

Práctica empresarial como auxiliar de apoyo en análisis de la amenaza geotécnica de los taludes de escarpe del barrio Pablo VI del municipio de Bucaramanga y demás actividades de gestión del riesgo en el área de jurisdicción de la CDMB.

Carlos Valentín Camacho Rojas

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Civil

Director

Wilfredo Del Toro Rodríguez

MSc en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

*A Dios quien me llena de sabiduría en cada momento, a Él rindo todos
mis logros en la vida.*

*A mis padres, que me han acompañado en cada una de las etapas de
mi vida formándome como una persona íntegra, temerosa de Dios, con
principios y valores esenciales para vivir en bienestar.*

*Y a todos y cada una de las personas que formaron parte de todo este
proceso, a todos ellos va dedicado este triunfo.*

Agradecimientos

Primeramente, a mi Dios todopoderoso, en el cual todas las cosas subsisten y quien cada día me colma de salud, sabiduría y amor para continuar recorriendo con éxito la carrera de la vida. A Él sea la gloria por siempre.

Así mismo agradezco a mis padres por su apoyo incondicional y su cariño expresado cada día convirtiéndose en una de mis mayores motivaciones para seguir adelante en mi crecimiento académico y profesional

A mi familia en general por su apoyo y aporte en cada etapa de mi estancia académica.

A mis compañeros de estudio que son unos genios y siempre encontré en ellos la disposición para ayudarme a despejar mis dudas académicas y apoyo para el mejoramiento de mis habilidades en diferentes juegos de mesa.

A la Universidad Industrial de Santander por brindarme espacios de conocimiento y recursos para mi desarrollo como profesional durante estos cinco años.

A la CDMB por abrirme sus puertas y brindarme un espacio para poder llevar a la práctica los conocimientos adquiridos, en especial agradezco al ingeniero Jesús Sánchez, quien estuvo brindándome un constante acompañamiento y asesoría en cada uno de los temas relacionados al campo profesional, así mismo al grupo de profesionales y compañeros practicantes en su apoyo en cada una de las labores ejercidas en esta entidad.

A la secretaría de la escuela de Ingeniería civil quienes me adoptaron como su hijo en el cumplimiento semestral de mis horas para el descuento en la matrícula, en especial a Sonia Ayala y Ludy Cáceres que son grandiosas personas, Dios las bendiga.

Y por último a todos aquellos que entregaron su granito de arena para mi formación como persona y profesional muchas gracias, que Dios y la vida los recompense.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	15
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo General	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Marco Teórico.....	17
2.1 Estudio geotécnico	17
2.2 Organización del estudio.....	17
2.3 Procedimiento de análisis de la información existente	18
2.4 Estudio de planos geológicos y topográficos.....	18
2.5 Visita de reconocimiento	19
2.6 Back-analysis	19
2.7 Equilibrio límite y factor de seguridad	20
2.8 Uso de software en el análisis de estabilidad de taludes.....	22
2.9 Estructuras ancladas y pretensadas	22
2.10 Bulbo de anclaje.....	23
2.11 Resistencia entre bulbo y el suelo	23
2.12 Carga máxima que soporta un clavo	24

2.13 Resistencia a la extracción del clavo	24
2.14 Gestión de riesgo.....	25
3. Metodología	26
4. Principales actividades desarrolladas durante la práctica.	27
4.1 Análisis de amenaza geotécnica.....	27
4.1.1 Generación y planteamiento de perfiles.	27
4.1.2 Características geotécnicas del suelo.....	29
4.1.2.1 Back-Analysis.	29
4.1.3 Planteamiento del Modelo Geológico – Geotécnico.	31
4.1.4 Análisis Sísmico.	31
4.1.5 Análisis de estabilidad.....	32
4.1.6 Apoyo en el diseño de obras de mitigación.....	35
4.1.6.1 Alternativa 1 – Estabilización por medio de anclajes.	37
4.1.6.2 Alternativa 2 – Revegetalización por medio de geotextil y pernos.	40
4.1.7 Presupuesto.....	42
4.2 Actividades en el marco de la Gestión de Riesgo.....	43
4.2.1 Visitas de inspección ocular.....	43
4.2.2 Acompañamiento a reuniones y visitas de carácter especial.....	47
4.2.2.1 Visita de seguimiento a Pantalla anclada barrio Bellavista, municipio de Girón.....	47
4.2.2.2 Visita de inspección judicial Barrio Don Bosco.	48
4.2.2.3 Capacitación Control de Erosión UNISANGIL.	49
4.2.2.4 Visita técnica e informe de asentamientos en Bucaramanga.	50
4.2.2.5 Georreferenciación de obras ejecutadas por la Subdirección (SURYT).	51

4.3 Alimentación al Sistema Corporativo SINCA.....	52
5. Conclusiones.....	53
6. Recomendaciones	54
Referencias Bibliográficas	55

Lista de Tablas**Pág.**

Tabla 1. Características de algunos métodos empleados para el análisis de estabilidad de taludes.....	21
Tabla 2. Parámetros de resistencia al corte de las Unidades Geológicas Superficiales (UGS). ...	29
Tabla 3. Parámetros de resistencia al corte de las UGS, resultantes del análisis retrospectivo. ...	31
Tabla 4. Categorización de amenaza a deslizamiento.	33
Tabla 5. Factores de seguridad asociados a los taludes analizados para los escenarios dinámico (D) y estático (E).....	34
Tabla 6. Clasificación de la amenaza según los métodos y perfiles analizados por el escenario dinámico.....	34
Tabla 7. Características generales de la pantalla anclada.	38
Tabla 8. Factores de seguridad ante el escenario más crítico y su clasificación por nivel de amenaza para la estabilización mediante anclajes.	39
Tabla 9. Características generales de los pernos.....	40
Tabla 10. Factores de seguridad ante el escenario más crítico y su clasificación por nivel de amenaza para la estabilización mediante geotextil y pernos.	41
Tabla 11. Generalidades de las visitas técnicas realizadas en la práctica empresarial.	44

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Vista en planta de los perfiles tomados para el análisis de estabilidad en la zona de estudio	28
Figura 2. Vista transversal de los perfiles trazados en la zona escarpa del barrio Pablo VI y que corresponden al (a) perfil 1, (b) perfil 2 y (c) perfil 3 que serán analizados.	28
Figura 3. Gráfica del comportamiento del Back-Analysis para hallar el par de valores (ϕ , c) según las condiciones del terreno.	30
Figura 4. Factor de seguridad bajo el método de análisis de Bishop simplificado.	33
Figura 5. Modelo realizado en el software GeoSlope de la estabilización mediante anclajes para el barrio Pablo VI.	39
Figura 6. Modelo realizado en el software GeoSlope de la estabilización mediante geotextil y pernos para el barrio Pablo VI.	42
Figura 7. Formato para presupuesto mediante analisis de precios unitarios para la ejecución de obras de mitigación en el barrio Pablo VI.	42
Figura 8. Vista isométrica pantalla anclada barrio Bellavista, Girón.	48
Figura 9. Estructura anclada situada en la parte sur del barrio Don Bosco, una de las obras de mitigación planteadas por la CDMB.	49
Figura 10. Capacitación sobre el control de erosión brindada a los estudiantes de ingeniería	

Ambiental de la Universidad UNISANGIL.....	50
Figura 11. Parte del informe técnico realizado como respuesta a la acción popular frente a los asentamientos de las comunas 10 y 11.	51
Figura 12. Georreferenciación en el software Google Earth, con características generales de las obras ejecutadas por la subdirección SURYT.	52

RESUMEN

TÍTULO: Práctica empresarial como auxiliar de apoyo en análisis de la amenaza geotécnica de los taludes de escarpe del barrio Pablo VI del municipio de Bucaramanga y demás actividades de gestión del riesgo en el área de jurisdicción de la CDMB*

AUTOR: Carlos Valentín Camacho Rojas **

PALABRAS CLAVE: análisis geotécnico, zona de escarpe, remoción en masa, gestión de riesgo, CDMB.

DESCRIPCIÓN:

La práctica empresarial se presenta como un acercamiento y contacto entre el estudiante y el campo de acción de la ingeniería civil, de manera que, basado en el conocimiento adquirido durante su estancia académica, pueda generar soluciones ingenieriles a diferentes problemáticas presentadas en la cotidianidad, afectando de manera positiva el bienestar de la comunidad.

En el presente documento se llevará a cabo una descripción general de las actividades realizadas durante la práctica empresarial ejecutada en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, entidad creada con el objetivo fundamental de dar ejecución a un plan de acción encaminado al control de erosión a lo largo de toda la zona de escarpa de la meseta de Bucaramanga, donde se ejerce una labor de acompañamiento y apoyo en actividades encaminadas al análisis de la amenaza geotécnica de la zona de escarpe del Barrio Pablo VI, tratando problemática tendiente a condiciones de inestabilidad por factores de erosión, eventos de remoción en masa; de igual manera se brinda apoyo en las diferentes visitas de inspección ocular a lugares con afectación por fenómenos de remoción en masa y otras actividades como desarrollo urbanístico, desbordamiento de cauces, daños estructurales, solicitudes de entidades públicas tendientes a la actualización de estudios e informes; todo esto dentro del marco de las actividades de gestión de riesgo en el área de jurisdicción de la CDMB.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo Del Toro Rodríguez, Ingeniero Civil

ABSTRACT

TITLE: Business practice as a support assistant in the analysis of the geotechnical threat of the scarp slopes of the Pablo VI neighborhood of the municipality of Bucaramanga and other risk management activities in the jurisdiction area of the CDMB*

AUTHOR: Carlos Valentín Camacho Rojas**

KEYWORDS: geotechnical analysis, scarp area, mass removal, risk management, CDMB.

DESCRIPTION:

The business practice is presented as an approach and contact between the student and the professional field of a civil engineer, providing relevant experiences by developing engineering solutions to different problems presented in everyday life, which are based on the knowledge acquired during the academic formation period. In this document, a general description of the activities carried out during the business practice developed in the Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) will be presented. CDMB is an entity created with the fundamental objective of executing an action plan aimed at erosion control along the entire scarp area of the Bucaramanga plateau. Where a work of support and accompaniment is carried out in activities aimed at analyzing the geotechnical risk of the scarp area of the Pablo VI neighborhood, treating problematic tending to conditions of instability due to erosion factors and mass removal events; likewise, support is provided in the different ocular inspection visits to places affected by mass removal or other activities as urban development, overflow of riverbeds, structural damages, request from public entities to update studies and reports; all this within the framework of risk management activities in the jurisdiction area of the CDMB.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo Del Toro Rodríguez, Ingeniero Civil

Introducción

La generación de modelos Geológicos-Geotécnicos cumple una función de suma importancia durante un proceso de análisis geotécnico; brindando una idea del comportamiento y posibles respuestas del talud en análisis frente a diferentes tipos de obras de mitigación o condiciones de estabilidad desfavorables. Siendo así, estos modelos son el punto de referencia local para el análisis de resultados en un diseño de obras de estabilización, diseños que adicionalmente consideran los lineamientos descritos en la publicación No. FHWA-IF-99-015 “Geotechnical Engineering Circular No.4 – Ground Anchors and Anchored Systems” (P.J. Sabatini, D.G. Pass, 1999), la norma técnica colombiana de construcción sismo resistente NSR-10 título H (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1997), resolución 1294 del 2009 (CDMB, 2009), entre otros, como punto de referencia general para este tipo de análisis.

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga se crea con el objeto fundamental de dar ejecución un plan de acción encaminado a controlar el fenómeno de la erosión a lo largo de toda la zona de escarpa de la meseta de Bucaramanga, este plan se le dio el nombre de “Plan Maestro de Control de Erosión en Bucaramanga”; plan que hoy en día sigue en ejecución y por el cual la CDMB brinda apoyo a las entidades territoriales de su jurisdicción ambiental en estudios necesarios para el conocimiento de reducción del riesgo (Congreso, 2003).

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Apoyar, como auxiliar de Ingeniería, en el análisis de la amenaza geotécnica de los taludes de escarpe del barrio Pablo VI del municipio de Bucaramanga y demás actividades de gestión del riesgo en el área de jurisdicción de la CDMB.

1.2 Objetivos Específicos

- Apoyar, como auxiliar de ingeniería, en el desarrollo del análisis geotécnico de la zona de escarpa del barrio Pablo VI del municipio de Bucaramanga
- Apoyar, como auxiliar de ingeniería, en el diseño y presupuesto de obras de mitigación de la zona de escarpe del barrio Pablo VI del municipio de Bucaramanga.
- Acompañar, como auxiliar de Ingeniería, las visitas de inspección ocular solicitadas por la comunidad a temas relacionados con la gestión del riesgo en el área de jurisdicción de la CDMB.
- Alimentar el sistema de información corporativo ambiental SINCA de la entidad ingresando los conceptos técnicos emitidos que se relacionen a las visitas de inspección ocular con temas relacionados con la gestión del riesgo en el área de jurisdicción de la CDMB.

2. Marco Teórico

2.1 Estudio geotécnico

Con el fin de realizar una construcción estable, es necesario primero estudiar e investigar el subsuelo en el cual la estructura se va a implantar, para así conocer las propiedades que puedan afectar la estabilidad de la obra. A este estudio se le conoce como estudio geotécnico, el cual se encarga principalmente de conocer el estado del subsuelo, y si se presentan problemas geotécnicos, determinar cuáles son y qué riesgos generan, así el ingeniero geotecnista con base en los diferentes sondeos y ensayos realizados, proponga y diseñe obras de control y estabilización que permitan realizar la construcción de la obra planteada sin ningún inconveniente por parte del suelo y se garantice la estabilidad de la misma.

La NSR-10 lo define como el conjunto de actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, garantizando un comportamiento adecuado de la edificación, protegiendo ante todo la integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo, además de proteger vías, instalaciones de servicios públicos, predios y construcciones vecinas (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1997).

2.2 Organización del estudio

Para poder hallar las diferentes causas de deslizamiento, mecanismos de falla, cuantificar los

parámetros influyentes en la estabilidad de un talud, diagnosticar y diseñar obras de mitigación se recomienda realizar un estudio que incluye las siguientes etapas:

- 1.Reconocimiento e identificación del sitio.
- 2.Análisis de la información existente.
- 3.Estudio de las características superficiales del sitio que permitan la caracterización topográfica y geotécnica.
- 4.Investigación de campo que incluye sondeos, toma de muestras, y ensayos in situ para cuantificar los parámetros del suelo.
- 5.Investigación de Laboratorio.
- 6.Análisis de la información obtenida, modelación matemática y diseño.

2.3 Procedimiento de análisis de la información existente

Los eventos de remoción en masa se presentan en lugares bajo ciertas condiciones de topografía, geología, clima y ambiente. Por tanto, es importante emplear de manera eficiente la información existente (historia del problema, planos básicos, etc.) con el fin de entender las propiedades topográficas, geológicas, etc., de los deslizamientos.

2.4 Estudio de planos geológicos y topográficos

Para dar inicio a un estudio de amenaza geotécnica es necesario recopilar información que nos ayude en el conocimiento de la zona en análisis. De este análisis se pueden separar información

clave de los materiales que conforman la zona y su topografía.

Generalmente en los planos topográficos existentes se presenta información de las condiciones del terreno, sin embargo, se debe asegurar que dicha información se encuentre actualizada a lo requerido en el análisis y cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Por tanto, es de suma importancia tener un plano topográfico actualizado y con lo necesario para cumplir los objetivos del proyecto. Asimismo, un primer paso en el estudio de taludes es el análisis de la geología regional, ya que los eventos de deslizamiento provienen de una serie que ha venido ocurriendo durante años y seguirán ocurriendo en la misma formación geológica.

2.5 Visita de reconocimiento

Previamente a la visita de campo se debe realizar un análisis general de la información existente y definir claramente el área de interés. El área a visitar debe incluir la zona afectada o con antecedentes de inestabilidad, asimismo las zonas aledañas que puedan afectar a las causas de los movimientos. Otro factor importante para analizar en este tipo de visita es el uso de tierra que da una influencia determinante en procesos de erosión y remoción en masa (Diaz, 1998).

2.6 Back-analysis

El análisis retrospectivo (back analysis) es comúnmente empleado en la ingeniería geotécnica para estimar la resistencia *in situ* del suelo, representada generalmente por los parámetros de resistencia de corte en tensiones efectivas de Mohr-Coulomb, cohesión c y ángulo de fricción interna ϕ .

Uno de los métodos empleados para el análisis retrospectivo es el método propuesto por Laurence D. Wesley and Viraja Leelartnam, que corresponde a una combinación de los parámetros de corte del suelo, para un $FS=1$ tanto para una superficie específica de falla como para el talud intacto (talud de diseño).

Se realiza un análisis del desplazamiento, obteniendo un rango de valores de c' y $\tan \phi'$ que cumplan con el criterio de falla, en el que el factor de seguridad sea igual a la unidad. Este rango de valores se obtiene utilizando un software de análisis de estabilidad de taludes, que arrojará valores de c' y ϕ' . Este análisis se emplea en la superficie de falla y también en el talud intacto. El punto de intersección de las dos curvas, donde los dos conjuntos de valores coinciden, define el par c' , $\tan \phi'$ aplicados en terreno. (Arellano, Bielefeldt, & Correa, 2012)

2.7 Equilibrio límite y factor de seguridad

Durante muchos años se ha empleado las técnicas de equilibrio límite para el análisis de los movimientos en taludes, este sistema supone que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1.0. Este análisis se puede realizar estudiando la longitud completa de la superficie de falla o por secciones más pequeñas llamadas dovelas. Hoy en día, con la ayuda de los software se mejora la precisión de iteración de los métodos (Suárez Díaz, 1998).

Mediante la Tabla 1 se expresan algunas características generales de los métodos comúnmente empleados para el análisis de estabilidad de taludes.

Tabla 1.

Características de algunos métodos empleados para el análisis de estabilidad de taludes.

Método	Superficie de falla	Equilibrio	Características
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	De momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero. Reduciendo el número de incógnitas. La solución es sobre determinada debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma de superficie de falla	De fuerzas	Al igual que Bishop asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas. La solución es sobre determinada que no satisface completamente las condiciones de equilibrio de momentos. Sin embargo, Janbú utiliza un factor de corrección F_0 para tener en cuenta este posible error. Los factores de seguridad son bajos.
Spencer (1967)	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y fuerzas	Asume que la inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada. Rigurosamente satisface el equilibrio estático asumiendo que la fuerza resultante entre tajadas tiene una inclinación constante pero desconocida.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y fuerzas	Asume que las fuerzas laterales siguen un sistema predeterminado. El método es muy similar al método Spencer con la diferencia que la inclinación de la resultante de las fuerzas entre dovelas se asume que varía de acuerdo a una función arbitraria.

Nota. Recuperado de Libro deslizamientos, Capítulo 4, Jaime Suarez

2.8 Uso de software en el análisis de estabilidad de taludes

En los últimos años el uso de las tecnologías ha brindado un avance para el análisis de estabilidad de taludes, el uso de programas computacionales ha permitido incorporar más información en los modelos de análisis y analizar situaciones que no eran posibles con los sistemas manuales.

Actualmente existen programas comerciales de software para computador, tales como SLOPE/W, STABLE y TALREN, los cuales permiten de una forma rápida y sencilla obtener los factores de seguridad de taludes o laderas con cierto grado de complejidad y por cualesquiera de los métodos de análisis. Algunos métodos emplean los elementos finitos, con muy poco éxito en la estabilidad de taludes específicos, y otros emplean análisis de equilibrio por interacción, el cual es un sistema muy utilizado universalmente (Suárez Díaz, 1998).

2.9 Estructuras ancladas y pretensadas

En las estructuras ancladas se colocan varillas que generalmente son de acero dentro de perforaciones realizadas al talud mediante taladros, se inyectan con un cemento para su posterior tensionamiento. Estas anclas pueden darse de dos tipos: hincadas o perforadas.

Igualmente, los anclajes pueden ser pre- tensados para imponer carga sobre un bulbo cementado (“tiebacks”) o pueden ser cementados simplemente sin colocarles carga activa (“nails”, pernos y micropilotes). Los anclajes pretensados combinados con muros, pantallas o boques de concreto se han empleado con éxito en la estabilidad de taludes (Suarez, 1990).

2.10 Bulbo de anclaje

El bulbo es la longitud de varilla cementada, generalmente no menor a 3.0 metros, que transmite

Para evitar que se presenten problemas en el bulbo se debe garantizar un índice de consistencia superior a 0.8 (Suarez, 1990).

$$I_c = \frac{W_L - W}{W_L - W_p} > 0.8$$

Donde:

I_c = índice de consistencia

W_L = límite líquido

W = contenido de humedad

W_p = límite plástico

2.11 Resistencia entre bulbo y el suelo

La resistencia entre el bulbo y el suelo obedece principalmente de las propiedades del suelo, método de perforación, la longitud y diámetro del bulbo, y la presión de inyección.

El esfuerzo al cortante en el anclaje puede ser calculado por la expresión:

$$\tau_a = \frac{T}{\pi D_H L_b}$$

Donde:

T = fuerza de tensión de diseño

D_H = diámetro del hueco

L_b = longitud cementada del bulbo

2.12 Carga máxima que soporta un clavo

Se puede suponer que cada clavo o refuerzo le provee resistencia a la tensión a un volumen de suelo igual al producto del espaciamiento vertical S_v por el espaciamiento horizontal S_h y por la longitud del clavo. La tensión máxima sobre un clavo está dada por la expresión:

$$T_{max} = \lambda_1 K_A \gamma H S_h S_v$$

Donde:

T_{max} = tensión máxima clavo

K_A = coeficiente de presión activa

γ = densidad suelo

S_v = espaciamiento vertical

S_h = espaciamiento horizontal

H = altura total muro

λ_1 = factor adimensional

2.13 Resistencia a la extracción del clavo

Para el cálculo de la resistencia a la extracción del clavo por detrás de la superficie de falla supuesta o real, está dada por la expresión:

$$Q = q_u \pi d L_R$$

Donde:

q_u = esfuerzo de resistencia al arrancamiento

d = diámetro perforación

L_R = longitud de anclaje

2.14 Gestión de riesgo

La gestión del riesgo de desastres, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. (Congreso, 2003)

La gestión del riesgo es de responsabilidad compartida por todas las autoridades y de los habitantes del territorio colombiano. En cumplimiento de esta responsabilidad, las entidades públicas, privadas y comunitarias desarrollarán y ejecutarán los procesos de gestión del riesgo, dentro de lo cual está: conocimiento del riesgo, reducción y manejo de desastres, dentro de sus competencias y área de jurisdicción como componentes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

Las corporaciones autónomas regionales, brindan apoyo a las entidades territoriales que se encuentran en su jurisdicción ambiental en todos estudios necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo y los integrarán a los planes de ordenamiento de cuencas, de gestión ambiental, de ordenamiento territorial y de desarrollo. (Congreso, 2003)

3. Metodología

Revisión de bibliografía, en especial la Resolución 1294 del 29 de diciembre del 2009 (CDMB, 2009), por medio de la cual se adopta el Manual de Normas Técnicas para el Control de Erosión y para la realización de estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos en el área de jurisdicción de la CDMB. Además del Título H, de la Norma Técnica Colombiana de Sismo resistencia (NSR-10) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1997), y literatura enfocada a las obras ingenieriles de estabilización de taludes

Apoyo en el análisis de estudios geotécnicos suministrados por la CDMB de la zona de escarpa del barrio Pablo VI del municipio de Bucaramanga con el fin de conocer su estado de amenaza y a partir de esto proceder al apoyo en la realización del diseño correspondiente para su estabilización y presupuesto para su ejecución.

Acompañamiento en las visitas de inspección ocular con el objeto de verificar el estado de las diferentes zonas donde ha sido solicitado el concepto técnico por parte de la entidad en temas relacionados con la gestión del riesgo.

Aprendizaje del sistema de información corporativo ambiental SINCA en cuanto a su manejo e ingreso de nueva información como resultado de las vistas de inspección ocular en las cuales se realizó acompañamiento

Redacción del informe final, desarrollado con base en los objetivos propuestos, documentando los resultados y experiencias en el transcurso de la práctica y, enunciando las debidas conclusiones.

4. Principales actividades desarrolladas durante la práctica.

Para la ejecución de las actividades durante la práctica empresarial, se contó con la revisión y supervisión constante por parte de profesional adscrito a la entidad, asistencia del tutor y entrega mensual de informes dirigidos al director de la práctica.

4.1 Análisis de amenaza geotécnica

4.1.1 Generación y planteamiento de perfiles. Basado en los planos topográficos de la zona de escarpa del barrio Pablo VI, se definen tres perfiles, los cuales servirán para establecer la morfología y estratificación del terreno (ver Figura 1). Es importante resaltar que estos perfiles se ubican en las zonas con mayor riesgo de presentar fenómenos de remoción en masa o en su defecto, con antecedentes de haber sido afectados por este tipo de fenómenos. El planteamiento a lo anterior se realiza con base en la visita realizada a la zona de estudio y una revisión a la base de datos de la CDMB. La generación de estos perfiles se realiza mediante el software AutoCAD Civil 3D (ver Figura 2).

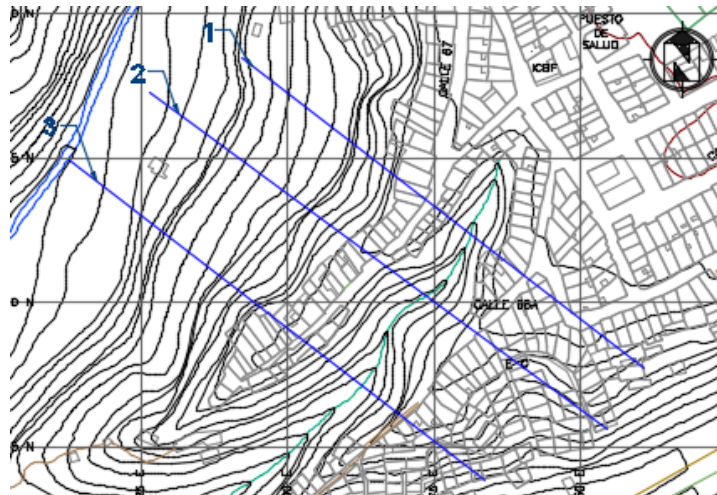


Figura 1. Vista en planta de los perfiles tomados para el análisis de estabilidad en la zona de estudio

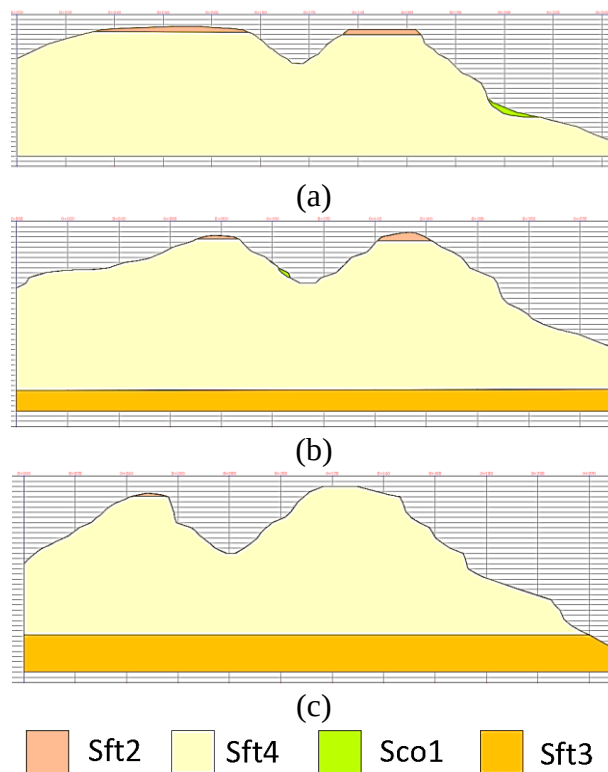


Figura 2. Vista transversal de los perfiles trazados en la zona escarpa del barrio Pablo VI y que corresponden al (a) perfil 1, (b) perfil 2 y (c) perfil 3 que serán analizados.

4.1.2 Características geotécnicas del suelo. A partir de la revisión del estudio geotécnico general del barrio pablo VI, se encuentran cuatro (4) unidades geológicas superficiales presentes en la zona de estudio y que corresponden a: suelos coluviales recientes (Sco1), suelo gravoso del miembro órganos (Sft3), suelo miembro limos rojos (Sfl2) y suelo gravoso del miembro gravoso (Sft4); para los cuales se establecen los parámetros de resistencia y se muestran en la Tabla 2 de forma sintetizada.

Tabla 2.

Parámetros de resistencia al corte de las Unidades Geológicas Superficiales (UGS).

UGS	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	C' [Kpa]
Sco1	19.5	33.1	61.7
Sft3	21.0	31.4	24.5
Sft2	20.3	30.9	26.5
Sft4	19.5	37.2	46.5

Nota. Recuperado de Estudio geologico – geotécnico y diseño de medidas de mitigacion sector Pablo VI.

4.1.2.1 Back-Analysis. Junto al profesional especializado se observa que dentro de la zona de análisis se había presentado recientemente un deslizamiento, generando cambios en algunas propiedades del suelo en la zona afectada por dicho fenómeno. Considerando esta situación se determina realizar un back analysis con el objetivo de encontrar la caracterización más precisa y actual del suelo afectado, calibrando así el modelo a lo identificado en campo.

El análisis retrospectivo (back analysis) es usado comúnmente en la ingeniería geotécnica para estimar la resistencia in situ del suelo posterior a la ocurrencia de un evento o

deslizamiento. Esta resistencia se representa generalmente por los parámetros de resistencia al corte en tensiones efectivas de Mohr-Coulomb, cohesión c y ángulo de fricción interna ϕ (Arellano et al., 2012).

Para este caso en particular se toma en cuenta el método que corresponde a la combinación de los parámetros de corte del suelo para obtener un factor de seguridad igual a la unidad, tanto en la superficie específica de falla como para el talud intacto. Mediante esta nube de puntos se encuentra el punto de intersección entre las dos curvas, es decir, el punto donde ambas líneas de tendencias tiene mayor relación, representando los valores más aproximados de c' y $\tan \phi'$ aplicados en el terreno (ver *Figura 3*) (Arellano et al., 2012).

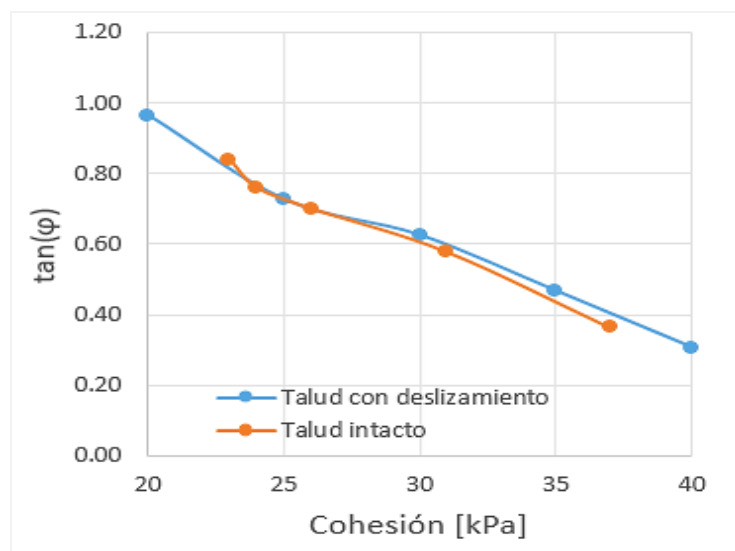


Figura 3. Gráfica del comportamiento del Back-Analysis para hallar el par de valores (ϕ, c) según las condiciones del terreno.

Para llevar a cabo el back-analysis se decide tomar el perfil 2, mostrado en la 0 (b), el cual se encuentra sobre el deslizamiento activo y donde se puede observar claramente la falla. Luego de realizar el análisis retrospectivo, se obtienen los nuevos valores, más aproximados a la situación actual de la unidad geológica superficial, que serán ingresados a la simulación por medio del

software GeoSlope.

Como se puede apreciar en la Tabla 3, los parámetros para la unidad Sft4 disminuyeron, debido a la gran profundidad que posee y a que la superficie de falla se localiza en esta zona, por tanto las demás unidades no se ven afectadas con el evento de deslizamiento.

Tabla 3.

Parámetros de resistencia al corte de las UGS, resultantes del análisis retrospectivo.

UGS	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	C' [Kpa]
Sco1	19.5	33.1	61.74
Sft3	21.0	31.4	24.5
Sft2	20.3	30.9	26.5
Sft4	19.5	35.0	26.0

4.1.3 Planteamiento del Modelo Geológico – Geotécnico. A partir de la caracterización geológica y geotécnica de la zona de interés, el planteamiento de zonas con características geotécnicamente homogéneas, con base en el análisis de la información recolectada en campo, se plantea un modelo bidimensional en el que se especifica los espesores estratigráficos encontrados para cada una de las UGS con sus respectivas características geo mecánicas de resistencia y densidad.

4.1.4 Análisis Sísmico. Para efectos del análisis y diseño de taludes se debe conocer la aceleración máxima del terreno a_m , y emplearla para el cálculo del sismo de diseño que puede afectar la estabilidad geotécnica de una ladera en la zona de interés. Con base en el estudio de microzonificación sísmica del área metropolitana de Bucaramanga de 2001 (Cabra, 2011), se

sectoriza los valores sísmicos en tres zonas fundamentales debido a la cercanía de la falla Bucaramanga – Santa Marta.

Por tanto, ya que la zona de análisis hace parte de este estudio de microzonificación sísmica aprobado, se utiliza el valor de aceleración máxima superficial del terreno igual a 0.35g, con el fin de encontrar el valor del coeficiente sísmico de diseño para el análisis seudoestático.

El sismo de diseño que será objeto de análisis y uno de los principales actores en los modelos de estabilidad viene dado por la ecuación 1 que relaciona el material y la aceleración máxima de la zona.

$$K_{st} = \frac{K_{st}}{a_m} * a_m \quad (1)$$

El factor de K_{st}/a_m es tomado de la tabla H.5.2-1 de la NSR-10 en función del material de la zona, obteniendo así, un valor de 0.8 para el factor previamente mencionado. De forma consecuente, se estima un valor de 0.28g para el sismo de diseño que será empleado en los modelos como coeficiente de aceleración horizontal.

4.1.5 Análisis de estabilidad. Posterior al análisis y estimación de las características con mayor aproximación a las condiciones reales del terreno, se procede a realizar un modelo mediante el software GeoSlope (ver Figura 4).

El análisis de estabilidad de taludes se realiza alimentando al programa con los parámetros descritos en el modelo geológico-geotécnico calibrado a las condiciones actuales del terreno empleando dos escenarios: (1) estático y (2) dinámico.

Para el cálculo de los factores de seguridad se emplean cuatro diferentes métodos de análisis que son Bishop, Janbú, Morgenstern & Price y Spencer, métodos amplia y comúnmente usados para este tipo de análisis por su confiabilidad.

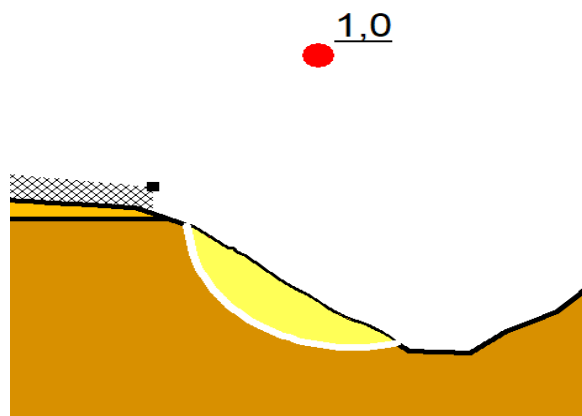


Figura 4. Factor de seguridad bajo el método de análisis de Bishop simplificado.

Una vez realizados los análisis de los diferentes perfiles por cada uno de los métodos mencionados, se realiza un empalme de los resultados obtenidos y los criterios establecidos en la resolución 1294 de 2009 (CDMB, 2009) con el fin de categorizar la amenaza en los niveles alta, media o baja.

Esta resolución contempla los factores de seguridad (F.S) del análisis de estabilidad de taludes para clasificar los diferentes niveles de amenaza a los deslizamientos en los artículos 2.4.2 y 2.4.3, que se resumen en la Tabla 4.

Tabla 4.

Categorización de amenaza a deslizamiento.

Condición		Amenaza
Estático	Dinámico	
F.S > 1.5	F.S > 1.25	Baja
1.25 < F.S < 1.5	1.0 < F.S < 2.0	Media
F.S < 1.25	F.S < 1.0	Alta

Nota. Recuperado de Resolución 1294 del 2009.

Para el caso particular del Barrio Pablo VI, los modelos planteados en sus diferentes escenarios y su clasificación se resumen en la Tabla 5 y Tabla 6.

Con base en los resultados obtenidos se puede decir que la zona de escarpa del barrio Pablo VI se encuentra en una condición de inestabilidad media, y por la cual se hace necesario el diseño y ejecución de obras de mitigación.

Tabla 5.

Factores de seguridad asociados a los taludes analizados para los escenarios dinámico (D) y estático (E).

Método	Bishop		Janbú		Spencer		M & P	
Escenario	D	E	D	E	D	E	D	E
Perfil 1	1.0	1.5	0.8	1.4	1.1	1.5	1.0	1.5
Perfil 2	1.2	2.0	1.2	2.0	1.2	2.0	1.2	2.0
Perfil 3	1.0	1.5	0.9	1.4	1.0	1.5	1.2	1.5

Tabla 6.

Clasificación de la amenaza según los métodos y perfiles analizados por el escenario dinámico.

Perfil	Método	Amenaza
1	Bishop	Media
	Janbú	Alta
	Spencer	Media
	Morgenstern & Price	Media
2	Bishop	Media
	Janbú	Media
	Spencer	Media
	Morgenstern & Price	Media
3	Bishop	Media
	Janbú	Alta
	Spencer	Media
	Morgenstern & Price	Media

4.1.6 Apoyo en el diseño de obras de mitigación. Siguiendo lo estipulado en la publicación No. FHWA-IF-99-015 “Geotechnical Engineering Circular No.4 – Ground Anchors and Anchored Systems” (P.J. Sabatini, D.G. Pass, 1999), Norma de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (H.5.2) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1997) y las recomendaciones presentadas por el Ingeniero Jaime Suarez en su libro Deslizamientos Tomo II (Suarez, 1990), se procede a brindar apoyo en la verificación de valores en la cadena de proceso del diseño de las diferentes alternativas de mitigación.

Para la verificación se utilizan ecuaciones que nos permiten conocer los parámetros y especificaciones técnicas con las cuales contarán los diferentes elementos que se utilizarán en el proceso constructivo. Algunas de las revisiones hechas se mencionan a continuación, así como su método de cálculo.

- Índice de consistencia

$$I_c = \frac{W_L - W}{W_L - W_p} > 0.8 \quad (2)$$

Donde:

I_c = índice de consistencia

W_L = límite líquido

W = contenido de humedad

W_p = límite plástico

- Esfuerzo cortante en el anclaje (Littlejohn y Bruce, 1975)(Suarez, 1990).

$$\tau_a = \frac{T}{\pi D_H L_b} \quad (3)$$

Donde:

T = fuerza de tensión de diseño

D_H = diámetro del hueco

L_b = longitud cementada del bulbo

- Carga máxima que soporta un clavo [Tm] –(Cornforth, 2005) (Suarez, 1990).

$$T_{max} = \lambda_1 K_A \gamma H S_h S_v \quad (4)$$

Donde:

T_{max} = tensión máxima clavo

K_A = coeficiente de presión activa

γ = densidad suelo

S_v = espaciamiento vertical

S_h = espaciamiento horizontal

H = altura total muro

λ₁ = factor adimensional

- Resistencia a la extracción - Clouterre (1991) (Suarez, 1990).

$$Q = q_u \pi d L_R \quad (5)$$

Donde:

q_u = esfuerzo de resistencia al arrancamiento

d = diámetro perforación

L_R = longitud de anclaje

Luego de obtener los parámetros enunciados, se vuelve a crear otro modelo donde se incorporen las características originales de la zona y las diferentes alternativas de mitigación, observando el efecto de las mismas sobre el terreno, para así lograr obtener una idea de la respuesta y el comportamiento que tendrán los taludes con la aplicación de medidas correctivas.

Se postulan dos alternativas de solución para este sector, (1) pantalla anclada y (2) la revegetalización por medio de geotextil y pernos, todo esto encaminado a obtener óptimos resultados en el proceso de mitigación y estabilización del sector.

4.1.6.1 Alternativa 1 – Estabilización por medio de anclajes. Previamente identificado el sector crítico, se establecen medidas para eliminar la amenaza y garantizar la estabilidad de los taludes en el caso de que se presentaran condiciones de lluvias fuertes acompañadas de un evento sísmico. Se advierte que las obras planteadas se diseñaron sobre las condiciones actuales en cada uno de los sectores (Topografía, cortes, rellenos e intervención antrópica) a nivel general.

La alternativa a mencionar tiene que ver con la construcción de una pantalla anclada, con características mostradas en la Tabla 7, y la reubicación de siete viviendas con el fin de recuperar el talud. Este tipo de obra constituye un medio esencial para garantizar la estabilidad de sectores críticos con pendientes significativas, logrando utilizar soporte mediante anclajes que introducen estados de tensiones, esfuerzos y deformaciones adicionales a la masa de suelo, mejorando la estabilidad general ya que una vez instalados se pretensan hasta alcanzar una carga admisible, con lo cual se comprime el terreno entre la zona del anclaje y el apoyo superficial de la pantalla (CDMB, 2018).

Tabla 7.

Características generales de la pantalla anclada.

Característica	Medida
Longitud de Anclaje [m]	15
Longitud de Bulbo [m]	4
Inclinación [°]	15
Área total [m²]	1920
Altura promedio [m]	16
Total de Anclajes*	288
Espaciamiento Horizontal [m]	2
Espaciamiento Vertical [m]	3.5

Nota. *Cada anclaje está conformado por 3 de torones de 1/2"

Al realizar un nuevo modelo incluyendo los elementos diseñados que configuran la obra de estabilización se revisa nuevamente el comportamiento del talud y los valores de factores de seguridad arrojados por cada método en los tres perfiles.

En la *Figura 5* se observa un ejemplo del modelo creado en el software GeoSlope para el análisis de estabilidad luego de realizar la obra de mitigación mediante anclajes.

Mediante la Tabla 8 se resume los valores obtenidos para cada uno de los perfiles en el escenario dinámico y con la obra de mitigación por medio de anclajes.

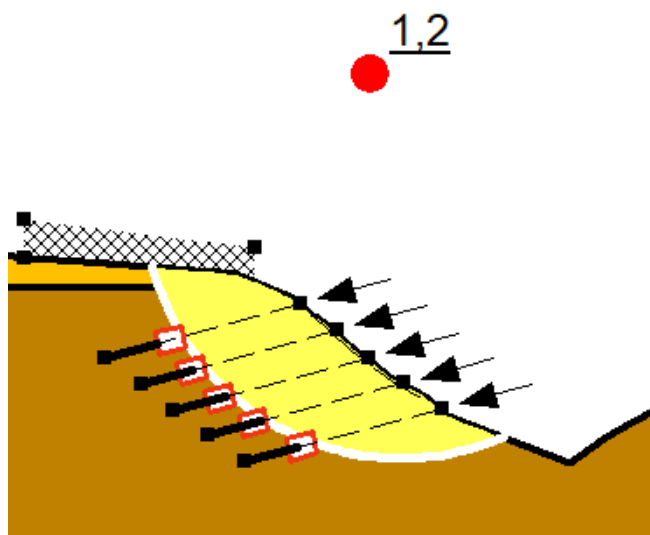


Figura 5. Modelo realizado en el software GeoSlope de la estabilización mediante anclajes para el barrio Pablo VI.

Tabla 8.

Factores de seguridad ante el escenario más crítico y su clasificación por nivel de amenaza para la estabilización mediante anclajes.

Perfil	Método	Escenario Dinámico	Amenaza
1	Bishop	1.2	Baja
	Janbú	1.34	Baja
	Spencer	1.23	Baja
	Morgenstern & Price	1.24	Baja
2	Bishop	1.40	Baja
	Janbú	2.00	Baja
	Spencer	2.00	Baja
	Morgenstern & Price	1.70	Baja
3	Bishop	1.56	Baja
	Janbú	1.60	Baja
	Spencer	1.70	Baja
	Morgenstern & Price	1.70	Baja

4.1.6.2 Alternativa 2 – Revegetalización por medio de geotextil y pernos. Se propone la implementación de la geomalla landlok junto al sistema flexible de mallas, cables y anclajes, como segunda opción de mitigación de la amenaza y específicamente proteger las laderas de la erosión pluvial y eólica.

Landlok es un geo-manto antierosivo constituida por una red densa biaxialmente orientada de fibras de polipropileno, usado para el control de erosión y diseñado para retener las semillas y el suelo en su lugar hasta que la vegetación se establezca. Protege la superficie del suelo de la erosión del agua y del viento (CDMB, 2018).

Para el sector se propone entonces una serie de Nails (212 en total), de los cuales 106 poseen una longitud de cinco metros (5m) y los otros 106 poseen nueve metros (9m) de longitud. La barra de acero a usar es de 1 pulgada, así mismo, se realizará un enmallado con alambre de alta resistencia y se extenderá un geo-manto permanente en un área de 1570 m² (Ver Tabla 9).

Tabla 9.

Características generales de los pernos.

Característica	Medida
Longitud Perno [m]	5; 9
Inclinación [°]	15
Área total [m²]	1570
Total de Pernos*	212
Espaciamiento Horizontal [m]	3
Espaciamiento Vertical [m]	2.5

Nota. *Diámetro de varilla del perno de 1"

Al realizar un nuevo modelo incluyendo los elementos diseñados que configuran la obra de estabilización se revisa nuevamente el comportamiento del talud y los valores de factores de seguridad arrojados por cada método en los tres perfiles (Ver Tabla 10).

Igualmente mediante la *Figura 6* se puede observar la configuración realizada en el modelo de GeoSlope para el análisis de la obra de mitigación mediante geotextil y pernos.

Tabla 10.

Factores de seguridad ante el escenario más crítico y su clasificación por nivel de amenaza para la estabilización mediante geotextil y pernos.

Perfil	Método	Escenario Dinámico	Amenaza
1	Bishop	1.2	Baja
	Janbú	1.30	Baja
	Spencer	1.22	Baja
	Morgenstern & Price	1.23	Baja
2	Bishop	1.76	Baja
	Janbú	1.82	Baja
	Spencer	1.85	Baja
	Morgenstern & Price	1.76	Baja
3	Bishop	1.39	Baja
	Janbú	1.64	Baja
	Spencer	1.55	Baja
	Morgenstern & Price	1.41	Baja

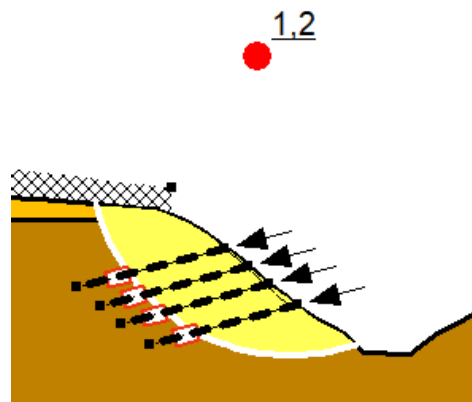


Figura 6. Modelo realizado en el software GeoSlope de la estabilización mediante geotextil y pernos para el barrio Pablo VI.

4.1.7 Presupuesto. Mediante las especificaciones de los diseños de obra, se procede a realizar una estimación de cantidades de obra y un presupuesto que sirva como una idea general de los posibles costos del proyecto. Este presupuesto se realiza teniendo en cuenta el análisis de precios unitarios y los diferentes lineamientos manejados institucionalmente por la CDMB para este tipo de obras (ver Figura 7).



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA

SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y SEGURIDAD TERRITORIAL

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN EL BARRIO PABLO VI, SECTOR CALLE 66 Y 68 ENTRE CARRERAS 10A, 10B, 10C Y 10E, ZONA DE ESCARPA, MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, SANTANDER.

FORMULARIO DE CANTIDADES APROXIMADAS DE OBRA Y PRECIOS

ITEM	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
SECCION PRIMERA					
	Trabajos preliminares				
1.1	Campamento	15.00	m2	\$ 250,789.96	\$ 3,761,849.40
1.2	Replanteo, control y medición de la obra,	1.00	mes	\$ 7,006,619.00	\$ 7,006,619.00
1.3	Vallas y señales especiales				
a	Valla tipo 1A -(5.00 m x 2.80 m)	1.00	u	\$ 1,590,700.51	\$ 1,590,700.51
1.4	Desmonte y limpieza	1,190.00	m2	\$ 3,356.69	\$ 3,994,461.10
1.5	Retiro de basuras y escombros	476.00	m3	\$ 44,954.10	\$ 21,398,151.60
				Subtotal:	\$ 37,751,781.61
SECCION SEGUNDA					
2.1	Excavación a tajo abierto en taludes				
2.1.A	Excavación con acarreo libre				
2.1.A.1	En tierra a cualquier profundidad	0.00	m3	\$ 26,914.45	\$ -
2.1.A.2	En material granular a cualquier profundidad	0.00	m3	\$ 32,812.78	\$ -
2.1.A.3	En roca a cualquier profundidad	0.00	m3	\$ 63,797.93	\$ -
2.5	Sobreacarreos para acarreos totales mayores de 1000.00 m	0.00	m3-est	\$ 2,726.26	\$ -
				Subtotal:	\$ -

Figura 7. Formato para presupuesto mediante analisis de precios unitarios para la ejecución de obras de mitigación en el barrio Pablo VI. Recuperado de base de datos CDMB.

4.2 Actividades en el marco de la Gestión de Riesgo.

Esta práctica empresarial se ejecuta en la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) de la CDMB. Dentro de las funciones de esta subdirección se encuentran las diferentes labores encaminadas a la gestión del riesgo con el “propósito de ofrecer protección a la población en el territorio colombiano, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible” , según se contempla en el artículo 6 de la ley 1523 del 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se llevan a cabo el cumplimiento de los objetivos allí plasmados (Congreso, 2003).

4.2.1 Visitas de inspección ocular. La CDMB, mediante la oficina de atención al ciudadano, brinda a los usuarios visitas de inspección ocular frente a diferentes situaciones que impliquen riesgo para la comunidad, allí se manejan temas de deslizamientos, inundaciones, debilitamiento de estructuras de contención, afectación en viviendas entre otros sucesos.

En cumplimiento y respuesta a las diferentes solicitudes generadas por la comunidad, se entregan respuestas mediante informe técnico u oficio de respuesta a la situación requerida. En el informe técnico la entidad entrega un concepto técnico basado en la inspección ocular realizada por los funcionarios adscritos, es decir, un concepto muy general partiendo de lo evidenciado visualmente en la zona. Estos informes contienen las características identificadas en la zona, un análisis general de la situación y una recolección de los antecedentes que se tengan en el sistema de información corporativo, adicionando a esta parte, otra información que llegue a ser relevante.

De igual modo, se genera un plano geológico y otro sismo geotécnico con las características de la zona visitada; estos planos que se entregan como parte de la respuesta a la comunidad se

fundamenta en la base de datos de la corporación CDMB y el Servicio Geológico Colombiano. Todo seguido de un registro fotográfico que evidencie el estado actual de la zona. Este paquete de respuesta formal a la ciudadanía, viene con las respectivas conclusiones y recomendaciones discutidas por la mesa de trabajo de la corporación.

Para poder resumir las actividades de apoyo ejecutadas en esta área, se realiza la Tabla 11 que contiene cada uno de los lugares visitados y las actividades realizadas en la visita.

Tabla 11.

Generalidades de las visitas técnicas realizadas en la práctica empresarial.

No.	LUGAR VISITADO	OBSERVACIONES	PRODUCTO ENTREGADO
1	Barrio Campo Hermoso - Bucaramanga	Solicitud de revisión viviendas en cercanía a muro en gavión construido por la CDMB.	Hoja de visita y Oficio de respuesta
2	Vereda Portachuelo - Rionegro	Evaluar problemática identificada en 8 predios visitados con antecedente de algún tipo de riesgo.	Informe Técnico
3	Vereda la Baja - California	Evaluar problemática de erosión en zona rural del municipio de California.	Hoja de visita
4	Barrio Esperanza I - Bucaramanga	Evaluar situación actual de estructura de contención y problemática de inundaciones causadas por el taponamiento de canales de aguas lluvias.	Hoja de visita
5	Barrio Limoncito - Bucaramanga	Identificación de campo de las posibles amenazas y riesgos naturales que afectan la integralidad de este barrio y su comunidad, tendientes al deterioro de obras de ingeniería para la recolección y conducción de aguas.	Hoja de visita e Informe técnico

Tabla 11.

Continuación.

No.	LUGAR VISITADO	OBSERVACIONES	PRODUCTO ENTREGADO
6	Vereda Carrizal - Girón	Inspección visual e identificación de campo de las posibles amenazas y riesgos naturales que se pueden presentar en el sector descrito.	Hoja de visita e informe técnico
7	Barrio Cristal Bajo - Bucaramanga	Evaluar situación de estructura de contención conformada por gaviones colapsados.	Hoja de visita
8	Barrio Gaitán - Bucaramanga	Inspección visual e identificación de campo de las posibles amenazas y riesgos naturales que afectan la integralidad de este barrio y su comunidad, tendientes a posibles eventos de remoción en masa causados por las fuertes lluvias de los últimos días.	Hoja de visita e Informe técnico
9	Barrio Guanatá - Floridablanca	Verificar el estado actual del talud, estructuras de contención y la estabilización del talud ubicado en la calle 22 con carrera 11 del barrio Guanatá.	Hoja de visita e Informe técnico
10	Barrio Cordocillos I - Bucaramanga	Evaluar situación del sector luego del colapso de estructura de contención conformada por muro de gaviones.	Hoja de visita e Informe técnico
11	Barrio Cumbre - Floridablanca	Identificación de campo de las posibles amenazas y riesgos naturales que afectan la integralidad de este barrio y su comunidad, tendientes al deterioro de obras de ingeniería para la recolección y conducción de aguas.	Hoja de visita y oficio de respuesta.
12	Granjas de Provenza - Bucaramanga	Identificación de campo de las posibles amenazas y riesgos naturales que afectan la integralidad de este barrio y su comunidad, tendientes a fenómenos de remoción en masa y erosión.	Hoja de visita

Tabla 11.

Continuación.

No.	LUGAR VISITADO	OBSERVACIONES	PRODUCTO ENTREGADO
13	Barrio Morrorico - Bucaramanga	Evaluar situación actual del sector luego de presentarse un evento de avenidas torrenciales y deslizamiento.	Hoja de visita
14	Barrio Alfonso López - Bucaramanga	Evaluar situación actual de obras de mitigación realizadas en el sector.	Hoja de visita e Informe técnico
15	Barrio Limoncito - Bucaramanga	Evaluar situación de emergencia por deslizamiento causado por la temporada de alta precipitación.	Hoja de visita e Informe técnico
16	Barrio Héroes - Bucaramanga	Mesa de trabajo junto con la secretaria de infraestructura, la personería, área metropolitana y presidente de Junta de Acción Comunal.	Acta de compromiso y posterior entrega de especificaciones y alcance de estudio geotécnico.
17	Barrio Santander - Bucaramanga	Visita de seguimiento al inicio de obra junto con interventor y constructor.	
18	Barrio Casitas - Floridablanca	Evaluar situación actual de obras de mitigación realizadas en el sector.	Actualización Informe Técnico
19	Barrio Pantano III - Bucaramanga	Evaluar situación actual de obras de mitigación realizadas en el sector.	Actualización Informe Técnico
20	Santa Cruz de la Colina - Matanza	Inspección visual e identificación de campo de las posibles amenazas y riesgos naturales que afectan la integralidad de esta finca y sus residentes, tendientes a fenómenos de remoción en masa, inundación u otros	Hoja de visita e Informe técnico

4.2.2 Acompañamiento a reuniones y visitas de carácter especial. Al igual que en las actividades de apoyo en las visitas de inspección ocular, se realiza un acompañamiento a visitas y reuniones que se enmarcan en la gestión de riesgo y en otros casos dentro de las funciones de la CDMB como máxima autoridad ambiental de la región.

4.2.2.1 Visita de seguimiento a Pantalla anclada barrio Bellavista, municipio de Girón. En esta visita se realiza un seguimiento a las actividades ejecutadas en el barrio Bellavista del Municipio de Girón, en cumplimiento de la acción popular que beneficia a los habitantes del sector, de la cual la CDMB actúa como coordinadora de este proyecto, velando por la perfecta ejecución. La inversión para este proyecto fue realizada por el Municipio de Girón en convenio con el Área Metropolitana de Bucaramanga. En esta visita se contó con la participación de las partes implicadas en la ejecución del proyecto, entre las cuales asistieron: Autopistas de Santander, IDESAN, Personería de Girón, Secretaría de Infraestructura de Girón y Constructor e Interventor (ver Figura 8).

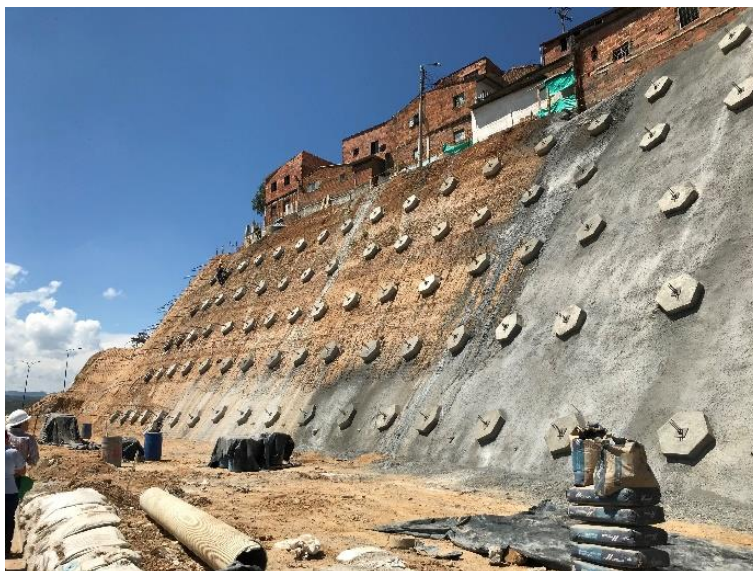


Figura 8. Vista isométrica pantalla anclada barrio Bellavista, Girón.

4.2.2.2 Visita de inspección judicial Barrio Don Bosco. Se realiza visita de inspección judicial a las obras realizadas encaminadas a la estabilización y mitigación en el Barrio Don Bosco del municipio de Bucaramanga (ver Figura 9). La subdirección de Gestión de Riesgo y Seguridad Territorial junto con la subdirección de Secretaría General formaron parte del equipo especializado de la CDMB en esta visita, donde además se contó con la participación de la Secretaria de Infraestructura de Bucaramanga, Personería y el juez 15 administrativo del circuito judicial de Bucaramanga.

La CDMB dentro del plan general para erosión para el barrio Don Bosco ha desarrollado tres estudios de conocimiento de riesgo y actualmente se encuentra desarrollando la actualización del estudio de amenaza y vulnerabilidad para Don Bosco realizado en el 2012, igualmente, se han ejecutado cinco obras de mitigación en la escarpa norte y sur de Don Bosco, consistentes en estructuras ancladas y rehabilitación del talud mediante la revegetalización.



Figura 9. Estructura anclada situada en la parte sur del barrio Don Bosco, una de las obras de mitigación planteadas por la CDMB.

4.2.2.3 Capacitación Control de Erosión UNISANGIL. La CDMB en calidad de autoridad ambiental, genera espacios donde se logra capacitar y socializar con personal universitario parte de lo que se ha llevado a cabo en el desarrollo del “Plan Maestro de Control de Erosión en Bucaramanga”.

Mediante este espacio, estudiantes de UNISANGIL pudieron obtener información enfocada al marco histórico, conceptos de erosión, contexto geológico de Bucaramanga, procesos erosivos presentados en la región, justificación y soluciones planteadas por la CDMB para solventar la problemática, donde se aporta parte del conocimiento adquirido durante la estancia académica en temas generales sobre el control de erosión e igualmente la introducción y marco histórico del “Plan Maestro de Control de Erosión en Bucaramanga” (ver *Figura 10*).



Figura 10. Capacitación sobre el control de erosión brindada a los estudiantes de ingeniería Ambiental de la Universidad UNISANGIL.

4.2.2.4 Visita técnica e informe de asentamientos en Bucaramanga. Se realiza visita técnica para dar respuesta a la acción popular que exige una evaluación e identificación de los asentamientos humanos ubicados en las comunas 10 y 11 del municipio de Bucaramanga conforme reseña el escrito de demanda, los posibles riesgos por fenómenos de remoción en masa de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno, la geología puntual del sector y las condiciones observadas, identificar posibles niveles de riesgo en la actualidad y realizar informe del estudio denominado microzonificación sismo-geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga (ver Figura 11).

		CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA - CDMB		
		ELABORÓ: SUBDIRECTOR(A) SURYT	REVISÓ: REPRESENTANTE DIRECCIÓN SIGC	APROBÓ: DIRECTOR(A) GENERAL
Código: M-RA-F003	Versión: 2	INFORME DE VISITA TÉCNICA PARA GESTIÓN DEL RIESGO		

1. GENERALIDADES
1.1. SERVIDOR QUE REALIZA LA VISITA
NOMBRE COMPLETO: Juan David Méndez Duran CARGO: Ing. Civil - SURYT DEPENDENCIA: Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial FUNCIONARIOS DE APOYO: NOMBRE COMPLETO: Carlos Valentín Camacho Rojas CARGO: Practicante Ingeniería Civil – UIS NOMBRE COMPLETO: Daniela López Hemández CARGO: Practicante Geología - UIS NOMBRE COMPLETO: Juan Camilo Corredor Rondón CARGO: Practicante Estudios Geotécnicos - UTS NOMBRE COMPLETO: Silvia Nathalia Poveda Avendaño CARGO: Practicante Ingeniería Civil – UDES NOMBRE COMPLETO: Jesús Enrique Jerez Trillos CARGO: Practicante Ingeniería Civil - UDES DEPENDENCIA: Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial - SURYT.
1.2. FECHA
FECHA DE LA VISITA REALIZADA: 17-09-2018 al 21-09-2018
FECHA EN QUE SE GENERA EL INFORME: 24-09-2018

Figura 11. Parte del informe técnico realizado como respuesta a la acción popular frente a los asentamientos de las comunas 10 y 11. Recuperado de sistema de información de la CDMB.

4.2.2.5 Georreferenciación de obras ejecutadas por la Subdirección (SURYT). Dentro del proceso de mejorar la organización de datos, durante el periodo de prácticas se da inicio a la realización de una copia de seguridad del archivo que contiene información georreferenciada de las diferentes obras ejecutadas por la CDMB.

Este proceso se realiza mediante el software Google Earth incluyendo información general como: Número de contrato, contratista, inicio de ejecución, fin de ejecución, Número de memorando interno de las obras y una corta descripción de la misma. Todo esto con el fin de tener copia de seguridad frente al posible error en el archivo georreferenciado en el software ArcGis o cualquier otro percance que pueda llegar a afectarlo (Ver Figura 12).



Figura 12. Georreferenciación en el software Google Earth, con características generales de las obras ejecutadas por la subdirección SURYT.

4.3 Alimentación al Sistema Corporativo SINCA.

Al realizar las visitas técnicas y generar respuestas, ya sea mediante carta o informe, se ingresa toda esa información al sistema corporativo ambiental SINCA, sistema que permite a los funcionarios llevar un historial de antecedentes de las diferentes actividades realizadas por la entidad.

Por tanto, se hace una continua actualización del sistema de información ingresando los conceptos generados por cada uno de los profesionales en las respectivas vistas de inspección ocular realizadas.

5. Conclusiones

Se realiza una actualización del estudio geotécnico del Barrio Pablo VI, cumpliendo con las especificaciones técnicas y orientaciones de la Subdirección de Gestión de Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) y la CDMB.

De acuerdo a los análisis de estabilidad se puede indicar que la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa del sector de escarpa del barrio Pablo VI del municipio de Bucaramanga, se encuentra entre media y alta, si bien, el análisis estático no evidencia inestabilidad, el análisis dinámico deja en evidencia la inestabilidad que presenta la zona de escarpa por lo cual es necesario la realización de obras que ayuden en la mitigación del riesgo.

Se acompañó al personal especializado en las diferentes visitas técnicas programadas por la subdirección en la solución a diferentes casos relacionados con gestión de riesgo, aportando el conocimiento adquirido durante la estancia académica en las discusiones técnicas para la toma de decisiones enfocado en la mitigación y prevención de fenómenos de erosión.

Por medio de la práctica empresarial y las diferentes actividades ejecutadas dentro de la subdirección se adquiere y mejora el desempeño como profesional en áreas de la vida enfocadas a las relaciones interpersonales y el servicio a la comunidad, llegando a tener un panorama un poco más amplio frente a las problemáticas que esta afronta y cómo por medio de la ingeniería se pueden brindar soluciones eficaces que ayuden a mejorar la calidad de vida de la comunidad.

Durante el tiempo de práctica en esta entidad se tiene la oportunidad de aportar parte del conocimiento adquirido durante el proceso académico mediante informes técnicos, apoyando al personal especializado en la elaboración de algunos de estos informes.

6. Recomendaciones

Para dar solución a la problemática evidenciada en la zona de escarpe del barrio Pablo VI, y teniendo los análisis y diseños para su mitigación, se recomienda realizar lo más pronto posible la gestión frente a los diferentes entes encargados para su ejecución con el fin de evitar posibles eventos de remoción en masa y de igual modo mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.

Al momento de ejecutar la obra de estabilización en el sector de Pablo VI, se debe seguir los parámetros establecidos en el diseño y lo plasmado en los estudios geotécnicos para un correcto funcionamiento de las alternativas presentadas para la mitigación.

En lo relacionado al mejoramiento de la calidad en la gestión de las labores administrativas de la entidad, se puede recomendar un mejor manejo de la información parte de la cual ya se inició con la creación de la copia de seguridad de la georreferenciación de las obras de mitigación ejecutadas por la CDMB.

Referencias Bibliográficas

- Arellano, R., Bielefeldt, J., & Correa, D. (2012). *Análisis de Taludes Mediante Ensayos y Back Análisis de Fallas*. 1–9.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. , (1997).
- Cabra, D. C. (2011). *Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, Junio de 2011*. (1), 3884–3885.
- CDMB. (2009). *Resolución 1294 de 2009 Normas Geotécnicas* (p. 79). p. 79.
- CDMB. (2018). *ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO Y DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACION SECTOR PABLO VI*. Bucaramanga, Santander. 1–177.
- Congreso, G. D. E. L. (2003). *Ley 1523 del 2012*. 1–2. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=47141>
- Diaz, J. S. (1998). Procedimientos de investigación. *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes En Zonas Tropicales*, 35–80.
- P.J. Sabatini, D.G. Pass, R. C. B. (1999). GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR NO. 4 Ground Anchors and Anchored Systems. *Fhwa*, 4(Publication No. FHWA-IF-99-015), 304. <https://doi.org/10.1248/cpb.37.3229>
- Suárez Díaz, J. (1998). Modelos de análisis de estabilidad. *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes En Zonas Tropicales*, 117–150.
- Suarez, J. (1990). *Capítulo 4 Estructuras Ancladas Pretensadas*.