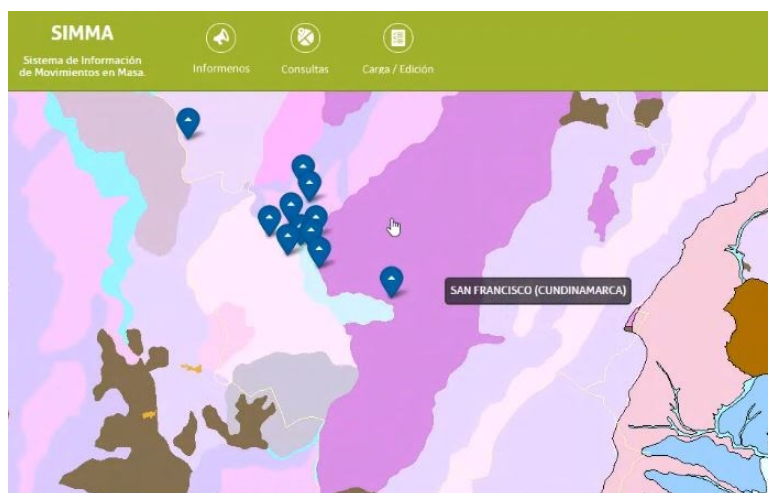


**Fuente:** (Estabilidad de taludes, n.d.)

## GEOMORFOLOGÍA

Teniendo en cuenta la información de la página del SIMMA se logró identificar la Geomorfología existente en el municipio de San Francisco, Cundinamarca. En la **Imagen 10** se logra diferenciar ciertos colores, los cuales nos permiten determinar la información específica para cada sector, se encontró que es una superficie en declive, morfología regular, longitud variable y pendiente muy inclinada ( $11^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ). Se caracteriza porque los estratos o capas de las formaciones geológicas, buzan en dirección contraria a la inclinación natural del terreno. Su menor valor de inclinación puede estar relacionado a cambios litológicos y a procesos de denudaciones diferenciales.

**Imagen 10** Identificación Geomorfológica del Municipio de San Francisco, Cundinamarca



**Fuente:** SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa)

## GEOLOGÍA

La Geología del Municipio de San Francisco, Cundinamarca se identificó de acuerdo al mapa geológico de Colombia y Google Earth, donde los datos arrojados fueron depósitos Aluviales y de Llanuras Aluviales en general. Por otro lado, el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio, describe el sitio del proyecto como 1B en su Geología, ya que se ubica en la zona central del Municipio más específicamente en la Vereda Tóriba, con formaciones de Bosques húmedos Premontanos y Montanos bajos, corresponde a la formación Guadalupe Medio que se distingue por presentar acuíferos representativos.

*Imagen 11 Geología del Municipio de San Francisco, Cundinamarca*



*Fuente: (De Planeacion, Compromiso, Francisco, & De, 2005)*

## METEORIZACIÓN

La meteorización se conoce como la descomposición y el desgaste de las rocas que se ubican en la superficie de la tierra, a través de la acción del agua ya sea por la corriente de un río o por agua de lluvia, viento, en lugares específicos por la nieve, por cambios climáticos extremos, por la actividad biológica y humana.(Euston, 2010)

En el municipio de San Francisco, Cundinamarca se ha presentado meteorización química en la mayoría de los deslizamientos mencionados anteriormente **ver Imagen 8**. Este tipo de meteorización se caracteriza por la alteración de la composición química de los elementos presentes en el suelo, su principal responsable es el agua, lo que genera cambios de color, oxidaciones y erosión, teniendo como resultado deslizamientos y desprendimientos de partículas presentes en Laderas.

## **EROSIÓN**

La erosión es la degradación del suelo, es uno de los principales actores en el moldeo y modificación de la forma de la tierra. El proceso de la erosión se puede presentar de dos maneras, una de forma lenta, la cual tarda muchos años en ocurrir a grandes escalas, o uno de forma imprevista, que mueve grandes cantidades de masa del suelo de un momento a otro. Sus principales factores pueden ser causados de forma natural, como el agua o el viento y por la acción del hombre.(Ciencia Clima, 2018)

Uno de los principales factores que anteceden a la erosión, es que el terreno se encuentre más expuesto que otros y que cuente con poca vegetación que lo proteja, ya que dicha vegetación con sus raíces, forman un tipo de malla que libera al suelo de grandes cantidades de agua, evitando que esta desestabilice el suelo.

En el sitio de estudio, la erosión ha sido de manera lenta, pero de una forma constante y el lugar a trabajar cuenta con las dos características anteriormente mencionadas. Se ve afectado tanto por la erosión hídrica, la cual es causada por el movimiento de aguas lluvia y al no contar con la vegetación necesaria que lo proteja, el suelo no es capaz de soportar toda la carga del agua, también se ve afectado por la erosión química más conocida como la meteorización.

## **VEGETACIÓN**

En la ejecución de una obra de bioingeniería es necesario conocer qué tipo de recursos naturales son óptimos y cuáles no, basándonos en la necesidad que se nos presente, el tipo de vegetación a trabajar deberá cumplir con ciertas características que nos permitan un adecuado control de la erosión del terreno.

Para el establecimiento de una cobertura vegetal en forma exitosa se requiere tener en cuenta una serie de criterios entre los cuales se encuentran los siguientes:(Dickerson J.A, Miller C.F, Burgdorf D.W, n.d.)

- Tipo de planta
- Sistema tipo de raíces y habilidad radicular
- Rata de crecimiento
- Preferencia de suelo
- Preferencia de pH de suelo
- Rapidez de establecimiento
- Potencial de invasión
- Tolerancia a las sequias, sol, sombra, inundación, sedimentación, viento, quemas y pisoteo
- Disponibilidad comercial

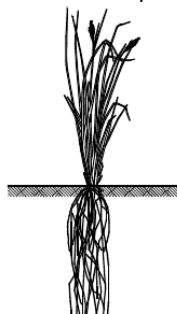
**Tabla 4** Características de algunos pastos utilizados para el control de la erosión.

Nombre Científico	Nombre común	Altitud msnm	Temperatura	Lluvias MM/Año	Reproducción	Invasor	Resist Quemaz	Resist Pisoteo	Resist Sequias	Terreno
Vetiveria Zizanioides	Vetiver	0 a 2000	5 a 45	600 a 6000	Tallos enraizados	No	Si	Si	Si	Preferentement e húmedo
Brachiaria Decumbens Stapf	Braquiaria	0 a 2200	20 a 30	800 a 4000	Cepas, estolones y semillas	Si	Si	Si	Si	Bien drenado, ácido
Melinis Minutiflora	Gordura	300 a 3300	18 a 27	800 a 3000	Semillas	No	No	No	No	Bien drenado a húmedo
Pennisetum Clandestinum	Kikuyo	0 a 3300	10 a 30	800 a 2000	Estolones y semillas	Si	Si	Si	Si	Bien drenado a húmedo
Hiparrhenia Rufa Stapf	Puntero	0 a 2000	20 a 30	600 a 1000	Cepas y semillas	No	No	Si	Si	Bien drenado
Dicranthium Aristatum	Angleton	600 a 1800	23 a 30	1000 a 4000	Estolones y semillas	Si	No	Si	No	Bien drenado neutro
Festuca Arundinacea	Festuca	2000 a 3200	15 a 20	900 a 1700	Semillas	No	No	No	No	Húmedo a bien drenado
Panicum Maximum	Guinea	0 a 2200	20 a 30	1000 a 4000	Cepas y semillas	No	No	No	No	Húmedo a bien drenado
Brachiaria Mutica	Para-Admirable	0 a 1700	22 a 30	1000 a 4000	Estolones	Si	Si	Si	No	Húmedo
Disitaria Decumbens	Pangola	0 a 2200	18 a 30	1000 a 2000	Estolones	Si	Si	Si	Si	Húmedo a bien drenado
Lolium Perenne	Raigras Perenne	2200 a 3000	10 a 20	1500 a 4000	Semilla	No	No	Si	No	Húmedo
Centrosema Plumieri	Centro	0 a 1600	25 a 30	600 a 1000	Cepas (Rastrero)	Si	No	Si	Si	Secos
Pueraria Phaseoloides	Kudzu Tropical	0 a 2000	22 a 30	1000 a 2000	Cepas (Rastrero)	Si	No	No	No	Húmedo a bien drenado

**Fuente:** (López Sáez & López García, 1996)

De acuerdo a la información anterior uno de los pastos con mayor control de erosión y más viable adaptándose a las condiciones del suelo húmedo es el **Vetiveria Zizanioides** ya que es una de las variaciones de mayor utilización en el mundo para la protección contra la erosión, se establece fácilmente en suelos húmedos y con perfil profundo, pero presenta dificultades en suelos secos o perfiles rocosos (R.G, 1995), tienen el prestigio de repeler ratas y roedores debido a que tiene un aceite fuertemente aromático que es desagradable para los animales.

**Imagen 12** Planta de pasto Vetiver



**Fuente:** (López Sáez & López García, 1996)

Como ya hemos visto para el control de erosión de los taludes en su gran mayoría se usan recursos naturales, por esta razón la guadua será el elemento natural que usaremos para nuestro proyecto. Es necesario profundizar y comprender los tiempos, partes y procesos por los cuales atraviesa la guadua a lo largo del tiempo hasta llegar a ser usada en la construcción

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, tomaremos la guadua como único material a trabajar en nuestro proyecto, por esto, es necesario resaltar las cualidades de dicho material entre las cuales se encuentra sus fibras que trabajan de manera axial y longitudinalmente, convirtiéndola en un elemento muy resistente, es un material anisotrópico el cual lo define como un material elástico, sus características físicas dependen de las condiciones climatológicas del lugar donde se cultive, por lo general los cultivos más grandes de esta planta se encuentran en Santander, Nariño y el Eje Cafetero, entre otros departamentos y regiones de Colombia, siendo la Angustifolia la más popular en Colombia y de la cual se conocen dos variedades: las llamadas macana y cebolla.. (Agricultura & Rural, n.d.)

*Imagen 13 Guadua Angustifolia Kunth*



*Fuente: Autores*

Este tipo de Guadua es reconocida en el sector de la construcción, por su alta resistencia frente a otros materiales de la industria como los son el concreto, el acero y la madera (Tabla 2), los cuales han sido materiales totalmente resistentes en vigas y columnas de una estructura. La Guadua al ser un material natural y resistente ha sido elegido como alternativa de bioingeniería en la construcción alrededor del mundo.

**Tabla 5** Comparación de la Guadua frente a otros materiales

Material	Resistencia de diseño <b>(R)</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Masa por volumen <b>(M)</b> (Kg/cm <sup>3</sup> )	Relación de resistencia <b>(R/M)</b>	Módulo de elasticidad <b>(E)</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación de rigidez <b>(E/M)</b>
<b>CONCRETO</b>	82	2.400	0.032	127.400	53
<b>ACERO</b>	1.630	7.800	0.209	2.140.000	274
<b>MADERA</b>	76	600	0.127	112.000	187
<b>BAMBOO</b>	102	600	0.170	203.900	340

*Fuente:* (Rene, 2016)

Dentro de la investigación se quiere llegar a una estructura, tal que controle la erosión y el deslizamiento de sedimentos, utilizando un material natural que tenga una resistencia y funcionalidad apta para dicha estructura.

En la bioingeniería se han utilizado diversos métodos de diseños de estructuras para poder generar una solución frente al gran problema de la erosión presente en los taludes, como los son los taludes escalonados.

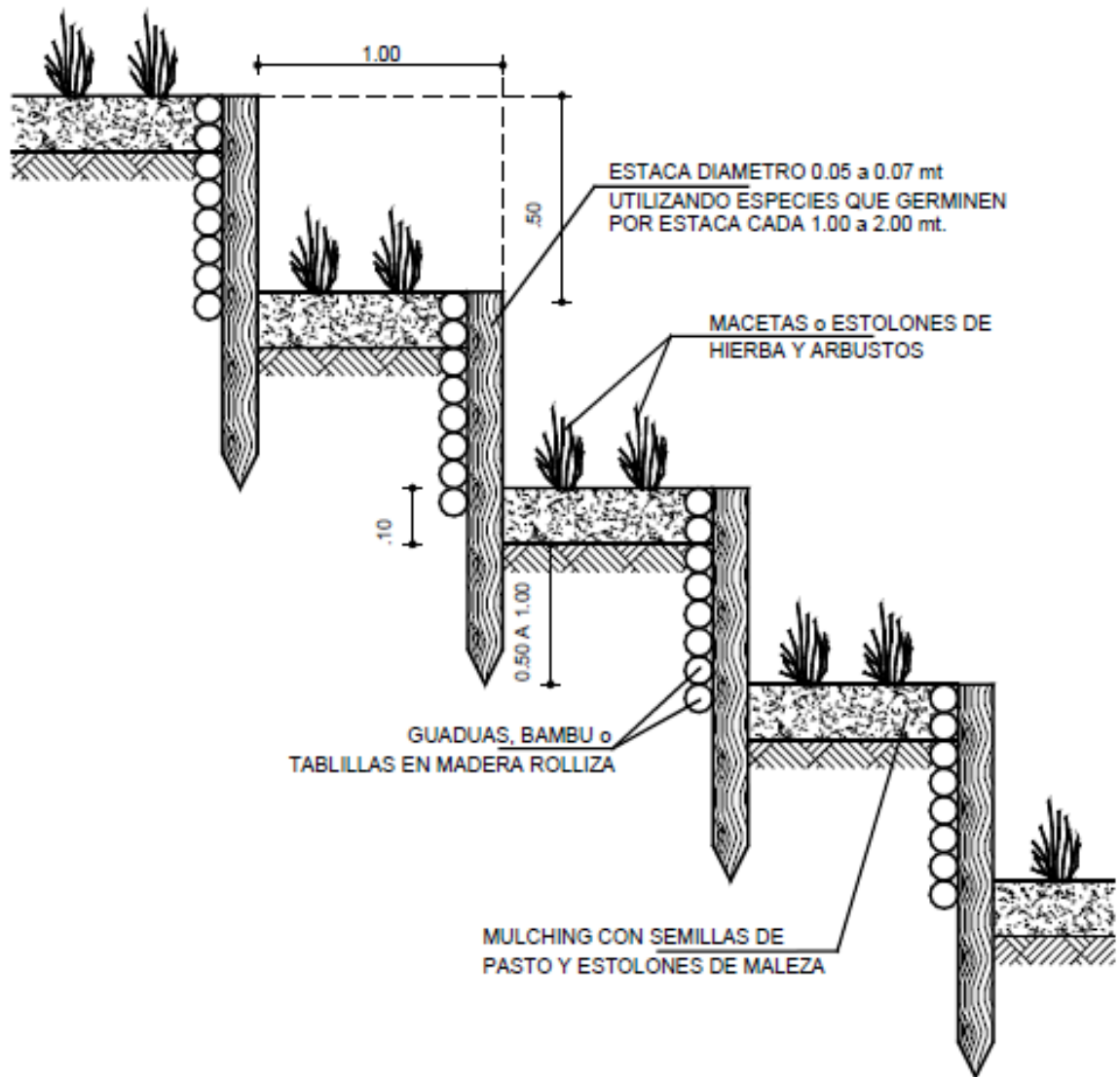
### **TALUDES EN ESCALERA**

Los taludes en escalera se caracterizan por estar cubiertos de especies vegetales y su uso ha sido exitoso debido a que impiden la aceleración del agua, aumenta la infiltración en el talud y a su vez garantiza que el material contenido por el talud permanezca húmedo, facilitando el crecimiento de la vegetación, recoge los sedimentos de erosión por golpeo de lluvia e impide la formación de surcos de erosión.(Gray D.H, n.d.)

Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para construir un talud en escalera haciendo uso de la bioingeniería, como se muestra a continuación:



**Imagen 14** Talud escalonado con vegetación y estructura en Guadua.



**Fuente:** (Suarez, 2001)

Por otro lado, en el municipio de San Francisco Cundinamarca se han presentado diferentes acontecimientos en donde el deslizamiento de tierra ha sido la principal causa de desastres, por esta razón se ha desarrollado un plan de riesgos para las comunidades que se encuentran en lugares propensos a deslizamientos de tierra. ver **Anexo 1**. Formulario 2, Descripción del escenario de riesgo por deslizamientos/movimiento en masa, Plan Nacional de Gestión del Riesgo de desastres.

**Imagen 15** Obras de mitigación y propuestas de estabilización



**Fuente:** (Bruce, 2013)

## 4.2 MARCO LEGAL

En este contexto se hace relación de carácter general a las normas legales que son aplicables para el control de erosión en taludes teniendo como material principal la Guadua. La presente normatividad hace referencia a los procesos, usos, análisis y parámetros que se deben utilizar en cada material y en la ejecución del proyecto.

*Tabla 6 Normatividad Vigente*

<p><b>Resolución #1740 del 24 de octubre del 2016 con la ley 2811 de 1974 (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible)</b></p>	<p>Limita el manejo, aprovechamiento y establecimiento de los guaduales y bambusales naturales.</p>	<p><b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Sostenible, 2016)</p>
<p><b>Norma Técnica Colombiana NTC6100 (10/12/2014)</b></p>	<p>Promover la oferta y demanda de productos y servicios que causen menor impacto en el ambiente, especifica los requisitos ambientales para ambientales para la transformación de Guadua Angustifolia Kunth.</p>	<p><b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (ICONTEC, 2014)</p>
<p><b>CAR 1143 ISBN - 978 - 958 - 716 - 536 - 4 Enero 2012</b></p>	<p>Es un manual que orienta a la comunidad desde la producción, siembra y cosecha hasta la comercialización de la Guadua.</p>	<p><b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Agricultura &amp; Rural, n.d.)</p>
<p><b>NTC 5300 (Cosecha y pos cosecha de culmo de Guadua Angustifolia Kunth)</b></p>	<p>Esta norma establece los requisitos que se deben seguir para la cosecha y pos cosecha de los culmos maduros de Guadua angustifolia Kunth.</p>	<p><b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (ICONTEC, 2008)</p>

<b>Decreto 2150 de 1995</b>	Reglamenta la licencia ambiental y otros permisos. Define los casos en que se debe presentar Diagnostico Ambiental, Plan de Manejo Ambiental y Estudio de Impacto Ambiental.	<b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (D.C, 1995)
<b>Ley 842 de 2003</b>	Es el código de ética profesional de la ingeniería, el cual fija los lineamientos éticos por los cuales deben regirse los profesionales de la ingeniería colombiana.	<b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Ley, 2003)
<b>NSR-10 TITULO H</b>	Establecer criterios básicos para realizar estudios geotécnicos, basados en la investigación del subsuelo.	<b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Ingeniería, 2012)
<b>NSR-10 TITULO H Capitulo H.2.2</b>	Define las actividades necesarias para poder caracterizar geotécnicamente un suelo y los ensayos necesarios a utilizar.	<b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Ingeniería, 2012)
<b>NSR-10 TITULO H Capitulo H.5.2</b>	Especifica de qué forma analizar la estabilidad de los taludes garantizando el cumplimiento del uso de factores de seguridad, para ello es necesario estudiar la inestabilidad del terreno.	<b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Ingeniería, 2012)
<b>NSR-10 TITULO H Capitulo H.6</b>	Especifica los tipos de estructuras de contención y sus estados limites a su vez nos limita las condiciones que se deben cumplir en el diseño de dicha estructura.	<b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Ingeniería, 2012)
<b>NSR-10 TITULO G</b>	Regula todo lo que tiene que ver con estructuras en madera y guadua.	<b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Ingeniería, 2012)

<p><b>NSR-10 TITULO G</b> <b>Capitulo G.12</b></p>	<p>Establece los requisitos para el diseño estructural y sismo resistente en estructuras donde el elemento principal es la guadua angustifolia.</p>	<p><b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Ingeniería, 2012)</p>
<p><b>NORMA TÉCNICA NTC</b> <b>COLOMBIANA 1495</b></p>	<p>Esta norma cubre la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelos, rocas y materiales similares con base en la masa</p>	<p><b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Técnica &amp; Masa, 2014)</p>
<p><b>NORMA TÉCNICA NTC</b> <b>COLOMBIANA 1522</b></p>	<p>Establece el procedimiento que debe seguirse en las operaciones de tamizados del suelo, con el fin de determinar su composición granulométrica.</p>	<p><b>Vigente</b> <i>Fuente:</i> (Técnica &amp; Masa, 2014)</p>

*Fuente: Autores*

### 4.3 MARCO GEOGRÁFICO

El área de estudio está ubicada en Cundinamarca, uno de los departamentos que compone el territorio colombiano, se localiza en el centro del país, haciendo parte de la región Andina. Este departamento se divide en cuatro regiones: región flanco occidental, región altiplano de Bogotá, región del flanco oriental y Piedemonte llanero, hidrográficamente Cundinamarca cuenta con dos grandes ríos como lo son el río Magdalena y el río Meta (Todacolombia, n.d.).

*Imagen 16 Mapa y ubicación geográfica de Colombia*



*Fuente: Google Earth, Agustín Codazzi*

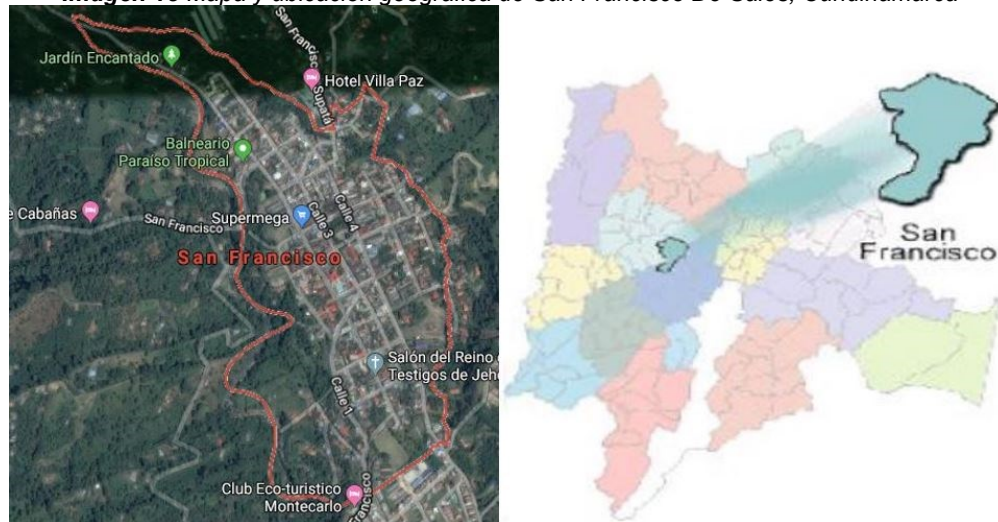
*Imagen 17 Mapa y ubicación geográfica de Cundinamarca, Colombia*



*Fuente: Google Earth, Agustín Codazzi*

El territorio central de estudio es el municipio San Francisco De Sales, ubicado en la región del Gualivá al noroccidente de Bogotá, limita por el norte con Supatá, por el Oriente con Subachoque y El Rosal, por el Sur con Facatativá y por el Occidente con La Vega (Municipal, 2019), hidrológicamente está conformado por dos ríos (Río Cañas y Río San Miguel) y cinco quebradas (Quebrada El Salto, Quebrada Tóriba, Quebrada La María, Quebrada Arrayán y Quebrada Vaquerá).

**Imagen 18** Mapa y ubicación geográfica de San Francisco De Sales, Cundinamarca



**Fuente:** Google Earth, Planeación municipal San Francisco De Sales

El talud a estudiar se encuentra ubicado en la vereda Tóriba que limita con las veredas de Pueblo Viejo y San Miguel, hidrológicamente por la vereda atraviesa la Quebrada Tóriba.

**Imagen 19** Mapa y ubicación geográfica de la vereda Tóriba, San Francisco De Sales



**Fuente:** Google Earth, Planeación municipal San Francisco De Sales

#### 4.4 MARCO CONCEPTUAL

- **Análisis de estabilidad de taludes:** Proceso en el que se evalúa cuantitativamente la interacción entre las fuerzas (o momentos) estabilizantes o resistentes y las fuerzas (o momentos) destabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud. A partir de esto, se establecen las condiciones de estabilidad actual o hipotética de ese talud. Usualmente esta condición de estabilidad se expresa en términos de un factor de seguridad. También puede involucrar el análisis de deformaciones del terreno.(Gemma, 2007)
- **Bioingeniería de suelos:** obras estructurales con uso de material natural y cero contaminante, que nos permiten la Prevención y control de erosión, protección y estabilización de taludes, previniendo a futuro posibles movimientos de masa.(Gallego Arias & E., 2016)
- **Deslizamiento:** movimiento de masa, sin importar que sea partículas de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, por lo general esto ocurre cuando el material se encuentra saturado de agua. (Gemma, 2007)
- **Erosión:** Parte del proceso de desgaste en la superficie terrestre que consiste del arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glacial, marina y pluvial.(Gemma, 2007)
- **Erosión por salpicamiento:** consiste en la pérdida de suelo debido al impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del terreno; la cantidad de suelo erosionado depende de la clase del suelo, de la pendiente y que tan constante es el golpeteo del agua.(J, n.d.)
- **Erosión laminar:** Es la remoción más o menos uniforme del suelo en capas delgadas, provocada por la saturación del suelo y deslizamiento superficial por la pendiente, este tipo de erosión se da más frecuentemente en suelos arenosos y en menor escala en los suelos arcillosos.(J, n.d.)
- **Guadua:** La Guadua es la especie forestal nativa más importante del occidente colombiano por sus propiedades como reguladora de aguas, protectora de suelos, además de sus cualidades físico-mecánicas que le hacen apropiada para los múltiples usos en la fabricación de artesanías.(*Producción y Construcción Sostenible*, n.d.)



- **Guadua Angustifolia:** Nativa de Colombia, es la más importante de estas gracias a sus extraordinarias propiedades físico-mecánica y al avance en el estudio silvicultural y estructural que se viene llevando a cabo en el país en los últimos años. (*Guadua Angustifolia Kunth*, n.d.)
- **Humedad:** Relación entre la masa del agua ( $M_w$ ) que se encuentra en los poros de un volumen de suelo dado y la masa de los sólidos ( $M_s$ ) de ese mismo volumen de suelo. También se expresa en términos de relaciones de peso de agua y peso de sólidos. (Gemma, 2007)
- **Meteorización:** es la descomposición y modificación de algunas características de los minerales y rocas en la superficie de la tierra, debido a factores externos. La meteorización puede ser física, química y biológica. (Gemma, 2007)
- **Movimiento en masa:** Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. (Gemma, 2007)
- **Talud:** Superficie artificial que se forma al cortar una ladera, o al construir obras. (Gemma, 2007)
- **Vegetación:** La vegetación es multifuncional, relativamente económica, se auto repara, es visualmente atractiva y no requiere generalmente, de equipos pesados o complejos para su instalación. La vegetación incluyendo árboles, hierbas y pastos representan la mejor protección contra la erosión. (López Sáez & López García, 1996)

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Controlar la erosión y meteorización con Guadua en los taludes del municipio de San Francisco en la vereda de Tóriba.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar el estado inicial del talud, por medio de análisis de estabilidad obteniendo el factor de seguridad actual.
- Evaluar las propiedades físico-mecánicas de la Guadua por medio de ensayos de compresión, flexión y tracción, para poder implementar la solución planteada.
- Diseñar un modelo de talud escalonado con Guadua, por medio de Renders animados en el cual se pueda observar el proceso constructivo de dicha estructura.

## 6. METODOLOGÍA

Este proyecto se dividió en dos partes para obtener un resultado óptimo, las cuales fueron la investigación y la construcción de la estructura.

En la investigación se realizó una búsqueda de información extensa en artículos científicos, trabajos de grado, literatura, revistas informativas, entre otras, enfocadas en el estudio y prevención de remoción en masa, control de erosión en zonas húmedas y la utilización de la Guadua en cada uno de los procesos mencionados, adicionalmente se hizo una visita al Paraíso de la Guadua, en la cual se obtuvo un conocimiento más amplio en cuanto a las características, funcionamiento y comportamiento de la Guadua *Angustifolia* Kunth.


*Imagen 20 Paraíso de la Guadua, Armenia Quindio*



*Fuente: Autores*




Por otra parte, la metodología del presente trabajo se compone de 3 fases, las cuales se mencionan a continuación:

*Tabla 7 Fase 1, comportamiento inicial del Talud*

<b>FASE 1</b>		
<b>Comportamiento inicial del Talud</b>		
<b>No</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	
<b>1</b>	<p>Recopilación de información del estudio y análisis de taludes naturales, por medio de la investigación en las diferentes bases de datos que ofrece la Universidad Católica de Colombia, bibliografía enfocada en las especificaciones que se deben tener en cuenta para ejecutar un estudio de suelos adecuado, y poder determinar el comportamiento del suelo en el municipio que se eligió para la ejecución de este trabajo.</p>	
<b>2</b>	<p>Consulta de las normas colombianas existentes para la identificación y clasificación del suelo, de la cual se indago la Norma Sismo Resistente 2010 (NSR-10) el Título H para conocer los parámetros que se deben tener en cuenta para un estudio de suelos, Título G para tener conocimiento acerca de las especificaciones de la Guadua como material principal en esta investigación, Norma Técnica Colombiana (NTC), entre otras leyes y normas.</p>	
<b>3</b>	<p>Localización del talud y definición de los ensayos de laboratorio a realizar, lo cual se hizo una visita al municipio de San Francisco Cundinamarca para identificar los diferentes taludes en riesgo de deslizamiento, basado en lo anterior se escogió el talud con mayor riesgo de desplazamiento de partículas y afectación a la comunidad. Los ensayos de laboratorio se definieron de acuerdo a la información encontrada en las fuentes que permiten visualizar que material se puede llegar predomina en la zona.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Imagen 21</b> Talud de estudio, San Francisco Cundinamarca, vereda Tóriba <b>Fuente:</b> Autores</p>

*Fuente: Autores*

Tabla 8 Fase 2, Ensayos de laboratorio

<b>FASE 2</b>		
<b>Ensayos de laboratorio</b>		
<b>No</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	
<b>1</b>	<p>Se inició con los ensayos de laboratorio de la Guadua ya que se debía tomar en estado de madurez, se tomaron muestras de 6cm de diámetro por 30cm de largo. Se realizaron 3 ensayos de compresión y 3 de flexión, el ensayo de Tracción en la Guadua no fue posible desarrollarlo en la máquina MTS que dispone la universidad, ya que los tamaños de las probetas para este ensayo deben ser de una medida específica para poder acomodar las mordazas y ejecutar el laboratorio; las muestras que se llevaron no cumplían con esa especificación, debido a esto se decidió no realizar el ensayo de Tracción.</p> <p>Estos laboratorios se hicieron con el fin de tener conocimiento de la resistencia que podía llegar a tener este tipo de material frente al proyecto en estudio.</p> <p><b>NOTA:</b> Los ensayos de laboratorio se escogieron y programaron con ayuda del laboratorista encargado del área de suelos para tener un procedimiento y resultado óptimo en nuestro proyecto.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Imagen 22 Práctica de laboratorio, Universidad Católica de Colombia</i> <b>Fuente:</b> Autores</p>  <p style="text-align: center;"><i>Imagen 23 Muestras de Guadua</i> <b>Fuente:</b> Autores</p>
<b>2</b>	<p>Seguido a los ensayos de la Guadua se iniciaron con los laboratorios para las muestras de suelo. El proceso de toma de muestra, inicio con la ubicación de sondeos manuales para luego extraer el material encontrado, dependiendo la profundidad establecida para cada sondeo.</p> <p>Los laboratorios realizados fueron: secado y preparación de la muestra, lavado de material, Granulometría, contenido de humedad, límites líquido y plástico, contenido orgánico, gravedad específica y peso unitario.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Imagen 24 Exploración del suelo, sondeo 1 y 2</i> <b>Fuente:</b> Autores</p>

*Fuente:* Autores

## 7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL – LABORATORIOS

### 7.1 ENSAYOS DE RESISTENCIA EN LA GUADUA

#### - ENSAYO DE COMPRESIÓN

Como se mencionó anteriormente, se tomaron 3 muestras de Guadua para poder tener un dato promedio de la resistencia a la compresión.

Se inició el laboratorio midiendo los diámetros internos y externos de cada muestra, obteniendo un dato único para cada muestra y de esta forma poder colocarlo en el programa para el funcionamiento de la máquina MTS. Ver **Anexo 3**. Bitácora de laboratorio, ensayo de Compresión en Guadua, Autores

Los diámetros obtenidos fueron los siguientes:

*Tabla 9 Diámetros de muestras de Guadua, ensayo de Compresión*

No. Muestra	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)
1	43,71	57,25
2	44,74	56,67
3	39,12	56,67

*Fuente: Autores*

El ensayo consiste en la aplicación de una carga en sentido vertical de la muestra, a una velocidad de 1,3 mm/min hasta la rotura del material.

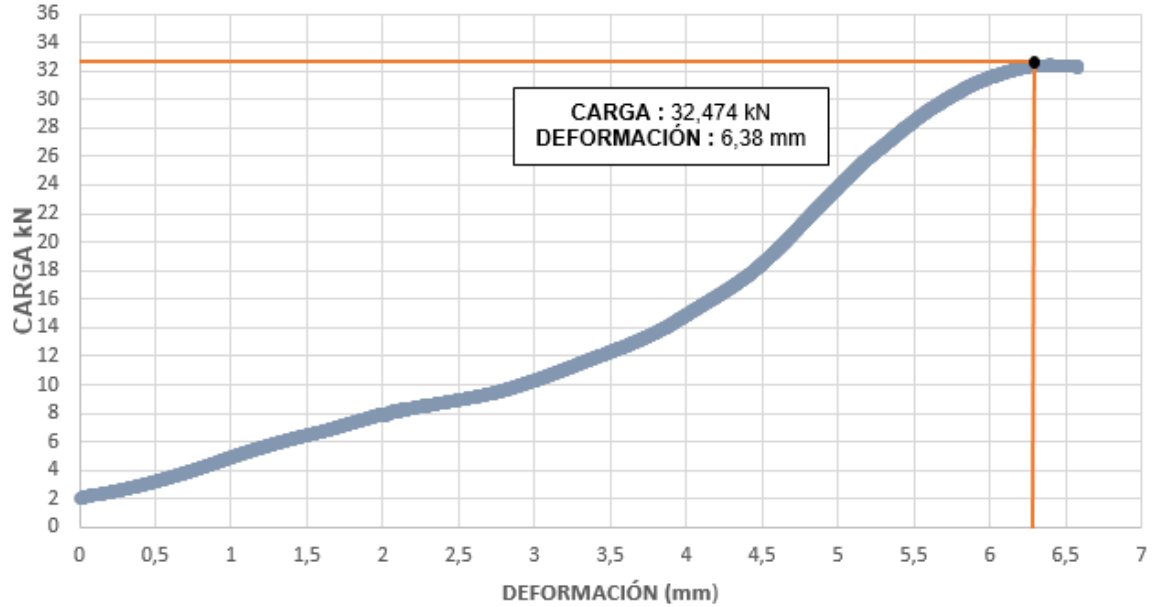
*Imagen 25 Fotografías ensayo de Compresión de la Guadua, Laboratorio de la Universidad Católica de Colombia*



*Fuente: Autores*

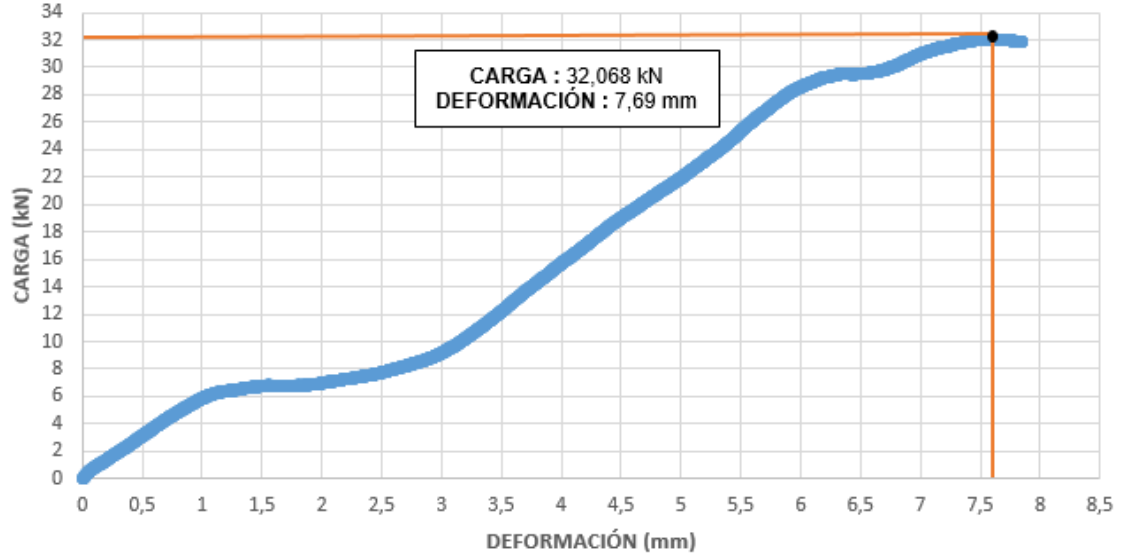
Los datos obtenidos por la máquina MTS fueron:

**Figura 2** Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Compresión, muestra 1, Velocidad 1,3 mm/min



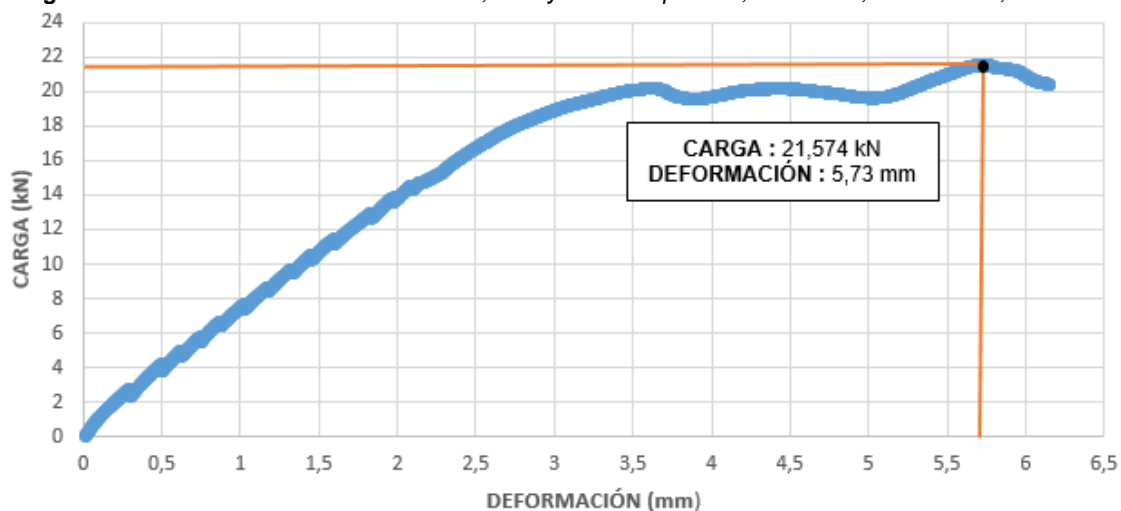
Fuente: Autores

**Figura 3** Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Compresión, muestra 2, Velocidad 1,3 mm/min



Fuente: Autores

**Figura 4** Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Compresión, muestra 3, Velocidad 1,3 mm/min



**Fuente:** Autores

Según esta información, se tiene que la muestra 3 tuvo una resistencia menor a la compresión, esto se debe a que la probeta a ensayar no tuvo un corte homogéneo, es decir que la superficie donde se coloca la carga, no estaba recta si no con algunos picos y esto causo que no soportara la misma carga que las otras dos muestras, ya que el esfuerzo se concentra directamente en los picos causando una rotura rápida.

**Tabla 10** Resultados de resistencia al ensayo de Compresión

No. Muestra	Carga (kN)
1	32,47
2	32,07
3	21,57

**Fuente:** Autores

**Imagen 26** Fotografías rotura de la muestra 3 en ensayo de Compresión, Laboratorio de la Universidad Católica de Colombia



**Fuente:** Autores



## - ENSAYO DE FLEXIÓN

Como en el ensayo de Compresión, se inició el laboratorio midiendo los diámetros internos y externos de cada muestra, obteniendo un dato único para cada muestra y de esta forma poder colocarlo en el programa para el funcionamiento de la máquina MTS. Ver **Anexo 4**. Bitácora de laboratorio, ensayo de Flexión en Guadua, Autores

Los diámetros obtenidos fueron los siguientes:

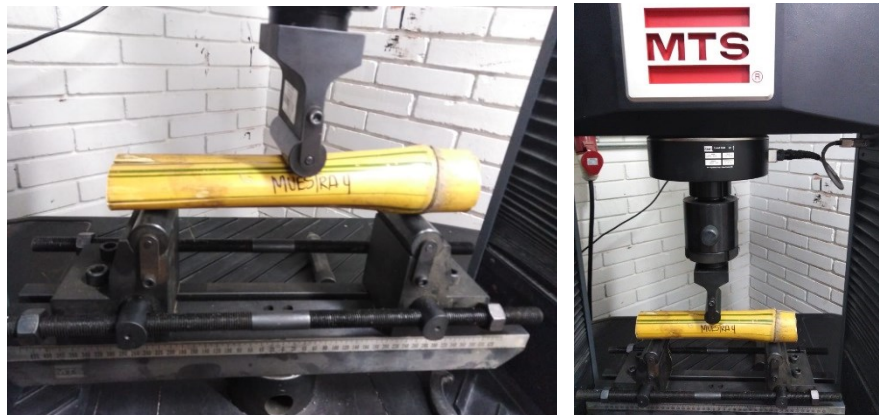
*Tabla 11 Diámetros de muestras de Guadua, ensayo de Flexión*

No. Muestra	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)
1	40,78	51,86
2	45,94	56,88
3	43,17	57,14

*Fuente: Autores*

El ensayo consiste en la aplicación de una carga en sentido perpendicular a la muestra, a una velocidad de 1,3 mm/min hasta la rotura del material, sin embargo, al notar el tiempo que se demoraba ensayar cada probeta, se decidió cambiar la velocidad a 4 mm/min.

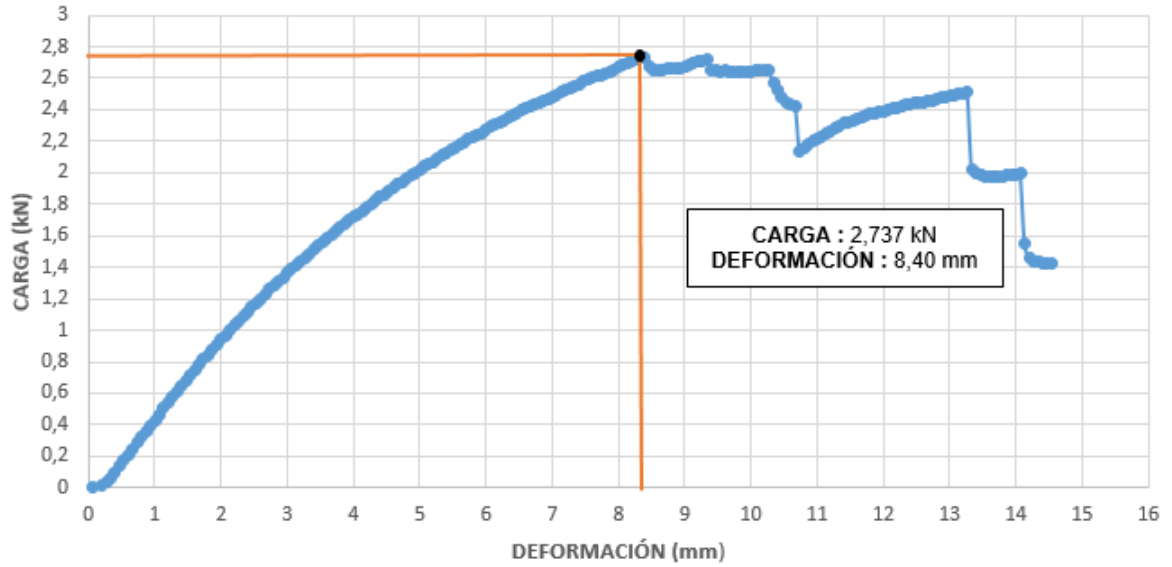
*Imagen 27 Fotografías rotura de la muestra 4 en ensayo de Flexión, Laboratorio de la Universidad Católica de Colombia*



*Fuente: Autores*

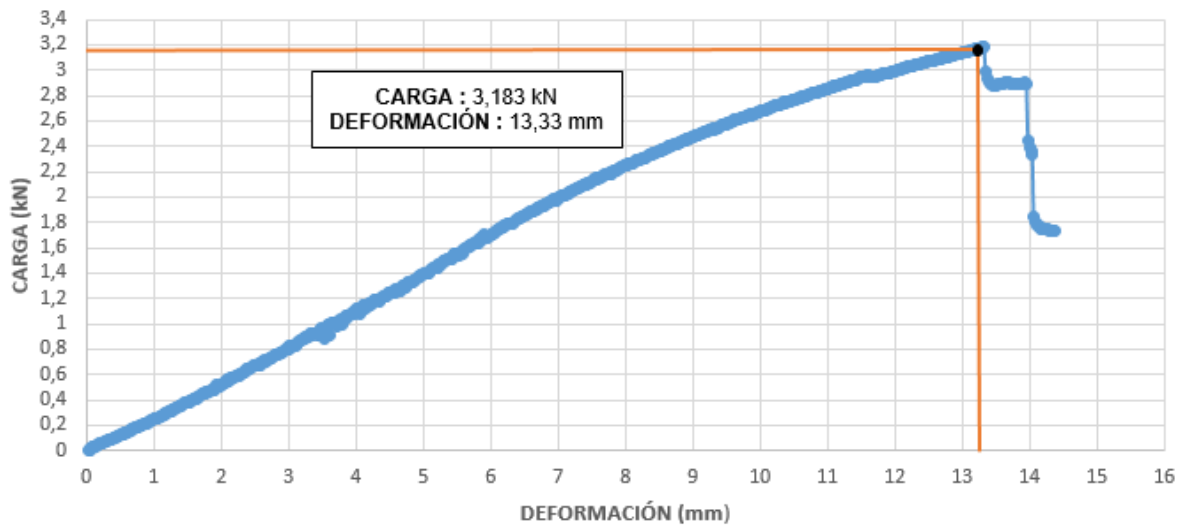
Los datos obtenidos por la máquina MTS fueron:

**Figura 5** Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Flexión, muestra 4, Velocidad 4 mm/min



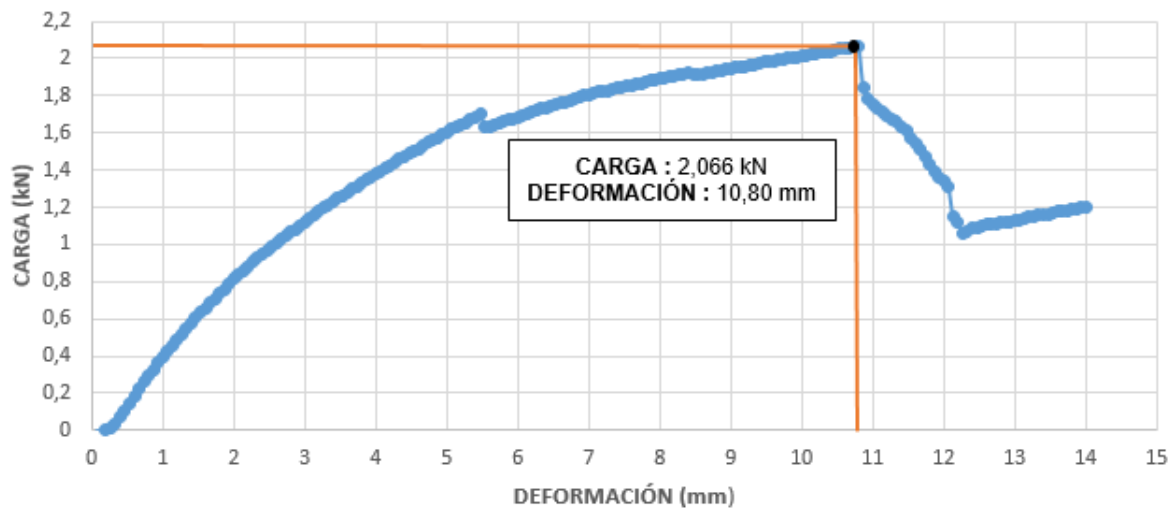
Fuente: Autores

**Figura 6** Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Flexión, muestra 5, Velocidad 1,3 mm/min



Fuente: Autores

**Figura 7** Gráfica Esfuerzo VS Deformación, ensayo de Flexión, muestra 6, Velocidad 4 mm/min



Fuente: Autores

Los resultados de cada muestra obtenidos en el ensayo de Flexión fueron:

**Tabla 12** Resultados de resistencia al ensayo de Flexión

No. Muestra	Carga (kN)
4	2.737
5	3,183
6	2,066

Fuente: Autores

**Nota:** El resultado de la muestra 5 dio mayor que las otras dos muestras, ya que esta contaba con un nudo en la longitud de la Guadua, permitiendo mayor resistencia al esfuerzo a Flexión.

## 7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS LABORATORIOS DE RESISTENCIA EN LA GUADUA

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el ensayo de Flexión en la Guadua, se determinó que el esfuerzo total que puede resistir la Guadua en el momento de someterse a una fuerza de Flexión.

Dicho lo anterior, se tiene que el resultado a Flexión de una probeta de Guadua de 30cm de Longitud y 0,6m de diámetro es de 3,183 kN ver **Tabla 12**. De acuerdo a esto, se hizo una relación de valores para hallar la resistencia total de una Guadua de 4m de longitud, siendo este el ancho del talud.

Para calcular la carga que resiste la Guadua se multiplico el ancho del Talud (4 m), por la mayor carga obtenida en el laboratorio de Flexión (3,183 kN), luego se dividió

por la longitud de la probeta ensayada en el laboratorio (0,30m) y por último se multiplico por 8, siendo esta la cantidad de Guaduas utilizadas en cada escalón de la estructura, obteniendo un resultado de **339,52 kN**, convirtiéndolo a Toneladas se tiene un valor de **34,62 Ton**.

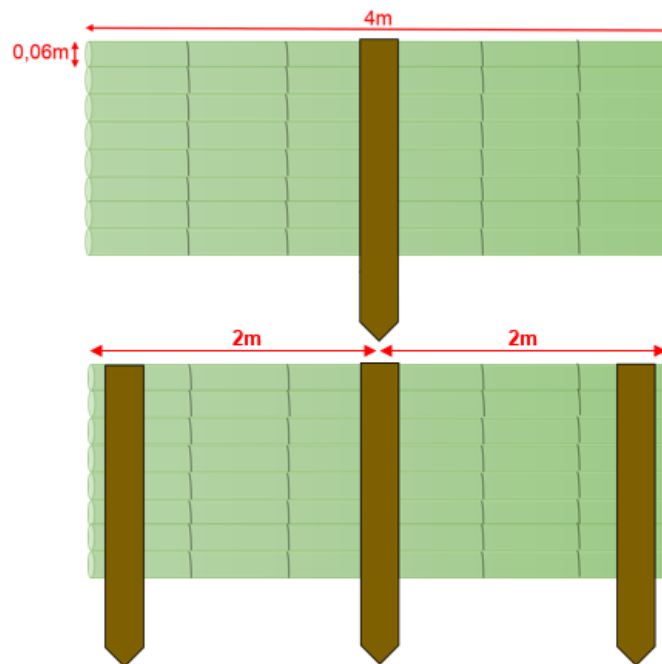
El esfuerzo total de la Guadua por escalón, se calculó dividiendo el valor de la carga que resiste la Guadua sobre el área de cada escalón, como se ilustra a continuación:

*Ecuación 2 Esfuerzo total de la Guadua*

$$\text{Esfuerzo total: } \frac{34,62 \text{ Ton}}{0,50\text{m} * 4\text{m}} = 17,31 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Dicho lo anterior el esfuerzo que resiste la Guadua por cada escalón es de 17,31 Ton/m<sup>2</sup> aproximadamente, se debe tener en cuenta que la cantidad de nudos dentro de una Guadua aporta o disminuye la resistencia que puede tener la Guadua frente al esfuerzo que se esté aplicando.

*Figura 8 Vista frontal de la Guadua por escalón*



*Fuente: Autores*

En la **Figura 8** se ilustra la forma en que la Guadua va a ser colocada en el talud (horizontalmente) y las estacas que irán instaladas en los extremos de la Guadua y en el centro, esto quiere decir que dichas estacas aportarán en la resistencia al esfuerzo de flexión que sufrirá la estructura, dejando una longitud efectiva de 2m entre cada estaca, disminuyendo dicho esfuerzo.

### 7.3 TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

La toma de muestras se realizó manualmente, es decir no se necesitó de ninguna clase de maquinaria. Se hizo una distribución total de 4 sondeos con el fin de caracterizar el subsuelo encontrado en el talud, teniendo en cuenta que según la NRS-10 título H – H.3.2.6 el mínimo de sondeos para un estudio es de 3 sondeos.

En primer lugar, se marcaron los sondeos donde se iba a extraer las muestras de suelo, seguido de esto se empezó a excavar la profundidad necesaria para poder obtener la cantidad de suelo suficiente para poder realizar los laboratorios, las profundidades de los sondeos fueron las siguientes:

- **Sondeo 1:** 0cm a 50cm
- **Sondeo 2:** 0cm a 70cm
- **Sondeo 3:** 0cm a 40cm
- **Sondeo 4:** 0cm a 60cm

*Imagen 28 Fotografías de sondeos en el Talud natural, San Francisco Cundinamarca*



*Fuente: Autores*

Teniendo en cuenta el material encontrado se realizó un perfil estratigráfico y una descripción del mismo, se llegó a una profundidad de 70cm, ya que como la excavación se hizo manualmente no se pudo seguir con el proceso por el esfuerzo que llevaba extraer el material del talud natural, los estratos encontrados fueron:  
En los sondeos realizados no se encontró Nivel freático.

## ESTRATO 1

Limo areno arcilloso, color gris con vetas color negro y carmelito, con presencia de algunas gravas y raíces. Se clasifica como ML.

En los sondeos 1 y 2 encontró material de construcción como trozos de ladrillo, madera y concreto, como se ilustra a continuación:

*Imagen 29* Fotografías del material de construcción encontrado en el Sondeo 1 y 2.

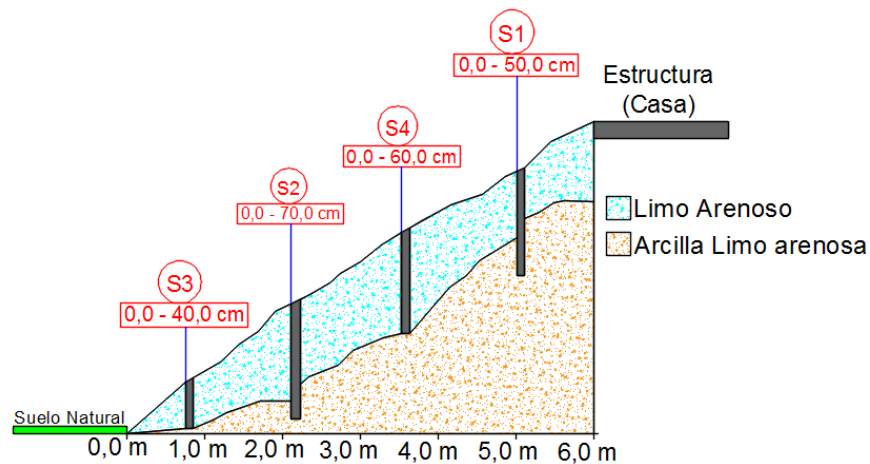


*Fuente:* Autores

## ESTRATO 2

Arcilla areno limosa color gris y/o negro con vetas color naranja, con oxidaciones y presencia de grava. Se clasifica como CL.

*Figura 9* Perfil estratigráfico del material de suelo encontrado



*Fuente:* Autores

Los ensayos que se realizaron con el material extraído se ilustran resaltados en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que los laboratorios mencionados en dicha tabla son los que se tenían programados para realizar el proyecto:

*Tabla 13 Normas técnicas de los laboratorios realizados para el proyecto*

No. PRÁCTICA	NOMBRE CORTO	NORMA TÉCNICA	NOMBRE NORMA
1	<b>Humedad</b>	INVE - 122	Determinación en laboratorio del contenido de agua de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado.
2	<b>Peso Unitario</b>	ASTM 7263-09	Peso Unitario
3	<b>Gs Finos</b>	INVE 128	Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y del llevante mineral, empleando un Picnómetro con agua.
4	<b>LL</b>	INVE 125	Determinación del Límite líquido de los suelos.
5	<b>LP</b>	INVE 126	Límite Plástico e índice de plasticidad de los suelos.
6	<b>lavado del material</b>	INVE - 201	Muestreo de materiales para la construcción
7	<b>Granulometría</b>	INVE 123	Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos.
8	<b>Corte Directo</b>	INVE 154	Ensayo de Corte Directo en condición consolidada drenada (CD)

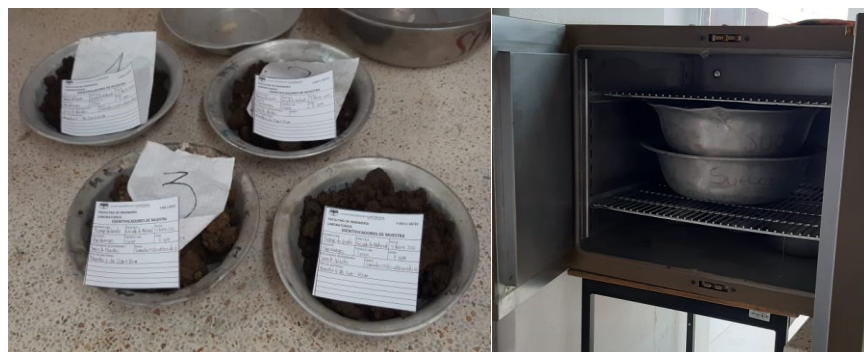
*Fuente: Laboratorio de la Universidad Católica de Colombia, INVIAS*

## 7.4 ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL SUELO

### - SECADO DEL MATERIAL

Este ensayo consiste en la colocación de las muestras en el horno hasta que esté completamente seco, teniendo en cuenta que se debe tomar el peso de la muestra antes de ponerlo al horno, ya que el suelo contiene una humedad propia. Ver **Anexo 5**. Bitácora de laboratorio, Secado del material, Autores

*Imagen 30 Fotografías del ensayo de Secado del material, Laboratorio Universidad Católica de Colombia*



*Fuente: Autores*

## - CONTENIDO DE HUMEDAD

Este ensayo se dividió en dos partes, ya que antes de haber puesto el material en el horno se debió tomar el peso del material y posteriormente a esto se debe pesar la muestra después de haber sacado el material del horno, de esta forma se puede calcular la humedad natural del suelo. Ver **Anexo 6** Bitácora de laboratorio, Contenido de Humedad, Autores

*Imagen 31 Fotografías del ensayo de Contenido de Humedad, Laboratorio Universidad Católica de Colombia*



*Fuente: Autores*

Los resultados obtenidos en el ensayo fueron los siguientes:

### **Peso del material antes del secado:**

- **Muestra 1** = 620,13gr
- **Muestra 2** = 581,47gr
- **Muestra 3** = 603,92gr
- **Muestra 4** = 634,12gr

Peso del material después del secado:

- **Muestra 1** = 436,59gr
- **Muestra 2** = 424,39gr
- **Muestra 3** = 434,81gr
- **Muestra 4** = 436,25gr



## CONTENIDO DE HUMEDAD

*Ecuación 3 Humedad total*

$$\frac{\text{Peso Muestra Humeda} - \text{Peso Muestra Seca}}{\text{Peso Muestra Humeda}} \times 100$$

Las humedades obtenidas fueron:

- Muestra 1 = 29,61
- Muestra 2 = 27,01
- Muestra 3 = 28,00
- Muestra 4 = 31,20

### - LAVADO DEL MATERIAL

En este ensayo se utilizó el material restante de suelo, de acuerdo a la norma INV E 201 se tomó un tamaño promedio por muestra y de esta forma poder calcular la cantidad necesaria para hacer el lavado.

*Imagen 32 Fotografías de las muestras después de secado, Laboratorio de la universidad Católica de Colombia*



Fuente: Autores

Para el lavado se utilizaron los tamices N°16 y N°200 para cada muestra, seguido de esto se llevó al horno para el secado del material y poder realizar la Granulometría.

*Imagen 33 Fotografías del ensayo de lavado del material, Laboratorio de la Universidad Católica de Colombia*



*Fuente: Autores*

## 7.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DEL SUELO

Basados en el informe Geotécnico realizado para el proyecto Riachuelos ubicado en la Vega durante el año 2017, el subsuelo encontrado en las perforaciones realizadas para dicho proyecto, tiene las mismas características que el material extraído en el talud natural. Dada estas similitudes se adaptaron los resultados de laboratorio de los ensayos de Límites de Atterberg, Granulometría y Peso Unitario para nuestro proyecto ver **Anexo 8**, **Anexo 9** y **Anexo 10**, los resultados fueron los siguientes:

*Tabla 14 Resultados de laboratorio complementaria adaptadas al proyecto de estudio, Peso unitario, Humedad natural y Límites de Atterberg*

Sondeo	Profundidad (m)		Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad Natural (% W)	Límites de Consistencia			Clasificación	
	De	A			Limite Líquido (% LL)	Limite Plástico (% LP)	Índice de Plasticidad (% IP)	AASHTO	USCS
1	0,00	0,50	2.05	29,61	33.91	27.16	6.74	A-4	ML
2	0,00	0,70	2.09	27,01	36.05	26.55	9.50	A-4	ML

3	0,00	0,40	2,04	28,00	39.73	23.67	16.06	A-6	CL
4	0,00	0,60	2.03	31,20	33.79	23.67	10.12	A-4	CL

*Fuente: (Suelos, 2017) y Autores*

**Tabla 15** Resultados de laboratorio complementaria adaptadas al proyecto de estudio, Granulometría

Sondeo	Profundidad (m)		Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	Análisis Granulométrico			Clasificación	
				% Pasa Tamiz #200	Fracción Gruesa	% Retenido Total #4	AASHTO	USCS
	De	A						
1	0,00	0,50	2.05	63.07	36.93	16.65	A-4	ML
3	0,00	0,40	2,04	77.71	22.29	9.04	A-4	ML

*Fuente: (Suelos, 2017) y Autores*

## 8. ESTABILIDAD ACTUAL DEL TALUD NATURAL (FACTOR DE SEGURIDAD)

Se determinó la estabilidad del talud natural actual por medio de un factor de seguridad en condiciones normales y en comportamiento sísmico, con la ayuda del Software SLIDE, el cual es uno de los programas disponibles para el análisis de estabilidad de taludes, con análisis de filtración de aguas subterráneas por el método de elementos finitos, permite evaluar cualquier tipo de taludes y suelos. La licencia del software SLIDE se tomó directamente del Centro Geotécnico Internacional CGI.

El factor de seguridad se calculó por medio del Software y su resultado se comparó con la norma NSR-10 para conocer la estabilidad real del talud de estudio. Se debe tener en cuenta que la estabilidad de taludes varía según los diferentes factores presentes en el sitio, como lo son las lluvias, actividades sísmicas, peso del material y parámetros de resistencia al corte como la cohesión y ángulo de fricción interna, parámetros que se utilizan en la modelación en SLIDE.

Por otro lado, según la Norma NSR-10 TITULO H Capitulo 2, el factor de seguridad se calcula como la relación entre fuerzas resistentes y fuerzas actuantes, para conocer la estabilidad de los taludes se mencionan factores de seguridad mínimos para el cálculo de este, como se ilustra en la siguiente tabla:

**Tabla 16** Factores de Seguridad mínimos directos

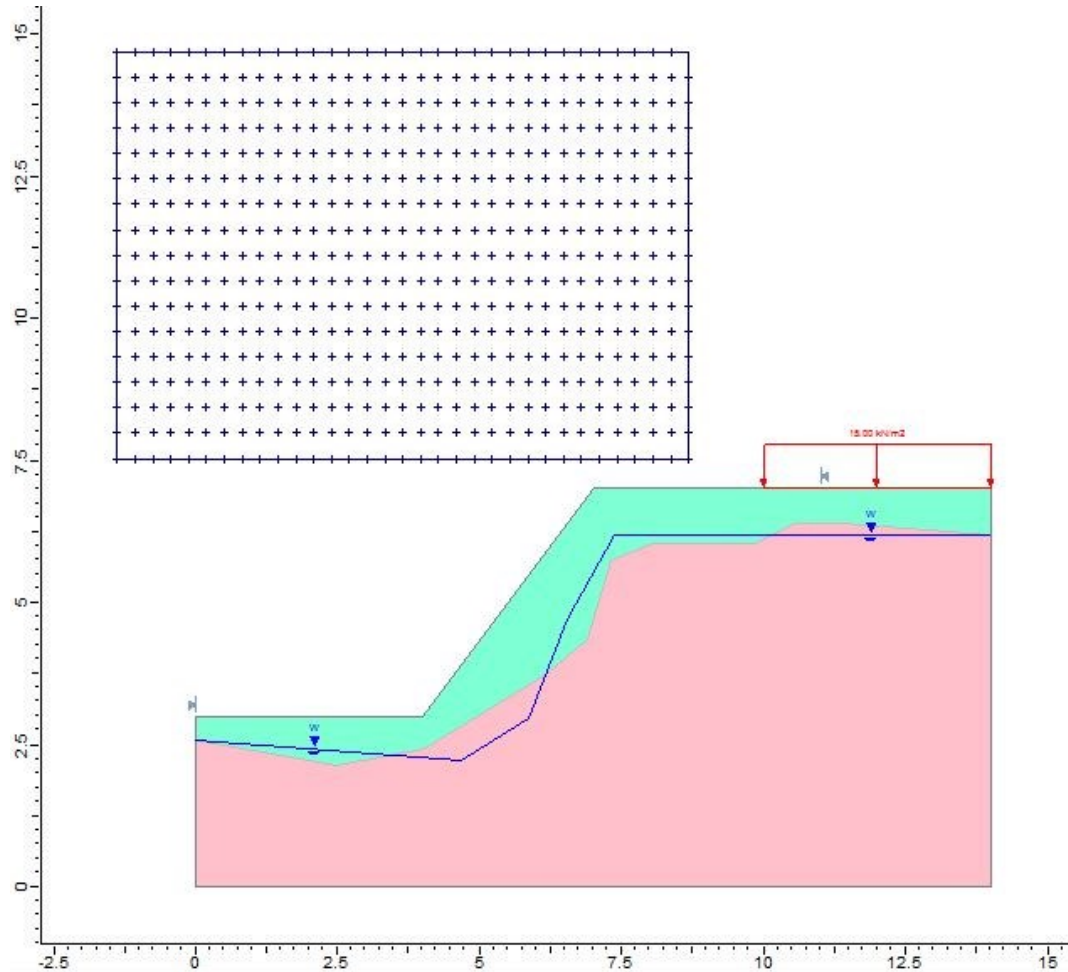
Condición	$F_{SBM}$	
	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)

**Fuente:** (Ingeniería, 2012)

En la **Figura 10** se ilustran los parámetros iniciales que se tuvieron en cuenta para la modelación, allí se observan el talud natural de estudio, los materiales encontrados en la exploración con sus características pertinentes **ver Tabla 14 Resultados de laboratorio complementaria adaptadas al proyecto de estudio**, Peso unitario, Humedad natural y Límites de Atterberg, malla (red de desplazamientos), carga de la casa construida en la corona del talud (15 Kn/m<sup>2</sup>) y el nivel freático, teniendo en cuenta que en el terreno no se identificó un nivel de aguas, pero al ser

una zona de alta humedad se debe colocar un nivel freático promedio para que el modelo pueda tener un comportamiento similar al actual.

**Figura 10** Parámetros iniciales para la modelación, Software SLIDE



**Fuente:** Autores

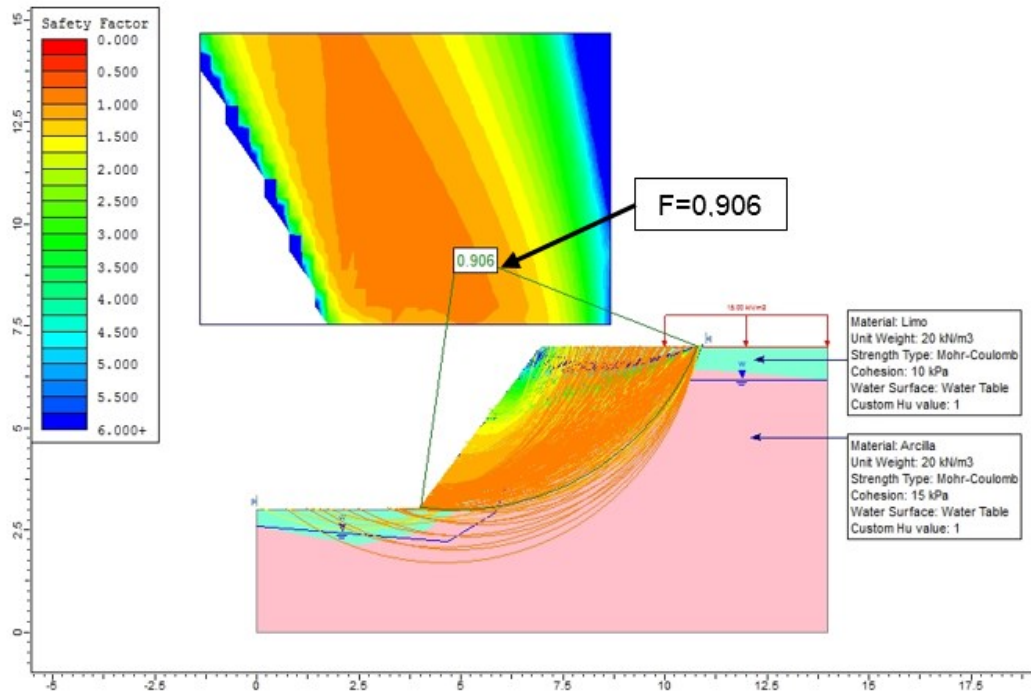
El Software SLIDE modela con dos métodos de diseño, los cuales son el método de Janbu y el método de Bishop, la diferencia entre estos dos métodos es que el método de Janbu busca el equilibrio de fuerzas y el método de Bishop busca el equilibrio de momentos, por esta razón se trabaja con los dos métodos activos (Zaldívar, 2018) .

A continuación, se ilustra el modelo en condiciones normales, arrojando un factor de seguridad de  $F=0,906$ . Según la norma NSR-10 TITULO H ver **Tabla 16**, el factor mínimo para taludes en condiciones normales y agua subterránea normal debe ser

de 1,50, por lo que se observa que el factor calculado es menor que el factor que se indica en dicha tabla.

Dada esta información, se podría decir que la condición del talud natural actualmente es inestable.

**Figura 11** Modelación en condiciones normales del talud natural, Software SLIDE

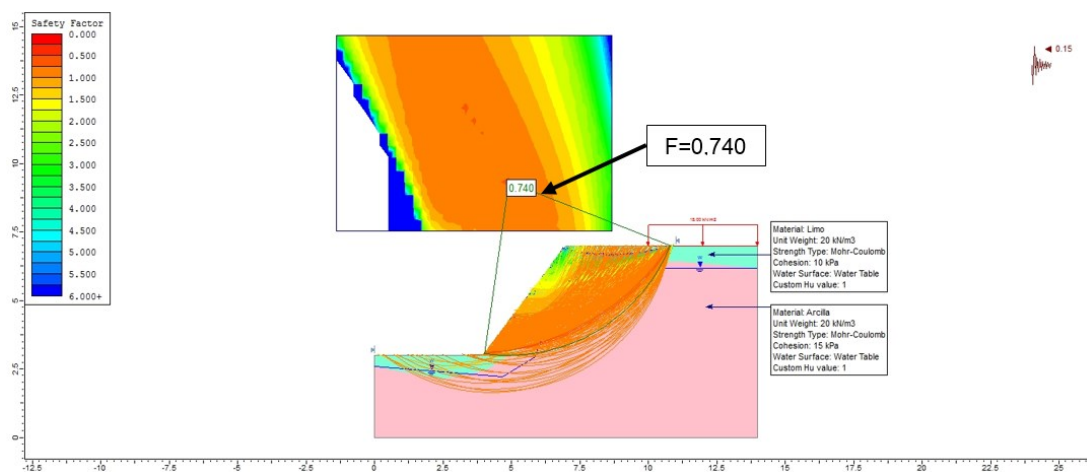


**Fuente:** Autores

Adicional al factor de seguridad calculado en condiciones normales, se debe calcular también para comportamientos sísmicos, ya que es necesario conocer el comportamiento horizontal y vertical del talud actualmente.

Para conocer el factor de seguridad en el Software SLIDE en condiciones sísmicas, se utilizó un coeficiente de aceleración  $A_a$ , que se describe en la norma NSR-10 TITULO A apéndice A-4 donde señala los valores que se deben tener en cuenta para el diseño en condiciones sísmicas; dichos valores se nombran de acuerdo a cada sector o municipio dentro del país. San Francisco Cundinamarca según la NSR-10 le corresponde un valor de  $A_a=0,15$ .

**Figura 12** Modelación en condiciones sísmicas del talud natural, Software SLIDE



*Fuente: Autores*

Teniendo en cuenta la figura anterior, se observa que el factor de seguridad corresponde a un valor de 0,740, confirmando que el talud de estudio no es estable en ninguna de las condiciones. El valor obtenido se puede comparar en la **Tabla 16** donde nos señala un valor de 1,05 como mínimo para diseño de taludes en condiciones seudo-estáticas.

## 9. CÁLCULO DE EMPUJE DE TIERRAS VS RESISTENCIA DE LA GUADUA

Para conocer si la alternativa propuesta en esta investigación, la cual es diseñar una estructura en Guadua capaz de soportar el esfuerzo producido por el empuje de tierras y de esta forma controlar la erosión del Talud natural, se realizó el cálculo aproximado del esfuerzo en el cual estará sometida la Guadua por escalón, por otro lado, es importante señalar que la Guadua no se puede modelar en el Software SLIDE, ya que es un material natural que cuenta con nodos, los cuales no permiten que sea una longitud continua, restringiendo la posibilidad de modelarlo como contención en el software SLIDE y por esta razón no se podría tener un factor de seguridad por medio del programa.

Dicho lo anterior, los cálculos que se realizaron para conocer el trabajo de la Guadua en la estructura se analizaron de la siguiente forma:

Según la NSR-10 TITULO H, El suelo tiene un peso unitario aproximadamente de 2,05 Ton/m<sup>3</sup> dependiendo el material que se encuentre en el sitio (Limo y Arcilla). Se determinó el esfuerzo del empuje de tierra del talud natural multiplicando 2,05 Ton/m<sup>3</sup> por el ancho total del Talud el cual es 4 m, se obtuvo como resultado un esfuerzo total de **8,2 Ton/m<sup>2</sup>** y la Guadua resiste un esfuerzo total de **17,31 Ton/m<sup>2</sup>**, *ver 7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS LABORATORIOS DE RESISTENCIA EN LA GUADUA*



## **10. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA ESCALONADA ESTABILIZADA CON GUADUA**

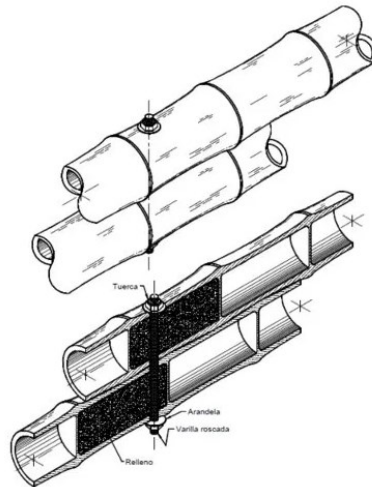
Para la construcción de la estructura escalonada estabilizada con Guadua, se debe tener en cuenta el siguiente procedimiento para tener el resultado esperado:

1. Se debe preparar el talud, es decir, un descapote, quitando las raíces, materia orgánica y la vegetación existente para dejar la superficie limpia y no tener material que pueda dañar la construcción de la estructura.
2. Para el proceso de excavación, se deben tener en cuenta varias especificaciones; en primer lugar, se debe excavar por etapas en cada escalón, es decir, el escalón tiene un ancho de 4m y una altura de 0,50m, entonces se debe excavar por bloques de 1m de ancho por 0,50m de alto, evitando el deslizamiento de tierras mientras se termina de excavar.

En segundo lugar, se debe tener en cuenta que al excavar se debe ir estabilizando la contrahuella (pared vertical del escalón) con la Guadua y las estacas de madera, ubicadas en los extremos y centro de la estructura, ya que, si no se hace simultáneamente a la excavación, se estaría corriendo el riesgo de deslizamiento de tierra.

3. Dicho lo anterior, se debe tener presente que las estacas van enterradas en el suelo, dándole aún más estabilidad a la estructura de Guadua.
4. La Guadua se debe unir con pernos roscados de diámetro mínimo de 3" (9,5 mm) con tuerca y arandela en los dos extremos. Para asegurar que el perno se adhiera debidamente, la Guadua debe estar rellena de mortero en los entre nudos donde se colocará el perno metálico, como se ilustra a continuación:

**Imagen 34** Unión pernada de la *Guadua Angustifolia* Kunth



**Fuente:** (Construcción, 2019)

La ubicación del perno debe ser a un nudo de los extremos de la Guadua. Para la unión de las Estacas a la Guadua se debe utilizar el mismo método de anclaje, rellenando el entrenudo donde se colocará el perno.

5. Por último, se debe sembrar en el descanso del escalón, plantas que trabajen en conjunto con la estructura regulando el drenaje del agua y controlando la erosión ver **Tabla 4**.

## 11. ANÁLISIS DEL CONTROL DE EROSIÓN Y METEORIZACIÓN CON LA ESTRUCTURA ESCALONADA

En el formulario de descripción del escenario de riesgo por “Deslizamientos /Movimientos en masa” ver **Anexo 1**, numeral 2.1.1, menciona que el fenómeno erosivo se ha presentado con más intensidad en las últimas décadas en el municipio de San Francisco Cundinamarca a causa de las fuertes temporadas de lluvia, causando deslizamientos de tierras, pérdidas de viviendas, cultivos, daños en vías, entre otros.

Para evitar algún tipo de riesgo causado por el proceso erosivo, se han construido diferentes alternativas, como lo son muros de contención de gaviones, sistemas de evacuación de aguas en vías principales y terciarias. En las zonas rurales del municipio, los daños causados son principalmente por fenómenos erosivos que tienen como consecuencia deslizamientos de las Laderas y en la zona urbana se identifican afectaciones en las vías por fallas geológicas o niveles freáticos muy altos.

Se plantea la alternativa de construir una estructura escalonada en Guadua, que tenga la capacidad de estabilizar el Talud de estudio ubicado en la vereda Tóriba, zona rural del municipio y por otro lado que controle el fenómeno erosivo, evitando futuros deslizamientos. Teniendo en cuenta la investigación desarrollada a lo largo del documento, La Guadua, a pesar de ser un material natural, aporta resistencia en la contención del Talud mencionada en el **capítulo 9**, Por otro lado, cubre el suelo de la pendiente del talud, evitando que el golpeteo de la lluvia produzca meteorización en el sitio y una futura erosión, se debe tener en cuenta que al ser una estructura escalonada y revegetada, no permite el estancamiento de agua reduciendo el tiempo de paso del agua por el sitio.

## 12. CONCLUSIONES

- La Guadua es un material resistente a todo tipo de esfuerzo, teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de Compresión y Flexión podemos identificar que, la Guadua tiene una mayor resistencia a la Compresión, pero en cuanto a la Flexión mantiene un esfuerzo alto, siendo este un material apto para cualquier tipo de estructuras.
- La Guadua como alternativa de contención si es factible, ya que es lo suficientemente resistente para someterse a un esfuerzo como un empuje de tierras, teniendo una resistencia total de 17,21 Ton/m<sup>2</sup> aproximadamente, sin embargo, al ser un material natural que presenta nodos en su longitud, no se podría conocer exactamente el comportamiento de la Guadua frente a otro material ya sea natural o industrial, por dicha razón en un Software como SLIDE no se puede modelar.
- La estructura al ser escalonada y revegetada evita que el agua que llegue al suelo ya sea por lluvia o por deslizamiento natural, no se estanque, evitando la erosión y la meteorización del suelo, agilizando el paso del agua por dicho lugar.
- El uso de la Guadua para el control de la erosión de los suelos resulta ser un método eficiente, económico y rápido, ya que al ser un material natural presenta propiedades de resistencia muy altas y es amigable con el entorno en el que se trabaja. Dicha resistencia puede ser aprovechada y duradera si se tiene un buen proceso de inmunización y un constante mantenimiento a dicha estructura.
- En aspectos económicos y de eficiencia tenemos que el costo de mantenimiento, adquisición, ejecución de proyectos en Guadua se reduce considerablemente, en cuanto al tiempo, el proceso constructivo con la Guadua es mucho menor comparado con los muros de concreto lanzado, ya que el Concreto requiere mínimo 28 días para su fraguado mientras la Guadua requiere solo 21 días.

### 13.RECOMENDACIONES

Para asegurar que la estructura prolongue su vida útil en óptimas condiciones, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La Guadua en el momento de cortarse, debe someterse a un proceso de inmunización para evitar el deterioro y la presencia de alguna plaga en la estructura.
- Es importante que, en el momento de sembrar la vegetación en la estructura, se restrinja toda planta de raíces profundas y gruesas, ya que dañaría la unión de la Guadua y absorbería más cantidad de agua provocando meteorización y futura erosión.
- Desde el momento de la construcción de la estructura, se debe hacer un debido mantenimiento verificando las uniones de la Guadua, presencia de plagas en algún elemento y quitando la maleza que se puede llegar a presentar en la vegetación.
- La unión pernada de Guadua-Guadua, debe ir relleno de concreto en el tramo del nodo donde ira ubicado el perno, asegurando la conexión de los materiales.
- Se debe tener en cuenta que el esfuerzo que resiste la Guadua varía de acuerdo a su longitud, cantidad de nodos presentes y diámetro.

## 14. REFERENCIAS

- Agricultura, M. De, & Rural, D. (2015.). *¡A producir Guadua en Cundinamarca!*
- Agropecuaria, S. del M. A. y D. (2011.). *Acciones del programa de limpieza*. Retrieved from <https://www.envigadoteinforma.gov.co/avanzan-acciones-del-programa-de-limpieza-de-quebradas/>
- Alvarado, V., Bermúdez, T., Romero, M., & Piedra, L. (2014). Plantas nativas para el control de la erosión en taludes de ríos urbanos. *Spanish Journal of Soil Science*, 4(1), 99–111. <https://doi.org/10.3232/SJSS.2014.V4.N1.07>
- Bruce, 2011. (2013). Escenarios de riesgo en el municipio de San Francisco de Sales. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- CAR, C. A. R. (2016.). *Con obras de Bioingeniería, CAR Cundinamarca mitiga riesgo de remoción de masa en Vianí*. Retrieved from <https://coratierras.org/2017/12/12/con-obras-de-bioingenieria-car-cundinamarca-mitiga-riesgo-de-remocion-de-masa-en-viani/>
- Ciencia Clima. (2018). INFOAGRO. Retrieved from <https://infoagro.com.ar/que-es-la-erosion-del-suelo-sus-causas-y-consecuencias/>
- Construcción, I. y. (2019). Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth. Retrieved from <https://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>
- D.C, S. J. D. de la A. M. de B. (1995). *Decreto 2150 de 1995 Nivel Nacional*. Retrieved from <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1208>
- De Planeación, O., Compromiso, N., Francisco, S., & De, M. (2005). *Acuerdo Esquema De Ordenamiento Territorial Municipio De San Francisco 388 De 1997 Y Considerando*. (21), 1–59.
- Díaz Mendoza, C. (2011). Alternatives for erosion control by using conventional coverage, non- using conventional coverage, nonconventional coverage and revegetation. *Ingeniería e Investigación; Vol. 31, Núm. 3 (2011); 80-90 Ingeniería e Investigación; Vol. 31, Núm. 3 (2011); 80-90 2248-8723 0120-5609*.
- Dickerson J.A, Miller C.F, Burgdorf D.W, G. M. V. . (2008.). *A critical analysis of plant material needed for soil bioengineering*.
- E.Estalrich. (n.d.). *EROSION EN SUELOS.pdf*.
- Estabilidad de taludes*. (2010.). Retrieved from <https://estabilidad-de-taludes7.webnode.es/news/marco-teorico/>

- Euston. (2010). Ciencias de la Tierra. In *Euston96*. Retrieved from <https://www.euston96.com/meteorizacion/#:~:text=Las principales consecuencias de la,paisajes de la corteza terrestre.>
- Francisco, A. municipal de S. (2009). *Subsistema Biofisico-Social*.
- Gallego Arias, C. E., & E., C. (2016). *Trincho en guadua, y su optimización con enfoque bioingenieril para el control de la erodabilidad hídrica en el Ecoparque Los Alcázares (Manizales)*. 194. Retrieved from <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/1335>
- Gemma, M. (2007). Glosario de Términos Relativos a Movimientos en Masa. *Movimientos En Masa En La Región Andina Teniendo*, 119–165. Retrieved from [http://www2.cose.isu.edu/~crosby/teach/udec/reading/Espanol\\_Ingles\\_Glosario\\_MMRA\\_2007.pdf](http://www2.cose.isu.edu/~crosby/teach/udec/reading/Espanol_Ingles_Glosario_MMRA_2007.pdf)
- Gray D.H, S. R. . (2010.). *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization*.
- Guadua Angustifolia Kunth*. (n.d.). Retrieved from <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>
- Hall, S. (2012). *Lineamientos básicos para la formulación del plan municipal*. 66, 37–39.
- Hernández Atencia, Y., & Ramírez Arcila, H. (2016). Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca Cay, Ibagué, Tolima, Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26(2), 111–128. <https://doi.org/10.18359/rcin.1800>
- ICONTEC. (2008). *NTC 5300 - Cosecha Y Postcosecha Del Culmo De Guadua Angustifolia Kunth*. (571). Retrieved from <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5300.pdf>
- ICONTEC. (2014). Etiquetas Ambientales Tipo I. Sello Ambiental Colombiano. Criterios Ambientales Para Productos De Primero Y Segundo Grado De Transformación De Guadua Angustifolia Kunth. *Ntc*, 6100(I.C.S.:13.020.50), 17.
- Ingeniería, A. C. de. (2012). *NSR-10 - TÍTULO H — ESTUDIOS GEOTÉCNICOS*. 72. Retrieved from <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/8titulo-h-nsr-100.pdf>
- J, J. R. T. (n.d.). *La Erosion Hidrica: Proceso, Factores Y Formas*. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=a7EzAQAAMAAJ>
- Ley, 842. (2003). Ley 842 de 2003. *El Abedul*, 2003(45), 40. Retrieved from [http://www.elabedul.net/San\\_Alejo/Leyes/Leyes\\_2003/ley\\_842\\_2003.php](http://www.elabedul.net/San_Alejo/Leyes/Leyes_2003/ley_842_2003.php)

- López Sáez, J., & López García, P. (1996). La vegetación. *Bolskan: Revista de Arqueología Del Instituto de Estudios Altoaragoneses*, (13), 143–146.
- Mergili, M., Marchant Santiago, C. I., & Moreiras, S. M. (2015). Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la región Andina. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 24(2), 113–131. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v24n2.50211>
- Municipal, A. (2019). San Francisco Cundinamarca. Retrieved from <http://www.sanfrancisco-cundinamarca.gov.co/>
- Producción y Construcción Sostenible*. (2012.). Retrieved from <https://armeideasenguadua.com/guadua/>
- R.G, G. (1995). *Its use for slope and structure stabilization under tropical and semi tropical conditions vegetation and slopes*. 26–35.
- Remoción en masa*. (2019.). Retrieved from [https://www.geocaching.com/geocache/GC7K665\\_remocion-en-masa-las-amarillas?guid=558565e4-c1e9-407c-bff3-ea8616a0699d](https://www.geocaching.com/geocache/GC7K665_remocion-en-masa-las-amarillas?guid=558565e4-c1e9-407c-bff3-ea8616a0699d)
- Rene, R. P. A. (2016). Ensayos para determinar y comparar las propiedades físico mecánicas de la Guadua Angustifolia. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 3(1), 1–217. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000238666>
- Sostenible, M. del M. A. (2016). *Resolucion 1740 - Manejo, aprovechamiento y establecimiento de Guadales y Bambusales* (p. 14). p. 14.
- Suarez, J. (2001). Bioingeniería y Biotecnología. *Control de Erosión En Zonas Tropicales*, 1, 291–348.
- Suelos, I. (2017). *Estudio Geotécnico del proyecto Riochuelo, La Vega Cundinamarca*.
- Técnica, N., & Masa, E. N. L. A. (2014). *NTC*. (571).
- Todacolombia. (2015.). *Colombia*. Retrieved from <https://www.todacolombia.com/index.html>
- Zaldívar, Y. M. (2018). Uso del software Slide para el análisis del comportamiento sísmico de taludes. *Ciencia & Futuro*, 8(2), 1–17.



## ANEXOS

### Anexo 1. Formulario 2, Descripción del escenario de riesgo por deslizamientos/movimiento en masa, Plan Nacional de Gestión del Riesgo de desastres San Francisco de Sales

<b>Formulario 2. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO POR “DESLIZAMIENTOS / MOVIMIENTO EN MASA”</b>
<i>En este formulario se consolida la identificación y descripción de las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y daños y/o pérdidas que se pueden presentar. Tener presente que se puede tratar de un escenario de riesgo futuro.</i>
<b>2.1. CONDICIÓN DE AMENAZA</b>
<b>2.1.1. Descripción del fenómeno amenazante: Deslizamiento de tierra</b>  El riesgo por este fenómeno se ha venido presentando a lo largo de la historia del municipio, pero se ha intensificado en las últimas dos décadas, dada la intensidad de las lluvias, se volverá a presentar en épocas de invierno puesto que las condiciones geográficas (Suelo y Topografía), las condiciones socioeconómicas ( Uso del suelo, tecnologías y minería), generaran nuevamente procesos erosivos y deslizamientos que causaran perdida de vidas humanas y bienes como viviendas, cultivos, producción, vías e infraestructuras. El fenómeno se puede agravar por factores como el cambio climáticos (Fenómeno del niño con el aumento de lluvias), la deforestación.  En el área urbana se podrían presentar deslizamientos de tierra por causa se las fallas geológicas presentes en el sector, que al interactuar con otros agentes como lo son el agua subterránea proveniente de aljibes de la parte alta del municipio, agua proveniente de un tramo colapsado de alcantarillado que no son fácilmente detectables, podría desestabilizar el terreno generando desplazamientos lentos o súbitos de tierra en el sector urbano.
<b>2.1.2. Identificación de causas del fenómeno amenazante:</b> Cambio climático Lluvias intensas Topografía Saturación del suelo (niveles freáticos altos) Susceptibilidad del suelo (pendiente – topografía, conformación geológica) Actividad sísmica

### **2.1.3. Identificación de factores que favorecen la condición de amenaza:**

Alteración del terreno por excavaciones para explotación de arena con licencia.

Construcción inadecuada de viviendas y vías.

Formación de terracetos para ganadería lechera.

Cambio de uso del suelo (deforestación por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera).

Mal manejo de aguas servidas y filtración de pozos sépticos aledaño a zona urbana

Sobre explotación del suelo y falta de adaptación del medio de los sistemas productivos.

Falta de conocimiento y divulgación del fenómeno.

Falta de políticas públicas en la producción sostenible.

Implementación de planes y adecuado manejo de aguas (escorrentía, acueductos, vertimientos de aguas negras).

Falta de instrumentos de planificación para la infraestructura productiva.

### **2.1.4. Identificación de actores significativos en la condición de amenaza:**

Administración municipal ( Secretaría de planeación municipal, UMATA, secretaria de obras públicas)

Explotadores de arena en quebradas y minas

CAR ( Corporación Autónoma Regional)

La comunidad que construye en zonas de riego y alteran la estabilidad del suelo.

## **2.2. ELEMENTOS EXPUESTOS y SU VULNERABILIDAD**

**2.2.1. Identificación general:** *Identificar de manera general los elementos expuestos en el presente escenario de riesgo (agregar filas de ser necesario). En cada grupo de elementos describir las condiciones de vulnerabilidad utilizando para ello una descripción de cómo inciden los factores de vulnerabilidad (los que apliquen). Se trata de describir qué elementos están expuestos y porqué son vulnerables:*

**a) Incidencia de la localización:** *(Descripción de cómo la localización o ubicación de los bienes expuestos los hace más o menos propensos a sufrir daño y/o pérdida en este escenario)*

Los bienes que están expuestos por este factor, son aquellos que están ubicados en zonas de alta pendiente, zonas cercanas a quebradas, en partes bajas de las cuencas como son viviendas, cultivos, bocatomas, ganado, bosques, localizados en las veredas y algunas zonas de la parte urbana, puesto que el municipio se ubica en zona de pendientes, además se encuentra con zona sísmica media.

**b) Incidencia de la resistencia:** *(Descripción de cómo la resistencia física de los bienes expuestos los hace más o menos propensos a sufrir daño y/o pérdida en este escenario)*

Se encuentran más expuestos los bienes ubicados en zona urbana ( viviendas), son construidas en zonas de pendiente y sin resistencia.

De todas maneras forma físicamente todos los bienes expuestos ante una situación de riesgo.

**c) Incidencia de las condiciones socio-económica de la población expuesta:** *(descripción de cómo las condiciones sociales y económicas de la población expuesta la hace más o menos propensa a resultar afectada, igualmente de cómo estas condiciones influyen en su capacidad de recuperación por sus propios medios)*

Las condiciones de pobreza de la mayoría de las familias expuestas, agrava la situación de vulnerabilidad puesto que no les permite comprar o construir sus bienes en zonas seguras, resistentes al riesgo y su reubicación, e igualmente hace imposible la recuperación por sus propios medios, por lo cual necesitara de la ayuda externa, gobierno local, departamental y nacional.

**d) Incidencia de las prácticas culturales:** *(identificación y descripción de prácticas culturales, sociales y/o económicas de la población expuesta o circundante que incidan en que los bienes expuestos (incluyendo la población misma) sean más o menos propensos a sufrir daño y/o pérdida en este escenario)*

El arraigo territorial y la cultura de conservación de los bienes, no permiten que las personas se reubiquen en zonas seguras.

**2.2.2. Población y vivienda:** *(barrios, veredas, sitios, sectores poblados en general. Estimativo de la población presente y descripción de la misma hasta donde sea posible, haciendo relevancia en niños, adultos mayores y en general población que requiera trato y comunicación especial. Tendencia del crecimiento poblacional y la expansión de la ocupación del sector. Si se considera relevante, descripción de su variabilidad en cuanto a día, noche, fines de semana o temporadas específicas por efecto de temporadas escolares, turísticas, etc)*

En cuanto a personas y vivienda las veredas y barrios del municipio de San Francisco – Cundinamarca.

Personas en riesgo: 4.350 habitantes aproximadamente.

**2.2.3. Infraestructura y bienes económicos y de producción, públicos y privados:** *(identificar si hay establecimientos de comercio, cultivos, puentes, etc.)*

La infraestructura que más se encuentra expuesta a la amenaza:  
Zona urbana , Estaciones de servicio, Sistema vial y centro de acopio

**2.2.4. Infraestructura de servicios sociales e institucionales:** *(establecimientos educativos, de salud, de gobierno, etc.)*

La infraestructura que más se encuentra expuesta a la amenaza:

Cancha deportiva municipal  
Centros educativos  
Centros de salud  
Salones comunitarios  
Vías del municipio  
Barrios  
Plaza de toros

**2.2.5. Bienes ambientales:** *(cuerpos de agua, bosques, suelos, aire, ecosistemas en general, etc.)*

Bosques aledaños a cuerpos de agua: se encuentran expuesta ( río cañas).

**2.3. DAÑOS Y/O PÉRDIDAS QUE PUEDEN PRESENTARSE**

<p><b>2.3.1. Identificación de daños y/o pérdidas:</b> <i>(descripción cuantitativa o cualitativa del tipo y nivel de daños y/o pérdidas que se pueden presentar de acuerdo con las condiciones de amenaza y vulnerabilidad descritas para los elementos expuestos)</i></p>	<p>Las personas se encontrarían expuestas y versen afectadas por la lesión o muerte dependiendo de la hora en que ocurra el evento.</p>
	<p>En bienes materiales particularmente:  Viviendas, vehículos, enseres domésticos</p>
	<p>En bienes materiales colectivos:  Infraestructuras de salud, educación, servicios públicos</p>
	<p>En bienes de producción:  Industrias, establecimientos de comercio, cultivos, pérdida de empleos</p>
	<p>En bienes ambientales:  Deterioro del paisaje, perdida de material vegetal por deslizamientos</p>

**2.3.2. Identificación de la crisis social asociada con los daños y/o pérdidas estimados:** *(descripción de la crisis social que puede presentarse de acuerdo con el tipo y nivel de daños y/o pérdidas descritas)*

La crisis social que genera un posible desastre llevara a desabastecimiento de alimentos, colapso en la prestación del sistema de salud pues solo existe un centro de salud capacitado para atender a lesionados, no se cuenta con sitios de albergue lo que llevara a una crisis sanitaria y de salubridad por falta de agua para consumo humano y la disposición adecuada de aguas servidas y heces humana, igualmente se presentaría desintegración de los núcleos familiares, deserción escolar, desempleo, aumento de enfermedades, epidemias, aumento de inseguridad, saqueos, invasiones.

**2.3.3. Identificación de la crisis institucional asociada con crisis social:** *(descripción de la crisis institucional que puede presentarse de acuerdo con la crisis social descrita)*

Con la crisis social las instituciones tendrán dificultades, ya que ninguna institución del municipio tiene capacidad de manejo y de respuesta a estos eventos, por lo tanto se perderá la confianza y el respeto por las autoridades lo que disminuye aún más la capacidad de respuesta de los organismos de socorro y de las autoridades.

**2.4. DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS E INTERVENCIÓN ANTECEDENTES**

*(Medidas de cualquier tipo y alcance que se han implementado con el objetivo de reducir o evitar las condiciones de riesgo objeto del presente capítulo. Descripción, época de intervención, actores de la intervención, financiamiento, etc.)*

Hasta el momento se han realizado las siguientes acciones para la reducción del riesgo:

Muros de contención de gaviones

Sistemas de evacuación de aguas en todas las vías terciarias del municipio

Se toman medidas a nivel preventivo:

Programas de reforestación en microcuencas abastecedoras de acueductos

Programas de compra de predios

Iniciación de agricultura de conservación con un grupo de productores

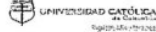

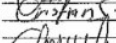
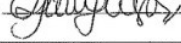
Programación de capacitaciones en medio ambiente

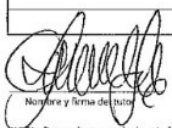
Los recursos para ejecutar estas obras y programas han sido entregados por:

INVIAS

Administración Municipal

**Anexo 2. Formato diligenciado de estimación de consumo para laboratorios del proyecto**

 FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS		Formato Estimación de Consumo de Laboratorio para Proyectos		CÓDIGO: F 053 LI 111 Versión 1.0	
PROGRAMA: <u>Ingeniería Civil</u>		LABORATORIO SOLICITADO: <u>Suelos</u>			
TÍTULO DEL PROYECTO: <u>Control de Erosión y Meteorización con Guardia entallados del Municipio San Francisco, Curiramañé, Vereda Tonba</u>					
NOMBRE ESTUDIANTE: <u>Laura Alejandra Morales Homara</u>		CÓDIGO: <u>506155</u>		FIRMA: 	
NOMBRE ESTUDIANTE: <u>Cristian Alejandro Samiento</u>		CÓDIGO: <u>5062791</u>		FIRMA: 	
NOMBRE DOCENTE A CARGO: <u>Olga Licia Torres A</u>				FIRMA: 	
CONSECUTIVO	ACTIVIDAD (O ENSAYO) A REALIZAR	DURACIÓN (HORAS)			
	Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos (Granulometría).	2 horas			
	Determinación del contenido de agua de muestra de suelo (Humedad)	2 horas			
	Determinación del límite Plástico e índice de Plasticidad de los suelos.	2 horas			
	Determinación del límite líquido de los suelos.	2 horas			
	Determinación del contenido orgánico de un suelo mediante el ensayo de Pérdida por ignición	2 horas			
	Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos.	2 horas			
	Condiciones humedad-Peso unitario seco en los suelos.	2 horas			
	Ensayo de Tracción para la Guardia	1 hora			
	Ensayo de Flexión para la Guardia	1 hora			
	Ensayo de Compresión para la Guardia.	1 hora			
		TOTAL		17 horas	

  
 Nombre y firma del tutor




  
 Nombre y firma del estudiante

  
 Nombre y firma del estudiante

Autorizado por WhatsApp, Nov 5/19, 16:40  
 Nombre y firma de la Coordinación de laboratorio




NOTA: Recuerde que copia de este formato, totalmente diligenciado y firmado, debe ser anexado a la Propuesta de Proyecto de grado

**Anexo 3.** Bitácora de laboratorio, ensayo de Compresión en Guadua, Autores




 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</b>			<b>BITÁCORA DE LABORATORIOS</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERIA-INGENIERIA CIVIL MODALIDAD: AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN DOCENTE ASESORA: OLGA LUCIA VANEGAS LABORATORISTA: CESAR PRADA</b>			<b>CONTROL DE EROSIÓN Y METEORIZACIÓN CON GUADUA EN TALUDES DEL MUNICIPIO SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA, VEREDA TÓRIBA.</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERIA-INGENIERIA CIVIL MODALIDAD: AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN DOCENTE ASESORA: OLGA LUCIA VANEGAS LABORATORISTA: CESAR PRADA</b>		<b>ESTUDIANTES : LAURA ALEJANDRA MORALES HERRERA 506155 CRISTIAN GILDARDO SARMIENTO RESTREPO 506279</b>	
FECHA	HORA DE INICIO	HORA DE FIN	NOMBRE DEL ENSAYO
02/03/2020	4:00pm	6:00pm	Ensayo de Compresión en Guadua
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>Para este ensayo se necesitaron 3 muestras de Guadua con una longitud de 30 cm y los siguientes diámetros:</p> <p><b>Muestra 1</b> Diámetro interno = 43,71mm Diámetro externo = 57,25mm</p> <p><b>Muestra 2</b> Diámetro interno = 44,74mm Diámetro externo = 56,67mm</p> <p><b>Muestra 3</b> Diámetro interno = 39,12mm Diámetro externo = 56,67mm</p> <p>Se calculo la resistencia a la compresión para esta cantidad de muestras, ya que se tiene un dato mas exacto de la carga que puede soportar este tipo de material frente a este esfuerzo que se somete.</p> <p>La máquina MTS tiene la función de incrementar carga a una probeta que en este caso es la Guadua hasta que ocurra una rotura en el material, ded ahí se obtiene el resultado final de resistencia para cada muestra, con un resultado de:</p> <p><b>Muestra 1 = 32,47kN    Muestra 2 = 32,07kN Muestra 3 = 21,57kN</b></p>			 
MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS			
<p>- Máquina MTS - 3 muestras de Guadua de 30cm de largo con un diámetro de maso menos 6cm</p>			






## Anexo 4. Bitácora de laboratorio, ensayo de Flexión en Guadua, Autores

 <b>BITÁCORA DE LABORATORIOS</b>			<b>CONTROL DE EROSIÓN Y METEORIZACIÓN CON GUADUA EN TALUDES DEL MUNICIPIO SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA, VEREDA TÓRIBA.</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERIA-INGENIERIA CIVIL</b> <b>MODALIDAD: AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN</b> <b>DOCENTE ASESORA: OLGA LUCIA VANEGAS</b> <b>LABORATORISTA: CESAR PRADA</b>		<b>ESTUDIANTES :</b> <b>LAURA ALEJANDRA MORALES HERRERA 506155</b> <b>CRISTIAN GILDARDO SARMIENTO RESTREPO 506279</b>	
FECHA	HORA DE INICIO	HORA DE FIN	NOMBRE DEL ENSAYO
06/03/2020	4:00pm	6:00pm	Ensayo de Flexión en Guadua
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>Para este ensayo se necesitaron 3 muestras de Guadua con una longitud de 30 cm y los siguientes diámetros:</p> <p><b>Muestra 1</b>            Diámetro interno = 40,78mm            Diámetro externo = 51,86mm</p> <p><b>Muestra 2</b>            Diámetro interno = 45,94mm            Diámetro externo = 56,88mm</p> <p><b>Muestra 3</b>            Diámetro interno = 43,17mm            Diámetro externo = 57,14mm</p> <p>Se calculo la resistencia a la Flexión para esta cantidad de muestras, ya que se tiene un dato mas exacto de la carga que puede soportar este tipo de material frente a este esfuerzo que se somete.</p> <p>La velocidad de la máquina en un principio era de 1 mm/min, pero se observo que se demoraba en fallar la Guadua, asi que se decidio colocar la velocidad en 4 mm/min.</p> <p>La máquina MTS tiene la función de incrementar carga a una probeta que en este caso es la Guadua hasta que ocurra una rotura en el material, de ahí se obtiene el resultado final de resistencia para cada muestra, con un resultado de:</p> <p><b>Muestra 1 = 2,737kN    Muestra 2 = 3,183kN</b>  <b>Muestra 3 = 2,066kN</b></p>			
MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS			
<p>- Máquina MTS</p> <p>- 3 muestras de Guadua de 30cm de largo con un diámetro de maso menos 6cm</p>			
			




## Anexo 5. Bitácora de laboratorio, Secado del material, Autores

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia			BITÁCORA DE LABORATORIOS
FACULTAD DE INGENIERIA-INGENIERIA CIVIL MODALIDAD: AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN DOCENTE ASESORA: OLGA LUCIA VANEGAS LABORATORISTA: CESAR PRADA			CONTROL DE EROSIÓN Y METEORIZACIÓN CON GUADUA EN TALUDES DEL MUNICIPIO SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA, VEREDA TÓRIBA.
ESTUDIANTES : LAURA ALEJANDRA MORALES HERRERA 506155 CRISTIAN GILDARDO SARMIENTO RESTREPO 506279			
FECHA	HORA DE INICIO	HORA DE FIN	NOMBRE DEL ENSAYO
05/03/2020	4:00pm	6:00pm	Secado de material
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>Para el siguiente laboratorio se extrajo material de 4 sondeos diferentes, de los cuales se tomó una muestra por sondeo.</p> <p>El peso inicial de las muestras son:</p> <p><b>Muestra 1: de 0 cm - 50 cm</b>                      Peso recipiente = 54,86 gr                      Peso muestra seca = 620,14 gr</p> <p><b>Muestra 2: de 0 cm - 70 cm</b>                      Peso recipiente = 56,22 gr                      Peso muestra seca = 581,47 gr</p> <p><b>Muestra 3: de 0 cm - 40 cm</b>                      Peso recipiente = 63,70 gr                      Peso muestra seca = 603,92 gr</p> <p><b>Muestra 4: de 0 cm - 60 cm</b>                      Peso recipiente = 59,45 gr                      Peso muestra seca = 634,12 gr</p> <p>Luego de tener las 4 muestras pesadas y separadas, se colocan en el horno para así poder determinar el contenido de humedad de las muestras.</p>			
MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 muestras de suelo.</li> <li>- 4 platos pequeños.</li> <li>- 4 platos grandes.</li> <li>- Horno.</li> </ul>			

## Anexo 6 Bitácora de laboratorio, Contenido de Humedad, Autores

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia			BITÁCORA DE LABORATORIOS  CONTROL DE EROSIÓN Y METEORIZACIÓN CON GUADUA EN TALUDES DEL MUNICIPIO SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA, VEREDA TÓRIBA.	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA-INGENIERIA CIVIL</b> <b>MODALIDAD: AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN</b> <b>DOCENTE ASESORA: OLGA LUCIA VANEGAS</b> <b>LABORATORISTA: CESAR PRADA</b>			<b>ESTUDIANTES :</b> <b>LAURA ALEJANDRA MORALES HERRERA 506155</b> <b>CRISTIAN GILDARDO SARMIENTO RESTREPO 506279</b>	
<b>FECHA</b>	<b>HORA DE INICIO</b>	<b>HORA DE FIN</b>	<b>NOMBRE DEL ENSAYO</b>	
06/03/2020	4:00pm	6:00pm	Contenido de Humedad	
<b>DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>	
<p>Para determinar el contenido de humedad de las muestras de suelo extraídas, se debe tener el peso del material humedo (estado inicial del suelo) y para conocer el valor de humedad se debe tener la muestra totalmente seca (secado en horno).</p> <p>El peso del material humedo fue:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestra 1 = 620,13gr</li> <li>- Muestra 2 = 581,47gr</li> <li>- Muestra 3 = 603,92gr</li> <li>- Muestra 4 = 634,12gr</li> </ul> <p>Peso del material despues de haber estado en un proceso de secado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestra 1 = 436,59gr</li> <li>- Muestra 2 = 424,39gr</li> <li>- Muestra 3 = 434,81gr</li> <li>- Muestra 4 = 436,25gr</li> </ul> <p>Para determinar el contenido de Humedad se debe utilizar la siguiente ecuación:</p> $\frac{\text{Peso Muestra Humeda} - \text{Peso Muestra Seca}}{\text{Peso Muestra Humeda}} \times 100$ <p>Las humedades obtenidas fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestra 1 = 29,61</li> <li>- Muestra 2 = 27,01</li> <li>- Muestra 3 = 28,00</li> <li>- Muestra 4 = 31,20</li> </ul>			  	
<b>MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza.</li> <li>- 4 platones pequeños.</li> <li>- Muestras secas.</li> </ul>				

**Anexo 7. Bitácora de laboratorio, Lavado y Secado del material, Autores**

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> <small>de Colombia</small>			<b>BITÁCORA DE LABORATORIOS</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERIA-INGENIERIA CIVIL</b> <b>MODALIDAD: AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN</b> <b>DOCENTE ASESORA: OLGA LUCIA VANEGAS</b> <b>LABORATORISTA: CESAR PRADA</b>			<b>CONTROL DE EROSIÓN Y METEORIZACIÓN CON GUADUA EN TALUDES DEL MUNICIPIO SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA, VEREDA TÓRIBA.</b>
<b>ESTUDIANTES :</b> <b>LAURA ALEJANDRA MORALES HERRERA 506155</b> <b>CRISTIAN GILDARDO SARMIENTO RESTREPO 506279</b>			
FECHA	HORA DE INICIO	HORA DE FIN	NOMBRE DEL ENSAYO
06/03/2020	4:00pm	(707/03/2020) 11:00am	Lavado y secado del material
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>Para el siguiente laboratorio se retiran del horno las 4 muestras de suelo y de cada una se toma nuevamente una muestra del material ya seco, teniendo en cuenta que la cantidad de material pesado se basa en la norma INV E 201.</p> <p><b>Muestra 1: de 0 cm - 50 cm</b>                      Peso recipiente = 328 gr                      Peso muestra seca + recipiente = 2778,9 gr                      Peso muestra seca = 2450,9 gr</p> <p><b>Muestra 2: de 0 cm - 70 cm</b>                      Peso recipiente = 594,2 gr                      Peso muestra seca + recipiente = 5360,1 gr                      Peso muestra seca = 4765,9 gr</p> <p><b>Muestra 3: de 0 cm - 40 cm</b>                      Peso recipiente = 233,4 gr                      Peso muestra seca + recipiente = 2270,7 gr                      Peso muestra seca = 2037,3 gr</p> <p><b>Muestra 4: de 0 cm - 60 cm</b>                      Peso recipiente = 593,9 gr                      Peso muestra seca + recipiente = 5304,7 gr                      Peso muestra seca = 4710,8 gr</p> <p>Luego de tener nuevamente las muestras separadas, se realiza el lavado de todo el material utilizando un Tamiz N° 16 y un Tamiz N° 200, seguido de esto se realiza la</p>			
MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 muestras de suelo.</li> <li>- 4 platones pequeños.</li> <li>- 4 platones grandes.</li> <li>- Horno.</li> </ul>			

**Anexo 8.** Resultados de laboratorio del ensayo de Peso unitario, proyecto Riochuelo año 2017,(Suelos, 2017)

<b>PESOS UNITARIOS</b>			
<b>SONDEO</b>	<b>PROFUNDIDAD :</b>	<b>% W</b>	<b>Peso Unit.gr/cm3</b>
1 - 2	1,00 - 2,50	16,81	2,047
2 - 1	0,50 - 1,00	21,40	2,086
3 - 4	2,50 - 4,00	17,05	
4 - 2	1,00 - 2,50	17,57	2,032

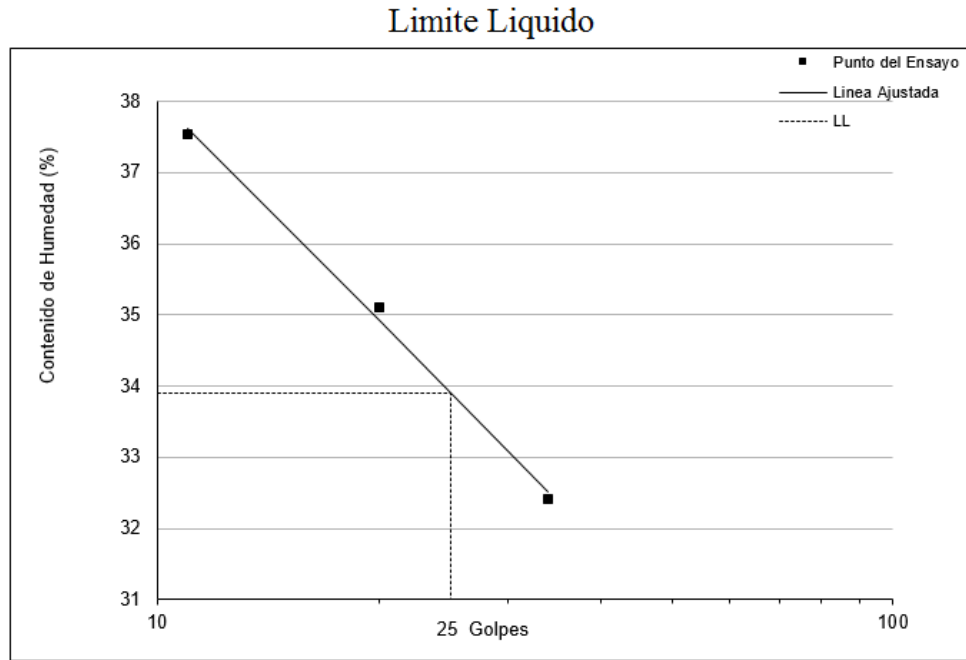
**Anexo 9. Resultados de laboratorio del ensayo de Granulometría, proyecto Riochuelo año 2017,(Suelos, 2017)**

SONDEO 1							
TAMIZ No	PESO NETO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA TOTAL			
3"					Peso total Neto:	659,90	grs
2 1/2"							
2"					Humedad :	16,81%	
1 1/2"					Limite Liquido:	33,91%	
1"					Limite Plastico	27,16%	
3/4"				100,00%	Indice de Plasticidad:	6,75%	
1/2"	28,40	4,30%	4,30%	95,70%	Clasificacion:		
3/8"	28,90	4,38%	8,68%	91,32%	AASHTO	<b>A - 4</b>	
#4	52,60	7,97%	16,65%	83,35%	U.S.C.	<b>M L</b>	
#10	53,80	8,15%	24,81%	75,19%	% Pasa tamiz #200	63,07%	
#40	47,20	7,15%	31,96%	68,04%	Fraccion gruesa	36,93%	
#100	15,90	2,41%	34,37%	65,63%	50% Fraccion gruesa	18,46%	
#200	16,90	2,56%	36,93%	63,07%	% Retenido total #4	16,65%	
FONDO	416,20	63,07%	100,00%		Cu		
TOTAL	659,90	100,00%			<b>Cg</b>		

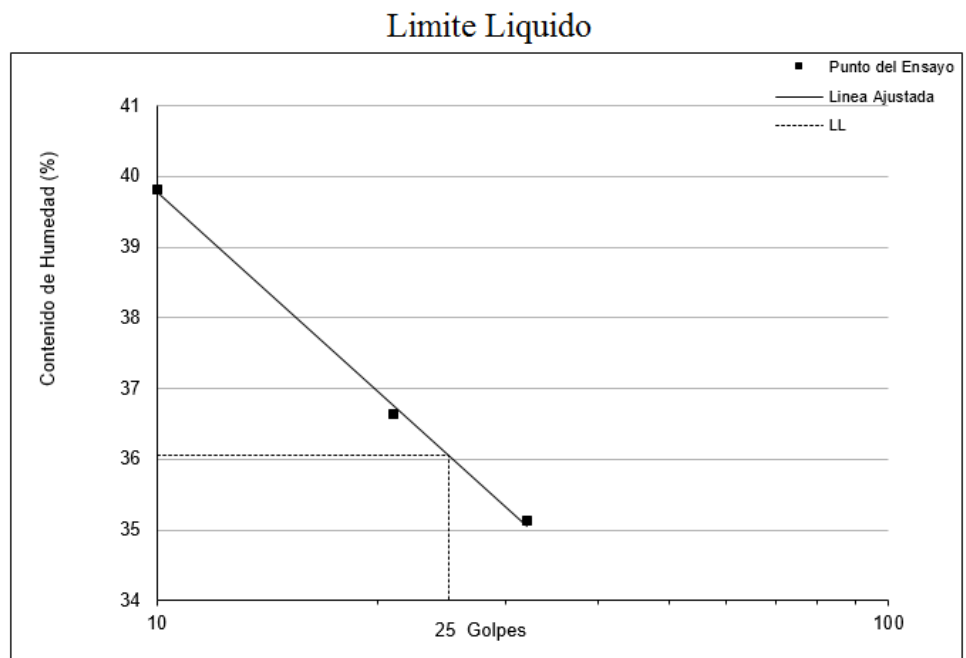
SONDEO 2							
TAMIZ No	PESO NETO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA TOTAL			
3"					Peso total Neto:	517,80	grs
2 1/2"							
2"					Humedad :	21,40%	
1 1/2"					Limite Liquido:	36,05%	
1"					Limite Plastico	26,55%	
3/4"				100,00%	Indice de Plasticidad:	9,50%	
1/2"	22,60	4,36%	4,36%	95,64%	Clasificacion:		
3/8"	9,10	1,76%	6,12%	93,88%	AASHTO	<b>A - 4</b>	
#4	15,10	2,92%	9,04%	90,96%	U.S.C.	<b>M L</b>	
#10	20,60	3,98%	13,02%	86,98%	% Pasa tamiz #200	77,71%	
#40	22,60	4,36%	17,38%	82,62%	Fraccion gruesa	22,29%	
#100	10,50	2,03%	19,41%	80,59%	50% Fraccion gruesa	11,14%	
#200	14,90	2,88%	22,29%	77,71%	% Retenido total #4	9,04%	
FONDO	402,40	77,71%	100,00%		Cu		
TOTAL	517,80	100,00%			<b>Cg</b>		

**Anexo 10. Resultados de laboratorio del ensayo de Límites de Atterberg, proyecto Riochuelo año 2017,(Suelos, 2017)**

**- SONDEO 1**

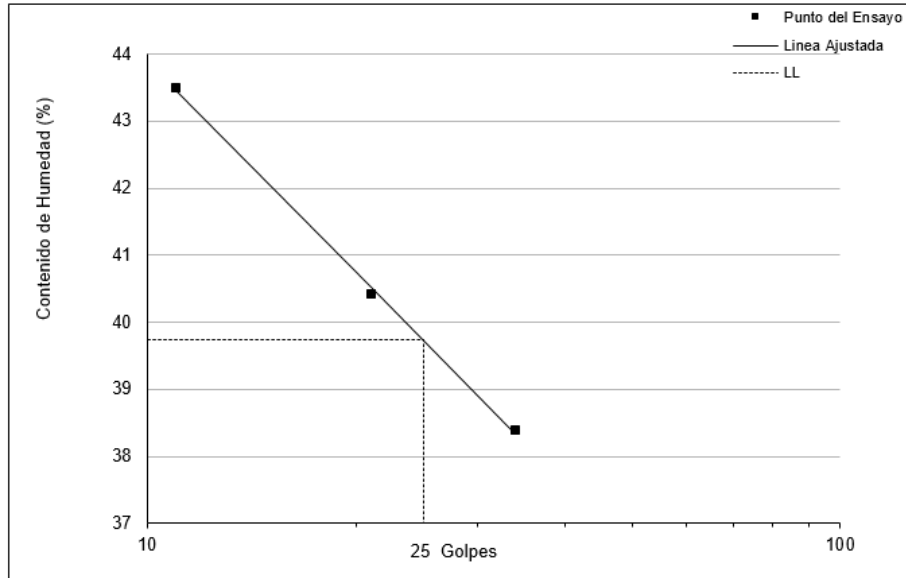


**- SONDEO 2**



- SONDEO 3

Limite Liquido



- SONDEO 4

Limite Liquido

