

Auxiliar de ingeniería civil para la identificación de amenazas naturales, supervisión de obras de mitigación y aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Subdirección para la Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) de la CDMB.

Carlos Andrés Niño Mosquera

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Sandra Rocío Villamizar Amaya

Ph.D. Sistemas Ambientales

Tutor Empresarial

Jesús Evelio Sánchez Sánchez

Ingeniero Civil especialista en geotecnia ambiental

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de grado con profundo cariño a mi mamá, por su permanente compañía, su apoyo incondicional y su sacrificio a lo largo de este arduo camino.

A mis profesores y compañeros de universidad por compartir su conocimiento conmigo, por sus enseñanzas y por contribuir de manera significativa a mi formación profesional y personal.

A mi familia y a mi tío Carlos, quien ha sido un ejemplo para seguir adelante y una fuente constante de inspiración.

Finalmente, a mí mismo por tener la capacidad de no rendirme en la búsqueda de oportunidades y por afrontar los retos y desafíos de la mejor manera.

### **Agradecimientos**

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de quienes me acompañaron durante esta etapa académica y personal.

En primer lugar, agradecer a mi mamá, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor fortaleza a lo largo de este proceso.

También quiero agradecer a mi directora de la práctica, por sus asesorías y sus correcciones durante el desarrollo de esta etapa.

De igual forma, extendo mi agradecimiento a mi tutor, así como a los contratista y funcionarios de la SURYT, por considerarme y brindarme la oportunidad de aportar y aprender en un entorno profesional enriquecedor.

Finalmente, extendo mi gratitud a la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB por brindarme la oportunidad de realizar mi práctica empresarial y a la Universidad Industrial de Santander por formarme con excelencia y otorgarme las herramientas necesarias para construir mi camino académico y profesional.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	14
1. Marco de Referencia .....	17
1.1 Gestión del riesgo .....	17
1.2 Área de Jurisdicción Ambiental de la CDMB .....	18
1.3 Fenómenos naturales y zonas de amenaza y riesgo definidos por la CDMB .....	19
1.4 Zonas DRMI .....	20
1.5 Predios de la CDMB .....	20
1.6 Tipos de Obras de Estabilización y Mitigación realizadas por la CDMB .....	21
1.7 Herramientas de los Sistemas de Información Geográfica .....	22
2. Marco Legal .....	23
2.1 Entidades .....	23
2.2 Normas .....	24
3. Objetivos .....	27
3.1 Objetivo General .....	27
3.2 Objetivos Específicos .....	27
4. Metodología .....	28
4.1 Fase 0 Preparación y aprestamiento: .....	28
4.2 Fase 1 Identificación de las amenazas naturales: .....	29
4.2.1 Recepción de solicitudes .....	29
4.2.2 Visitar el evento reportado .....	29
4.2.3 Proyección del informe técnico .....	30

4.3 Fase 2 Supervisión de obras de mitigación:.....	31
4.4 Fase 3 Aplicación de conocimientos y herramientas (SIG):.....	33
4.4.1 Georreferenciación de los puntos de interés .....	34
4.4.2 Configuración del programa .....	34
4.4.3 Extracción de coordenadas de un polígono de incendios .....	37
5. Resultados .....	39
5.1 Fase 1 Identificación de las amenazas naturales.....	39
5.1.1 Erosión y Remoción en Masa .....	40
5.1.2 Inundación y Avenidas Torrenciales .....	47
5.2 Fase 2 Supervisión de obras de mitigación.....	50
5.3 Fase 3 Aplicación de conocimientos y herramientas (SIG).....	51
5.3.1 Elaboración de mapas .....	52
6. Conclusiones .....	60
7. Recomendaciones .....	61
Referencias Bibliográficas .....	62
Apéndices.....	67

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Etapas relevantes del procedimiento (M-RA-PR01)</i> .....	32
Tabla 2 <i>Identificación de las amenazas naturales durante las visitas realizadas</i> .....	40

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Área de jurisdicción ambiental</i> .....	19
Figura 2 <i>Zonas DRMI</i> .....	20
Figura 3 <i>Predios de la CDMB</i> .....	21
Figura 4 <i>Hoja de visita (M-OA-FO02)</i> .....	30
Figura 5 <i>Informe técnico (M-RA-FO03)</i> .....	31
Figura 6 <i>Georreferenciación de un punto</i> .....	34
Figura 7 <i>Configuración del SRC</i> .....	35
Figura 8 <i>Base de datos</i> .....	36
Figura 9 <i>Plantilla de los mapas</i> .....	36
Figura 10 <i>Uso de la calculadora de campos</i> .....	38
Figura 11 <i>Barrio Cordoncillos II y San Rafael</i> .....	41
Figura 12 <i>Vereda El Palcho</i> .....	42
Figura 13 <i>Barrio Edimar y Miraflores</i> .....	44
Figura 14 <i>Barrio el Rosal Colorados</i> .....	45
Figura 15 <i>Pantallas ancladas y muros en gaviones</i> .....	46
Figura 16 <i>Incendio en la Rinconada</i> .....	47
Figura 17 <i>Cracovia I, Aguas claras y Hoyo grande</i> .....	48
Figura 18 <i>Canal abierto y torrentera obstruida</i> .....	49
Figura 19 <i>Puente de Charta</i> .....	50
Figura 20 <i>Quema en la vereda Delirio en Vetas</i> .....	51
Figura 21 <i>Capas geológicas y geotécnicas del área que abarca el estudio</i> .....	53

Figura 22 <i>Mapa de zonificación geotécnica</i> .....	54
Figura 23 <i>Capas de los mapas de UGS, elementos geomorfológicos y remoción en masa</i> .....	55
Figura 24 <i>Mapa de amenaza a fenómenos de movimiento en masa</i> .....	57
Figura 25 <i>Capas de uso del suelo, zonificación ambiental y de amenaza por inundación</i> .....	58
Figura 26 <i>Mapa de amenaza por avenidas torrenciales</i> .....	59

**Lista de Apéndices**

**pág.**

Apéndice A. Compilación de los informes de obra de Centroabastos..... 67

Los apéndices se encuentran adjuntos.

## Glosario

**Amenaza:** peligro latente o probabilidad de que un evento físico, natural o inducido por el ser humano cause pérdidas humanas, daños materiales, afectaciones a la salud, a los medios de vida, a la infraestructura, a los servicios o al ambiente (CDMB, 2009).

**CAR:** las Corporaciones Autónomas Regionales son entidades públicas que cumplen funciones de autoridad ambiental en una región, dotadas de autonomía financiera y administrativa sobre los recursos naturales y responsables de impulsar el desarrollo sostenible, de acuerdo con las políticas del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente, 2025).

**Cartografía:** conjunto de transformaciones específicas para generar y manipular representaciones visuales o virtuales de información espacial. Estos mapas facilitan la exploración, análisis y comunicación de información sobre un espacio determinado (Warf, 2006).

**Deslizamiento:** movimiento de tierra de un talud a lo largo de una superficie de falla (CDMB, 2009).

**Riesgo:** combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso y sus consecuencias negativas, como lo son la pérdida de vidas humanas y económicas causadas por un fenómeno natural (CDMB, 2009).

**Socavación:** degradación y descenso del fondo del cauce por efecto de altas velocidades erosionantes, generalmente cuando se presentan avenidas y crecientes (CDMB, 2009).

**Supervisión:** proceso continuo de monitoreo, verificación y control de las actividades de un proyecto de construcción, con el propósito de asegurar que los riesgos identificados sean gestionados adecuadamente, que los objetivos del proyecto se cumplan en tiempo, calidad y costo, y que se tomen decisiones oportunas frente a desviaciones detectadas (Smith et al., 2013).

**SURYT:** es la Subdirección para la Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial de la CDMB, encargada de administrar las obras que se ejecutan en la Entidad, así como de alertar posibles riesgos a otras entidades públicas (CDMB, 2022).

**Vulnerabilidad:** condición de fragilidad o exposición física, social, económica, ambiental o institucional que incrementa la predisposición de que una comunidad sufra daños, pérdidas o impactos negativos ante la ocurrencia de un evento peligroso (UNGRD et al., 2018).

## Resumen

**Título:** Auxiliar de ingeniería civil para la identificación de amenazas naturales, supervisión de obras de mitigación y aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Subdirección para la Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) de la CDMB.\*

**Autor:** Carlos Andrés Niño Mosquera\*\*

**Palabras Clave:** QGIS, Zonificación de amenazas, Cartografía temática, Informes de obra, Normativas para la gestión del riesgo.

**Descripción:** La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) es una entidad del Estado que ejerce como máxima autoridad ambiental en 13 municipios de Santander, incluyendo el área metropolitana de Bucaramanga. La práctica empresarial se desarrolló bajo las competencias de la Subdirección para la Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) de la CDMB, donde se adquirieron habilidades técnicas para la identificación de amenazas naturales mediante 15 visitas de inspección ocular, evaluando la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales en las distintas comunidades vulnerables. Además, se supervisó la obra de mitigación del riesgo por inundación de la margen derecha del río de Oro, en el sector de Centroabastos S.A., municipio de Bucaramanga, a través de cuatro visitas mensuales y la generación de sus informes de seguimiento de obra respectivos. Finalmente, se aplicaron conocimientos y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de forma que, con el apoyo de estudios cartográficos del Servicio Geológico Colombiano y de Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), se generó un total de 21 mapas geotécnicos y 62 de zonificación de amenazas usando el software libre de QGIS. Por consiguiente, esta práctica contribuyó a la optimización de las estrategias de gestión del riesgo proporcionando insumos técnicos y cartográficos para la toma de decisiones institucionales. Al mismo tiempo, representó una experiencia formativa de alto valor profesional para el estudiante, fortaleciendo su capacidad de análisis y afianzando habilidades blandas relevantes en el ámbito interdisciplinario.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: Sandra Rocío Villamizar Amaya. Ph.D. en Sistemas Ambientales.

### Abstract

**Title:** Civil Engineering Assistant for the Identification of Natural Hazards, Supervision of Mitigation Works, and Application of Geographic Information Systems (GIS) Tools in the Subdirectorate for Risk Management and Territorial Safety (SURYT) of the CDMB.\*

**Author:** Carlos Andrés Niño Mosquera\*\*

**Key Words:** QGIS, Hazard zoning, Thematic cartography, Construction reports, Risk management regulations.

**Description:** The Regional Autonomous Corporation for the Defense of the Bucaramanga Plateau (CDMB) is a state entity that serves as the highest environmental authority in 13 municipalities of Santander, including the metropolitan area of Bucaramanga. The internship was carried out under the competencies of the Deputy Directorate for Risk Management and Territorial Security (SURYT) of the CDMB, where technical skills were developed for the identification of natural hazards through 15 field inspections, assessing the probability of occurrence of natural phenomena in various vulnerable communities. In addition, the supervision of the flood risk mitigation project on the right bank of the Río de Oro, in the Centroabastos S.A. sector of Bucaramanga, was conducted through four monthly visits and the preparation of corresponding project monitoring reports. Furthermore, knowledge and tools of Geographic Information Systems (GIS) were applied, producing a total of 21 geotechnical maps and 62 hazard zoning maps, based on cartographic studies from the Colombian Geological Service and the Watershed Management and Land Use Plans (POMCA), using the open-source software QGIS. Consequently, this internship contributed to the optimization of risk management strategies by providing technical and cartographic inputs for institutional decision-making. At the same time, it represented a formative experience of high professional value for the student, strengthening analytical capacity and reinforcing both technical competencies and soft skills relevant in an interdisciplinary context.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering Program. Director: Sandra Rocío Villamizar Amaya. Ph.D. in Environmental Systems.

## Introducción

La gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, 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 de la república, 2012). En Colombia, parte de esta función ha sido delegada a las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), como lo es la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) que tiene jurisdicción en el área metropolitana de Bucaramanga y en nueve municipios de Santander. La CDMB fue fundada en el año de 1965 como una asociación civil. Sin embargo, al entrar en vigor la ley 99 de 1993 y al constituirse el Ministerio de Ambiente, dicha normativa amparó a las corporaciones autónomas en todo el país, otorgándoles plena autonomía de sus funciones, convirtiéndolas en las entidades públicas de orden nacional con máxima autoridad ambiental en sus respectivas jurisdicciones (CDMB, 2024b).

El área de jurisdicción de la CDMB tiene una conformación geológica y geomorfológica de pendiente alta y algunas veces encañonada hacia el oriente y norte del municipio de Bucaramanga volviéndose plana al occidente hacia el valle del río Magdalena, con presencia importante del segundo nido sísmico del mundo ubicado en la mesa de los santos, así como el sistema de fallas Bucaramanga – Santa Marta y Suarez; estas condiciones la hacen susceptible de amenazas a fenómenos de remoción en masa, incendios forestales, avenidas torrenciales e inundaciones, así como la presencia de grandes procesos de erosión al occidente de la denominada Meseta de Bucaramanga (SUÁREZ, 2021). Estas condiciones naturales, aunadas a la intervención

antrópica que se ha venido generando desde el cambio de uso de suelos protectores a suelos de cultivos o suelos urbanos y, posiblemente, los efectos del cambio climático han intensificado los riesgos para la población asentada y la ocurrencia de desastres.

La CDMB ha venido desarrollando desde sus inicios proyectos claves que han atendido a esta necesidad, como lo fue la formulación del **Plan General para el Control de la Erosión (PGCE)** (CDMB, 2012), que consistió en la realización de obras inmediatas para combatir los principales focos de erosión que existían en ese momento en la ciudad de Bucaramanga. Además llevó a cabo estudios por parte de consultorías externas para la creación de proyectos estratégicos como el plan maestro de alcantarillado, el plan de estructuras de vertimiento, el plan de estructuras de control de cauce, estabilización y reforestación de taludes y la remodelación urbana (Gavassa Villamizar, 2015).

En la actualidad, la Entidad contempla dentro de su Plan de Acción Cuatrienal 2024 – 2027 iniciativas estratégicas para atender asuntos de gestión del riesgo como el **Sistema de información interoperando para la toma de decisiones**, orientado a mejorar la captura, procesamiento y análisis de datos mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), y el proyecto **Territorios más adaptados y resilientes frente al riesgo**, cuyo objetivo es fortalecer la gestión integrada del riesgo en la jurisdicción ante escenarios de cambio climático (CDMB, 2024a).

Ante este actuar, la CDMB, ha requerido la vinculación de profesionales de diferentes áreas del conocimiento, especialmente la geología y la ingeniería, abriendo también la puerta para que se vinculen estudiantes como practicantes de ingeniería civil para apoyar en actividades de identificación de posibles amenazas naturales para las poblaciones vulnerables, supervisión de obras de mitigación administradas por la autoridad ambiental, y la aplicación de herramientas de

Sistemas de Información Geográfica, dentro de la gestión de una base cartográfica propia de la Subdirección para la Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT). Este documento registra la experiencia de práctica empresarial del estudiante en el marco del cumplimiento de los objetivos propuestos, logrando una experiencia de formación profesional contextualizada.

## 1. Marco de Referencia

El desarrollo de la práctica en la Subdirección para la Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) de la CDMB requirió reconocer una base conceptual y contextual que permitiera la adecuada inmersión en las actividades y proyectos trabajados por la Subdirección. Acto seguido se presentan los aspectos clave que resultan fundamentales para el entendimiento integral de la práctica.

### 1.1 Gestión del riesgo

Es entendida como un proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia de este (UNGRD et al., 2018). La **reducción del riesgo** hace parte de dicha gestión al incluir medidas de **mitigación** y de **prevención** que se adoptan con antelación para reducir el daño a las personas, infraestructura y bienes; siendo la principal diferencia entre estas dos medidas que, mientras la primera se centra en reducir o disminuir las pérdidas cuando ya existe una afectación, la segunda busca evitar que el riesgo se genere en primer lugar.

La implicación de consideraciones sobre las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir se lleva a cabo mediante el **análisis y evaluación del riesgo**; que relaciona los conceptos de **amenaza** y **vulnerabilidad**; la amenaza es un peligro latente causado de forma natural o por intervención antrópica que ocurre con suficiente severidad para causar pérdidas humanas y materiales; en cambio, la vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad o fragilidad de una comunidad o sistema frente a esa amenaza, es decir, la predisposición a sufrir daños o efectos adversos cuando la amenaza se materializa (CDMB, 2009).

El **conocimiento del riesgo**, definido como el conjunto de actividades de monitoreo y seguimiento orientadas a identificar y evaluar amenazas y vulnerabilidades, constituye un eje fundamental de la gestión del riesgo, puesto que proporciona información esencial para la toma de decisiones y la implementación de medidas de prevención y mitigación (UNGRD, 2015).

En este sentido, la gestión del riesgo no se limita únicamente a reducir daños inmediatos, sino que también busca fortalecer las capacidades de adaptación y resiliencia de las comunidades frente a futuros eventos adversos. Dicho enfoque reconoce que el riesgo es dinámico y que las condiciones que lo generan cambian con el tiempo, ya sea por transformaciones ambientales, sociales o climáticas.

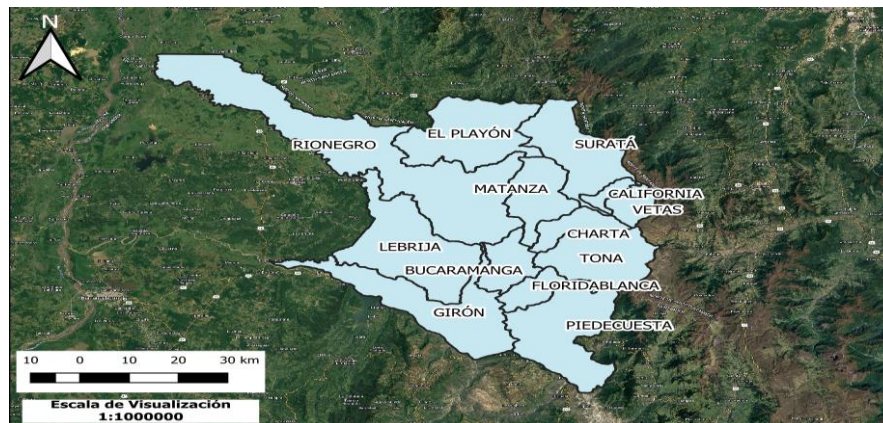
Por esta razón, el vínculo entre el conocimiento del riesgo y **sostenibilidad** resulta evidente. La identificación de amenazas y vulnerabilidades, junto con la implementación de medidas para reducirlas, no solo protege la seguridad de la población actual, sino que también garantiza que las futuras generaciones vivan en entornos menos expuestos y más adaptados. De esta manera, la gestión del riesgo aporta a la sostenibilidad, entendida como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades propias (ONU, 1987).

## **1.2 Área de Jurisdicción Ambiental de la CDMB**

El área de jurisdicción ambiental de la CDMB está conformada por el área metropolitana de Bucaramanga, es decir, los municipios de Piedecuesta, Bucaramanga, Girón y Floridablanca. Pero también por los municipios de Rionegro, Matanza, Lebrija, Charta, Suratá, el Playón, Tona, California y Vetás, con un total de 4597.13 km<sup>2</sup> (Figura 1).

**Figura 1**

*Área de jurisdicción ambiental*



*Nota.* Realizada por el autor usando QGIS, con información de la CDMB.

### **1.3 Fenómenos naturales y zonas de amenaza y riesgo definidos por la CDMB**

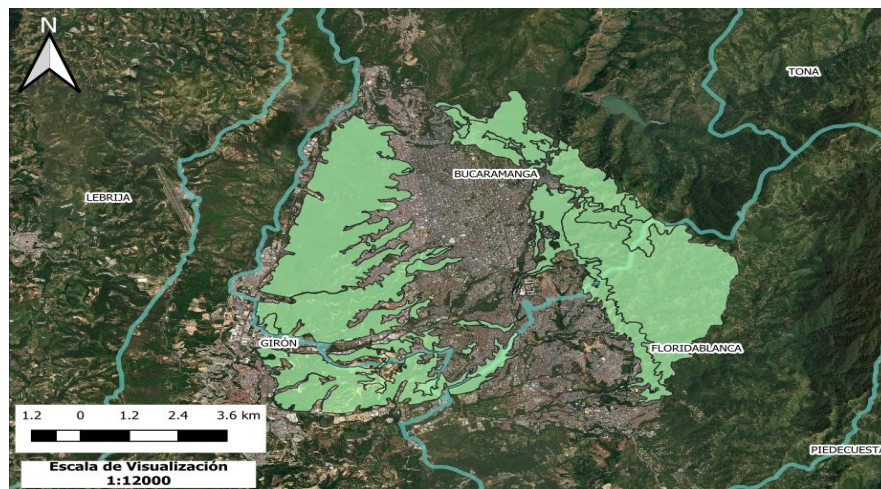
Los deslizamientos, los incendios forestales, la erosión, las inundaciones y las avenidas torrenciales son los principales fenómenos naturales que afectan la población del área de jurisdicción de la CDMB (CDMB, 2009). La Entidad ha identificado las zonas de amenaza y riesgo a estos fenómenos naturales mediante licitaciones a consultorías para la realización de estudios de AVR (Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo) en los municipios, así como estudios del Servicio Geológico Colombiano y de los POMCA, generando mapas con diversas escalas con mayor o menor precisión que sirven para la delimitación a nivel rural y urbano. En zonas identificadas como de riesgo a este tipo de amenazas naturales no se debe adelantar ninguna obra de construcción debido a que representan un peligro para las personas y bienes de la comunidad, y su uso se debe destinar para actividades de protección o conservación.

## 1.4 Zonas DRMI

Los DRMI o Distritos Regionales de Manejo Integrado son áreas protegidas en Colombia que combinan la conservación de ecosistemas con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, permitiendo actividades como el turismo, la pesca, la agricultura y otras que no comprometan la integridad ecológica (CodeChoco, 2022). Estas zonas se clasifican en cuatro tipos según el uso: preservación, uso sostenible, restauración y general para uso público. La CDMB ha delimitado 4831 hectáreas que se localizan en ecosistemas críticos localizados en y alrededor del área metropolitana de Bucaramanga (Figura 2).

### Figura 2

*Zonas DRMI*



*Nota.* Realizada por el autor usando QGIS, con información de la CDMB.

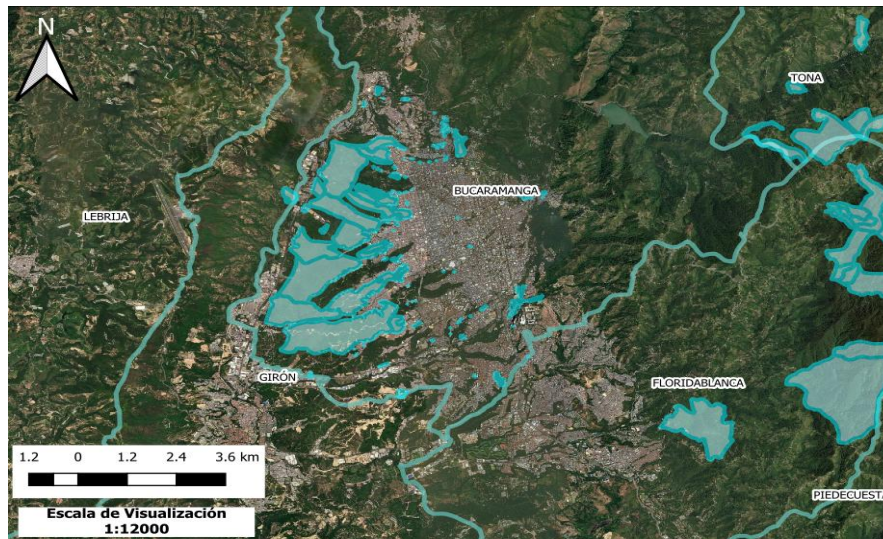
## 1.5 Predios de la CDMB

Son las áreas de conservación y preservación del medio ambiente, para beneficio de todos los habitantes del área de jurisdicción de la CDMB por lo que no pueden ser objeto de ningún tipo de intervención como invasión, construcción, basurero, tala de árboles, entre otras actividades

(CDMB, 2023b). Para la identificación de estas áreas se utiliza un número de serie predial o un nombre, por ejemplo, Buenos Aires es un predio que está ubicado entre los barrios La Feria y Nápoles (Figura 3).

### Figura 3

*Predios de la CDMB*



*Nota.* Realizada por el autor usando QGIS, con información de la CDMB.

#### 1.6 Tipos de Obras de Estabilización y Mitigación realizadas por la CDMB

Desde sus inicios, la CDMB ha desarrollado una amplia variedad de obras que incluyen la adecuación de redes de alcantarillado, cruciales en las primeras etapas de existencia de la Entidad para el saneamiento de aguas residuales en la ciudad, así como intervenciones orientadas a la mitigación del riesgo por fenómenos de remoción en masa. Entre estas se destacan la aplicación de concreto lanzado y la instalación de pantallas ancladas con drenes de penetración, técnicas que permiten reducir los niveles freáticos y prevenir deslizamientos en temporadas de lluvia. Estas acciones han beneficiado directamente a los habitantes de los barrios Campohermoso y Villa del

Prado (CDMB, 2023a), así como a miles de familias asentadas en las coronas de las laderas de la escarpa occidental (CDMB, 2024c). De igual forma, la Entidad ha desarrollado obras de mitigación del riesgo por inundación, orientadas al control y estabilización de ríos y quebradas (CDMB, 2025).

### **1.7 Herramientas de los Sistemas de Información Geográfica**

Para la ubicación precisa de elementos en la superficie terrestre mediante los SIG, es indispensable un sistema de referencia sustentado en un modelo matemático de la Tierra. Aunque el geoide representa de manera más real la forma del planeta, por su irregularidad se emplea el elipsoide como una aproximación para definir latitudes y longitudes (ESRI, 2025). Con ello surge el concepto de datum, entendido como el marco de referencia que relaciona el geoide y el elipsoide para establecer coordenadas geográficas; este puede ser global, como el WGS 84 usado por los GPS, regional como el SIRGAS para América, o nacional como el MAGNA-SIRGAS, adoptado en Colombia por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), que garantiza mayor precisión en la cartografía y en la gestión de información espacial. Por otra parte, los sistemas de coordenadas proyectadas permiten representar en un plano la superficie curva de la Tierra, siendo la variante girada 90° del Mercator, la Transversa de Mercator (UTM) la más utilizada para asegurar la uniformidad en los mapas (Snyder, 1987).

La información geográfica en los SIG puede representarse como capas vectoriales (puntos, líneas y polígonos) realizados en plataformas como Google Earth Pro al exportarlos en formato KMZ, mientras que los archivos ráster (píxeles con atributos del terreno). Estos últimos permiten generar mapas temáticos especialmente distribuidos como Modelos Digitales de Elevación (DEM), mapas de suelos, etc.

## 2. Marco Legal

Las disposiciones legales, normativas vigentes y entidades relevantes para el desarrollo de la práctica empresarial son:

### 2.1 Entidades

Entre las principales entidades relacionadas con el desarrollo de la práctica se encuentra el **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**, entidad gubernamental creada en 1993, encargada de coordinar, dirigir y supervisar las políticas, planes y programas relacionados con la protección del medio ambiente, el manejo de los recursos naturales y la promoción del desarrollo sostenible.

Por su parte, la **Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)** tiene como objetivo el coordinar e implementar la gestión del riesgo en Colombia, en paralelo con medidas para el desarrollo sostenible, en las que se promuevan el conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo financiero en el país y mejora de la respuesta y recuperación ante desastres (UNGRD, 2025). Por esta razón, esta entidad tiene la capacidad de construir obras de mitigación del riesgo frente a las múltiples amenazas que pueden sufrir las comunidades vulnerables a nivel nacional, mientras que la UMGRD planifica y ejecuta la gestión del riesgo en los municipios de manera específica. Estas dos entidades hacen parte del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) en Colombia.

Otra entidad relevante es el **EMPAS S.A E.S.P. (Empresa Pública de Alcantarillado de Santander)** la cual administra desde el 2006 las redes de alcantarillado público en el área metropolitana de Bucaramanga, no obstante, la propietaria de esta infraestructura y el principal accionista de la empresa es la CDMB.

Finalmente el **Servicio Geológico Colombiano (SGC)**, anteriormente conocido como Ingeominas, tiene entre sus funciones la elaboración y actualización de mapas geológicos y geomorfológicos del país, los cuales se distribuyen en planchas publicadas en el MIIG (Motor de Integración de Información Geocientífica), en las que cada una de estas es enumerada de acuerdo a una región del territorio nacional, por ejemplo, para la plancha 109 explica dentro de sus memorias cada unidad geomorfológica de la región de Rionegro, incluyendo a Bucaramanga y otros municipios. Sin embargo, esta entidad también puede realizar estudios más detallados en torno a sitios de interés, como lo son los estudios que han realizado para la CDMB, entre estos están el estudio de *Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa en algunas laderas de los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón* del 2009 y el estudio de *Zonificación Sismo-geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga* del 2001.

## 2.2 Normas

- Ley 99 de 1993: es la normativa que permitió la creación del Ministerio del Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Además de brindarle una estructura organizacional de orden nacional a las CAR. Por lo que, algunas de las funciones asignadas a estas corporaciones a nivel nacional, contempladas en el artículo 31 de dicha ley son: ejercer funciones de evaluación, seguimiento y control ambiental, así como de la administración del recurso hídrico, incluyendo la promoción y ejecución de obras de defensa contra las inundaciones (Congreso de la república, 1993b).
- Ley 1523 de 2012: es una ley que busca fortalecer la cultura ambiental en Colombia mediante la educación, la sensibilización y el compromiso de todos los sectores de la sociedad, promoviendo un modelo de desarrollo sostenible a través de la gestión del riesgo. Por otra parte, en el capítulo dos de la normativa explica la estructura, organización y

coordinación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en especial en el artículo 14 que involucra a la administración municipal a realizar la implementación de procesos de gestión del riesgo en sus planes de ordenamiento territorial y en su artículo 31, el cual dictamina que: Las corporaciones autónomas regionales deben apoyar a las entidades territoriales de su jurisdicción ambiental en todos los 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 de la república, 2012).

- Ley 80 de 1993: regula la contratación estatal celebrada por entidades públicas en Colombia con el sector privado, para que estos se efectúen con transparencia, eficiencia y responsabilidad, para que de esta forma se gestione de la mejor manera los recursos de la nación. De igual forma, esta norma estableció los lineamientos para los procesos de selección, como lo son la licitación pública y el concurso de méritos abierto (Congreso de la república, 1993a).
- Resolución 1294 de 2009 – CDMB: constituye una norma técnica para la gestión integral de residuos sólidos dentro de su jurisdicción, estableciendo lineamientos para su manejo mediante una clasificación orientada a la protección ambiental y la promoción de la sostenibilidad. Esta resolución también adopta un manual técnico para la realización de estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos, con el fin de controlar fenómenos naturales. Asimismo, ofrece la terminología y definiciones de varios conceptos y establece aislamientos mínimos en cauces y en taludes para urbanizaciones. En este contexto, la norma define varios fenómenos naturales, como lo son la erosión, entendida como un proceso natural de deterioro progresivo del terreno por la acción del viento y el agua que,

sobre superficies inclinadas, como taludes, laderas o escarpes, ocasiona desprendimiento y arrastre de suelo. Dependiendo del flujo del agua, los procesos erosivos pueden iniciar con la formación de surcos y, posteriormente en cárcavas. De manera complementaria, la remoción en masa hace referencia al desplazamiento del terreno, ya sea lento o repentino, en áreas inestables, generando afectaciones a la infraestructura y a las comunidades asentadas en zonas vulnerables. Igualmente, la inundación se presenta cuando una corriente, permanente o temporal, se desborda de su cauce natural e impacta los predios adyacentes, produciendo daños directos o asociados con la erosión por socavamiento de los taludes laterales. Finalmente, las avenidas torrenciales se caracterizan por ser flujos compuestos por agua y sedimentos en diversas proporciones, que se desplazan a gran velocidad por cauces definidos, generando un alto nivel de amenaza para las comunidades y ecosistemas de la región (CDMB, 2009).

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Desarrollar competencias técnicas para la identificación de amenazas naturales, supervisión de obras de mitigación y la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de optimizar las estrategias de prevención y reducción del riesgo, en concordancia con las directrices de la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) de la CDMB.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

Identificar las amenazas naturales presentes en la jurisdicción de la CDMB con el propósito de emitir conceptos técnicos oportunos que faciliten la toma de decisiones respecto a la gestión del riesgo con base en visitas de inspección ocular realizadas acorde a los lineamientos de la (SURYT).

Supervisar obras de mitigación a cargo de la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) en el municipio de Bucaramanga para garantizar el cumplimiento de los procedimientos establecidos en el seguimiento y control de actividades.

Aplicar conocimientos y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la elaboración de mapas geotécnicos y de zonificación de amenazas, con el fin de mejorar la gestión del riesgo, conforme a los reportes suministrados por los profesionales adscritos a la (SURYT).

## **4. Metodología**

La metodología implementada en el desarrollo de la práctica empresarial en la (SURYT) se estructuró en diferentes fases que respondieron directamente a los objetivos planteados en el trabajo de grado. Más allá de la elaboración de informes técnicos o la generación de documentación, el propósito fue aplicar de manera integral los conocimientos adquiridos en la formación académica, lo cual permitió fortalecer habilidades profesionales y apoyar a la Entidad en la gestión del riesgo y en la toma de decisiones, teniendo en cuenta normativas vigentes, procedimientos institucionales y el uso de tecnologías para el análisis espacial. A continuación, se detalla la metodología empleada con la que se llevó a cabo el proyecto.

### **4.1 Fase 0 Preparación y aprestamiento:**

Esta fase preliminar tuvo como fin la preparación del plan de trabajo de grado, definiendo, en conjunto con el tutor, las actividades a realizar dentro de la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT), así como los formatos técnicos para los informes y softwares utilizados.

De igual manera, en esta fase se aclararon las distintas funciones que tiene la Subdirección, las cuales se abordaron en las siguientes fases, así como las normativas y entidades — explicadas previamente en el marco legal — en las que se basaban los contratistas y funcionarios para emitir conceptos técnicos en el marco de la gestión del riesgo. También, se indicó el tipo de información cartográfica para la elaboración de mapas en QGIS y se detalló el procedimiento de consulta dentro del SECOP sobre los contratos estatales suscritos por la Entidad.

## **4.2 Fase 1 Identificación de las amenazas naturales:**

En esta fase se describió el procedimiento mediante el cual la Subdirección, en el marco de sus funciones, gestionaba y alertaba el riesgo asociado a los diferentes fenómenos naturales que ocurrían en las comunidades. Entre estas amenazas naturales se incluyeron los fenómenos de remoción en masa, la erosión, que afectaba, por ejemplo, a los barrios ubicados en la escarpa occidental de la meseta de Bucaramanga, así como los fenómenos por inundación y avenidas torrenciales que impactaban a las localidades cercanas a fuentes hídricas. En consecuencia, el *Procedimiento de Atención a Condiciones de Amenazas Naturales y Antrópicas que Afectan los Recursos Naturales* (M-RA-PR03) fue una pieza fundamental dentro de los deberes de SURYT, cuyas instrucciones se explicarán de manera resumida a continuación.

### ***4.2.1 Recepción de solicitudes***

Esta etapa inició con la recepción de solicitudes acerca de una problemática remitida por la ciudadanía o por entidades como la Alcaldía o la Procuraduría, ya fuera de forma escrita en la Oficina de Correspondencia dentro de la Corporación o enviada al correo electrónico oficial de la Entidad como PQRS. Luego, el coordinador o subdirector de SURYT asignaba el oficio a un servidor público, para que evaluara la posibilidad de que la solicitud requiriera o no de una visita técnica. En caso de que sí se necesitara, los funcionarios y contratistas se desplazaban, y, por lo tanto, para dar cumplimiento con la práctica se les acompañaba a los sitios.

### ***4.2.2 Visitar el evento reportado***

Durante las visitas de inspección ocular, se observaron las problemáticas asociadas a los lugares. De igual forma, se conversaba y se escuchaba detenidamente a las partes involucradas, puesto que, en la gran mayoría de ocasiones, las personas eran afectadas por fenómenos naturales y quienes atendían la visita explicaban y solicitaban un concepto de riesgo o una pronta solución.

Por este motivo, se elaboraban hojas de visitas con el formato M-OA-FO02 (Figura 4) para dejar plasmada la realización de cada visita, describiendo brevemente la problemática y adjuntando los datos de la persona que atendía la visita, el número del radicado de entrada por el cual se efectuó la inspección, coordenadas y registro fotográfico de la zona, además de una constancia acerca de una futura respuesta. Finalmente se entregaba una copia a la persona que atendió el oficio.

#### Figura 4

##### Hoja de visita (M-OA-FO02)

El formulario 'HOJA DE VISITA' de la CDMB está estructurado de la siguiente manera:

- Encabezado:** Logotipo de CDMB y nombre de la entidad: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESA DE BUCARAMANGA - CDMB.
- Información de Elaboración y Aprobación:**
  - ELABORADO: Coordinador(a) Zona Piedemonte SUGAR
  - REVISÓ: Representante Dirección SIOC
  - APROBÓ: Director(a) General
- Metadatos:** CÓDIGO M-OA-FO02 y VERSIÓN 03.
- Motivo de la Visita:** Campo de texto para describir el motivo.
- Fecha de Visita:** Campos para DIA, MES y AÑO.
- Dirección y Ubicación:** Campos para FINCA, VEREDA, MUNICIPIO y MICROCIENCIA.
- Propietario y Contacto:** Campos para COTA, PROPIETARIO, C.C./NIT, TELÉFONO FIJO, CELULAR y QUIEN ATIENDE LA VISITA.
- Registro de Visita:**
  - SITUACIÓN ENCONTRADA:** Área con líneas horizontales para describir los hallazgos.
  - EVIDENCIAS:** Área para registrar pruebas o fotografías.
  - OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES:** Área para registrar sugerencias o acciones a tomar.
- Sección de Firmas:**
  - QUIEN ATIENDE LA VISITA - FIRMA / CÉDULA
  - NOMBRE Y FIRMA SERVIDOR PÚBLICO CDMB
  - OTROS - NOMBRE / FIRMA / CÉDULA
- Información de Contacto y Redes Sociales:**
  - Dirección: Cra. 23 #37-63 Bucaramanga, Santander
  - TEL: (607) 6 970243 / E-mail: info@cdmb.gov.co
  - www.cdmb.gov.co
  - Redes sociales: Facebook (CDMB Corporación), Twitter (@CARCDMB), Instagram (@CARCDMB).

#### 4.2.3 Proyección del informe técnico

Luego de realizar la visita se establecía en la oficina el tipo de respuesta. En ciertas ocasiones, se remitía el oficio a otras entidades por medio de cartas o a otra subdirección mediante memorandos, porque SURYT carecía de competencias para responder la solicitud, puesto que en algunos casos no representaba un riesgo. A pesar de esto, las solicitudes que sí requirieron de un

informe técnico debían ser redactadas con el formato M-RA-FO03 (Figura 5). En esta fase de la metodología se aprendió a escribir la parte de la descripción de la problemática evidenciada, con el fin de identificar el tipo de amenaza. Además, se emitieron conceptos técnicos oportunos para la gestión del riesgo en la parte de las conclusiones y recomendaciones, teniendo en cuenta las disposiciones legales de la CDMB y los conceptos teóricos de la ingeniería civil.

### Figura 5

#### Informe técnico (M-RA-FO03)

		CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA - CDMB		
Código:	Versión:	ELABORO:	REVISÓ:	APROBO:
M-RA-FO03	5	SUBDIRECTORIA SURRYT	DELEGADO DIRECCIÓN SIOC	DIRECTOR(A) GENERAL
INFORME DE VISITA TÉCNICA PARA GESTIÓN DEL RIESGO				
<b>1. GENERALIDADES</b>				
<b>1.1. SERVIDOR QUE REALIZA LA VISITA</b>				
NOMBRE COMPLETO:				
CARGO:				
DEPENDENCIA:				
<b>1.2. FECHA</b>				
FECHA DE LA VISITA REALIZADA:				
FECHA EN QUE SE GENERA EL INFORME:				
<b>1.3. LOCALIZACIÓN</b>				
COORDENADAS:				
DIRECCIÓN:				
DESCRIPCIÓN:				
<b>1.4. MOTIVO DE LA VISITA</b>				
<b>1.5. ANTECEDENTES</b>				
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA EVIDENCIADA</b>				
<b>3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS / GEOMORFOLÓGICAS / GEOTÉCNICAS / AMBIENTALES</b>				
<b>4. ZONIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE AMENAZA</b>				
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>				
Proyecto	aspectos	Nombre		Firma
técnicos:		Profesión y/o Numero de Contrato		
Proyecto	aspectos	Nombre		Firma
geológicos:		Profesión y/o Numero de Contrato		
Vo. Bo.		Nombre		Firma
		Coordinador Grupo de Gestión del Riesgo		

### 4.3 Fase 2 Supervisión de obras de mitigación:

Esta fase consistió en supervisar las obras de mitigación del riesgo que se encontraban en ejecución por parte de la CDMB. En el contexto de la práctica empresarial, las obras asignadas correspondieron a las intervenciones que se realizaron en la margen derecha del río de Oro, en el sector de Centroabastos S.A., municipio de Bucaramanga, las cuales fueron unas obras de

mitigación del riesgo por inundación. Esta intervención consistió en un muro en gaviones revestidos en concreto, con anclajes en el último nivel de los muros y con espigones destinados a controlar la socavación de los taludes laterales del afluente adyacente a Centroabastos.

Este apartado se fundamentó en el *Procedimiento de Planeación, Ejecución y Supervisión de Estudios de Conocimiento del Riesgo y/o de Obras de Reducción del Riesgo de Desastres* (M-RA-PR01).

**Tabla 1**

*Etapas relevantes del procedimiento (M-RA-PR01)*

<b>Etapas relevantes del procedimiento (M-RA-PR01) aplicadas en la obra de Centroabastos</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Detalle</b>
Necesidad del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona afectada desde hace 15 años.</li> <li>- Riesgo de socavación.</li> <li>- Una de las funciones de la Entidad.</li> </ul>
Factibilidad del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Certificación de disponibilidad presupuestal.</li> <li>- Actividad alineada con una de las líneas del PAC.</li> <li>- Realización de estudios hidráulicos y socioeconómicos de la zona.</li> <li>- Anexión al Plan Anual de Adquisiciones (PAA) de la Entidad.</li> </ul>
Gestión precontractual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Convocatoria pública para la participación de contratistas del sector privado, aceptando el pliego de condiciones.</li> <li>- Solicitud de RUP (Registro Único de Proponentes).</li> <li>- Aplicar criterios diferenciales estipulados en la ley 80 para empresas que incluyan a personas con discapacidad o mujeres en sus nóminas e inhabilidades por grados de consanguinidad y por delitos contra el Estado.</li> </ul>
Gestión contractual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adjudicación y firmas de los contratos de obra y de interventoría.</li> <li>- Verificación y legalización de pólizas para los contratos, anticipos o futuros Otrosí.</li> <li>- Supervisión de cada actividad del presupuesto.</li> <li>- Cobro de actas de pagos parciales por periodos.</li> <li>- Liquidación contractual.</li> </ul>

*Nota.* Realizada por el autor con el propósito de resumir el procedimiento M-RA-PR01, resaltando que en esta fase de la metodología se hizo énfasis en la supervisión de cada actividad del presupuesto.

Cabe aclarar que dicho procedimiento no constituía una guía específica para la supervisión de obras, puesto que la Subdirección carecía de una metodología por el estilo. Sin embargo, debido a las visitas periódicas a la obra, en conjunto con el contratista, la interventoría y demás implicados en el proyecto, se obtenía información de primera mano sobre el avance de la obra para el seguimiento y control de actividades del presupuesto establecido en el contrato. Asimismo, en situaciones fortuitas se reportaban los atrasos derivados por la afectación a comunidades cercanas o por condiciones climatológicas adversas que impedían la continuidad de los trabajos.

Además, se contrastaba la información obtenida en las visitas con los datos publicados por el contratista y la interventoría en el SECOP, en donde fue necesario tener en cuenta el NIT de la Entidad, el rango de fechas en las cuales se puso en marcha el proyecto y el tipo de proceso. Con estos insumos fue posible elaborar informes mensuales de obra, en los cuales se hacía el seguimiento con registro fotográfico conforme pasaban los meses.

#### **4.4 Fase 3 Aplicación de conocimientos y herramientas (SIG):**

De igual forma que con la primera fase, en esta se utilizó el formato M-RA-FO03 (Figura 5) para las secciones de las características geológicas/geomorfológicas/geotécnicas/ambientales, junto con la de zonificación y análisis de la amenaza, en las que se empleó el uso de un software SIG para la elaboración de mapas. En este caso se dispuso del software libre de QGIS, con el fin de asociar el punto georreferenciado con coordenadas de una visita con la base de datos geoespaciales propia de la Subdirección, para que de esta forma se ilustrara mediante mapas la información cartográfica de los sitios visitados por los servidores públicos de la oficina. Es preciso

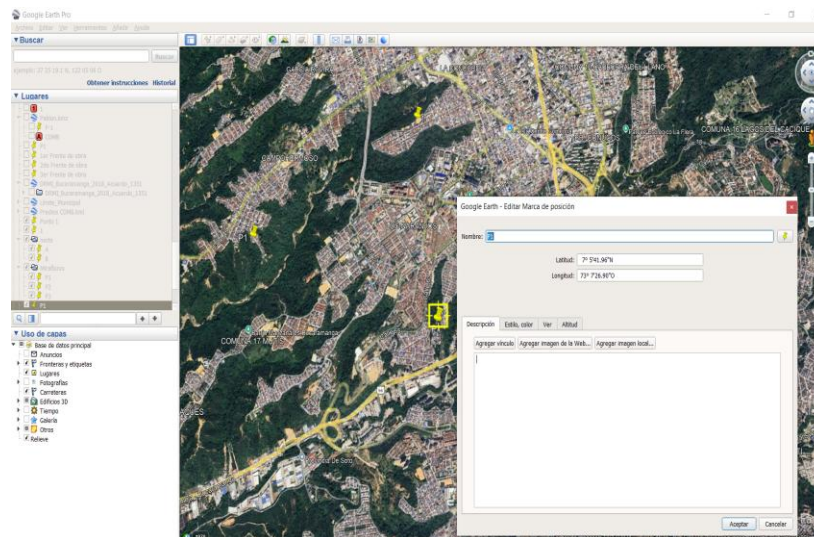
señalar que no en todas las ocasiones fue necesario el acompañamiento a las visitas, sino que los contratistas y funcionarios entregaban las coordenadas de los puntos visitados en Google Earth Pro en formato KMZ o se digitaba esta información para después insertarla a QGIS.

#### 4.4.1 Georreferenciación de los puntos de interés

Se utilizaron las coordenadas geográficas obtenidas mediante los dispositivos GPS Garmin o con Google Maps para luego insertarlas a Google Earth Pro como punto o como áreas si se trataba de un polígono (Figura 6); este proceso se hizo para que la integración al software SIG fuera más fácil, puesto que consistía en añadir el archivo en formato KMZ como capa vectorial al programa.

### Figura 6

#### Georreferenciación de un punto



*Nota.* Captura de pantalla de Google Earth Pro. Fuente: elaboración propia.

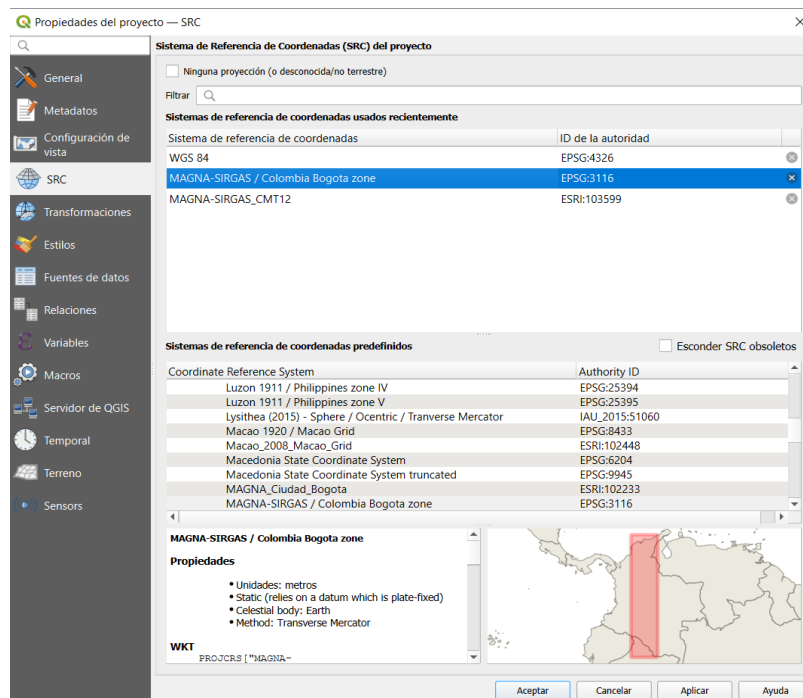
#### 4.4.2 Configuración del programa

Para que fuera posible la realización de los mapas fue necesario configurar la interfaz de QGIS. Uno de estos aspectos fue la configuración del Sistema de Referencia de Coordenadas

(SRC). Para ello, se estableció que el sistema de referencia fuera el MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá Zone (EPSG: 3116) (Figura 7), el cual también se utilizaba para las cuadrículas de la plantilla de los mapas, obteniendo una mayor certeza en la ubicación.

## Figura 7

### Configuración del SRC

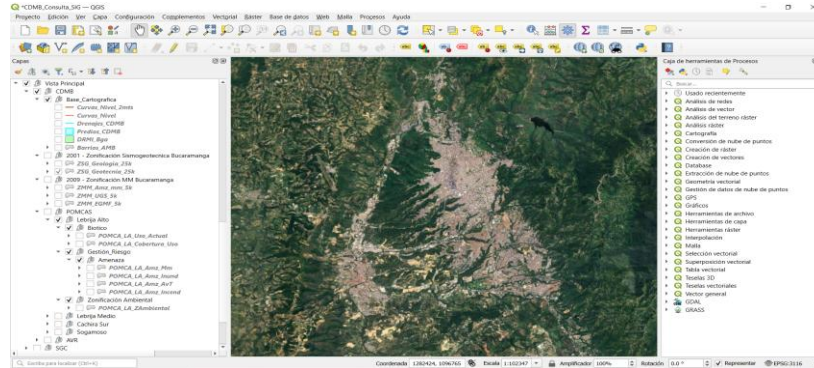


*Nota.* Captura de pantalla de QGIS. Fuente: elaboración propia.

Igualmente, fue indispensable el suministro de la información cartográfica de estudios específicos que se utilizaron para la elaboración de los mapas, en concreto los archivos shapefile (Figura 8), así como de las descripciones extraídas de las memorias del Servicio Geológico Colombiano y de los POMCA de la CDMB que se incluían posteriormente en los informes técnicos.

**Figura 8**

*Base de datos*

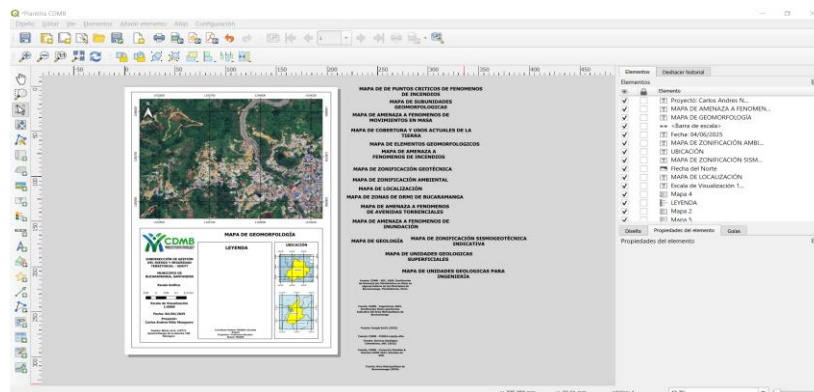


*Nota.* Captura de pantalla de QGIS. Fuente: elaboración propia.

Además, con todas las capas de los archivos shapefile y de la instalación del plugin QuickMapServices para disponer del mapa base de Google, se configuró la plantilla predeterminada (Figura 9) de la Subdirección para la entrega de las diferentes clases de mapas que se podían realizar mediante la activación de ciertas capas.

**Figura 9**

*Plantilla de los mapas*



*Nota.* Captura de pantalla de QGIS. Fuente: elaboración propia.

Con todo lo anterior ya configurado, se insertaron los puntos de cada caso y se activaron las capas correspondientes a cada uno de los posibles mapas que se podían generar en la plantilla,

junto con la actualización de la leyenda, del texto y de las escalas, exportando finalmente la plantilla como imagen al informe técnico (M-RA-FO03) (Figura 5).

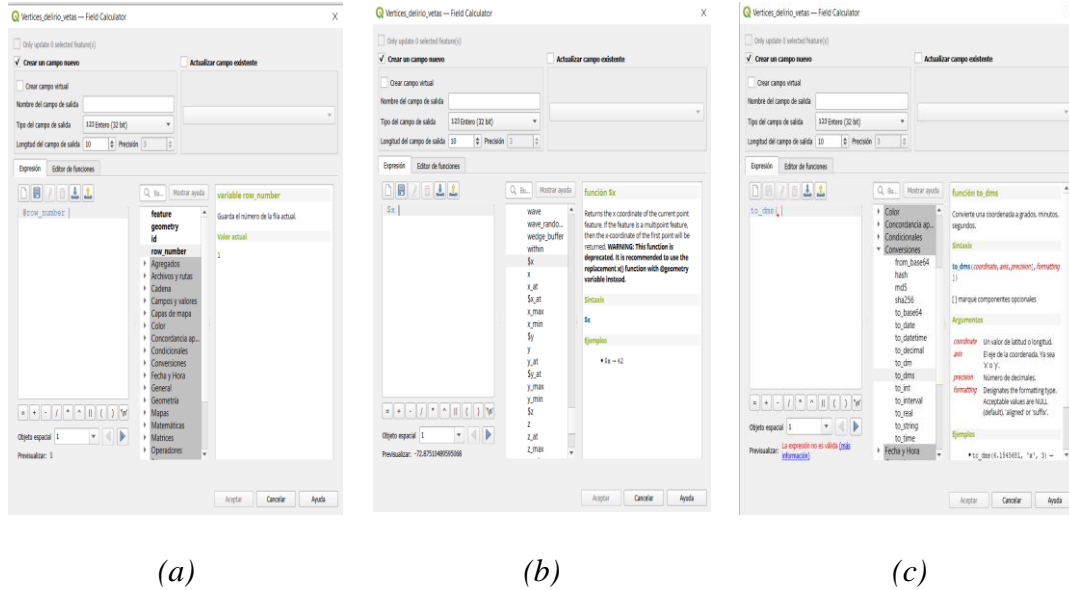
#### ***4.4.3 Extracción de coordenadas de un polígono de incendios***

De manera complementaria, en este apartado se utilizaron las herramientas del programa (Figura 10) para llevar a cabo la tarea de extracción de los vértices que conformaban un polígono de incendios, con el fin de suministrar a los profesionales adscritos a la Subdirección una tabla de coordenadas del área visitada de inspección ocular. Para ello, en la caja de herramientas, dentro de la sección de geometría vectorial, se seleccionaba la opción *extraer vértices*. En este proceso, se escogían las capas de los polígonos, previamente convertidas de archivo en formato KMZ a shapefile, con la configuración de multilínea. Esta configuración permitió generar los puntos correspondientes de los vértices y la línea perimetral, pero no la superficie completa de la capa.

Una vez extraídos los vértices, se generaban nuevas capas. Seguidamente, a estos archivos se procedía a editar la tabla de atributos empleando la herramienta calculadora de campos, la cual permitía visualizar los datos de las coordenadas (X, Y) y convertirlas posteriormente al sistema de grados, minutos y segundos (DMS). Por último, se guardaban los cambios y se exportaba la capa en una hoja de cálculo de Excel para ser entregada al servidor público correspondiente.

**Figura 10**

*Uso de la calculadora de campos*



*Nota.* En (a) se utilizaba ese comando para ordenar y contar los datos. Además, en la imagen (b) se empleaba esa herramienta del módulo de geometría para determinar las coordenadas. Por otra parte, (c) se utilizaba para la sección de conversiones para convertir las coordenadas de grado decimal a grados minutos y segundos manejando como sistema de referencia el WGS 84 (EPSG: 4326).

## **5. Resultados**

En el ejercicio de la práctica empresarial como auxiliar de ingeniería civil, orientada en la identificación de amenazas naturales, supervisión de obras de mitigación y aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se llevaron a cabo exitosamente diversas actividades conforme a lo estipulado en el plan de trabajo. A continuación, se presentan los resultados correspondientes a cada una de las fases de la metodología. Cabe aclarar que los resultados de la Fase 0, la cual hizo referencia a la preparación y el aprestamiento, se reflejaron en las fases posteriores, dado que el entendimiento adquirido de las normativas, terminologías específicas, responsabilidades y limitaciones institucionales de la Corporación resultó fundamental para guiar el desarrollo de las labores asignadas a lo largo de la práctica empresarial.

### **5.1 Fase 1 Identificación de las amenazas naturales**

La participación en 15 visitas de inspección ocular en el área de jurisdicción ambiental de la CDMB permitió identificar los dos tipos principales de amenazas que tienen origen natural o antrópico, definiendo el cómo se presentaba cada una y qué aspectos contribuían a determinar sus condiciones de riesgo (Tabla 2).

**Tabla 2***Identificación de las amenazas naturales durante las visitas realizadas*

<b>Amenazas identificadas</b>	<b>Condiciones de los sitios que ayudaban a determinar la existencia de un fenómeno natural en los casos visitados</b>
<b>Remoción en masa y Erosión</b>	<p>Se identificaron zonas propensas a este tipo de fenómenos naturales en barrios ubicados sobre la escarpa occidental de la meseta de Bucaramanga, como Cordoncillos II, Santander con una pantalla anclada con falta de mantenimiento, San Rafael (al norte de la ciudad) y el sector de Morrорico con el barrio Miraflores. De igual manera, en terrenos escarpados constituidos en su mayoría por suelos erosivos que, durante las temporadas de lluvia, pierden cohesión y ceden ante esfuerzos cortantes, como ocurrió en la vereda El Palcho en Charta.</p> <p>De forma similar, se evidenció la presencia de procesos erosivos en barrios como Edimar y Rosal Colorados, donde la deficiente planeación para la evacuación de aguas lluvias provoca que estas caigan desde las casas de los habitantes al suelo natural. La acumulación de escombros y residuos genera una sobrecarga en las coronas de los taludes que sostienen los barrios, incrementando su inestabilidad con el tiempo. A esto se suma la pérdida de cobertura vegetal de las laderas, en sectores como la vereda la Rinconada en Charta afectada por un incendio.</p>
<b>Inundación y Avenidas Torrenciales</b>	<p>Este tipo de amenazas se observaron en barrios como Hoyo Grande y en conjuntos residenciales como Cracovia I, los cuales son atravesados por fuentes hídricas. No obstante, en el caso de la primera localidad, esta se encuentra en cercanía con el río de Oro, cuyo comportamiento es torrencial. En el barrio San Cristóbal se identificaron canales abiertos con deficiencias estructurales, mientras que en Aguas Claras se evidenciaron torrenteras obstruidas. En el casco urbano del municipio de Charta, la acción de la corriente de la quebrada Durán ha socavado parte de los estribos del puente apoyados sobre los taludes que conforman el cauce de este afluente durante eventos de altas precipitaciones.</p>

### **5.1.1 Erosión y Remoción en Masa**

Aunque la erosión y la remoción en masa son dos fenómenos naturales distintos, ambos están relacionados con el desplazamiento del suelo y del terreno. Por esta razón, en algunas inspecciones se logró evidenciar estas posibles amenazas naturales en localidades cercanas a

taludes de alta pendiente. En estos casos, las personas que atendieron la visita manifestaron sentirse en riesgo ante un posible colapso de sus viviendas, debido a la alta probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, puesto que sus casas se encontraban ubicadas en sitios críticos como la corona del talud, en los laterales o en el píe del mismo (Figura 11).

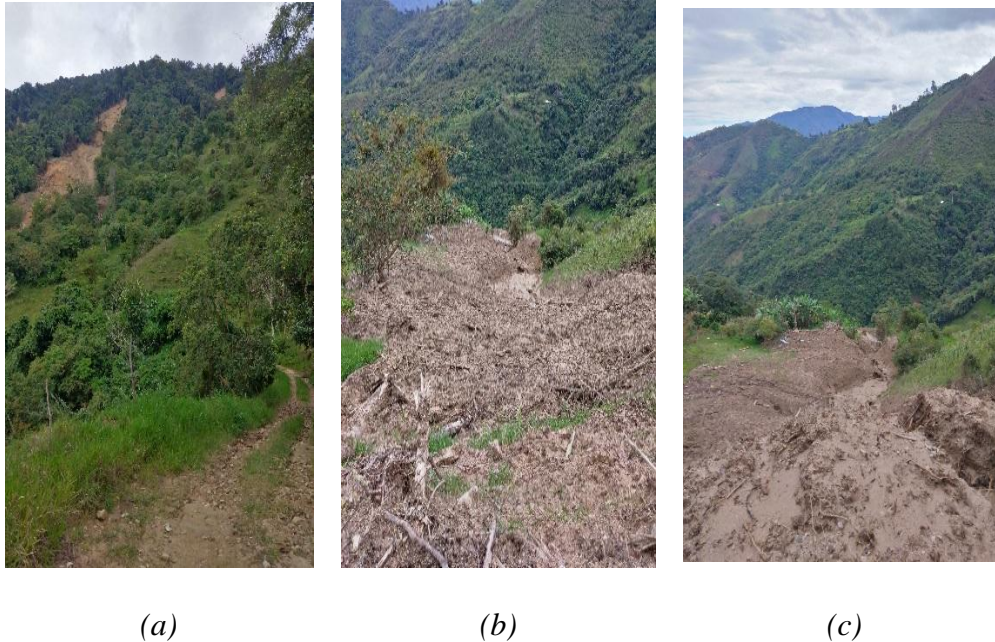
### Figura 11

*Barrio Cordoncillos II y San Rafael*



*Nota.* La imagen (a) fue un deslizamiento en el barrio Cordoncillos II, mientras que las imágenes (b) y (c) son fotografías en el barrio San Rafael. Ambas localidades están ubicadas en el municipio de Bucaramanga y en zonas críticas de un talud, dado el elevado riesgo de un movimiento en masa que comprometa la seguridad de los habitantes.

Incluso, se observaron en vías que circundan por un terreno montañoso susceptible a los deslizamientos, afectando la movilidad de la población entre veredas (Figura 12).

**Figura 12***Vereda El Palcho*

*Nota.* La Figura 12 presenta fotografías de una vía terciaria en la vereda El Palcho en el municipio de Charta, la cual se vio obstruida por un fenómeno de remoción en masa de gran magnitud. Las imágenes (a), (b) y (c) muestran distintos puntos de la obstrucción en la vía.

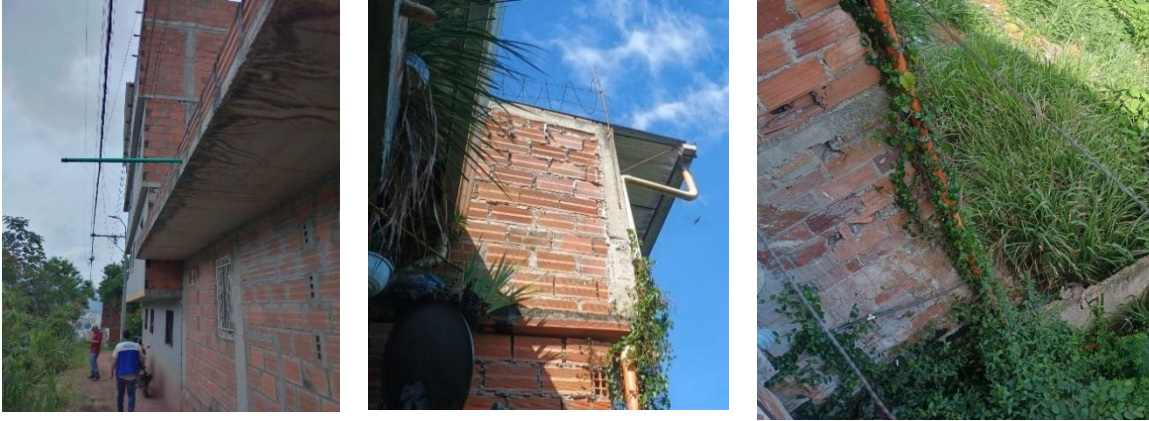
Gran parte de la vulnerabilidad de estas comunidades se presentó en zonas con un alto grado de amenaza por fenómenos de remoción en masa. En consecuencia, el crecimiento poblacional en la ciudad de Bucaramanga y la limitada planeación urbana en los demás municipios bajo la jurisdicción de la CDMB, favorecieron el asentamiento de personas en áreas cuyo uso del suelo no estaba destinado a fines residenciales, como las zonas DRMI o los predios de la Corporación.

Precisamente, la ausencia de una adecuada planeación desde el inicio para la conformación de estos asentamientos hizo que estos sectores fueran propensos a los fenómenos naturales como la erosión y remoción en masa, presentando una alta probabilidad de ocurrencia. Esto se debe, en

gran parte, a factores antrópicos que intensifican la crisis existente en torno al riesgo percibido por estas comunidades.

Uno de los factores más relevantes durante este tipo de visitas técnicas fue que, al momento de edificar estas propiedades, no se tuvo en cuenta el numeral 7.4 *Aislamientos mínimos en taludes* de la Resolución 1294 de la CDMB, el cual establece que, en todos los casos, el aislamiento de la corona del talud debe ser de al menos cinco (5) metros. Posiblemente por desconocimiento de la normativa o, en algunos casos, porque las viviendas fueron construidas antes de su entrada en vigor. Sin embargo, al omitirse esta disposición se genera ya sea en la corona del talud o en otras partes del escarpe una carga constante por el peso asociada a la estructura y las personas que habitan al borde en estos lugares, lo cual incrementa los esfuerzos laterales, dando lugar a los deslizamientos.

De igual manera, muchas de estas casas no contaban con una adecuada recolección y evacuación de las aguas lluvias en los techados de sus viviendas. La ausencia de canaletas en los techos, el deterioro de la infraestructura existente en el alcantarillado pluvial y conexiones ilegales a la red alcantarillado de aguas residuales, contribuían a la aparición de fugas de agua y que estas discurrían directamente al talud. Esta situación aceleraba los procesos erosivos en el suelo de los taludes donde se encontraban cimentadas las casas que padecían por este tipo de riesgo (Figura 13).

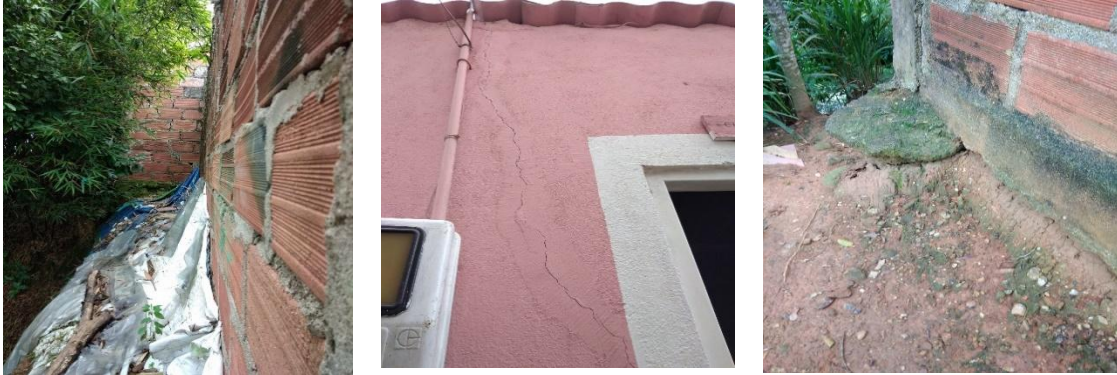
**Figura 13***Barrio Edimar y Miraflores**(a)**(b)**(c)*

*Nota.* (a) Corresponde a una visita en el barrio Edimar en el municipio de Piedecuesta, donde la gran mayoría de casas vertían las aguas lluvias al exterior sin ningún tipo de conexión, por lo que, luego estas caían al talud adyacente en la zona. Las imágenes (b) y (c) muestran una conexión para la evacuación del agua de escorrentía desde un tejado mediante una tubería que descargaba sobre el talud en el sector de Morrórico en el municipio de Bucaramanga.

Asimismo, otro de los factores antrópicos que aceleran los procesos erosivos en los escarpes es el uso de estos desfiladeros como rellenos antrópicos para el desecho de basuras y escombros. Esta práctica, impulsada por la falta de conciencia ecológica, perjudica no solo al medio ambiente en estas localidades, sino que al permitir botar basuras por años e incluso décadas estas hacen que se genere un peso extra en las pendientes inclinadas y se incremente la inestabilidad en la zona (Figura 14).

**Figura 14**

*Barrio el Rosal Colorados*



(a)

(b)

(c)

*Nota.* (a) Corresponde a la parte posterior de una vivienda ubicada al norte de la ciudad de Bucaramanga utilizada como un botadero. (b) El tipo de grietas que aparecen en los muros tanto al exterior como al interior de la casa. Por último, (c) evidencia la erosión en los bordes de la casa.

Además, la construcción desprolija de estas viviendas, sumada al desconocimiento de principios del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR – 10), dio lugar a deficiencias en el dimensionamiento de columnas adecuadas en zonas sísmicas (DES), a la exposición y corrosión del refuerzo longitudinal, así como a una inadecuada cimentación que propicia los asentamientos diferenciales y afecta la integridad estructural al no deformarse de forma monolítica, puesto que tal vez no tengan o el suelo que utilizaron como relleno quedó mal compactado o sus propiedades mecánicas como la cohesión y la fricción ofrecen una baja resistencia al corte.

Por tal motivo, en muchos casos, para evitar que se presenten estos fenómenos naturales, se instalaban lonas de plástico negras con el objetivo de impermeabilizar los taludes, o se colocaban llantas como una alternativa de contención. A pesar de esto, dichas medidas no eran

suficientes ni brindaban la misma seguridad que una obra de mitigación del riesgo a estos fenómenos de remoción en masa, como una pantalla anclada, muros en gaviones o geotextiles para el control de la erosión y la revegetalización de los taludes, soluciones que pedían la mayoría de las comunidades vulnerables a la CDMB.

No obstante, con el paso del tiempo, luego de que las entidades gubernamentales como la Corporación o las administraciones municipales finalizaban este tipo de obras, estas se desgastaban, puesto que debido a grietas, fisuras o aberturas en los recubrimientos de las pantallas ancladas o en los muros en gaviones facilitaban el crecimiento de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas. Las raíces de estas plantas pueden expandirse internamente y fracturar el recubrimiento en concreto de la obra de mitigación (Figura 15).

De igual forma, el crecimiento de vegetación por los drenes y la obstrucción parcial o total por los sedimentos en estos tubos en su mayoría en PVC, al igual que, la proliferación de una cobertura vegetal frondosa en las canaletas de coronación, en el pie de la obra, incluso en torrenteras perimetrales, dificulta el óptimo drenaje del agua del interior de los escarpes al exterior.

### Figura 15

*Pantallas ancladas y muros en gaviones*



(a)

(b)

(c)



quebradas (Figura 17). En muchos casos, las viviendas se construyeron sin tener en cuenta el numeral 7.5 *Aislamientos mínimos en cauces* de la resolución 1294 de 2009 de la CDMB, el cual determina que el aislamiento mínimo es de por lo menos treinta (30) metros para cauces principales y de mínimo quince (15) metros para cauces secundarios.

### Figura 17

*Cracovia I, Aguas claras y Hoyo grande*



*Nota.* En (a) se aprecia una socavación en un talud que bordea al conjunto residencial Cracovia I y en (b) se observa un flujo de sedimentos en el barrio Aguas claras que fueron transportados por una corriente que socavaron parte de la vía, ambos casos en el municipio de Floridablanca. Por otro lado, en (c) se aprecia que el talud de una de las viviendas se socavó en el barrio Hoyo grande del municipio de Piedecuesta.

Por consiguiente, muchas de las personas que residían cerca de estos cauces se veían afectadas por estos fenómenos naturales, enfrentándose a un riesgo que se intensificaba significativamente en temporadas de lluvias. Por ejemplo, cuando el caudal aumentaba y la velocidad de arrastre de los sedimentos de los afluentes incrementaba, provocando desbordamientos que impactaban directamente a las comunidades en zonas donde no existen las

obras necesarias para mitigar este riesgo, o si por el contrario estas estructuras se encontraban deterioradas (Figura 18).

### Figura 18

#### *Canal abierto y torrentera obstruida*



(a)

(b)

*Nota.* En (a) se observa un canal abierto que atraviesa el barrio San Cristóbal en el municipio de Piedecuesta, el cual se encuentra deteriorado con muchos sedimentos, drenes obstruidos por plantas y algunas losas socavadas por fuerza del agua. (b) Es la torrentera del barrio Aguas claras que se encuentra obstruida y facilita el desbordamiento del afluente que discurre por la infraestructura existente.

Las principales afectaciones de las casas que se ubican adyacentes a estos ríos o quebradas se manifiestan en la aparición de grietas o fisuras en los muros y en losas de entrepiso (Figura 19), debido a que la fuerza que imprime la corriente se traduce en esfuerzos cortantes en los cimientos de estas propiedades, dando como resultado en la socavación de los taludes que conforman el cauce. Asimismo, estos eventos pueden desencadenar flujos de barro, residuos y escombros que son arrastrados al interior de las viviendas, perjudicando y echando a perder bienes y enseres de las personas vulnerables a este tipo de riesgo.

**Figura 19***Puente de Charta*

(a)

(b)

(c)

*Nota.* En las imágenes (a), (b) y (c) muestran las múltiples afectaciones de esta estructura, entre las que se destacan el crecimiento de cobertura vegetal en el vano del puente, así como la avanzada corrosión en el acero del refuerzo longitudinal y la socavación en una de las bases del estribo.

**5.2 Fase 2 Supervisión de obras de mitigación**

A través de esta fase fue posible comprender tanto la interfaz como la importancia del SECOP, como un medio que garantiza la transparencia de toda la información relacionada con un proceso de contratación estatal a nivel nacional. Adicionalmente, mediante las visitas de inspección realizadas a la obra, no solo se llevó a cabo el seguimiento de las actividades ejecutadas por los responsables del proyecto, habilitando frentes de trabajo para distribuir en ellos maquinaria y cuadrillas de obreros, sino que también se evidenciaron diversos factores que afectaban su desarrollo. Entre estos, el problema coyuntural relacionado con la influencia del río, puesto que durante las lluvias no era posible continuar con las labores debido al incremento del caudal. Además, el suelo aluvial en el que construían el muro en gaviones presentaba una alta susceptibilidad a la socavación. Por otra parte, se registraron conflictos con la comunidad del

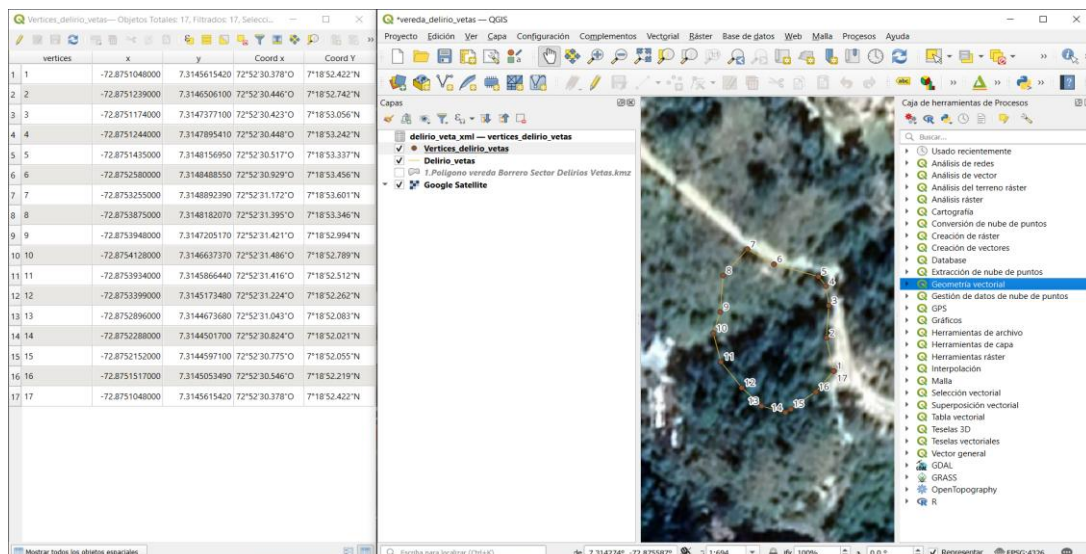
asentamiento Galán, los cuales generaron retrasos en la ejecución de esta compleja obra. Para más información detallada sobre este proyecto, así como el seguimiento y control de las actividades contratadas conforme al presupuesto de la obra, puede consultarse el Apéndice A. Compilación de los informes de obra de Centroabastos, donde se recopilaron los informes elaborados a partir de las 4 visitas técnicas. Este también incluye la caracterización geológica y geotécnica del sector, además de la zonificación de amenazas por fenómenos naturales, destacándose entre ellas el riesgo por inundación y avenidas torrenciales, debido a la proximidad del área intervenida con el cauce.

### 5.3 Fase 3 Aplicación de conocimientos y herramientas (SIG)

Durante esta fase fue posible afianzar conocimientos y herramientas de QGIS (Figura 20) para generar productos cartográficos que facilitaron la representación de las amenazas por medio de mapas. Estas visualizaciones permitieron delimitar puntos de riesgo y zonas críticas, lo que fortaleció el análisis y la comprensión territorial de la zonificación de las diferentes clases de amenazas distribuidas en el área de jurisdicción de la Entidad.

**Figura 20**

*Quema en la vereda Delirio en Vetás*



*Nota.* En la Figura 20 se puede apreciar el uso de conocimientos y herramientas de QGIS para la extracción de vértices de un polígono de incendios con la metodología explicada anteriormente.

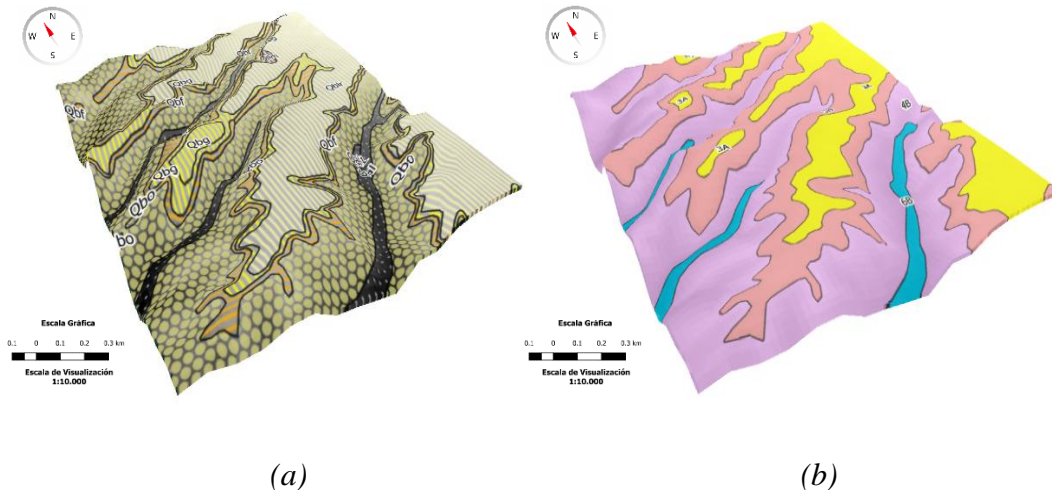
### ***5.3.1 Elaboración de mapas***

Para la elaboración de los mapas incluidos en los informes técnicos para la gestión del riesgo (M-RA-FO03) (Figura 5), se hizo uso de la base de datos propia de la Subdirección, en la cual se almacenaron todas las capas shapefile correspondientes a estudios necesarios para describir las zonas visitadas durante las inspecciones oculares, teniendo como resultado veintiún (21) mapas de zonificación geotécnica y sesenta y dos (62) de amenaza en general.

Los estudios empleados incluyeron la *Zonificación Sismo-geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga* (SGC, 2001) para la elaboración de mapas detallados de geología y zonificación geotécnica (Figura 21) y *Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa en algunas laderas de los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón* (SGC, 2009) para los mapas de unidades geológicas superficiales, elementos geomorfológicos y de amenaza por remoción en masa. También se usaron estudios de AVR (Figura 26) realizados en algunos municipios dentro del área ambiental de la Entidad para mapas de amenaza por remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. De igual forma, el POMCA de la cuenca del río Alto Lebrija (CDMB, 2018) para mapas de zonificación de amenazas naturales por inundación, avenidas torrenciales, incendios y remoción en masa, siendo este el más utilizado porque pertenece a la Macrocuenca Magdalena-Cauca, abarcando gran parte de la jurisdicción de la CDMB. A su vez, se empleó el POMCA para la elaboración de mapas de cobertura y uso del suelo, así como de zonificación ambiental, lo que permitió aportar un contexto local más preciso sobre el sector evaluado.

**Figura 21**

*Capas geológicas y geotécnicas del área que abarca el estudio*



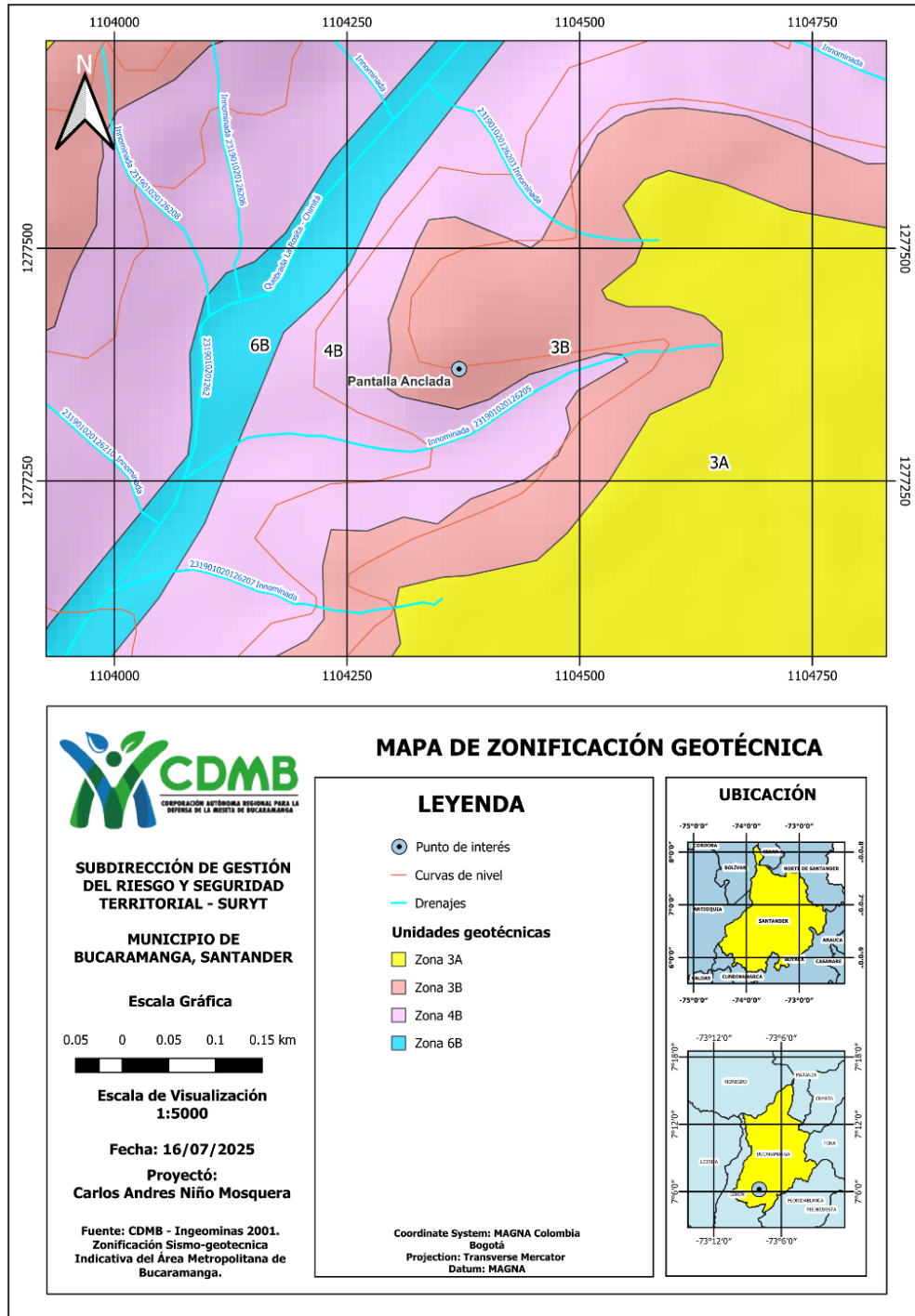
*Nota.* En (a) se observa por medio de una vista 3D en QGIS una sección de la capa relacionada con la geología y también para (b) una sección de la capa que representa la zonificación geotécnica del estudio de Ingeominas del 2001. Escala 1:25.000 de la cartografía original.

Los mapas geológicos son una herramienta fundamental para la caracterización del sitio, puesto que permiten complementar la descripción técnica desde el enfoque geotécnico. Por esta razón, al momento de redactar el texto del estudio correspondiente, la información cartográfica asociada a la visita debía incluir: una descripción general de la zona, la información geológica, las características geotécnicas, los problemas geotécnicos del terreno y las observaciones especiales.

De igual manera, para la elaboración de cada mapa se utilizó una plantilla estándar de la SURYT, por lo que, al momento de exportar del programa el mapa en formato de imagen, este incluía una grilla con el sistema de coordenadas proyectadas MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá Zone (EPSG: 3116), una brújula que indica el norte, una leyenda, el título del mapa, la escala gráfica en la cual se recortó la capa del estudio, así como mapas de ubicación departamental y municipal (Figura 22).

Figura 22

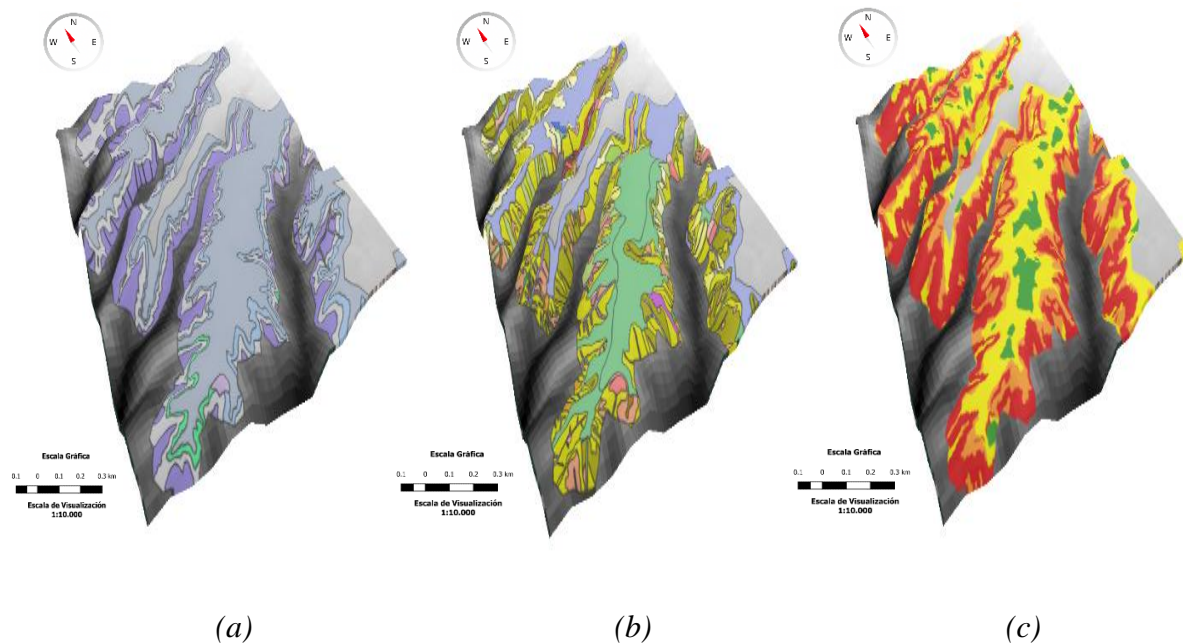
Mapa de zonificación geotécnica



Por medio de estas capas (Figura 23), fue posible elaborar mapas detallados de amenaza por remoción en masa. Sin embargo, el área de este estudio era muy específica, puesto que se enfoca en las laderas de la ciudad de Bucaramanga. A su vez, se lograron generar mapas de geología y geomorfología detallada, principalmente con el propósito de suministrar a los informes técnicos información adicional sobre el tipo de suelo, la composición general de las geoformas, las pendientes aproximadas, y la condición del suelo. Estos aspectos permiten inferir la predisposición natural a los deslizamientos o, en el caso de suelos aluviales a la socavación en ríos y quebradas.

### Figura 23

*Capas de los mapas de UGS, elementos geomorfológicos y remoción en masa*

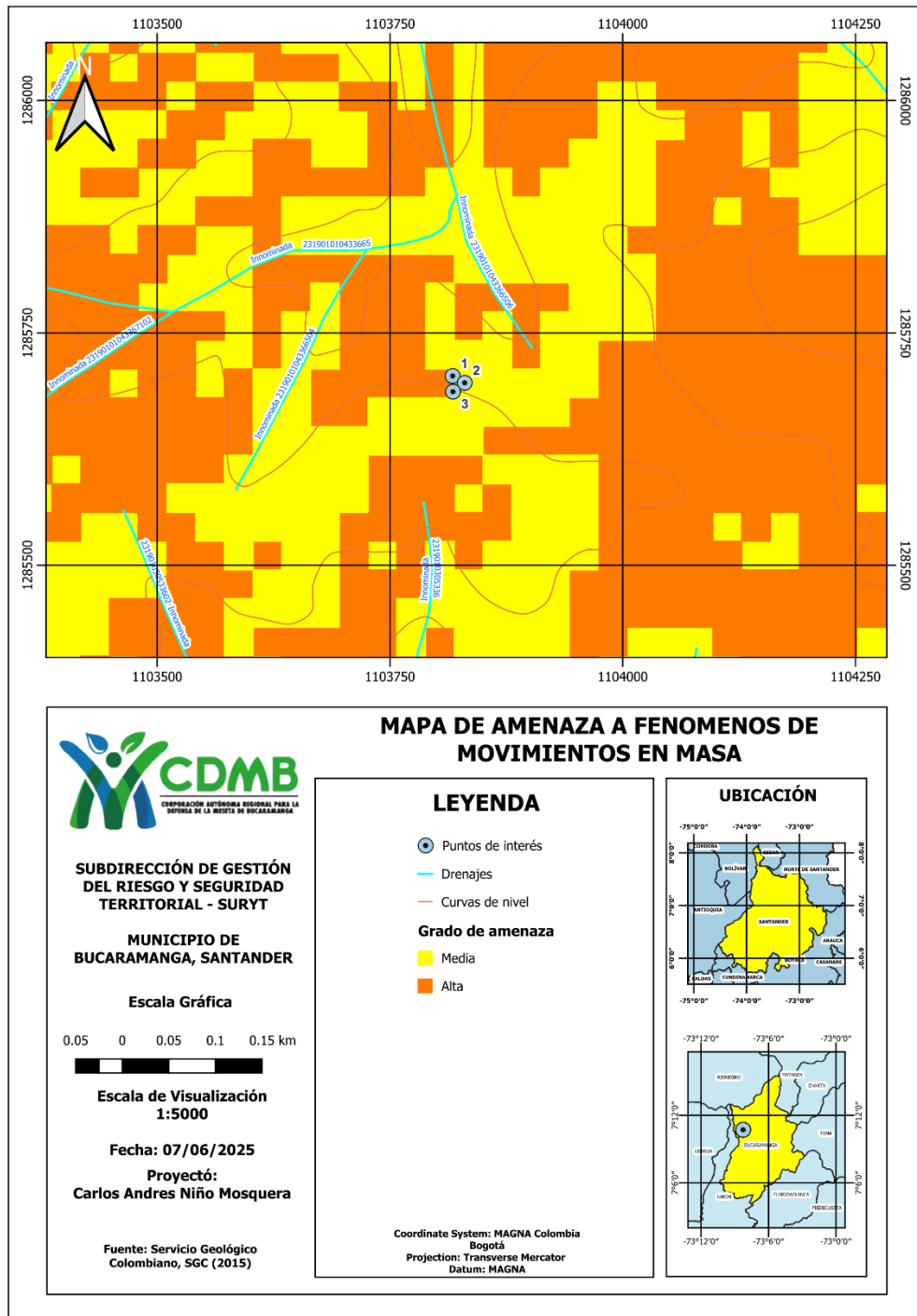


*Nota.* En (a) se observa por medio de una vista 3D en QGIS una sección de la capa relacionada con el mapa de unidades geológicas superficiales (UGS), (b) de elementos geomorfológicos y (c) el de amenaza por fenómenos de remoción en masa. Datos del estudio de Ingeominas del 2009. Escala 1:5.000 de la cartografía original.

Aunque con menor frecuencia, también era posible elaborar mapas del estudio de *Zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 (Plancha 109 – Rionegro)* (SGC, 2014), empleando la memoria explicativa del Servicio Geológico Colombiano (SGC). En estos mapas (Figura 24) se distinguían los grados de amenaza: **media**, asociada a movimientos de deslizamiento, flujo y reptación en materiales con meteorización moderada y fracturamiento bajo a medio, predominantes en pendientes suaves; y **alta**, vinculada a pendientes escarpadas, suelos o rocas inestables con alto grado de fracturamiento y meteorización, condicionados por la presencia de fallas geológicas activas.

**Figura 24**

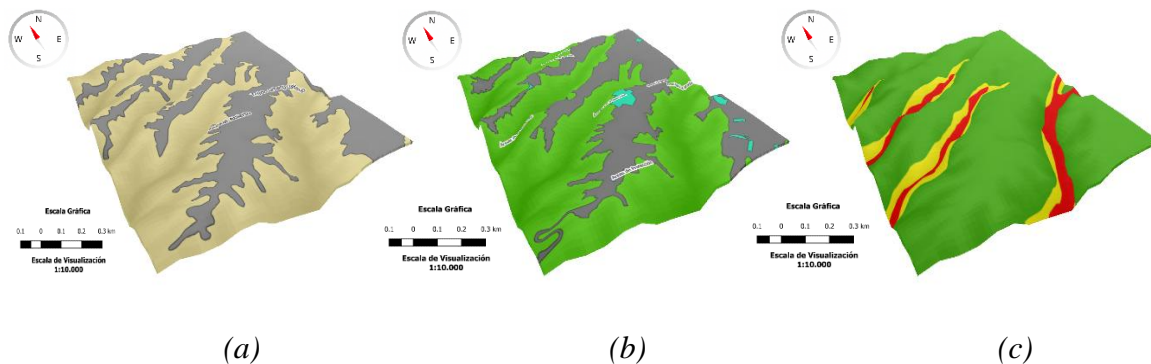
*Mapa de amenaza a fenómenos de movimiento en masa*



Por otra parte, para realizar otros tipos de mapas de zonificación de amenaza por remoción en masa, inundación, avenidas torrenciales e incendios forestales se hacía uso del POMCA (Figura 25), con el fin de clasificar las distintas afectaciones según su probabilidad de ocurrencia, considerando la interacción de factores naturales como el relieve, el clima, la hidrología y la vegetación, además de los registros históricos que permitían la delimitación cartográfica de zonas críticas. Asimismo, también se podían elaborar mapas de cobertura y uso del suelo, así como de zonificación ambiental para contextualizar el punto de la visita y determinar si la afectación se ubicaba en zonas declaradas como Distritos Regionales de Manejo Integrado (DRMI) o en áreas no destinadas para uso urbano.

### Figura 25

*Capas de uso del suelo, zonificación ambiental y de amenaza por inundación*

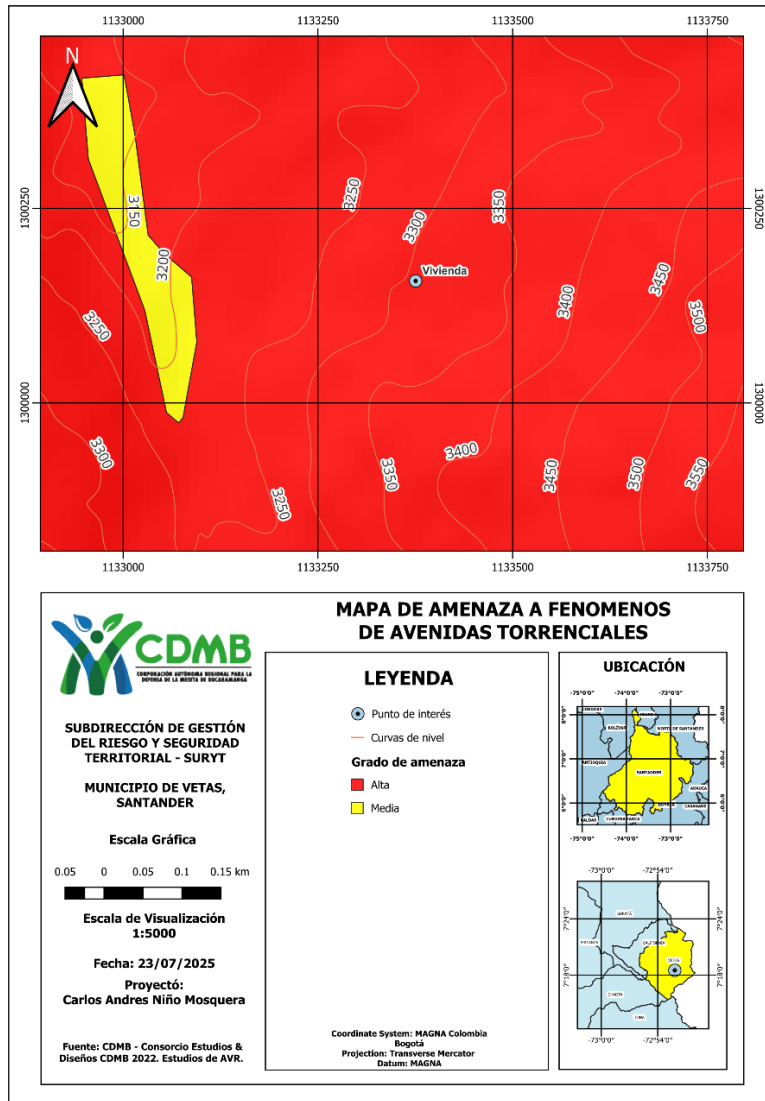


*Nota.* En (a) se observa por medio de una vista 3D en QGIS una sección de la capa relacionada con el mapa de cobertura y uso del suelo, (b) de zonificación ambiental y (c) el de amenaza por inundación. Datos del estudio del POMCA río Alto Lebrija. Escala 1:25.000 de la cartografía original.

En el Apéndice A se presenta la aplicación de los mapas elaborados, junto con la descripción cartográfica, así como de la categorización de los grados de amenaza asociados a la obra ubicada en Centroabastos S.A.

**Figura 26**

*Mapa de amenaza por avenidas torrenciales*



*Nota.* De igual manera, también era posible elaborar mapas de amenaza por remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales, como se observa en la Figura 26 de los estudios de AVR realizados en algunos municipios del área ambiental de la Entidad, por parte del *Consortio Estudios & Diseños CDMB* del 2022.

## 6. Conclusiones

Durante la práctica empresarial se cumplieron satisfactoriamente todos los objetivos planteados, así como los procedimientos definidos en la metodología. Esto permitió aplicar y consolidar conocimientos técnicos en la identificación de amenazas naturales, supervisión de obras de mitigación y en la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la optimización de estrategias de prevención del riesgo en comunidades vulnerables.

La experiencia permitió fortalecer competencias técnicas, incluyendo la elaboración de informes de riesgo y de obra, así como la interpretación de información geoespacial para la toma de decisiones institucionales. Además, se adquirieron conocimientos sobre la ejecución de obras civiles y los posibles imprevistos que pueden generar atrasos en proyectos estatales, lo cual incentivó una actitud de indagación constante, tanto en el SECOP como durante las visitas de inspección, mediante preguntas clave a los responsables del proyecto sobre avances y retrasos.

De igual manera, se desarrollaron habilidades blandas aplicables a futuros retos en los distintos campos de la ingeniería civil. Destaca especialmente la empatía, al comprender las distintas situaciones en las que las personas se veían amenazadas por fenómenos naturales. Asimismo, se fortaleció el trabajo en equipo a través de la interacción con profesionales de ingeniería ambiental, forestal, civil y geología, lo que resultó enriquecedor para expandir los conocimientos técnicos y el léxico necesario para describir fenómenos naturales evidenciados durante las visitas de gestión del riesgo.

En términos generales, fue posible comprender en profundidad las funciones de la Entidad y su papel fundamental en la protección de los recursos ambientales y en la gestión del riesgo, aportando activamente mediante la producción de información técnica y cartográfica.

## **7. Recomendaciones**

Se recomienda continuar con la implementación de herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Subdirección, de modo que los estudios cartográficos se integren en representaciones visuales más modernas, como mapas interactivos disponibles a cualquier usuario a través de una página en internet.

En este sentido, se sugiere la incorporación de tecnologías basadas en el Internet de las Cosas (IoT), mediante el uso de sensores y software especializado — por ejemplo, Hellomac de Maccaferri — o a través de dispositivos Arduino, fomentando de esta manera el desarrollo de soluciones de código abierto. Todo esto con el fin de conformar una red de dispositivos que funcionen como un sistema de alertas inmediatas en zonas de alto riesgo, alertando a la ciudadanía en el área de jurisdicción de la CDMB, incluso a través de notificaciones en dispositivos móviles.

### Referencias Bibliográficas

- CDMB. (2009). *Resolución 1294 de 2009 Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga—Colombia.* www.redjurista.com.  
[https://www.redjurista.com/Documents/resolucion\\_1294\\_de\\_2009\\_corporacion\\_autonom\\_a\\_regional\\_para\\_la\\_defensa\\_de\\_la\\_meseta\\_de\\_bucaramanga.aspx](https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_1294_de_2009_corporacion_autonom_a_regional_para_la_defensa_de_la_meseta_de_bucaramanga.aspx)
- CDMB. (2012). *Planes de Acción.* CDMB.  
<https://www.cdm.gov.co/index.php/institucion/gestion-institucional/planes-y-programas/planes-de-accion>
- CDMB. (2018). *Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas – POMCAS.* Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas – POMCAS.  
<https://www.cdm.gov.co/index.php/ambiente/planes/pomcas>
- CDMB. (2022). *Estructura Organizacional.* Estructura Organizacional.  
<https://www.cdm.gov.co/index.php/institucion/informacion-institucional/estructura>
- CDMB. (2023a, julio 18). *Con obra de mitigación, la CDMB brinda seguridad a familias de Campohermoso y Villa del Prado.* CDMB.  
<https://www.cdm.gov.co/index.php/noticias/con-obra-de-mitigacion-la-cdm-brinda-seguridad-a-familias-de-campohermoso-y-villa-del-prado>
- CDMB. (2023b, julio 27). *En el primer semestre de 2023, la CDMB realizó 324 operativos en zonas de especial protección.* CDMB. <https://www.cdm.gov.co/prensa/noticias/en-el-primer-semestre-de-2023-la-cdm-brindo-324-operativos-en-zonas-de-especial-proteccion>

- CDMB. (2024a, abril 30). *Documentos PAC 2024-2027*. PAC. <https://www.cdm.gov.co/pac-2024-207/documentos-pac-2024-2027>
- CDMB. (2024b, octubre 2). *CDMB: 59 Años de Compromiso con la protección de la vida y el ambiente*. CDMB. <https://www.cdm.gov.co/prensa/noticias/cdm-59-anos-de-compromiso-con-la-proteccion-de-la-vida-y-el-ambiente>
- CDMB. (2024c, diciembre 17). *Obra de mitigación de la CDMB protege a más de 7.400 habitantes en Bucaramanga*. CDMB. <https://www.cdm.gov.co/index.php/noticias/obra-de-mitigacion-de-la-cdm-protege-a-mas-de-7-400-habitantes-en-bucaramanga>
- CDMB. (2025, marzo 26). *CDMB construye 820 metros de protección en el Río de Oro para salvaguardar la cadena alimenticia de los santandereanos*. CDMB. <https://www.cdm.gov.co/index.php/noticias/cdm-construye-820-metros-de-proteccion-en-el-rio-de-oro-para-salvaguardar-la-cadena-alimenticia-de-los-santandereanos>
- CodeChoco. (2022, agosto 9). *Qué es un DRMI*. CodeChoco. <https://codechoco.gov.co/publicaciones/3476/que-es-un-drmi/>
- Congreso de la república. (1993a). *Ley 80 de 1993—Gestor Normativo*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=304>
- Congreso de la república. (1993b). *Ley 99 de 1993—Gestor Normativo*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Congreso de la república. (2012). *Ley 1523 de 2012—Gestor Normativo*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>
- ESRI. (2025). *El geoide, el elipsoide, el esferoide y el datum, y cómo se relacionan—ArcMap / Documentación*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/map/projections/about-the-geoid-ellipsoid-spheroid-and-datum-and-h.htm>

Gavassa Villamizar, E. (2015). *C.D.M.B. 50 años 1965—2015* (CDMB, Vol. 1-1).

MinAmbiente. (2025). *CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*.  
<https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2067>

ONU. (1987). *Sostenibilidad | Naciones Unidas*. United Nations; United Nations.  
<https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad>

SGC. (2001). *MIIG-Resultado Búsqueda*. Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga. Versión año 2001. Producto.  
[https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=movimiento+en+masa+plancha+120&utm\\_source=chatgpt.com#5b6e701c-f4f2-4f6c-91ae-a069d1dfb028=%7B%22k%22%3A%22Zonificaci%C3%B3n%20Sismos%20Geot%C3%A9nico%20de%20Bucaramanga%22%7D#Default=%7B%22k%22%3A%22movimiento%20en%20masa%20plancha%20120%22%7D](https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=movimiento+en+masa+plancha+120&utm_source=chatgpt.com#5b6e701c-f4f2-4f6c-91ae-a069d1dfb028=%7B%22k%22%3A%22Zonificaci%C3%B3n%20Sismos%20Geot%C3%A9nico%20de%20Bucaramanga%22%7D#Default=%7B%22k%22%3A%22movimiento%20en%20masa%20plancha%20120%22%7D)

SGC. (2009). *MIIG-Resultado Búsqueda*. Zonificación de Amenaza por Movimientos en masa de algunas laderas de los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón. Revisión. Versión año 2009. Producto.  
[https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=movimiento+en+masa+plancha+120&utm\\_source=chatgpt.com#5b6e701c-f4f2-4f6c-91ae-a069d1dfb028=%7B%22k%22%3A%22Zonificaci%C3%B3n%20de%20Amenaza%20por%20Movimientos%20en%20Masa%20en%20algunas%20laderas%20de%20Bucaramanga%2C%20Floridablanca%20y%20Gir%C3%B3n%22%7D#Default=%7B%22k%22%3A%22movimiento%20en%20masa%20plancha%20120%22%7D](https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=movimiento+en+masa+plancha+120&utm_source=chatgpt.com#5b6e701c-f4f2-4f6c-91ae-a069d1dfb028=%7B%22k%22%3A%22Zonificaci%C3%B3n%20de%20Amenaza%20por%20Movimientos%20en%20Masa%20en%20algunas%20laderas%20de%20Bucaramanga%2C%20Floridablanca%20y%20Gir%C3%B3n%22%7D#Default=%7B%22k%22%3A%22movimiento%20en%20masa%20plancha%20120%22%7D)

- SGC. (2014). *MIIG-Resultado Búsqueda*. Zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Plancha 109 Rionegro. Producto. [https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=movimiento+en+masa+plancha+120&utm\\_source=chatgpt.com#5b6e701c-f4f2-4f6c-91ae-a069d1dfb028=%7B%22k%22%3A%22movimiento%20en%20masa%20plancha%20109%22%7D#Default=%7B%22k%22%3A%22movimiento%20en%20masa%20plancha%20120%22%7D](https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=movimiento+en+masa+plancha+120&utm_source=chatgpt.com#5b6e701c-f4f2-4f6c-91ae-a069d1dfb028=%7B%22k%22%3A%22movimiento%20en%20masa%20plancha%20109%22%7D#Default=%7B%22k%22%3A%22movimiento%20en%20masa%20plancha%20120%22%7D)
- Smith, N. J., Merna, T., & Jobling, P. (2013). *Managing Risk in Construction Projects*. John Wiley & Sons. [https://www.google.com.co/books/edition/Managing\\_Risk\\_in\\_Construction\\_Projects/rvcAgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.co/books/edition/Managing_Risk_in_Construction_Projects/rvcAgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Snyder, J. P. (1987). *Map Projections: A Working Manual* (Primera). U.S. Government Printing Office. <https://kartoweb.itc.nl/geometrics/Publications/Map%20Projections%20-%20A%20Working%20manual%20-%20by%20J.P.%20Snyder.pdf>
- SUÁREZ, J. (2021). Capítulo 9. La formación Bucaramanga. *EROSION.COM.CO :: SITIO WEB DEL ING. JAIME SUÁREZ*. <https://www.erosion.com.co/download/capitulo-9-la-formacion-bucaramanga/>
- UNGRD. (2015). *Actualización Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2015—2030*. [https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/paginas/plan-nacional-de-gestion-del-riesgo.aspx?utm\\_source=chatgpt.com](https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/paginas/plan-nacional-de-gestion-del-riesgo.aspx?utm_source=chatgpt.com)
- UNGRD. (2025). *Objetivos y funciones*. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Objetivos.aspx>

UNGRD, Cardona A, O. D., Bernal G., G., Marulanda Fraume, P., Villegas R., C., González C., D., Escovar B., M. A., Carreño T., M. L., & Marulanda Fraume, M. C. (Coordinación técnica). (2018). *Atlas de riesgo de Colombia: Revelando los desastres latentes*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. <http://172.16.10.183/handle/20.500.11762/27179>

Warf, B. (2006). *Encyclopedia of Human Geography*. SAGE Publications. [https://www.google.com.co/books/edition/Encyclopedia\\_of\\_Human\\_Geography/5791AwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Encyclopedia+of+Human+Geography&printsec=frontcover](https://www.google.com.co/books/edition/Encyclopedia_of_Human_Geography/5791AwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Encyclopedia+of+Human+Geography&printsec=frontcover)

## Apéndices

### Apéndice A. Compilación de los informes de obra de Centroabastos.



Compilación de  
los informes de  
obra de  
Centroabastos