



## MAESTRÍA EN CAMBIOS GLOBALES Y RIESGOS DE DESASTRES

### ANÁLISIS DE LA AMENAZA Y ESTIMACIÓN DEL RIESGO FÍSICO Y SOCIAL POR EL FENÓMENO DE REMOCIÓN EN MASA, EN LA ZONA NOROCCIDENTAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CHIPAQUE, CUNDINAMARCA

DIEGO FERNANDO CAHUEÑO

REINEL LOBO JAIMES



Universidad<sup>®</sup>  
Católica  
de Manizales

VIGILADA Mineducación

Obra de Iglesia  
de la Congregación



Hermanas de la Caridad  
*Dominicas de La Presentación*  
de la Santísima Virgen

# ANÁLISIS DE LA AMENAZA Y ESTIMACIÓN DEL RIESGO FÍSICO Y SOCIAL POR EL FENÓMENO DE REMOCIÓN EN MASA, EN LA ZONA NOROCCIDENTAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CHIPAQUE, CUNDINAMARCA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de *Magister en Cambios Globales y riesgos de desastres*

Modalidad de grado: Proyecto de Investigación

Tutor:

John Makario Londoño<sup>1</sup>

Autores:

Diego Fernando Cahueño Rincón

Reinel Lobo Jaimes

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES  
FACULTAD INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
MAESTRÍA EN CAMBIOS GLOBALES Y RIESGOS DE DESASTRES  
MANIZALES, CALDAS

2024

---

<sup>1</sup> ORCID 0000-0003-1805-6048

## Tabla de contenido

1	Introducción	10
2	Justificación	12
3	Localización del área de estudio	14
4	Objetivos	16
4.1	Objetivo general	16
4.2	Objetivos específicos	16
5	Antecedentes	17
6	Marco teórico	19
6.1	Amenaza	19
6.2	Vulnerabilidad	20
6.3	Desastres y riesgos	21
6.4	Gestión de riesgos	22
6.5	Procesos de remoción en masa	22
6.6	Factores y causas de los movimientos en masa	23
6.7	Clasificación de los movimientos en masa	25
6.7.1	Clasificación de sharpe	25
6.7.2	Clasificación de Terzaghi	25
6.7.3	Clasificación de Varnes	26
6.8	Movimientos en masa más comunes en Colombia	26
6.8.1	Caídas, rodamientos y bloques erodados	26
6.8.2	Volcamientos	26
6.8.3	Deslizamientos	26
7	Metodología	28
7.1	Análisis de amenaza en el área de estudio	28
7.2	Cálculo de vulnerabilidad en el área de estudio	29
7.2.1	Vulnerabilidad social (Vs)	29
7.2.2	Indicadores de contexto (IC)	30
7.2.3	Susceptibilidad de los elementos expuestos (S)	34
7.3	Cálculo del riesgo en el área de estudio	38
8	Resultados	39

8.1.1	Amenaza en el área de estudio -----	39
8.2	Vulnerabilidad en el área de estudio -----	42
8.2.1	Susceptibilidad de los elementos expuestos o vulnerabilidad física -----	44
8.2.2	Vulnerabilidad total -----	47
8.2.3	Riesgo físico-social en la zona de análisis -----	49
9	Análisis de resultados-----	50
10	Recomendaciones-----	54
11	Conclusiones-----	55
12	Referencias bibliográficas-----	56
13	Anexos-----	57

## Índice de figuras

Figura 1 Localización general del área de estudio .....	14
Figura 2 Localización detallada del área de estudio .....	15
Figura 3 Factores que aumentan la incidencia de remociones en masa en Colombia .....	24
Figura 4 Esquema metodológico para el presente trabajo de grado .....	28
Figura 5 Esquema metodológico para análisis de vulnerabilidad social.....	30
Figura 6 Zonificación de la amenaza en para el casco urbano del municipio de Chipaque ...	40
Figura 7 Categorías de amenaza obtenidas para el área análisis (área de estudio).....	41
Figura 8 Distribución de la vulnerabilidad social en las viviendas analizadas. ....	44
Figura 9 Distribución de la susceptibilidad en las viviendas analizadas .....	46
Figura 10 Zonificación de la vulnerabilidad en el área de análisis (área de estudio) .....	49
Figura 11 Zonificación del riesgo en el área de análisis (área de estudio).....	50
Figura 12 Vista de la existencia de un drenaje en el área de estudio en la década del 40 .....	51
Figura 13 Zonificación del riesgo en el área de estudio .....	53

## Índice de tablas

Tabla 1 Ejemplo de calificación de las preguntas de la encuesta para el CMGRD .....	30
Tabla 2 Categorización de la encuesta del contexto municipal .....	31
Tabla 3 Categorización de la encuesta del contexto municipal .....	31
Tabla 4 Categorización de la encuesta de percepción del riesgo .....	32
Tabla 5 Categorización de la encuesta de percepción del riesgo .....	32
Tabla 6 Categorización de la encuesta de percepción del riesgo .....	34
Tabla 7 Valoración del facto de exposición asociado con el tipo de Edificación .....	35
Tabla 8 Valores propuestos para el factor de susceptibilidad asociada con el tipo de estructura .....	36
Tabla 9 Valores propuestos para el factor de susceptibilidad asociada a la conservación de la estructura.....	37
Tabla 10 Valoración utilizada para calificación de exposición asociada a la conservación de edificaciones.....	37
Tabla 11 Valoración empleada para la exposición asociada a la cantidad de niveles de las edificaciones.....	38
Tabla 12 Escalas de grados de amenaza por remoción en masa asociados a los factores de seguridad.....	39
Tabla 13 Resultado de vulnerabilidad social para el área de estudio .....	42
Tabla 14 Resultado de susceptibilidad de los elementos expuestos.....	44
Tabla 15 Resultado de la vulnerabilidad en el área de estudio .....	48

## **Dedicatoria**

Dedicamos este trabajo a Dios quien nos dio la sabiduría y fortaleza para realizarlo, a nuestras familias que nos apoyaron y son parte fundamental de nuestras vidas.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios por prevernos la sabiduría para alcanzar esta meta. También queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a nuestros profesores y tutor, cuya orientación, enseñanzas y apoyo constante fueron fundamentales para la culminación de este trabajo de grado. Sus conocimientos, consejos y retroalimentación han enriquecido enormemente nuestro proceso de investigación y nos han ayudado a alcanzar nuestros objetivos académicos. También extendemos nuestro reconocimiento a todas las personas que participaron de alguna manera en este proyecto, ya sea proporcionando recursos, facilitando el acceso a la información.

## Resumen

La amenaza por remoción en masa representa uno de los principales factores y desafíos que inciden en el desarrollo territorial. Por esta razón, comprender y analizar estas amenazas se vuelve crucial para prevenir posibles pérdidas en el futuro. La interacción entre los aspectos físicos y sociales de la ocupación del territorio, junto con la experiencia tanto de autoridades locales y de los residentes de las áreas afectadas, proporciona los recursos esenciales para identificar y priorizar las zonas catalogadas en riesgo alto, medio o bajo de remoción en masa. Esta sinergia de conocimientos y percepciones permite el desarrollo de estrategias precisas y efectivas para mitigar los peligros asociados, promoviendo así la seguridad y el bienestar de las comunidades afectadas..

En este documento se realiza un análisis al mapa de amenaza por remoción en masa realizado en el marco de la actualización del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Chipaque, así mismo, se identifica y analiza la vulnerabilidad, el riesgo de la infraestructura, en los barrios Villa Hernández y El Centro, en el área urbana del municipio.

Para la identificación, caracterización y generación de cartografía específica para vulnerabilidad física y social, y para el riesgo, se utilizó una adaptación de la metodología de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), la cual incluye un análisis estructural de la infraestructura (vivienda y equipamiento) y encuestas, para determinar el grado de exposición.

El conocimiento y análisis las variables expuestas anteriormente son una herramienta esencial para la reducción del riesgo de desastres.

Los resultados permiten concluir que, para el área de estudio la categoría de amenaza predominante es baja de acuerdo con la zonificación analizada. De igual forma, en el área analizada predomina la vulnerabilidad media y alta; lo cual está relacionado con el tipo de edificaciones, ya que estas no presentan reforzamiento estructural de acuerdo con la información recopilada en la fase de campo. Algunas de estas también se encuentran en regular estado debido a falta de mantenimiento y fueron construidas de manera informal o sin ningún tipo de licencia de construcción, por lo que presentan humedad y agrietamientos. Por último, para el riesgo se identificaron la tres categorías (alto, medio y bajo). Por lo anterior, se sugieren algunas recomendaciones que pueden contribuir a minimizar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones.

**Palabras claves:** Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Remoción en masa.



## Abstract

The menaces caused by mass removals, are one of the main factors that have impact over the territorial development, being reason of the analysis and characterization of them as a fundamental tool regarding the prevention of possible loses that can occur in the future as a consequence of these mass removals. The combination of the physical and social factors from the territorial occupation, as well as the experience from the implied entities and the habitants from the territories, ease the consideration of the tools necessities for the identification and prioritization of the high, middle and low risk classified zones by mass removals. The goals of this document, is presenting an analysis of the mass removal menace map created in the parameters of territorial ordering from the municipality of Chipaque, as well, the vulnerability and risk from the infrastructure in the neighborhoods of Villa Hernández and The Center, in the urban area of the municipality, are analyzed.

For the characterization, identification and creation of specific cartography for physical and social vulnerability, and for the risks, an adaptation of the methodology from the "Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres" (UNGRD) was used, which includes a structural analysis of the infrastructure (equipment and dwelling) and surveys in order to determine the degree of exposure.

The consideration and analysis of the variables previously mentioned, are important tools for the reduction of disasters risk.

The results leads us to conclude that, for the area of the analysis, the category of the menace can be sort out as low, this according to the analyzed zoning.

As well, in the area analyzed, the medium and high vulnerability are predominant, which is related to the type of edifications due to the fact that these don't count with structural reinforcement according to the information collected in the field phase. Some of these can also be found in a regular condition thanks to the lack of maintenance and the fact that these were built informally or without counting with any sort of construction license, reason of the presence of humidity and crackings.

Lastly, the three categories of risk were identified (high, medium and low), for this reason, a set of recommendations were suggested towards the decline of the risk level that the edifications count with.

# 1 Introducción

La Región Andina de Colombia ha experimentado una colonización acelerada que ha conllevado la reducción, o casi desaparición, de los bosques andinos, que previo a la llegada de los conquistadores mantenía completamente su estructura y composición, dado a la sostenibilidad alcanzada por civilizaciones nativas de América (UT AVR - CAR, 2015).

Luego, como consecuencia del rápido crecimiento de la población global, que experimentó un aumento exponencial a inicios del siglo XX, se emprendió la construcción de rutas de acceso para expandir áreas destinadas a la agricultura y la ganadería, reduciendo y fragmentando las diferentes coberturas que conforman ecosistemas naturales. Esto llevó a la transformación de pequeños centros poblados que predominaban en el siglo anterior en ciudades más amplias, como resultado del crecimiento desenfrenado de la población y la creciente demanda de alimentos y recursos; estas ciudades se conectaron a través de carreteras pavimentadas y adoptaron diseños ingenieriles más avanzados (UT AVR - CAR, 2015).

Este tipo de progreso socioeconómico generalmente ha resultado ser poco compatible con el medio ambiente, debido a que el crecimiento es proporcional a la demanda de recursos naturales, lo cual junto con el cambio climático al que nos enfrentamos en la actualidad, son factores que han contribuido directamente, o al menos han amplificado de forma indirecta, los elementos naturales que desencadenan fenómenos capaces de afectar a los seres humanos, principalmente a los que habitan en centros urbanos y rurales. Entre estos fenómenos se incluyen inundaciones, avenidas torrenciales y remoción en masa, entre otros. En este contexto, se puede concluir que la mayor parte del territorio del departamento de Cundinamarca se encuentra en situación de exposición a este tipo de amenazas.

En numerosas regiones del país, la remoción en masa se ha convertido en un riesgo natural o socio-natural debido a la expansión constante de las áreas urbanas, dentro de dichas regiones el municipio de Chipaque no es la excepción (Fernández & Lutz, 2010), esto se presenta en gran parte por la ocupación de áreas sin planificación urbanística y análisis de amenazas. De otra parte, asociado con los factores sociales que propician asentamientos en terrenos susceptibles a procesos de remoción y manejo de aguas de escorrentía.

En el ámbito del marco legal, se han establecido normativas y leyes encaminadas a minimizar las repercusiones adversas de estos fenómenos en la vida humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural, actividades económicas y en diferentes tipos de infraestructura, sin embargo, por diferentes razones, dichas normas o leyes resultan ser insuficientes y carecen de la fuerza necesaria para abordar adecuadamente la complejidad de la situación (Rowell et al., 2017).

Por otra parte, es innegable que la selección de los lugares para establecer asentamientos humanos se realizó hace muchos años, en un contexto ambiental distinto al actual. Estas decisiones fueron tomadas por personas que, muy probablemente, no podían anticipar los cambios adversos en las condiciones naturales ocasionados por la intervención humana. Este fenómeno ha sido exacerbado no solo por el crecimiento demográfico constante, que exige la expansión hacia nuevos territorios.

El municipio de Chipaque se encuentra localizado en la parte central del departamento de Cundinamarca, y hace parte de la provincia del Oriente, con una extensión de 130 Km<sup>2</sup>. Este municipio se caracteriza por presentar en la mayoría de su territorio topografía ondulada y montañosa, en consecuencia, se presentan escenarios de amenaza asociados principalmente a procesos de remoción en masa, este tipo de procesos registra la ocurrencia de deslizamientos y flujos de escombros y fallas en taludes rocosos asociados a vías nacionales y municipales y explotaciones de materiales de construcción. Por su parte, el área construida de la zona urbana de Chipaque se localiza en una zona con pendientes de máximo 18°, situándose en la parte occidental del casco urbano del municipio de Chipaque, abarcando parte de los barrios El Centro y Villa Hernández. Esta área, de acuerdo con el mapa de zonificación de amenaza por fenómenos de remoción presenta las categorías Alta, Media y Baja, siendo esta última la de mayor representatividad.

Con base en lo mencionado previamente, en este documento se analiza la zonificación de la amenaza por remoción en masa a escala 1:2.000, existente para el área de estudio; este análisis busca establecer la concordancia del insumo de la zonificación con las condiciones actuales y de acuerdo a información bibliográfica determinar si la metodología utilizada para su elaboración es apropiada. Además, se realiza el cálculo de la vulnerabilidad y del riesgo de las edificaciones identificadas en la zona objeto de análisis, estas variables son fundamentales como insumo para la reducción del riesgo de desastres.

Los resultados del análisis de la zonificación de la amenaza indican que el mapa de amenaza existente se elaboró bajo el método determinístico, el cual permite integrar diferentes variables generadas a partir de información primaria que son de gran relevancia para la elaboración de mapas de amenaza por remoción en masa; en este sentido, el nivel de escala y la información utilizada permitieron obtener un mapa de alta confiabilidad ya que las unidades obtenidas fueron verificadas en el terreno, observándose una buena correspondencia de resultados. La metodología utilizada para la estimación de la vulnerabilidad de las edificaciones permitió establecer que estas se encuentran dentro de las categorías media y alta. Por su parte, el riesgo presenta las categorías bajo, medio y alto.

Los resultados del presente estudio pueden servir como una herramienta que contribuya a la planificación e intervención (correctiva y/o prospectiva), apuntándole a la minimización de pérdidas de vidas humanas y de bienes inmuebles.

## 2 Justificación

Por su ubicación geográfica en la cordillera oriental, el municipio de Chipaque se caracteriza por una topografía predominantemente ondulada y montañosa, lo que lo hace propenso a diversos eventos de remoción en masa, dentro de los cuales, se destacan los deslizamientos de tierra y fallas en taludes rocosos.

De acuerdo con datos verificados en la plataforma Desinventar, en el municipio de Chipaque se ha presentado eventos asociados a deslizamientos en el área rural, principalmente en zonas cercanas a la vía que comunica a Bogotá con los llanos orientales, mientras que para la zona urbana no se encuentran registros. Si embargo, mediante información de campo, los residentes del área de estudio manifestaron que se han presentado pérdidas totales y parciales de algunas viviendas como consecuencia de este fenómeno.

El área analizada para el presente estudio, presenta categorías de amenaza alta, media y baja, siendo la amenaza baja la de mayor representatividad. Sin embargo, la vulnerabilidad total de las edificaciones se encuentra en el rango entre media y alta. En tal sentido, resulta importante conocer el nivel de riesgo que presentan dichas construcciones de acuerdo a las variables mencionadas anteriormente.

Con base en lo mencionado previamente y en aras de mejorar la calidad de vida de los habitantes del área de estudio, se lleva a cabo el análisis de la amenaza por remoción en masa, de la vulnerabilidad y del riesgo asociado a este fenómeno. Dependiendo del grado de amenaza se pueden plantear medidas estructurales que minimicen o eliminen el riesgo implícito en esta amenaza. Así mismo, conocer el grado de vulnerabilidad de las edificaciones es fundamental, puesto que no siembre el nivel de riesgo se relaciona con el tipo de amenaza sino que puede ser generado por factores constructivos, de calidad y mantenimiento de las edificaciones.

En síntesis, los resultados del presente estudio pueden servir como una herramienta fundamental que contribuya a la planificación e intervención (correctiva y/o prospectiva, según corresponda), apuntándole a la minimización de pérdidas de vidas humanas y de bienes inmuebles.

En este trabajo de grado se analiza la amenaza por remoción en masa, la vulnerabilidad, el riesgo y la valoración económica de la infraestructura expuesta, estas variables se pueden utilizar como herramienta para la reducción del riesgo de desastres. Además, aporta conocimiento a las comunidades sobre las amenazas a los que pueden estar expuestos y a entender que el nivel del riesgo puede ser minimizado a través de acciones articuladas entre comunidad y entes gubernamentales, puesto que la gestión de riesgo es procesos social y responsabilidad de todos.

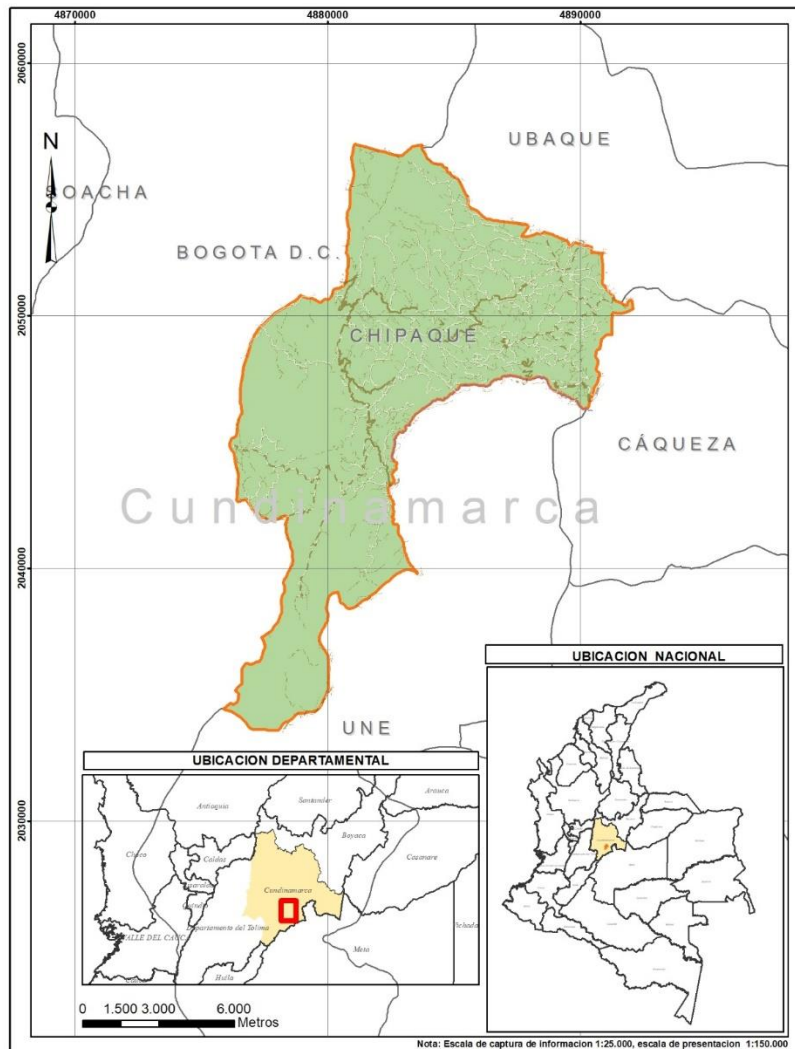
Por último, la adaptación de metodologías existentes a zonas específicas no solo permite obtener resultados acordes a las realidades de cada área, sino que también facilita la identificación de riesgos específicos y factores externos que pueden potenciar la materialización de la amenaza, así como la implementación de medidas de prevención y mitigación adecuadas. Al adaptar las metodologías según las características únicas de cada zona, se pueden capturar con mayor

precisión las particularidades geográficas, geológicas y socioeconómicas que influyen en la vulnerabilidad ante los fenómenos de remoción en masa, lo cual garantiza que las estrategias de gestión del riesgo sean efectivas y pertinentes, contribuyendo así a la protección de las comunidades y al desarrollo sostenible de las áreas vulnerables.

### 3 Localización del área de estudio

El municipio de Chipaque hace parte de la provincia del Oriente (del departamento de Cundinamarca), con una extensión de 130 Km<sup>2</sup> que equivalen al 6% del territorio que la conforman, constituyéndose en uno de los municipios pequeños de la misma (Figura 1). Tiene una población de 10.786 habitantes al año 2022 según las proyecciones del DANE.

Figura 1 Localización general del área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

A nivel detallado, el área de estudio se concentra en la parte occidental del perímetro urbano del municipio de Chipaque, abarcando parte de los barrios El Centro y Villa Hernández, en la parte central del departamento de Cundinamarca. Delimitada por las siguientes coordenadas en el sistema Magna Sirgas Colombia, origen Único Nacional: 4883830,64-2049123,78; 4883870,03-2049142,70; 4884043,08- 2048775,59; 4883961,6- 2048803,12 (Figura 2).



Figura 2 Localización detallada del área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

## 4 Objetivos

### 4.1 Objetivo general

Estimar el riesgo físico-social por el fenómeno de remoción en masa, en una zona del área urbana del municipio de Chipaque - Cundinamarca.

### 4.2 Objetivos específicos

1. Realizar un análisis de la zonificación de la amenaza por remoción en masa existente en el área de estudio.
2. Calcular la vulnerabilidad física y social y el riesgo por remoción en masa en la zona de estudio.
3. Proponer recomendaciones para mitigar los efectos ante una eventual materialización de la amenaza en la zona de estudio.



## 5 Antecedentes

Para que ocurran los desprendimientos de tierra, se involucran diversos factores naturales y ambientales. Elementos como la cobertura de la tierra, las pendientes del terreno, las propiedades inherentes de los materiales, las precipitaciones y la actividad tectónica desempeñan un papel crucial en su ocurrencia. En el contexto colombiano, las lluvias intensas y/o prolongadas emergen como el principal desencadenante de estos eventos. No obstante, también se ven influenciados significativamente por factores humanos, como el uso inadecuado del territorio, agregando una capa adicional de complejidad a este fenómeno natural (UNGRD, 2020).

Tal como lo plantean Mergili et al., (2015), las cordilleras de Colombia, que se dividen en Oriental, Central y Occidental, están espaciadas por dos valles prolongados y son propensas a intensas actividades sísmicas, además de experimentar precipitaciones estacionales fuertes. Colombia, dentro de los países que conforman la cordillera de los Andes, es uno de los más afectados por remociones en masa y, a nivel mundial, uno de los factores de riesgos más importante (Nadim et al., 2006).

El Servicio Geológico Colombiano (SGC), se encarga en el país para llevar a cabo investigaciones y supervisar las amenazas geológicas, se enfoca en diversos aspectos, incluyendo los procesos de remoción en masa, en una de sus publicaciones se encuentra la actualización del Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa a escala 1:100.000 (2015), en dicha actualización se determinó que más o menos el 50% de la superficie del país posee amenaza baja, un 22% presenta categoría media, el 20% alta y el 4 % está en amenaza muy alta por deslizamientos de terreno (UNGRD, 2020).

También es importante señalar que, tras la publicación mencionada en el párrafo anterior y de datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del DANE (2018), se estima que más del 80% de la población presenta niveles de amenaza alta y muy alta debido a deslizamientos de terreno (UNGRD, 2020)..

Por su parte el Banco Mundial (2012), sugiere que a pesar de que los movimientos en masa suelen tener impactos a nivel local, su acumulación ha resultado en un número de víctimas mortales que supera el causado por los terremotos. Según datos de la UNGRD, en el último siglo, en el país se han presentado más de 11.800 sucesos de movimientos de terreno. Como consecuencia de estos, se ha perdido alrededor de 7.600 vidas, así mismo, unas 239.740 familias han resultado damnificadas.

De manera resumida, se tiene a Antioquia en el primer lugar (con 1.393 registros); posteriormente se ubican Cundinamarca (1.068), Nariño (1.046), Tolima (957), Boyacá (800), Santander (785), Valle del Cauca (781) y Cauca (736). Los registros más altos de personas y familias perjudicadas se presentan en Nariño, Risaralda, Valle del Cauca, Santander, Cauca, Tolima y Boyacá.

A nivel local, datos verificados en la plataforma DesInventar indican que en las últimas décadas se han presentado algunos eventos en el área rural del municipio de Chipaque, dichos eventos ha generado damnificados por afectaciones a viviendas, cultivos y vías; algunos de los

deslizamientos ha sido potenciados por factores antrópicos como el manejo de aguas. Aunque no se han registrado oficialmente eventos en la zona de estudio, los residentes locales han informado sobre pérdidas considerables, incluyendo la destrucción parcial o total de viviendas, como resultado de estos fenómenos. Las comunidades han atribuido esta situación a varios factores. Algunos residentes sugieren que la ubicación en áreas de alta amenaza juega un papel significativo, mientras que otros perciben que el manejo inadecuado de las aguas de escorrentía ha contribuido a la afectación de la infraestructura. Estas percepciones locales destacan la importancia de considerar los conocimientos y experiencias de la comunidad en la evaluación y gestión del riesgo de remoción en masa.

## 6 Marco teórico

En Colombia, la región del norte de la Cordillera de los Andes se destaca por la intensa erosión de las rocas y la fragilidad de las empinadas laderas, cubiertas de vegetación densa, que apenas logran sostener las escarpadas paredes de roca expuesta. En estas áreas se encuentran varias de las ciudades más pobladas del país, donde la densidad demográfica es alta. Es importante señalar que estas zonas montañosas ofrecen condiciones propicias para el desarrollo de actividades económicas para la población local. Además, en el territorio nacional, el paisaje cultural se despliega en una gran variedad de altitudes, lo que contribuye a la diversidad y riqueza del entorno (Mergili et al., 2015).

En los siguientes párrafos, se presentan referencias conceptuales que dan soporte bibliográfico para el desarrollo de este trabajo.

### 6.1 Amenaza

Teniendo como referencia la definición propuesta por Cardona (1993) la amenaza o peligro, o elemento de riesgo de un sistema u objeto, se refiere a una posible situación asociada con un fenómeno físico ya sea origen natural o tecnológico que podría ocurrir en un lugar y momento específicos, causando efectos negativos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente. Esto puede expresarse matemáticamente como la probabilidad de que ocurra un evento con cierta intensidad en un lugar específico durante un período de tiempo determinado. En ese sentido, es importante destacar que la amenaza representa el potencial de ocurrencia del fenómeno, no el fenómeno en sí ni el evento real.

De otra parte, la Ley 1523 (2012) establece que la amenaza se refiere a la posibilidad latente de que ocurra un evento físico, ya sea de origen natural, como también originado o incitado por acciones humanas de forma accidental, con la suficiente intensidad como para provocar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud. Además, este evento puede causar daños y pérdidas en bienes, infraestructuras, medios de subsistencia, prestación de servicios y recursos ambientales.

Teniendo como referencia las definiciones mencionadas anteriormente, la definición de la amenaza puede describirse como una posible situación asociada con un fenómeno físico, ya sea de origen natural o tecnológico, que podría ocurrir en un lugar y momento específicos. Esta situación tiene el potencial de causar efectos negativos en personas, bienes y el medio ambiente. Puede ser originada tanto por eventos naturales como por acciones humanas accidentales, y puede provocar pérdida de vidas, lesiones y daños en bienes, infraestructuras, medios de subsistencia, prestación de servicios y recursos ambientales.

Adicional a lo anterior, de acuerdo con Cardona, et al. (2001) y Ulloa (2011), citados en (Cuanalo & Gallardo, 2016) que un evento relacionado con un fenómeno natural sea considerado una amenaza potencial, se deben satisfacer los siguientes criterios:

- Debe haber una probabilidad real de que el evento ocurra, con valores entre 0 (sin ocurrencia) y 1 (certeza absoluta de que ocurrirá).

- El evento debe tener una magnitud o tamaño específico.
- El evento debe poseer una intensidad o severidad determinada.
- La ocurrencia del evento debe estar limitada a un período de tiempo definido, como por ejemplo, en los próximos 10 años.
- El evento debe tener lugar en una área geográfica específica.

## 6.2 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere a la propensión inherente de un individuo o elemento a experimentar daños debido a acciones externas. Por otro lado, la resiliencia representa la capacidad de recuperación de un sistema después de enfrentar adversidades (Cardona, 1997).

Por su parte, Wilches-Chaux (1993), en su artículo “La Vulnerabilidad Global”, da la siguiente definición para el término descrito en el párrafo inmediatamente anterior: “incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio”. De igual forma, presenta diferentes tipos la vulnerabilidad, los cuales se describen a continuación:

- ✓ Natural: cada organismo vivo, debido a su naturaleza, presenta una vulnerabilidad inherente determinada por los límites del entorno en el que puede sobrevivir y las necesidades de su propio cuerpo.
- ✓ Física: hace referencia a la ubicación de asentamientos en áreas en condición de riesgos, así como de las carencias en las estructuras físicas. Este término podría extenderse para incluir factores relacionados con la exposición espacial y la resistencia. Además, englobaría los conceptos de vulnerabilidad funcional, estructural y no estructural (Cardona, 1997).
- ✓ Económica: las comunidades económicamente desfavorecidas son las más susceptibles (vulnerables) a riesgos. Esta situación no solo puede considerarse como una fuente de vulnerabilidad, sino también como un elemento determinante de la resiliencia, si estas pudieran separarse.
- ✓ Social: hace referencia al grado de cohesión interna presente en una comunidad, un factor que, en este contexto, también influiría en su capacidad de resiliencia.
- ✓ Política: la vulnerabilidad política en el contexto de la gestión del riesgo se refiere a la susceptibilidad de un país o una comunidad a sufrir daños o crisis debido a una deficiente gobernanza.
- ✓ Técnica: se refiere a la falta de conocimiento en métodos de construcción o tecnologías alternativas de distintas áreas, especialmente en los sectores marginados de la población.
- ✓ Ideológica: se refiere a la susceptibilidad de las personas o comunidades a los desastres debido a creencias, valores, actitudes o ideologías específicas que pueden obstaculizar la preparación adecuada, la respuesta eficaz y la recuperación después de desastres o crisis. Estas creencias y valores ideológicos pueden influir en la forma en que las personas perciben los riesgos, responden a las advertencias, se preparan para

emergencias y apoyan las políticas para un mejor desempeño en el ámbito de la gestión del riesgo de desastres.

- ✓ Cultural: se trata de los rasgos de personalidad típicos de los colombianos y de cómo los medios de comunicación impactan en las interacciones humanas, la relación con el entorno y en la formación de la identidad cultural nacional.
- ✓ Educativa: existe una marcada brecha entre la academia y la realidad cotidiana, lo que indica que actualmente la educación no está desempeñando un papel significativo en promocionar una eficaz cultura de cómo hacer prevención de las emergencias.
- ✓ Ecológica: el enfoque o modelo del desarrollo del país en la actualidad, basado básicamente en la destrucción de los entornos naturales y no en promover la convivencia, ha llevado a la creación de ecosistemas con una vulnerabilidad alta, que no pueden adaptarse a la intervención humana. Esto representa un riesgo para las comunidades que dependen de estos ecosistemas para su sustento o vivienda.
- ✓ Institucional: falta de actualización y blandura en las instituciones.

De otra parte, dentro de los elementos más importantes que inciden en la vulnerabilidad de un conjunto tenemos los siguientes:

- ✓ Exposición: se refiere a la situación en la que como individuos nos encontramos dentro de la zona de alcance de la amenaza y en el período de tiempo en el que esta podría presentarse. Esta condición es esencial para determinar la vulnerabilidad o no ante la amenaza que se está analizando.
- ✓ Resistencia: es la habilidad como individuos para resistir diversas presiones a las que está expuesto. Cuanto mayor sea esta resistencia, menor será la vulnerabilidad.
- ✓ Resiliencia: capacidad como individuos para recuperarse después de un evento adverso. Cuanto mayor sea la resiliencia, menor será la vulnerabilidad.

Es de resaltar que, tal como lo expresan Mergili et al. (2015), la cantidad de víctimas se relaciona de manera directa con la frecuencia de los desastres, sino más bien con su magnitud, incluyendo factores como el volumen, superficie con afectación y el alcance, donde la vulnerabilidad de las comunidades desempeña un papel fundamental. Tanto la ubicación geográfica como las medidas preventivas desempeñan un papel crucial en este contexto.

### 6.3 Desastres y riesgos

El medio ambiente se configura como un sistema dinámico donde sus componentes interactúan de manera continua, definiendo así las condiciones de vida tanto para estos elementos como para el sistema en su conjunto (Wilches-Chaux, 1993; citado por Cardona, 1996). Cuando esta dinámica experimenta cambios que el sistema no puede absorber debido a su falta de flexibilidad o capacidad de adaptación, surge una crisis. La comunidad, al evaluar socialmente estos eventos, los califica como "desastres", lo que implica en todos los casos un impacto ambiental negativo.

Un desastre representa un fenómeno social que crea una situación anormal, resultante de la manifestación de una amenaza, que conlleva pérdidas humanas y/o materiales, todo dentro de un contexto definido por la vulnerabilidad y la resiliencia del sistema afectado. Por su parte, el riesgo se refiere al potencial desastre, siendo el daño, destrucción o pérdida esperada que surge de la combinación de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas. Este concepto se expresa matemáticamente como la probabilidad de superar un determinado nivel de consecuencias económicas y sociales en un sitio y período de tiempo específicos. Los desastres, en esencia, pueden interpretarse como riesgos que no han sido gestionados adecuadamente (Cardona, 1996).

Los distintos impactos que experimentan los elementos expuestos se pueden clasificar de diferentes maneras: para los objetos materiales, se denominan "daños"; para las personas, se consideran "perjuicios"; y en lo que respecta a las relaciones y funciones socioculturales, se identifican como "perturbaciones" (Velásquez & Asté., 1994).

## 6.4 Gestión de riesgos

Este término encierra el compilado de medidas o acciones orientadas a disminuir los niveles de riesgo en un entorno particular. Esto implica promover, divulgar, planificar y ejecutar acciones relacionadas con el manejo de riesgos y desastres, así como preparativos para situaciones de emergencia..

La concepción contemporánea de la gestión de riesgos comprende cuatro políticas públicas diferenciadas (Cardona. 2003):

Identificación del riesgo, esta involucra la percepción propia, la representación social y la valoración imparcial (objetiva).

- ✓ Reducción del riesgo, esta incluye la prevención y mitigación.
- ✓ Transferencia del riesgo, la cual se relaciona con la protección financiera.
- ✓ El manejo de desastres (que corresponde a la respuesta y la reconstrucción).

Por su parte, la Ley 1523 (2012) define la gestión del riesgo de desastres como 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".

## 6.5 Procesos de remoción en masa

La tierra se constituye un sistema dinámico, marcado por varios procesos que modelan el paisaje, incluida la denudación inducida por fenómenos climáticos y geológicos naturales. Hace un corto periodo de tiempo, la actividad antrópica se ha sumado a estos procesos, ya sea como agente directo de modificación del paisaje o como generador y/o catalizador de la denudación.

Entre estos procesos, se destacan los movimientos en masa, también conocidos como movimientos de falla de taludes, inestabilidad de taludes o inestabilidad del terreno, que constituyen una de las amenazas más comunes y graves que afectan el territorio colombiano. Estos movimientos pueden caracterizarse de diversas maneras, dependiendo de su tipo y dinámica espacial y temporal (Cantillo, 1998). Con la expresión "Procesos de Remoción en Masa", se engloban los movimientos de falla del terreno que involucran un volumen significativo de material, ya sea suelo o roca, y que abarcan una amplia variedad de movimientos y tipos de materiales (Castellanos, 1996).

El término "deslizamiento" se emplea en un sentido amplio para englobar prácticamente todas las variedades de movimientos en masa en taludes, incluyendo caídas de roca y suelo, volcamientos, deslizamientos rotacionales y traslacionales, flujos de tierra, detritos y lodos.. Además, en Colombia, se utiliza el término "derrumbe" de manera generalizada para describir la acumulación de materiales de un talud que ha experimentado deslizamientos y se asientan en reposo a una posición inferior respecto a su ubicación original (García, 1996).

El fenómeno de los deslizamientos se basa en que: "Toda masa de suelo situada debajo de la superficie de una ladera o talud natural, o bien debajo de la superficie del talud formado por un desmonte o excavación, tiene tendencia a desplazarse hacia abajo y hacia afuera por efecto de su propio peso. Cuando esta tendencia es contrarrestada por la resistencia al corte de suelo, el talud es estable; en caso contrario, se produce el deslizamiento" (Terzaghi, 1950), citado por (Castellanos, 1996). Aunque esta definición parece simple, el fenómeno de los deslizamientos es complejo, dado que involucra una variedad de causas, una diversidad de mecanismos de falla del terreno, las implicaciones resultantes de dicha falla y las consideraciones necesarias para corregirla (Castellanos, 1996).

## 6.6 Factores y causas de los movimientos en masa

Existen cuatro causas que producen fenómenos de remoción en masa: clima tropical húmedo, actividad sísmo-tectónica, actividad volcánica y crecimiento urbano en pendientes abruptas. La interrelación de dichas causas determina la susceptibilidad de que este fenómeno tenga lugar, además de que influyen sucesos concretos que alteran la dinámica de las pendientes (ver Figura 3). A pesar de la actividad sísmica en el país, el principal desencadenante de remociones en masa en Colombia son las precipitaciones. Estos eventos ocurren de manera más frecuente durante el fenómeno de La Niña (Mergili et al., 2015).

Para otros autores como Krynine & Judd (1980) citados por Montero (2017), los factores inherentes al terreno afectado son la causa principal de los movimientos en masa. Estos autores identifican factores contribuyentes que actúan progresivamente en el tiempo, como el aumento de la saturación, las sobrecargas o la eliminación del soporte, promoviendo así la inestabilidad. Consideran que la causa inmediata o detonante desencadena el movimiento "como un resorte a corto plazo".

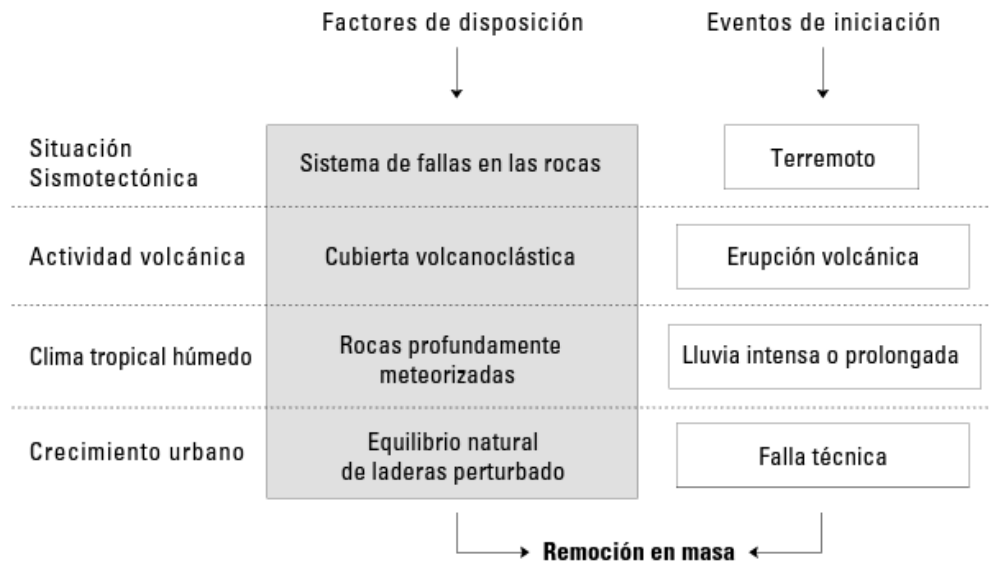
Respecto a los factores inherentes, se destacan tres elementos: material, condición y estructura. El material se refiere a la composición y textura de la litología, la condición al estado físico del



material (por ejemplo, roca cizallada, suelo húmedo) y las estructuras geológicas incluyen planos o discontinuidades estructurales de cualquier escala asociados a la inestabilidad, como fallas geológicas, lineamientos estructurales, planos de estratificación y foliación, diaclasas o fracturas. Estas discontinuidades estructurales pueden también ser discontinuidades mecánicas, dependiendo de la resistencia de la roca y del estado de esfuerzos.

Entre las causas externas, algunas son naturales e inmodificables, mientras que otras son antropogénicas y, por lo tanto, controlables por el hombre.

Figura 3 Factores que aumentan la incidencia de remociones en masa en Colombia



Fuente: Mergili et al., 2015.

Las causas de los movimientos en masa pueden tener origen geológico, geomorfológico, físico o humano, y solo una de estas actúa como detonante del evento. Un detonante se caracteriza como un estímulo externo, como lluvias intensas, eventos sísmicos, erupciones volcánicas, tormentas, elevación del nivel freático o actividades humanas no controladas, capaces de provocar una respuesta inmediata en la evolución de un deslizamiento mediante un súbito incremento de esfuerzos o una drástica reducción en la resistencia de los materiales. Las causas contribuyentes, por otro lado, son varios factores que gradualmente reducen la estabilidad del terreno, como el incremento en la meteorización de rocas o suelos, presiones intersticiales de agua, socavación por corrientes, deforestación, entre otros. En ocasiones, los movimientos pueden ser resultado de la combinación de varios factores contribuyentes, sin una identificación clara de un detonante específico; sin embargo, en otros casos, uno de los factores considerados como contribuyentes puede ser en realidad el detonante. Es importante tener en cuenta que el detonante, por definición, interviene en un tiempo muy corto y actúa como un disparo Wieczorek, en TRB-SP 247; Turner & Schuster 1996, Citado por Montero, 2017).

Por su parte, Suarez (2012) menciona unos factores antrópicos que activan los deslizamientos, dentro de los cuales se destacan cambios en el relieve y cargas del Talud, modificación de las



condiciones de humedad, vibraciones, cambios en la coberturas vegetal, deforestación; este autor menciona que algunas estadísticas muestran que los deslizamientos ocurren 3,5 veces más en zonas desprovistas de vegetación que en zonas con vegetación densa, en ese sentido, actividades como la tala y la quema excesiva de coberturas boscosas, especialmente cerca centros poblados ha producido efectos catastróficos de erosión masiva y ocurrencia de deslizamientos.

## **6.7 Clasificación de los movimientos en masa**

De acuerdo con Montero (2017), existen numerosas clasificaciones de movimientos en masa, las cuales varían según los autores, las escuelas, los países de origen o el perfil profesional de quienes abordan el tema. La mayoría de los expertos utilizan como criterios principales para la clasificación los mecanismos de falla de los movimientos, los tipos de materiales involucrados, la actividad de los movimientos y su velocidad. Además de estos criterios, algunos consideran factores adicionales como la edad de los movimientos, las características del relieve (incluyendo la pendiente), la ubicación geográfica, el clima y la influencia de actividades humanas en la estabilidad de laderas, cauces o taludes construidos por el hombre. Esta diversidad de enfoques refleja la complejidad del fenómeno de los movimientos en masa y la necesidad de comprenderlo desde múltiples perspectivas para una gestión efectiva del riesgo.

A continuación, se relacionan algunas clasificaciones de movimientos en masa.

### **6.7.1 Clasificación de sharpe**

El autor distingue entre movimientos con una cara libre, que siguen la inclinación de las laderas, y movimientos confinados, que descienden verticalmente sin una cara libre. En el primer grupo se incluyen flujos lentos a rápidos y deslizamientos (de lento a muy rápido), mientras que en el segundo se encuentra la subsidencia. A partir de estas distinciones, identifica 16 tipos de movimientos. Además, clasifica los materiales en tres tipos (tierra, talus y roca) y los ubica en tres ambientes geomorfológicos (glacial, fluvial y tropical). Todos estos movimientos son causados por la gravedad, con posible influencia del agua o el hielo en algunos casos. La separación entre flujos y deslizamientos, junto con la consideración del medio de transporte, facilita la comprensión de los mecanismos de cada subgrupo de movimientos (Montero, 2017).

### **6.7.2 Clasificación de Terzaghi**

Este autor hizo una contribución significativa a la definición de los procesos asociados al creep, tanto en establecer la diferencia entre el creep superficial y el profundo o continuo, como en hacer la distinción entre el creep profundo y el deslizamiento. En tal sentido, reconoce el deslizamiento como “rápido desplazamiento de una masa de roca, suelo residual o sedimentos adyacentes a un talud, en el cual el centro de gravedad de la masa en movimiento se desplaza hacia abajo y hacia afuera”; mientras que un movimiento similar que se presenta a una tasa imperceptible lo reconoce como creep (Montero, 2017).

### **6.7.3 Clasificación de Varnes**

En 1958, Varnes clasificó cinco tipos de movimientos: caída, deslizamiento, propagación lateral, flujo y avalancha, que ocurren en rocas, regolitos o suelos. Destacó sus características, especialmente su velocidad y humedad, y los efectos y daños asociados. En 1978, actualizó la clasificación a cinco tipos básicos: caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral y flujo, considerando sus características cinemáticas para prevenirlos o tratarlos. Clasificó los materiales desplazados como rocas o suelos según su tamaño promedio antes de la movilización, y los suelos como tierras o detritos, diferenciando entre partículas pequeñas y grandes. Utilizó términos compuestos como "caída de rocas" o "flujo de detritos" y consideró la velocidad del movimiento y el contenido de agua, aire o hielo. Además, introdujo la noción de movimientos complejos, que son combinaciones de los movimientos básicos (Montero, 2017).

## **6.8 Movimientos en masa más comunes en Colombia**

De acuerdo a los criterios de Montero (2017), a continuación se describen de manera resumida las características y distribución en la región Andina de Colombia de los tipos de movimientos considerados más frecuentes y recurrentes.

### **6.8.1 Caídas, rodamientos y bloques erodados**

Las caídas se producen por el desprendimiento abrupto de masas de roca o suelo desde laderas empinadas, seguido a menudo de rebote y rodadura. Son frecuentes en áreas con roca dura y relieve pronunciado, sujetas a meteorización, erosión o excavación. Generalmente, están precedidas por grietas de tensión y deslizamientos previos, con la posible influencia del agua de lluvia. Los bloques de roca suelen acumularse al pie de las laderas o taludes, a veces mezclados con detritos y tierra. Pueden causar daños por impacto o bloqueo de carreteras (Montero, 2017).

### **6.8.2 Volcamientos**

Los volcamientos de bloques de roca de varios tipos o de detritos, pueden ser activados por la fuerza de gravedad ejercida por el material situado en la parte superior del talud arriba de la masa desplazada y otras veces por el agua o hielo que ejercen efecto de cuña en las grietas de las masas rocosas o de suelo. Considerando el mecanismo, los volcamientos de rocas pueden permitir la caída con o sin deslizamiento previo de las masas desplazadas, dependiendo de la geometría de la masa en movimiento, la geometría de la superficie de separación y la orientación, continuidad y extensión de las discontinuidades cinemáticamente activas. Por último, se pueden presentar volcamientos de detritos en las orillas de los cauces (Montero, 2017).

### **6.8.3 Deslizamientos**

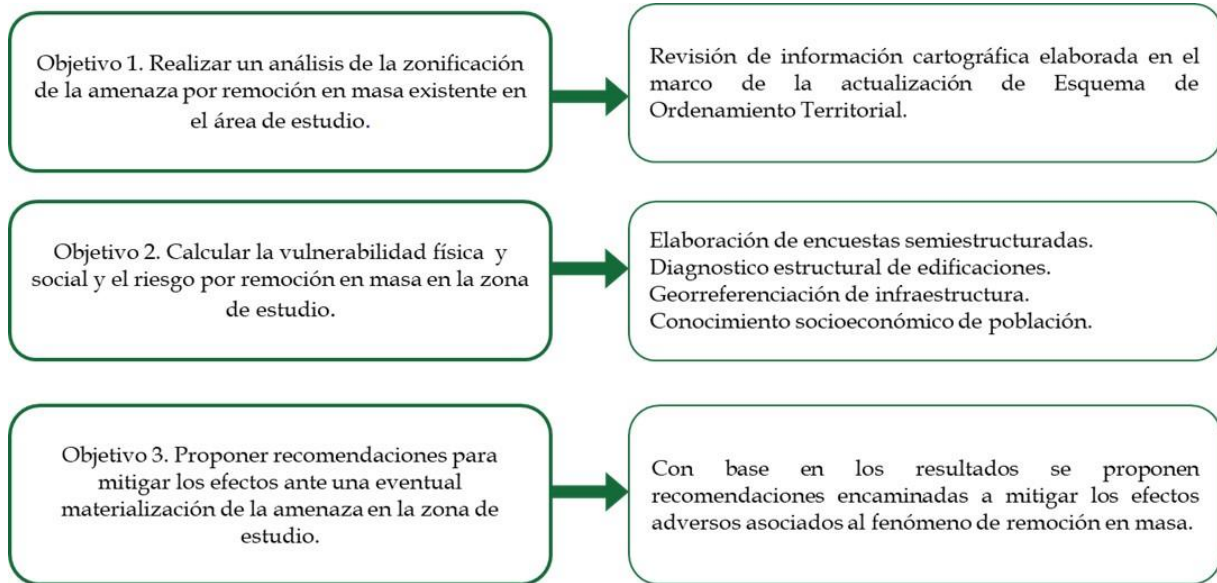
Se refiere a tipos y subtipos de desplazamientos de masas a lo largo de superficies de ruptura, creadas en el desarrollo del proceso o de discontinuidades originales, según el tipo (rotacional, traslacional y compuesto), estos son comunes en toda la extensión de la región Andina de Colombia y demás zonas montañosas (Montero, 2017).

Los deslizamientos tienen múltiples causas, que pueden dividirse en dos categorías: aquellas que aumentan los esfuerzos o disminuyen la resistencia de los materiales involucrados, lo que lleva a superar el umbral de falla cuando las fuerzas desestabilizadoras igualan a las que se oponen al movimiento. Los efectos de los deslizamientos varían dependiendo del volumen de las masas en movimiento, su velocidad y los elementos expuestos, como edificaciones o personas. Durante periodos de lluvias, sismos o erupciones volcánicas, los deslizamientos y los flujos representan los eventos más devastadores para las personas y comunidades, impactando en sus vidas, propiedades y servicios, especialmente en las carreteras (Montero, 2017).

## 7 Metodología

En la Figura 4 se presenta de manera resumida la metodología empleada para obtener los resultados acordes con los objetivos planteados, en donde se incluye revisión de información secundaria, captura de información de campo y procesamiento y análisis de esta.

Figura 4 Esquema metodológico para el presente trabajo de grado



Fuente: Elaboración propia, a partir de UNGRD, 2017.

### 7.1 Análisis de amenaza en el área de estudio

Para el área urbana del municipio de Chipaque se tomó como zonificación de la amenaza el mapa elaborado a escala 1:2.000 por la empresa GEOTEM S.AS., el cual fue elaborado en el marco del contrato el marco del Convenio Interadministrativo No. UAEGRD- CDCVI-069-2021, celebrado por el departamento de Cundinamarca - Unidad Administrativa Especial para la Gestión del Riesgo de Desastres y el municipio de Chipaque, cuyo objeto es "Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para la elaboración y/o actualización, desarrollo y evaluación de los estudios básicos de riesgo para la zonificación de la amenaza por procesos de movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en suelo urbano, expansión urbana, centros poblados rurales y suelo rural, e incendios forestales en suelo rural, del municipio de Chipaque Cundinamarca, como municipio priorizado para el cumplimiento de la sentencia del río Bogotá DC, y del plan de desarrollo".

Este insumo fue analizado de manera cualitativa, así como teniendo en cuenta el trabajo de campo realizado en el área de estudio, en donde se observaron las condiciones del área, con el objetivo de tener mayor certeza de los resultados obtenidos en dicho producto cartográfico, de igual manera, se hizo revisión de información bibliográfica con el propósito de conocer la

confiabilidad de la metodología empleada para la zonificación de la amenaza por remoción en masa.

## 7.2 Cálculo de vulnerabilidad en el área de estudio

Para la identificación y caracterización de la vulnerabilidad se aplicaron conceptos de elementos expuestos, tipología y resistencia de la “Guía metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa”, publicada el año 2014 por el Servicio Geológico de Colombia (SGC).

El modelo cuantitativo para la vulnerabilidad es el siguiente:

$$V = S*(0.60) \times VS*(0.40) \quad (1)$$

Dónde,

V: Vulnerabilidad

S: Susceptibilidad o vulnerabilidad de los elementos (edificaciones)

VS: Vulnerabilidad social

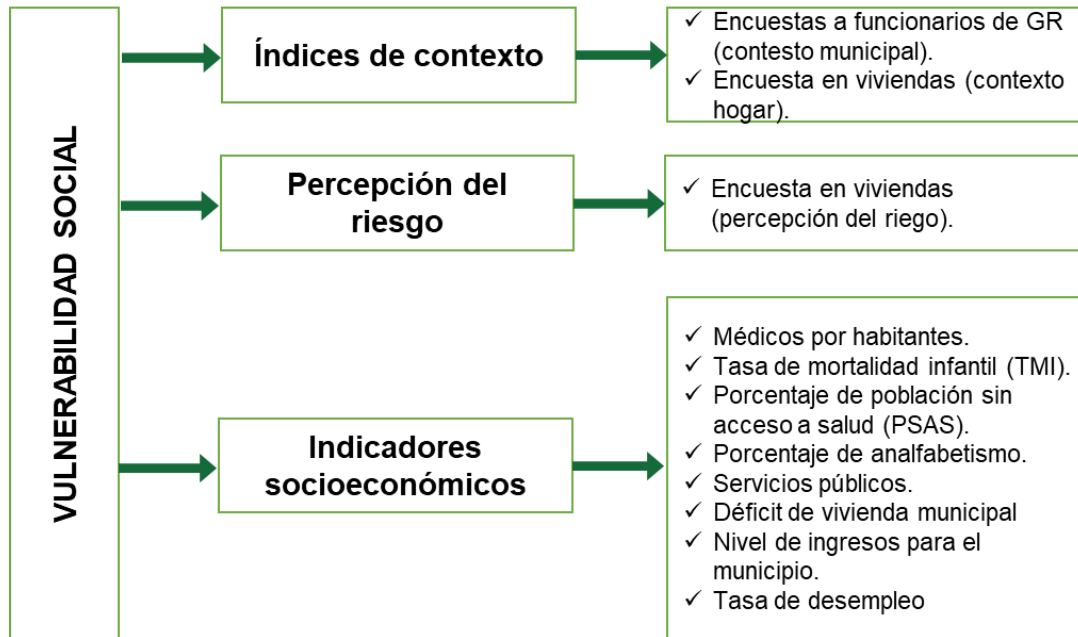
A la susceptibilidad de los elementos expuesto se le dio un peso mayor (60%) respecto a la vulnerabilidad social (40%) dado a que se hizo trabajo de campo para ver las condiciones de la edificaciones (viviendas), mientras que la vulnerabilidad social si bien es soportada con información primaria (encuestas), tiene mayor grado de subjetividad debido a los conocimientos e intenciones de cada entrevistado.

### 7.2.1 Vulnerabilidad social (Vs)

La vulnerabilidad social se estimó adaptando los lineamientos para el análisis de la vulnerabilidad social en los estudios de la gestión municipal del riesgo de desastres, de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD, 2017) al área de estudio. Esta metodología integra indicadores de contexto, percepción del riesgo e indicadores socioeconómicos, como se muestra en la Figura 5.

Para la toma de información se diseñaron encuestas para ser aplicadas a la totalidad de edificaciones que hacen parte del área de estudio. No obstante, algunas viviendas se encontraron deshabitadas, y en otras no se obtuvo autorización para aplicar las encuestas.

Figura 5 Esquema metodológico para análisis de vulnerabilidad social



Fuente: Elaboración propia, a partir de UNGRD, 2017.

## 7.2.2 Indicadores de contexto (IC)

Para estos índices se establecieron encuestas con preguntas orientadoras dirigidas al líder del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres - CMGRD para conocer el contexto municipal y otras dirigidas a los hogares o viviendas que conforman el área de estudio, las cuales permiten caracterizar el contexto del hogar o de las viviendas. En ese sentido, se formularon 16 preguntas (ve Anexo 1. Formatos de encuestas), las cuales tienen una puntuación entre cero (0) y dos (2), en donde el valor más bajo es para las respuestas afirmativas y más alto para las negativas, como se muestra en la Tabla 1.

Teniendo en cuenta el tamaño del área de estudio, inicialmente se estimó realizar las encuestas en el 100% de las viviendas o edificaciones, no obstante, durante la fase de campo algunas viviendas estaban deshabitadas o abandonadas, de esta manera se realizó dicha actividad en 55 viviendas de las 72 que se ubican en el área de caracterización, para un cubrimiento del 76%.

Tabla 1 Ejemplo de calificación de las preguntas de la encuesta para el CMGRD

#	PREGUNTA	RESPUESTA/ VALOR		
		SI	NO	NS/NR
1	¿ El gobierno municipal monitorea y analiza la información disponible sobre riesgos de desastres y su relación con los medios de vida de las comunidades?	0	2	1

Fuente: Adaptado de UNGRD, 2017.

El valor máximo para esta encuesta es 32, en ese sentido se dividió dicho valor en tres (3) intervalos, como se puede evidenciar en la Tabla 2.

Tabla 2 Categorización de la encuesta del contexto municipal

CATEGORÍA	PUNTAJE
BAJA	De 0 a 9
MEDIA	De 10 a 16
ALTA	20 o más

Fuente: Adaptado de UNGRD, 2017.

Para el contexto hogar, la encuesta se estructuró con 14 preguntas, para las cuales se aplicó el mismo valor de calificación establecido para el contexto municipal, por lo cual, el valor máximo para cada encuesta es 28. De esta manera se dividió este valor en tres (3) categorías, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3 Categorización de la encuesta del contexto municipal

CATEGORÍA	PUNTAJE
BAJA	De 0 a 8
MEDIA	De 9 a 17
ALTA	18 o más

Fuente: Adaptado de UNGRD, 2017.

La valoración de los indicadores de contexto (IC), se llevó a cabo empleando la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{\sum CM + \sum CH}{2} \quad (2)$$

Donde:

CM: Contexto municipal

CH: Contexto hogar.

N: número de encuestas realizadas

### 7.2.2.1 Percepción local del riesgo (PLR)

De acuerdo con la UNGRD (2017), es esencial comprender que las percepciones del riesgo varían considerablemente. A pesar de ello, entender estas diferencias es muy importante; incluso aquellos hogares que no se ubican directamente en zonas de alto riesgo están expuestos de alguna manera. En tal sentido, todos los hogares, sin importar su ubicación, podrían enfrentar eventualmente los efectos de algún tipo de fenómeno, lo que subraya la importancia del conocimiento en este contexto.

Considerando lo mencionado previamente, es importante utilizar herramientas de fácil manejo que permitan la evaluación de la percepción y el conocimiento del riesgo. Esto es

fundamental para mejorar la eficacia en la prevención, atención y control de eventos catastróficos. Con el objetivo de conocer la percepción del riesgo en el área de estudio se realizaron 10 encuestas a viviendas, con 18 preguntas cada una, para un puntaje total de 36. En consecuencia, se dividió este valor en tres (3) categorías, como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4 Categorización de la encuesta de percepción del riesgo

CATEGORÍA	PUNTAJE
BAJA	De 0 a 8
MEDIA	De 9 a 17
ALTA	18 o más

Fuente: Adaptado de UNGRD, 2017.

### 7.2.2.2 Indicadores socioeconómicos (IS)

Engloba indicadores que posibilitan la medición de la vulnerabilidad social en un determinado espacio geográfico, considerando los derechos fundamentales de las personas y su acceso a estos servicios gubernamentales.

Para la caracterización de estos indicadores, se tuvo en cuenta ocho (8) variables socioeconómicas, de las cuales algunas son obtenidas mediante información secundaria y otras con información primaria recopilada con las encuestas. De manera independiente, a cada indicador se le asignó una calificación numérica entre 0 y 2, permitiendo mostrar el nivel de vulnerabilidad. Los rangos varían para cada una de las variables, pero cada uno de ellos se categoriza en vulnerabilidad alta, media y baja, tal como se evidencia en la Tabla 5.

Tabla 5 Categorización de la encuesta de percepción del riesgo

INDICADOR	FORMULA	RANGO	VALOR ASIGNADO	CONDICIÓN DE PROPENSIÓN A LA VULNERABILIDAD
Médicos por cada 1000 habitantes ¿Cuántos médicos hay disponibles por cada 1000 habitantes (MCMH)?	$P = \frac{NM}{NH} * 1000$ P: proporción de médicos por habitantes NM: número de médicos NH: número de habitantes	Mayor a 1,7 MCMH	0,0	Baja
		Entre 8 y 1,6 MCMH	1,0	Media
		Entre 0 y 0,7 MCMH	2,0	Alta
Tasa de mortalidad infantil (TMI).	$TMI = \frac{NIF}{NINA} * 100$	11,4 o menos	0,0	Baja
		De 17.3 a 11,5	1,0	Media



INDICADOR	FORMULA	RANGO	VALOR ASIGNADO	CONDICIÓN DE PROPENSIÓN A LA VULNERABILIDAD
¿Cuántas muertes se producen antes del primer año de vida?	NIF: Número de infantes menores de 1 año fallecidos durante el año. NINA: Número de infantes nacidos durante el mismo año. $\%PSAS \frac{PSAS}{NH} * 100$	Más de 17,2	2,0	Alta
Población que no tiene acceso a salud en % (PSAS).	PSAS: Población Sin Acceso a Salud. NH: número de habitantes.	Menos de 34,10	0,0	Baja
		De 34,11 a 67,04	1,0	Media
		Mayor o igual a 67,05.	2,0	Alta
Porcentaje de analfabetismo (PA) ¿Las personas que viven en la vivienda saben leer y escribir?	Sin formula especifica, resultados obtenidos directamente de información primaria.	Todas las personas	0,0	Baja
		Al menos una persona	1,0	Media
		Ninguna persona	2,0	Alta
Acceso a servicios públicos (ASP). ¿Tiene servicio de acueducto y alcantarillado?	Sin formula especifica.	Acueducto y alcantarillado	0,0	Baja
		Solo un servicio	1,0	Media
		Ningún servicio	2,0	Alta
Déficit de vivienda municipal. ¿Cuál es el déficit de vivienda municipal?	Estos datos fueron consultados en la secretaría de planeación de los municipios. Además, es posible recolectar y el Sisbén.	Menos de 5,54	0,0	Baja
		De 5,55 a 7,34	1,0	Media
		Mayor o igual a 7,35	2,0	Alta
Población económicamente activa en % (PEA). ¿Qué porcentaje de la PEA del municipio recibe menos de 1 smmlv?	% poblacional económicamente activa (PEA) que recibe ingresos de menos de 1 smmlv. Estos datos fueron consultados en la secretaría de planeación de los municipios. Además, es posible recolectar y el Sisbén.	Menos de 64,7	0,0	Baja
		De 64,8 a 86,2	1,0	Media
		86,3 o más	2,0	Alta
Tasa de desempleo (TD)	Estos datos fueron consultados en la secretaría	5,6 o menos	0,0	Baja
		De 8,4 a 5,7	1,0	Media

INDICADOR	FORMULA	RANGO	VALOR ASIGNADO	CONDICIÓN DE PROPENSIÓN A LA VULNERABILIDAD
¿Cuántas personas desocupadas existen con respecto a la PEA?	de planeación de los municipios	8,5 o más	2,0	Alta

Fuente: Adaptado de UNGRD, 2017.

El valor final de los indicadores socioeconómicos se calcula a partir de la siguiente formula, dónde V corresponde a cada una de las variables analizadas:

$$IS = \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8}{8} \quad 3)$$

### 7.2.2.3 Resultado final de vulnerabilidad social (VS)

El resultado de vulnerabilidad social se realiza integrando las tres variables descritas anteriormente, siguiendo la guía para vulnerabilidad social de la UNGRD, 2017. Sin embargo, se bajó el peso de los indicadores socioeconómicos ya que estos son más asociados de manera general para el área urbana del municipio, así:

$$VS = \text{Calificación IC (0,50)} + \text{Calificación de PLR (0,30)} + \text{calificación IS(0,20)} \quad 4)$$

## 7.2.3 Susceptibilidad de los elementos expuestos (S)

La susceptibilidad o exposición de los elementos en riesgo también puede ser considerada como vulnerabilidad física y puede dividirse en dos categorías: elementos económicos y personas. En la Tabla 6 se presentan los elementos en riesgo desde el punto de vista económico o de bienes (edificaciones y líneas vitales), mientras lo concerniente a personas fue evaluado en la vulnerabilidad social.

Tabla 6 Categorización de la encuesta de percepción del riesgo

CLASIFICACIÓN		IDENTIFICACIÓN	USO - COMPONENTES
Bienes Físicos o elementos económicos.	Edificaciones	Indispensables- Grupo IV	Salud (pública/privada)
		Atención a la comunidad	Seguridad
			Emergencia
		- Grupo III	Educación
		Ocupación especial	Institucionales
			Gubernamentales
	- Grupo II	Centros comerciales	
Ocupación normal	Industria		
	Residencial y comercio		
Líneas Vitales	- Grupo I Red vial	Vías	

CLASIFICACIÓN		IDENTIFICACIÓN	USO - COMPONENTES
			Puentes vehiculares
			Puentes peatonales
		Servicios públicos	Líneas de acueducto, alcantarillado y gas (tuberías)
			Redes eléctricas y comunicaciones

Fuente: Adaptado de Servicio Geológico de Colombia (2014).

### 7.2.3.1 Exposición de los bienes físicos o económicos (Seco)

Estos encierran edificaciones, líneas vitales y elementos naturales. La capacidad de resistencia para un grado de riesgo es asociada al tipo de estructura (o características de esta) y el estado en que se encuentra. Es importante señalar que el análisis de los tipos y estados de las edificaciones se llevó a cabo considerando el predominio de cada tipo de estructura. La susceptibilidad, por otro lado, se calculó utilizando la expresión adecuada para evaluar este factor:

$$S_{eco} = 1 - \prod_{i=1}^2 (1 - s_i) \quad (5)$$

Siendo,

$S_i$  = Elementos de susceptibilidad que contribuyen a la exposición de los bienes físicos o económicos.

Los factores de susceptibilidad económica a considerar en el presente estudio son edificaciones según tipo de edificación, tipo de estructura, el estado de estas o mantenimiento, tipo de cubierta y la altura en pisos (ST, SE, SCON, STC, SA,). Es de resaltar que no se valoraron las líneas vitales según clasificación de vías, alcantarillado, líneas de acueducto y sistema eléctrico, debido a que la totalidad del área de estudio presenta las mismas condiciones en cuanto a servicios públicos, en consecuencia, sería una constante para todas las edificaciones.

#### 7.2.3.1.1 Susceptibilidad de las edificaciones según el tipo (ST)

El grado de exposición o susceptibilidad de acuerdo al tipo de edificación (ST) fue valorado teniendo en cuenta los criterios presentados en la Tabla 7, la agrupación se realizó teniendo en cuenta el tipo de edificaciones presentes en la zona de estudio.

Tabla 7 Valoración del facto de exposición asociado con el tipo de Edificación

TIPO DE EDIFICACIÓN	CALIFICACIÓN
Instituciones de salud	1,00
Seguridad, emergencia o educación	0,90
Instituciones gubernamentales, centros comerciales e industrias	0,80

TIPO DE EDIFICACIÓN	CALIFICACIÓN
Residencias y comercio	0,70

Fuente: Adaptado de Servicio Geológico de Colombia (2014).

### 7.2.3.1.2 Susceptibilidad de las edificaciones según el tipo de estructura (SE)

La exposición o susceptibilidad asociada al sistema constructivo de las edificaciones (SE) se calcula utilizando los criterios presentados en la Tabla 8.

Tabla 8 Valores propuestos para el factor de susceptibilidad asociada con el tipo de estructura

ESTRUCTURA DE LA EDIFICACIÓN	ESTADO DE LA EDIFICACIÓN	CALIFICACIÓN
Construcciones simples	Muy alta	1,00
Estructuras ligeras	Alta	0,90
Estructuras con confinamiento deficiente	Media	0,70
Mampostería reforzada	Baja	0,50
Edificaciones reforzadas	Muy baja	0,30
Edificaciones con reforzamiento especial	Extremadamente baja	0,10

Fuente: Adaptado de Servicio Geológico de Colombia (2014).

Considerando los diferentes tipos de construcciones hallados en el área de estudio, se realizaron agrupaciones de la siguiente manera:

**Estructuras simples, ligeras:** ha referencia a construcciones realizadas a partir de materiales reciclados o recuperados, como madera, zinc, barro o cartón. Estos materiales, a pesar de su naturaleza básica, han demostrado ser fundamentales en la creación de estructuras duraderas y eficientes, proporcionando soluciones económicas y sostenibles.

**Estructuras livianas:** Corresponde a construcciones construidas en mampostería de arcilla cocida o cemento, pero sin refuerzos y elementos estructurales adecuados, presentan vulnerabilidades significativas.

**Muros en roca, concreto o madera:** construcciones con muros en piedra, concreto o madera, estos se destacan por su robustez y durabilidad respecto a las estructuras mencionadas previamente.

**Muros de bloques o armazones de hormigón.** Las edificaciones que emplean muros de ladrillo o estructuras de concreto son ejemplos de construcciones sólidas y resistentes.

**Edificaciones en mampostería confinada:** Las estructuras con muros en mampostería confinada se refieren a edificaciones construidas con mampostería de arcilla cocida o concreto, incorporando elementos estructurales como vigas o columnas para proporcionar un grado de

confinamiento. Este método de construcción mejora significativamente la resistencia y estabilidad de las edificaciones.

Edificaciones construidas en concreto reforzado: se caracterizan por utilizar un sistema estructural aporticado que proporciona un alto grado de confinamiento. Este método constructivo involucra el uso de concreto reforzado con barras de acero para crear una red de soporte interconectada.

### 7.2.3.1.3 Susceptibilidad por conservación de la estructura (SCON)

Este factor se evalúa a partir de la inspección visual de las edificaciones y es calificado de acuerdo a lo establecido en la Tabla 9.

*Tabla 9 Valores propuestos para el factor de susceptibilidad asociada a la conservación de la estructura*

ESTADO	DETALLE	CALIFICACIÓN
Deficiente	Unidades de mampostería con fallas por aplastamiento. Concreto con fallas por aplastamiento	0,50
Malo	Inclinaciones del elemento fuera de su plano vertical.	0,40
Medio	Fisuras en juntas horizontales en los extremos superior e inferior de elementos verticales.	0,25
Bueno	Solo se observan daños superficiales leves en los acabados.	0,10
Muy bueno	No se observan deformaciones, agrietamiento o envejecimiento	0,00

*Fuente: Adaptado de Servicio Geológico de Colombia (2014).*

### 7.2.3.1.4 Susceptibilidad por tipo de cubierta (STC).

La exposición relacionada con el tipo de cubierta (STC) de cada edificación, de acuerdo con la guía metodológica del SGC, puede asignarse a criterio del profesional (tal cual se evaluará en la inspección estructural de las viviendas), para el presente trabajo se tuvo en cuenta los criterios presentados en la Tabla 10.

*Tabla 10 Valoración utilizada para calificación de exposición asociada a la conservación de edificaciones*

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
Materiales de desecho, tela asfáltica	1,00
Teja de barro o zinc	0,90

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
Eternit	0,70
Azotea	0,50
Placa impermeabilizada	0,30

Fuente: Adaptado de Servicio Geológico de Colombia (2014).

### 7.2.3.1.5 Susceptibilidad debido a la elevación (altura) de la edificaciones (SA).

La vulnerabilidad de la estructura en relación con la cantidad de niveles (pisos) en la Tabla 11, para lo cual se tiene en cuenta cuatro (4) rangos.

Tabla 11 Valoración empleada para la exposición asociada a la cantidad de niveles de las edificaciones

DESCRIPCIÓN	NUMERO DE PISOS	CALIFICACIÓN
E,F	≥2	0,90
D, C	≥4	0,90
D	2 Y 3	0,80
Demás tipologías y alturas	-	0,70

Fuente: Adaptado de Servicio Geológico de Colombia (2014).

## 7.3 Cálculo del riesgo en el área de estudio

En este estudio, se evaluó el riesgo como el resultado de multiplicar la probabilidad de la amenaza por las posibles consecuencias para los elementos en peligro o riesgo.

$$R = A * V \quad (6)$$

Siendo: R = Riesgo, A = Amenaza por fenómenos de remoción en masa, V = Vulnerabilidad.

El valor máximo para el riesgo de 9, asumiendo el valor más alto tanto de amenaza como de vulnerabilidad (3 - categoría alta), en ese sentido, se divide el valor en 3 categorías (riesgo alto, medio y bajo).

## 8 Resultados

En el presente numeral se presentan los resultados obtenidos para las diferentes variables analizadas, iniciando por el análisis de la amenaza, luego la vulnerabilidad y finalmente el riesgo.

### 8.1.1 Amenaza en el área de estudio

De acuerdo con la zonificación de amenaza a escala 1:2.000 realizada por la empresa consultora GEOTEM S.A.S, para el área urbana de Chipaque y las áreas de expansión se observan pendientes de hasta 50° sobre los escarpes rocosos, sin embargo, en el área construida las pendientes son de máximo 18°, en las áreas de expansión la pendiente promedio es de 12°.

El análisis realizado abordó la condición seca y semisaturada, no obstante, para el presente análisis se tomó como punto de referencia la condición semisaturada, la cual se evaluó con saturación de hasta 60%, y corresponde a la condición más representativa de amenaza promedio a lo largo del año. Para esta condición las amenazas se incrementan sobre zonas de pendientes altas y tienden a mantenerse sobre áreas construidas, a excepción de zonas de pendientes altas (Geotem SAS, 2022). Para la zonificación de la amenaza, la empresa consultora aplicó métodos determinísticos que representan un abordaje cuantitativo de la amenaza basado en factores de seguridad, para lo cual utilizaron variables como la geología y geomorfología para ingeniería, litología, morfodinámica, suelos y coberturas de la tierra.

Como resultado se obtiene una espacialización de los factores de seguridad con valores que varían desde cero (0) a más de 100 (son valores adimensionales). Dentro de los resultados obtenidos se planteó una clasificación de factores de seguridad en los siguientes términos (Tabla 12).

Tabla 12 Escalas de grados de amenaza por remoción en masa asociados a los factores de seguridad

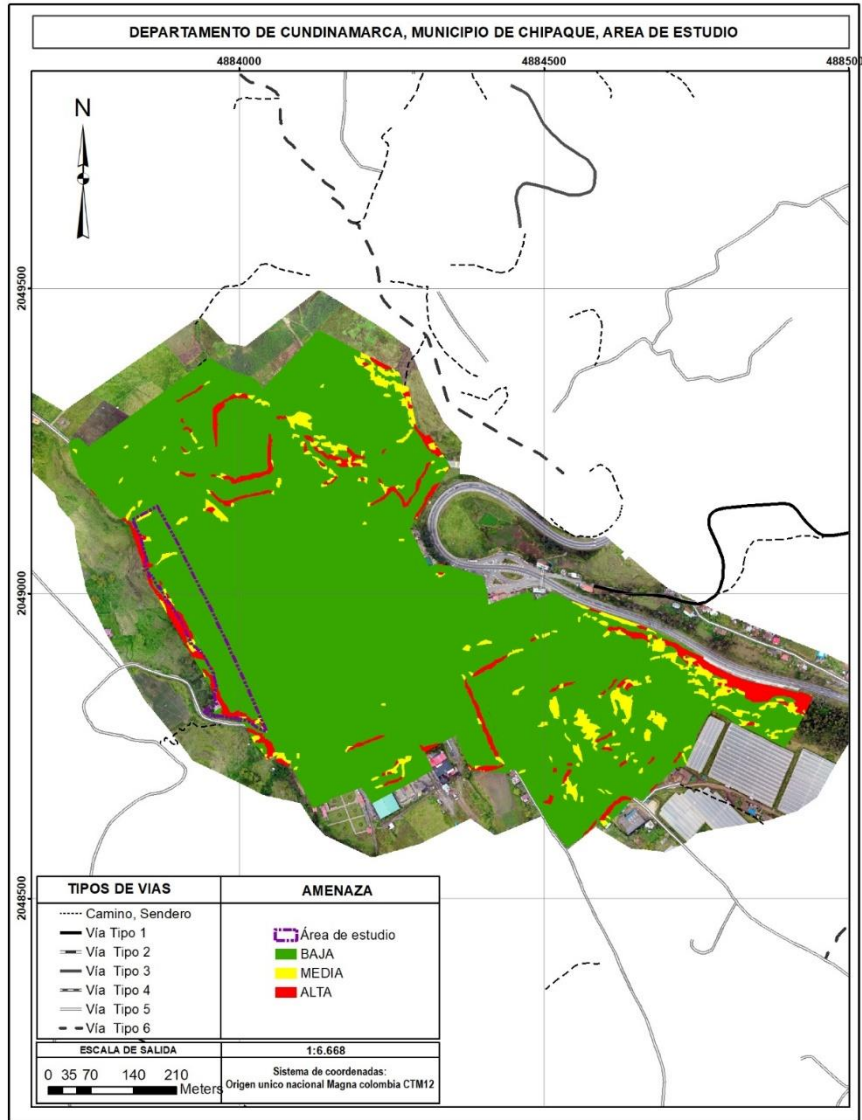
RANGO DE FACTOR DE SEGURIDAD (S.S.)	GRADO DE ESTABILIDAD	ESCALA PARA CARTOGRAFÍA GRADO DE AMENAZA
0-1.0	Inestable, en condición de falla o muy próximo a esta.	Alta
1.0 a 1.5	Crítico	Media
>1.5	Estable	Baja

Fuente: GEOTEM SAS, 2022.

Con base en la metodología previamente mencionada, en la Figura 6 se puede apreciar el mapa de zonificación de amenaza por remoción en masa del área urbana, evidenciando que la mayoría (95,93%) del área se ubica en amenaza baja.



Figura 6 Zonificación de la amenaza en para el casco urbano del municipio de Chipaque



Fuente: GEOTEM S.A.S, 2023.

En el área analizada para el presente estudio, se muestra amenaza alta en la parte sur occidental en un área cercana a una zona de ladera. Para la determinación de la amenaza puntal para las edificaciones se realizó el cruce de la capa vectorial (formato shp) de la categorización (zonificación) de amenaza por movimientos de terreno urbano con la capa predial, aclarando que algunos lotes pueden tener dos categorías de amenaza. Para esos casos se tomó el valor más alto, con el objetivo de no subestimar la amenaza. En la Figura 7 se presenta la zonificación de la amenaza para el área de estudio.

Figura 7 Categorías de amenaza obtenidas para el área análisis (área de estudio)



Fuente: Elaboración propia.

El método determinístico permite integrar diferentes variables generadas a partir de información primaria que son de gran relevancia para la elaboración de mapas de amenaza por remoción en masa; dentro de las variables más importantes para la zonificación de la amenaza se encuentran insumos topográficos (DEM, curvas de nivel, mapa de pendientes, estos fueron obtenidos mediante fotogrametría), insumos geológicos y geomorfológicos (delimitación de depósitos, estimación de espesores, niveles freáticos) e insumos geotécnicos (datos de laboratorio de sondeos realizados en campo); en este sentido, el nivel de escala y la información utilizada permitieron obtener un mapa de amenazas de alta confiabilidad ya que las unidades obtenidas fueron verificadas en el terreno, observándose una buena correspondencia de resultados.

Al revisar la Guía metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa (SGC, 2014) y otras metodologías publicadas por autores como Rosales (2017) en su trabajo de grado denominado “Metodología Determinista para la Elaboración de Mapas de Amenaza por Deslizamientos Superficiales Asociados a Procesos de Infiltración a Escala Regional”, es posible confirmar lo expresado en el párrafo anterior, es decir, la metodología utilizada permitió obtener un mapa de buena confiabilidad para el área de estudio.

También es importante resaltar que en el Artículo 2.2.2.1.3.2.1.1, del Decreto 1077 del 2017 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio”, en lo referente a elaboración de estudios básicos de amenaza por movimientos en masa para zonas urbana, se especifica la necesidad de integrar distintas variables que influyen tanto en la ocurrencia actual como futura de estos fenómenos; además, se requiere incluir, como mínimo, uno de los siguientes tipos de análisis: estadísticos, determinísticos o probabilísticos. En consecuencia, los estudios deben llevarse a cabo considerando la dimensión de la amenaza, el grado de intensidad, sus posibles derivaciones o consecuencias y por último, la cantidad de información disponible. Teniendo como referencia lo citado anteriormente, se puede afirmar que el mapa realizado estuvo acorde a los aspectos normativos y técnicos necesarios para realizar una zonificación por amenaza de remoción en masa en áreas urbanas.

La posibilidad de complementar resultados para mejorar el análisis están asociadas a evaluaciones multitemporales de drenajes superficiales, este tema ha sido abordado en este estudio sin suficiente profundidad ya que no se cuenta con información de soporte de los drenajes identificados, y que han sido objeto de ocupación por viviendas.

## 8.2 Vulnerabilidad en el área de estudio

Los resultados obtenidos para la vulnerabilidad social se muestran en la Tabla 13 y en la Figura 8. En total se analizaron 55 viviendas (hogares) o edificaciones, en donde 50 (91%) presentan vulnerabilidad social media y el 9% restante vulnerabilidad alta (Ver Anexo 1).

Tabla 13 Resultado de vulnerabilidad social para el área de estudio

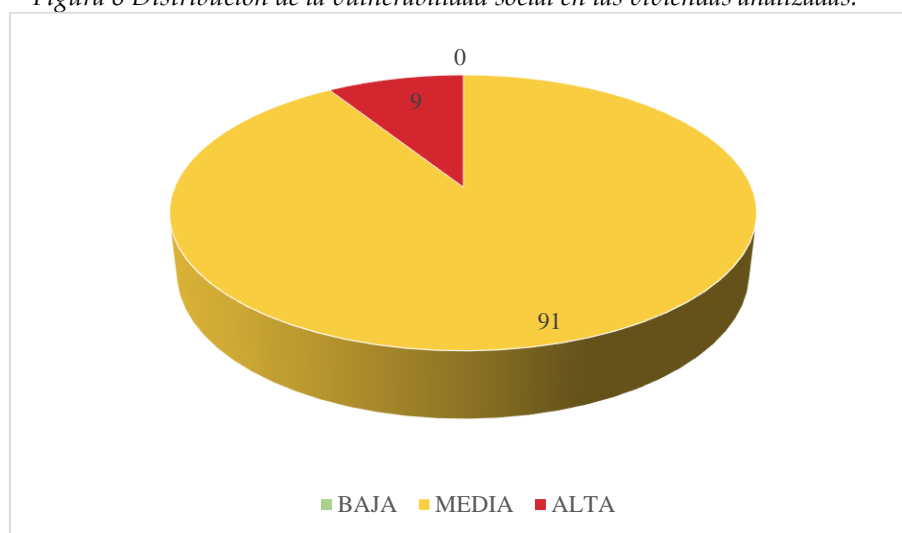
VIVIENDA	IC	PLR	IS	VS	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL (IVS)	CATEGORÍA
1	7,13	13	1,13	8,88	0,09	MEDIA
2	7,11	13	1,13	8,87	0,09	MEDIA
3	7,20	15	1,13	9,71	0,10	MEDIA
4	7,11	13	1,13	8,87	0,09	MEDIA
5	7,16	11	1,13	8,09	0,08	MEDIA
6	7,16	15	1,13	9,69	0,10	MEDIA
7	7,16	15	1,13	9,69	0,10	MEDIA
8	7,13	13	1,13	8,88	0,09	MEDIA
9	7,20	15	1,13	9,71	0,10	MEDIA
10	7,18	12	1,13	8,50	0,09	MEDIA

VIVIENDA	IC	PLR	IS	VS	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL (IVS)	CATEGORÍA
11	7,18	13	1,13	8,90	0,09	MEDIA
12	7,20	15	1,13	9,71	0,10	MEDIA
13	7,15	11	1,13	8,09	0,08	MEDIA
14	7,20	19	1,13	11,31	0,11	ALTA
15	7,16	9	1,13	7,29	0,07	MEDIA
16	7,16	15	1,13	9,69	0,10	MEDIA
17	7,13	11	1,13	8,08	0,08	MEDIA
18	7,22	17	1,13	10,52	0,11	ALTA
19	7,16	11	1,13	8,09	0,08	MEDIA
20	7,15	13	1,13	8,89	0,09	MEDIA
21	7,18	15	1,13	9,70	0,10	MEDIA
22	7,15	11	1,13	8,09	0,08	MEDIA
23	7,18	13	1,13	8,90	0,09	MEDIA
24	7,20	13	1,13	8,91	0,09	MEDIA
25	7,16	9	1,13	7,29	0,07	MEDIA
26	7,15	9	1,13	7,29	0,07	MEDIA
27	7,24	15	1,13	9,73	0,10	MEDIA
28	7,22	11	1,13	8,12	0,08	MEDIA
29	7,20	15	1,13	9,71	0,10	MEDIA
30	7,20	17	1,13	10,51	0,11	ALTA
31	7,20	15	1,13	9,71	0,10	MEDIA
32	7,20	15	1,13	9,71	0,10	MEDIA
33	7,15	13	1,13	8,89	0,09	MEDIA
34	7,22	13	1,13	8,92	0,09	MEDIA
35	7,18	13	1,13	8,90	0,09	MEDIA
36	7,22	13	1,13	8,92	0,09	MEDIA
37	7,20	13	1,13	8,91	0,09	MEDIA
38	7,18	13	1,13	8,90	0,09	MEDIA
39	7,16	15	1,13	9,69	0,10	MEDIA
40	7,13	11	1,13	8,08	0,08	MEDIA
41	7,22	13	1,13	8,92	0,09	MEDIA
42	7,13	11	1,13	8,08	0,08	MEDIA
43	7,13	11	1,13	8,08	0,08	MEDIA
44	7,15	15	1,13	9,69	0,10	MEDIA
45	7,16	15	1,13	9,69	0,10	MEDIA
46	7,22	17	1,13	10,52	0,11	ALTA
47	7,18	11	1,13	8,10	0,08	MEDIA
48	7,22	13	1,13	8,92	0,09	MEDIA
49	7,16	11	1,13	8,09	0,08	MEDIA

VIVIENDA	IC	PLR	IS	VS	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL (IVS)	CATEGORÍA
50	7,22	13	1,13	8,92	0,09	MEDIA
51	7,18	13	1,13	8,90	0,09	MEDIA
52	7,20	13	1,13	8,91	0,09	MEDIA
53	7,18	11	1,13	8,10	0,08	MEDIA
54	7,20	11	1,13	8,11	0,08	MEDIA
55	7,20	17	1,13	10,51	0,11	ALTA

Fuente: Elaboración propia..

Figura 8 Distribución de la vulnerabilidad social en las viviendas analizadas.



Fuente: Elaboración propia.

## 8.2.1 Susceptibilidad de los elementos expuestos o vulnerabilidad física

En la Tabla 14 se presenta la calificación realizada para las 55 edificaciones evaluadas, para lo cual se tuvo en cuenta la fragilidad o susceptibilidad según el tipo de edificación (ST), según la estructura (SE), el estado de conservación (SCON), el tipo de cubierta (SC) y la altura en pisos (SA), y obtener así la susceptibilidad de los elementos en riesgo o vulnerabilidad física.

Tabla 14 Resultado de susceptibilidad de los elementos expuestos

EDIFICACIÓN	ST	SE	SCON	SC	SA	SUSCEPTIBILIDAD (S)	CATEGORÍA
1	0,7	0,70	0,10	0,70	0,90	0,62	MEDIA
2	0,7	0,70	0,10	0,90	0,90	0,66	MEDIA
3	0,7	0,90	0,25	0,70	0,90	0,69	ALTA
4	0,7	0,70	0,10	0,70	0,90	0,62	MEDIA
5	0,7	0,50	0,10	0,90	0,90	0,62	MEDIA
6	0,7	0,70	0,10	0,90	0,90	0,66	MEDIA
7	0,7	0,50	0,10	0,70	0,90	0,58	MEDIA

EDIFICACIÓN	ST	SE	SCON	SC	SA	SUSCEPTIBILIDAD (S)	CATEGORÍA
8	0,7	0,50	0,00	0,50	0,90	0,52	MEDIA
9	0,7	0,70	0,10	0,70	0,90	0,62	MEDIA
10	0,7	0,50	0,10	0,70	0,90	0,58	MEDIA
11	0,7	0,90	0,25	0,70	0,90	0,69	ALTA
12	0,7	0,50	0,10	0,70	0,90	0,58	MEDIA
13	0,7	0,90	0,25	0,90	0,90	0,73	ALTA
14	0,7	0,50	0,10	0,90	0,90	0,62	MEDIA
15	0,7	0,70	0,25	0,90	0,90	0,69	ALTA
16	0,7	0,50	0,25	0,90	0,90	0,65	MEDIA
17	0,7	0,70	0,10	0,70	0,90	0,62	MEDIA
18	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
19	0,7	0,70	0,00	0,70	0,90	0,60	MEDIA
20	0,7	0,70	0,00	0,70	0,90	0,60	MEDIA
21	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
22	0,7	0,70	0,25	0,90	0,90	0,69	ALTA
23	0,7	0,70	0,10	0,90	0,90	0,66	MEDIA
24	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
25	0,7	0,90	0,10	0,90	0,90	0,7	ALTA
26	0,7	0,70	0,10	0,70	0,90	0,62	MEDIA
27	0,7	0,70	0,25	0,90	0,90	0,69	ALTA
28	0,7	0,50	0,10	0,90	0,90	0,62	MEDIA
29	0,7	0,70	0,25	0,90	0,90	0,69	ALTA
30	0,7	0,90	0,25	0,90	0,90	0,73	ALTA
31	0,7	0,70	0,25	0,90	0,90	0,69	ALTA
32	0,7	0,70	0,25	0,90	0,90	0,69	ALTA
33	0,7	0,70	0,10	0,90	0,90	0,66	MEDIA
34	0,7	0,70	0,40	0,70	0,90	0,68	ALTA
35	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
36	0,7	0,50	0,25	0,90	0,90	0,65	MEDIA
37	0,7	0,50	0,10	0,70	0,90	0,58	MEDIA
38	0,7	0,30	0,00	0,70	0,90	0,52	MEDIA
39	0,7	0,90	0,40	0,70	0,90	0,72	ALTA
40	0,7	0,90	0,40	0,70	0,90	0,72	ALTA
41	0,7	0,90	0,40	0,70	0,90	0,72	ALTA
42	0,7	0,70	0,40	0,90	0,90	0,72	ALTA
43	0,7	0,90	0,40	0,90	0,90	0,76	ALTA
44	0,7	0,70	0,25	0,90	0,90	0,69	ALTA
45	0,7	0,70	0,25	0,90	0,90	0,69	ALTA
46	0,7	0,70	0,25	0,90	0,90	0,69	ALTA
47	0,7	0,50	0,25	0,90	0,90	0,65	MEDIA

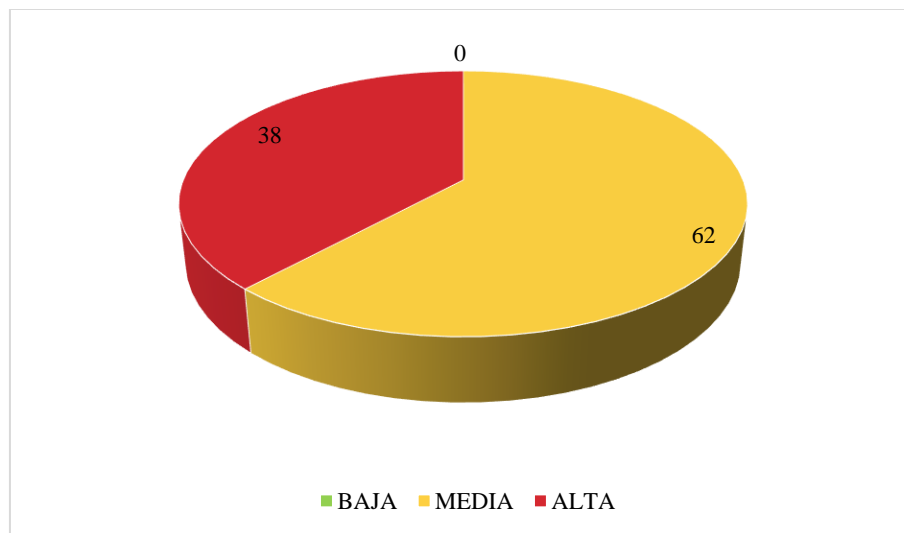


EDIFICACIÓN	ST	SE	SCON	SC	SA	SUSCEPTIBILIDAD (S)	CATEGORÍA
48	0,7	0,70	0,40	0,70	0,90	0,68	ALTA
49	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
50	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
51	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
52	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
53	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
54	0,7	0,50	0,00	0,70	0,90	0,56	MEDIA
55	0,7	0,70	0,10	0,70	0,90	0,62	MEDIA

Fuente: Elaboración propia..

En la Figura 9 se puede observar que el 62% de la edificaciones evaluadas presenta susceptibilidad media, mientras que el 38% restante presenta susceptibilidad alta.

Figura 9 Distribución de la susceptibilidad en las viviendas analizadas



Fuente: Elaboración propia.

En la Fotografía 1 y Fotografía 2, se puede apreciar el estado de algunas viviendas con agrietamiento y con baja calidad en su construcción, fenómeno que se evidenció con frecuencia en el área de análisis.

Fotografía 1 Viviendas agrietadas en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 2 Viviendas agrietadas en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

## 8.2.2 Vulnerabilidad total

Con los porcentajes ya definidos para cada factor de manera previa, se procedió a determinar el nivel de vulnerabilidad para cada categoría que se tiene en el área de estudio, aplicando la metodología descrita anteriormente.

En la Tabla 15 se presentan los resultados de la zonificación de la vulnerabilidad para las edificaciones analizadas en el área de estudio, encontrando que el 62% presenta vulnerabilidad media, mientras que el 38% restante se ubica en la categoría alta. Es de precisar que algunas edificaciones se encuentran sin información, esto se debe a que son viviendas solas o que los propietarios no permitieron el ingreso y tampoco accedieron a responder las preguntas de las encuestas formuladas, como ya se había mencionado anteriormente.



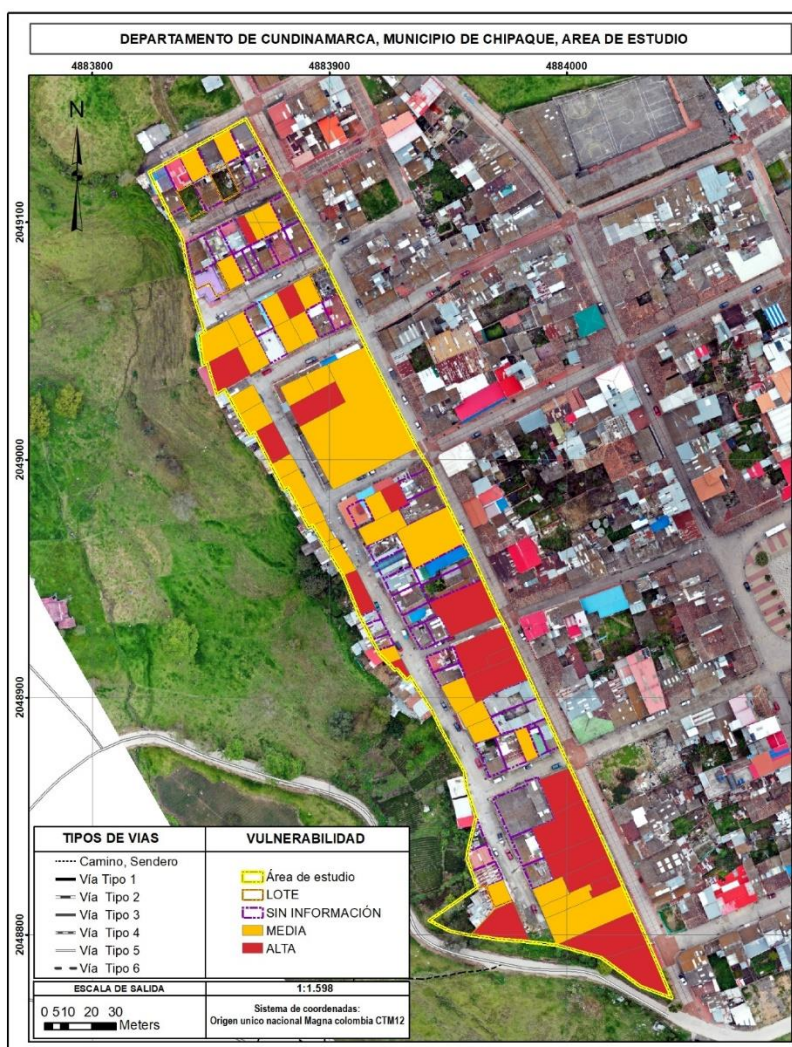
Tabla 15 Resultado de la vulnerabilidad en el área de estudio

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	NUMERO DE EDIFICACIONES	PORCENTAJE
Baja	Los elementos con vulnerabilidad baja son aquellos que presentan bajas susceptibilidades puesto que presentan edificaciones reforzadas o con reforzamiento especies. De igual forma, su residentes están preparados ante cualquier eventualidad y están familiarizados con la gestión del riesgo .	0	0
Media	Los elementos con vulnerabilidad media son aquellos que presentan una mayor susceptibilidad, encontrado edificaciones con estructuras con confinamiento deficiente; su estado de conservación puede presentar algunas fisuras y presencia de humedad..	34	62
Alta	Los elementos con vulnerabilidad alta son edificaciones que presentan alta susceptibilidad debido a que son construcciones livianas o ligeras; su estado de conservación puede presentar algunas grandes fisuras, filtraciones de agua y humedad.	21	38

Fuente: Elaboración propia..

De otra parte, la Figura 10 muestra de manera espacial la vulnerabilidad total para el área de estudio. Es de resaltar que la vulnerabilidad alta se concentra más en la zona suroriental.

Figura 10 Zonificación de la vulnerabilidad en el área de análisis (área de estudio)

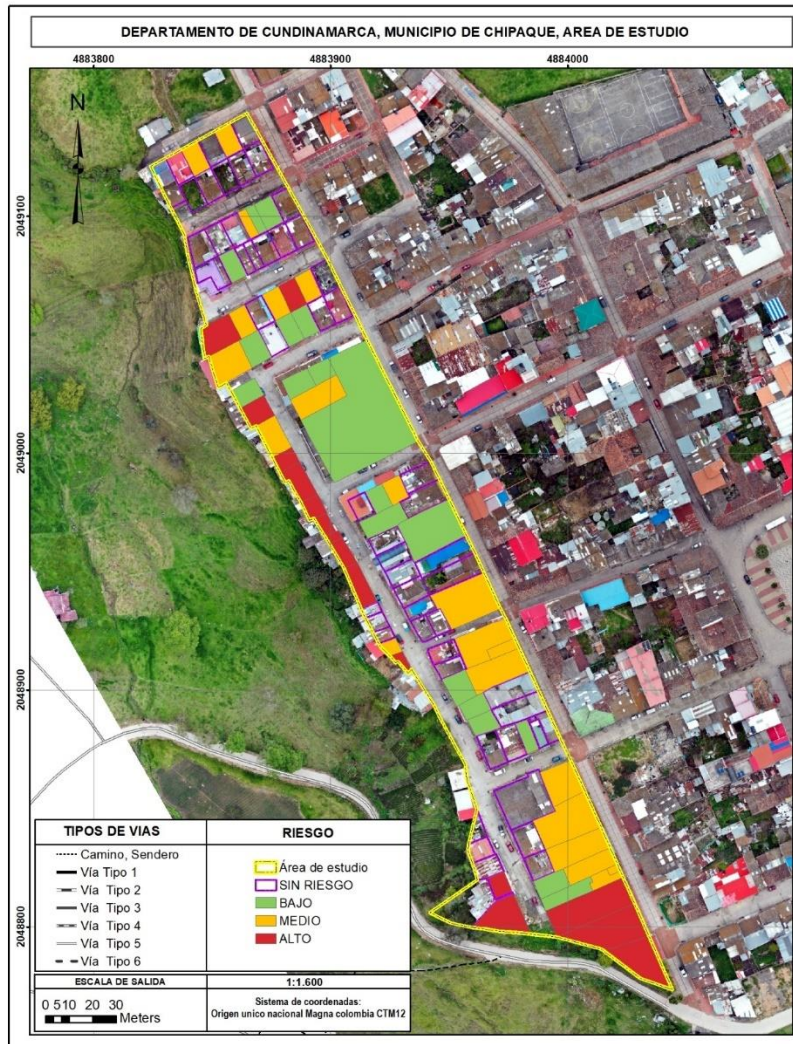


Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.3 Riesgo físico-social en la zona de análisis

La Figura 11 ilustra la zonificación del riesgo en el área de estudio también llamada área de análisis, en donde se identificaron 16 edificaciones en riesgo alto, 21 con riesgo medio, 19 con riesgo bajo y 54 sin riesgo, de estas últimas, 5 corresponden a lotes sin construir o donde han demolido casas. En ese sentido, en 50 edificaciones no se obtuvo información por lo mencionado previamente.

Figura 11 Zonificación del riesgo en el área de análisis (área de estudio)



Fuente: Elaboración propia.

## 9 Análisis de resultados

Respecto a la amenaza por fenómenos de movimientos en masa, en términos generales, para la zona de análisis predomina la categoría de amenaza baja, valor que a vista de un residente el área de estudio puede resultar sorprendente, debido a la percepción local de la amenaza, puesto en gran parte de la zona oriental se identifican viviendas que presentan grandes afectaciones en sus estructuras por filtraciones de aguas canalizadas, lo cual es atribuido por la comunidad a la ubicación en una zona de amenaza alta por fenómenos de remoción en masa. Sin embargo, durante la fase de campo se identificó la existencia de factores ajenos a los detonantes a la remoción en masa. Esto se presenta cuando hay deficiencia en el manejo de aguas canalizadas mediante tubería, por ejemplo, fugas de agua en sectores en donde la tubería se ha averiado,



situación que es evidente para el municipio de Chipaque. La tubería tiene más de 30 años y fue construida en gres y se estima que tiene más de 10 pulgadas de diámetro.

De manera complementaria, se hizo una revisión de fotografías aéreas de las décadas del 40, en donde se evidenció que en el área de mayor vulnerabilidad de edificaciones y de amenaza baja, existía un drenaje, el cual fue invadido por la expansión urbana, lo cual muy seguramente ocasiona niveles freáticos altos que tiende a florar en la superficie (Figura 12).

*Figura 12 Vista de la existencia de un drenaje en el área de estudio en la década del 40*



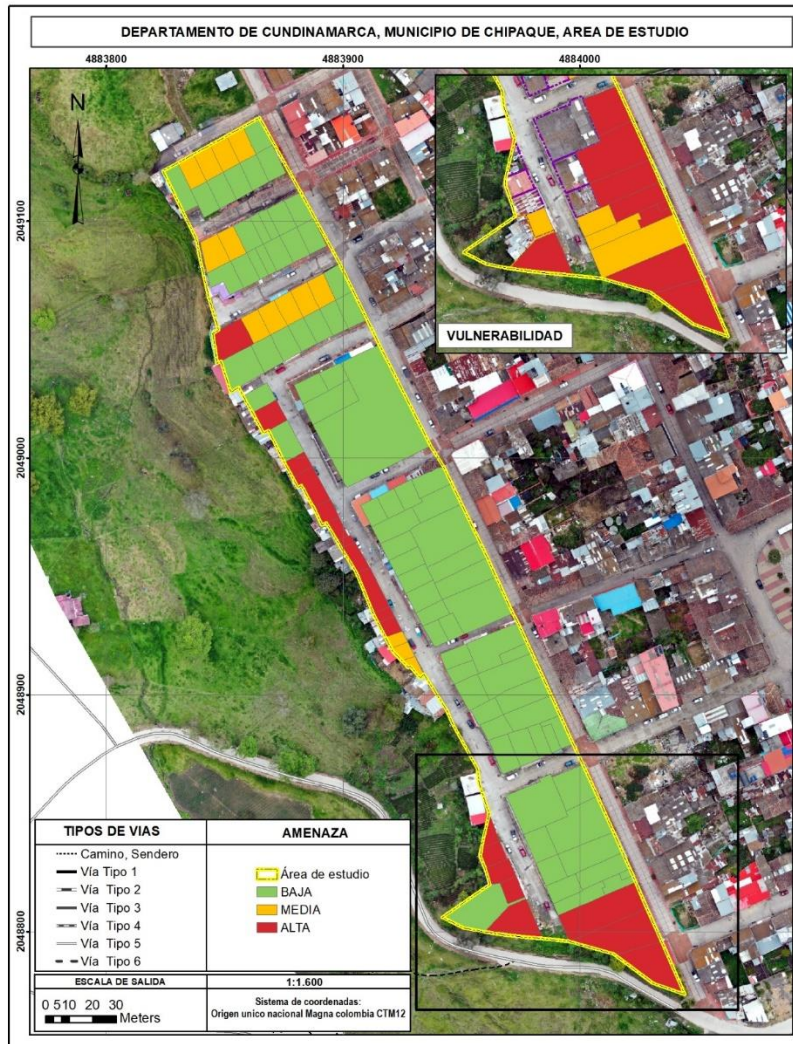
*Fuente: Fotografía adquirida para el proyecto - IGAC.*

Con respecto a la vulnerabilidad social, en donde el 91% mostró vulnerabilidad social media, se infiere que estos resultados son atribuidos principalmente a los indicadores de contexto (IC) relacionados con el hogar y la percepción local del riesgo (PLR) como se pudo observar en los resultados obtenidos en la encuesta aplicada, en donde muchos habitantes poco o nada conocen sobre gestión del riesgo y en particular de cómo realizar prevención sobre materialización de eventos. Por su parte, los indicadores socioeconómicos (IS) se presentan como una constante, puesto que son datos generales para toda el área de estudio. Es importante mencionar que en el área de estudio se localizan más edificaciones, sin embargo, algunas no están habitadas, y en otras no se permitió realizar las encuestas ni realizar el análisis patológico para vulnerabilidad física.

En cuanto a la vulnerabilidad física, de manera general, los resultados indican que en el área de estudio las viviendas no presentan un buen reforzamiento estructural que les permita resistir ante alguna eventual situación de peligro, lo cual se pudo constatar con las visitas a campo (Fotografía 1 y Fotografía 2). Al combinar ambas vulnerabilidades y obtener la vulnerabilidad total, y encontrar que la mayor vulnerabilidad está en la zona suroriental, a pesar de que la amenaza en ese sector es baja, se puede inferir que esta condición, probablemente se deba al mal manejo de aguas, ya que por la calle en donde se ubican estas viviendas se evidenciaron agrietamientos y filtraciones del acueducto, posiblemente debido a que la tubería es antigua y en asbesto (Figura 10). Estas condiciones hacen que la zona sea más proclive a presentar movimientos en masa a pesar de que las variables naturales no sean las determinantes (pendiente, litología, geomorfología, etc.).

Con respecto al riesgo físico-social, se determinó que las edificaciones en riesgo son las que presentan vulnerabilidad media y alta (en menor proporción) y que se ubican sitios donde la amenaza es alta y media. Sin embargo, algunas viviendas presentan vulnerabilidad alta y se localizan en zona de amenaza baja, y en consecuencia, el riesgo es medio. Esto se debe a lo que se mencionó anteriormente, respecto a que en la zona se presentan malos manejos de agua, que sumado a deficiencias constructivas han hecho que estas se encuentren susceptibles a colapso. En Figura 13 se presenta el ejemplo de mayor relevancia, en donde las edificaciones están en la categoría alta y media de vulnerabilidad pero se ubican en zona de amenaza baja, en zonas relativamente planas alejadas de la zona de ladera.

Figura 13 Zonificación del riesgo en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados, se destaca que el elemento predominante que aumenta la susceptibilidad de la zona de estudio a sufrir consecuencias por efectos de remoción en masa, no son las condiciones naturales, como pendiente, litología, geomorfología, tipo de suelo, entre otros, si no que tienen que ver más con las condiciones tanto estructurales de las viviendas, como con el mal manejo de la infraestructura, en particular, el manejo de las aguas, las cuales se infiltran y afectan los cimientos de las viviendas. Esta condición particular de la zona de estudio podría ser similar a muchas otras regiones del país en donde, a veces, se piensa que las condiciones naturales son las que condicionan la propensión del terreno a deslizarse por movimientos en masa, pero en realidad son las situaciones particulares y de mal manejo de algunos factores no naturales que hacen que las comunidades estén expuestas a estos fenómenos, cuando en realidad no tendría por qué ser así. De ahí la importancia de que tanto las autoridades como la comunidad en general, busquen maneras de mitigar los efectos de los factores que pueden ser fácilmente controlados o

eliminados, siempre y cuando se cuente con recursos económicos, voluntad política y compromiso de la comunidad en general.

## 10 Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y el análisis realizado, se hacen las siguientes recomendaciones:

Se recomienda realizar un manejo adecuado de aguas canalizadas para evitar filtraciones en viviendas. Es de resaltar que este tema se abordó con la administración municipal mediante el secretario de planeación, en donde se informó que está en marcha el plan maestro de acueducto y alcantarillado para el municipio, por lo cual, esta obra contribuirá al adecuado manejo de aguas.

Una vez se implemente algún tipo de obra para darle manejo a las aguas, es fundamental realizar reforzamiento estructural de las edificaciones, ya que muchas presentan deficiencias constructivas, y con un adecuado reforzamiento, el riesgo por movimientos en masa se puede reducir drásticamente en la zona de estudio.

Para las edificaciones ubicadas en zona de amenaza alta se sugiere realizar un análisis estructural de mayor detalle para determinar si con mejorar las condiciones de construcción pueden seguir ubicadas allí o si definitivamente requieren acciones de reubicación. Adicionalmente, se recomienda mirar la viabilidad (teniendo en cuenta la relación costo beneficio) de implementar obras de mitigación y reducción mediante estudios de detalle. Es de precisar, que pensar en la construcción de una medida estructural como por ejemplo un muro de contención por la longitud (forma alarga de la amenaza alta), con alta certeza el valor de este tipo de obra es mayor al de reubicar las viviendas ubicadas en la zona de amenaza alta.

Por último, es importante que tanto la comunidad como la administración municipal (a través de la oficina de gestión del riesgo) trabajen de manera articulada en la prevención y minimización del riesgo, esto teniendo en cuenta que de acuerdo con los resultados de las encuestas fue posible evidenciar que algunas personas no tienen la percepción local del riesgo, tampoco saben de la existencia del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres; así mismo, durante la fase de campo se observaron acciones que contribuyen a la exposición de las viviendas, estas están relacionadas con el lavadero de vehículos en las calles, lo cual aumenta la saturación en el área de estudio.

## 11 Conclusiones

En términos generales, el área de estudio la categoría de amenaza predominante es baja, lo cual está relacionado con las diferentes variables utilizadas para la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa. Este resultado, a la luz de un residente del área de estudio puede resultar sorprendente teniendo en cuenta la percepción local de la amenaza, puesto en gran parte de la zona oriental se identifican viviendas que presentan grandes afectaciones en sus estructuras por filtraciones de aguas canalizadas, lo cual es atribuido por la comunidad a la ubicación en una zona de amenaza alta por fenómenos de remoción en masa. Sin embargo, durante la fase de campo se identificó la existencia de factores ajenos a los detonantes a la remoción en masa, y esto se presenta cuando hay deficiencia en el manejo de aguas canalizadas mediante tubería, por ejemplo, fugas de agua en sectores en donde la tubería se ha averiado, situación que es evidente para el municipio de Chipaque. Allí, la tubería tiene más de 30 años y fue construida en gres y se estima que tiene más de 10 pulgadas de diámetro.

Los resultados del análisis de vulnerabilidad en la zona de análisis permiten concluir que esta presenta, en términos generales, vulnerabilidad media y alta. Esto se debe principalmente a que las edificaciones no presentan reforzamiento estructural de acuerdo a las visitas de campo realizadas. Algunas de estas también se encuentran en regular estado debido a falta de mantenimiento, de igual forma, fueron construidas de manera informal o sin ningún tipo de licencia de construcción, en consecuencia, presentan humedad y agrietamientos. Adicionalmente, los habitantes no tienen claro algunos conceptos básicos sobre la gestión de riesgo, y no saben cómo realizar actividades que prevengan la materialización de alguna eventualidad.

En cuanto al riesgo, se identificaron las tres categorías definidas para esta variable. Se identificaron viviendas con riesgo alto y medio, es decir que están expuestas a colapso, sin embargo, es relevante mencionar que el nivel de riesgo de algunas viviendas está dado más por el tipo de edificación y por factores ajenos a la amenaza de remoción en masa y no por localizarse en zona de amenaza alta.

Desde el punto de vista práctico, el estudio y la metodología propuesta podrían ser incorporados como fase preliminar en la planeación, de manera que la administración municipal pueda tomar decisiones enfocadas a la prevención de desastres.



## 12 Referencias bibliográficas

- Banco Mundial. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia un aporte para la construcción de políticas públicas. Bogotá D.C., Colombia. 436 p.
- Cantillo, C. (1998). Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por remoción en masa a escala local. Bogotá: Universidad de Los Andes.
- Cardona, O. D. (1993). Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. En: Los desastres no son naturales. Maskrey Andrew (Editor). Bogotá: Ediciones Tercer Mundo.
- Cardona O. D. (1996). "Manejo ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados", Ciudades en Riesgo, M. A. Fernández (Ed.), La RED, USAID.
- Castellanos, R. 1996. Lluvias críticas en la evaluación de amenaza de eventos de remoción en masa. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
- Congreso de Colombia. (2012). Ley 1523.
- Cuanalo, O. A., & Gallardo, R. J. (2016). Fenómenos de remoción en masa. Acciones para reducir la vulnerabilidad y el riesgo. Vector 11, 30-38.
- Mergili, M., Marchant, C. I., & Moreiras, S. M. (2015). Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la región Andina. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 24 (2), 113-131.
- Montero, O. (2017). Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia. Publicaciones especiales geológicas: Universidad Nacional de Colombia. ISBN: 978-958-59782-1-8. Bogotá, D. C., Colombia 2017.
- Nadim, F., Oddvar Kjekstad, P. P., & Christian, J. (2006). Global Landslide and Avalanche Hotspots. Landslides 3, 159-173.
- Rosales, C. (2016). Metodología determinista para la elaboración de mapas de amenaza por deslizamientos superficiales asociados a procesos de infiltración a escala regional. Pontificia Universidad Javeriana.
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC). 2017. Guía Metodológica para Elaboración de Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa. Imprenta Nacional de Colombia Bogotá, D. C., Colombia 2016.
- Suarez, J. (2021). Deslizamientos en Áreas Urbanas y en Obras de Ingeniería: En: Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico. Bogotá D.C.
- UNGRD. (2020). Riesgo por movimientos en masa en Colombia. Obtenido de <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2020/Riesgo-por-movimientos-en-masa-en-Colombia.aspx>

UNGRD - IEMP. 2017. Lineamientos para el análisis de la vulnerabilidad social en los estudios de la gestión municipal del riesgo de desastres UNGRD - IEMP.

UNGRD. (s.f.). Riesgo por movimientos en masa en Colombia.

UNIÓN TEMPORAL AVR - CAR. (2015). Consultoría para elaborar estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, inundación, avenida torrencial e incendios forestales en los municipios priorizados en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR. Bogotá, DC, Colombia

Wilches-Chaux, G. 1993. La Vulnerabilidad Global. En A. Maskrey, Los desastres no son naturales. Bogotá: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

## **13 Anexos**

Anexo 1. Encuestas (en formato digital)



Universidad<sup>®</sup>  
Católica  
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia  
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad  
*Dominicas de La Presentación*  
de la Santísima Virgen

*Universidad Católica de Manizales*  
Carrera 23 # 60-63 Av. Santander / Manizales - Colombia  
PBX (6)8 93 30 50 - [www.ucm.edu.co](http://www.ucm.edu.co)