

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA EN EL CENTRO POBLADO  
SECTOR PATIÑO DE LA VEREDA CANAVITA DEL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ FRENTE A UN EVENTO DE  
REMOCIÓN EN MASA**

Jhan Hanner Hernández Martínez, Sebastián Barón Romero, Claudio Rincón Moreno



Especialización en Diseño y Construcción de Obras de Infraestructura y Edificaciones

Facultad de Ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

2025

**Evaluación de la vulnerabilidad de la estructura de una vivienda en el centro poblado sector Patiño de la vereda Canavita del municipio de Tocancipá frente a un evento de remoción en masa.**

**Jhan Hanner Hernández Martínez, Sebastian Barón Romero, Claudio Rincón Moreno**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de (Especialista en Diseño y Construcción de Obras de Infraestructura y Edificaciones)**

**Asesor técnico Ingeniera Sandra Sánchez, Asesor metodológico Ingeniera Nancy Cifuentes Ospina**



**Especialización en Diseño y Construcción de Obras de Infraestructura y Edificaciones, Facultad de**

**Ingeniería**

**Universidad La Gran Colombia**

**Bogotá D.C.**

**2025**

## Contenido

<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>8</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
OBJETIVO GENERAL .....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
MARCO REFERENCIAL.....	14
<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>24</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>

### Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Exposición de los elementos y Ubicación de la amenaza .....	22
Ilustración 2 SGC Mapa geológico Colombiano .....	31
Ilustración 3 Formación montañosa del Municipio de Tocancipá Fuente: Google Earth.....	31
Ilustración 4 Localización sector Patiño en el Municipio de Tocancipá Fuente: Propia .....	32
Ilustración 5 Localización vivienda dentro del sector Patiño Fuente Propia .....	33
Ilustración 6 Demarcación de puntos de riesgo sobre mapa del sector Canavita Fuente: Google Earth.....	34

Ilustración 7 Zona Fuente: Google Earth .....	35
Ilustración 8 Movimiento de Tierras Fuente: Google Earth.....	35
Ilustración 9 Fotos de cómo está conformada la vivienda Fuente: propia.....	36
Ilustración 10 Planos de vivienda Fuente: Propia .....	37
Ilustración 11 Alzado cara 1 Fuente: Propia .....	38
Ilustración 12 Alzado cara 2 Fuente Propia. ....	38
Ilustración 13 Alzado cara 3 Fuente: Propia .....	39
Ilustración 14 uso de Ferro escáner en vivienda sector Patiño Fuente: Propia .....	39
Ilustración 15 Resultado prueba Esclerómetro Fuente: Propia.....	40
Ilustración 16 Muestreo re remoción a una profundidad: 0.50 - 0-90 m Fuente: Propia .....	41
Ilustración 17 Definición de Material 1 Fuente: propia .....	45
Ilustración 18 Definición de Material 2 Fuente: Propia .....	46
Ilustración 19 Definición selección de Materiales 1 Fuente: propia.....	47
Ilustración 20 Definición selección de Materiales 2 Fuente: propia.....	47
Ilustración 21 Definición de Cargas Fuente: Propia .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 22 Fuente de Masas Fuente: Propia .....	50
Ilustración 23 Geomorfología de la zona Fuente: Propia.....	51
Ilustración 24 Asignación Cargas entrepisos Fuente: Propia.....	52
Ilustración 25 Corrida de Modelo Fuente: Propia .....	52
Ilustración 26 SGC Aguas subterráneas .....	53
Ilustración 27 SGC Movimientos en masa .....	54

### **Lista de Tablas**

Tabla 01 Movimientos en masa activos en la zona de estudio Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022. ....	26
Tabla 02 Resumen Localización de las perforaciones mecánicas ejecutadas. Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022. ....	27
Tabla 03 Descripción del sondeo exploratorio S01.....	27
Tabla 04 Descripción del sondeo exploratorio S02.....	28
Tabla 05 Inventario de procesos.....	28
Tabla 6 Muestra obtenida por Esclerómetro. Fuente: Propia .....	29
Tabla 07 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO .....	30
Tabla 8 Parámetros de Diseño Sísmico para el sitio crítico. ....	30
Tabla 09 Clasificación de los elementos expuestos .....	21
Tabla 010 variable de vulnerabilidad en los elementos expuestos. ....	23

## **Resumen**

Durante décadas, los eventos de remoción en masa en Colombia han generado gran preocupación para miles de personas que día a día viven con la angustia de sufrir una catástrofe tanto para su integridad como para sus bienes y sus viviendas. Colombia al ser un país susceptible a deslizamientos de tierra, en especial durante las épocas de intensas lluvias, genera un alto riesgo ante muchas comunidades las cuales se encuentran ubicadas en zonas críticas de ladera y de alta probabilidad de sufrir por un fenómeno de esta naturaleza. Son muy pocas las viviendas que tienden a soportar un evento de remoción en masa y por lo general es muy alto el número de familias afectadas. El presente trabajo busca realizar un estudio mediante modelación estructural en base a las características constructivas de las viviendas ubicadas en el sector Patiño, ubicado en la vereda Canavita del municipio de Tocancipá, en el departamento de Cundinamarca, con el fin de poder determinar qué tan vulnerable pueden ser estas viviendas ante un evento de remoción en masa.

*Palabras clave: Vulnerabilidad, remoción en masa, estructura, ladera, deslizamiento, vivienda.*

### **Abstract**

For decades, mass removal events in Colombia have caused great concern for thousands of people who live daily with the anxiety of suffering a catastrophe that threatens both their safety and their property and homes. Colombia, being a country susceptible to landslides, especially during periods of heavy rainfall, poses a high risk to many communities located in critical hillside areas with a high probability of experiencing such a phenomenon. Very few homes are capable of withstanding a mass removal event, and generally, the number of affected families is very high. This study aims to conduct an analysis through structural modeling based on the construction characteristics of homes located in the Patiño sector, in the Canavita village of the municipality of Tocancipá, in the department of Cundinamarca, to determine how vulnerable these homes may be to a mass removal event.

*Keywords: Vulnerable, mass removal, structure, hillside, landslide, housing.*

### **Planteamiento del problema**

Tocancipá, un municipio que ha experimentado un crecimiento y cambio acelerado en los últimos años, se enfrenta a un problema grave que afecta directamente a sus comunidades: los deslizamientos de tierra. Esta situación es particularmente preocupante debido a la geografía del lugar, caracterizada por montañas verdes y un terreno inestable, se convierte en un peligro latente cuando las lluvias intensas comienzan a caer. La combinación de lluvias torrenciales y la fragilidad del suelo genera un alto riesgo de deslizamientos que pueden destruir viviendas, infraestructura y afectar gravemente la seguridad de los habitantes. A medida que el municipio crece y se urbaniza, muchas áreas vulnerables se han visto más expuestas a estos fenómenos naturales, lo que requiere una atención urgente y un enfoque integral para mitigar los efectos de estos desastres naturales y proteger a la población.

Las personas que viven en las veredas de Canavita, Tierra Negra y Verganzo saben muy bien qué significa vivir con este riesgo. En los últimos cinco años, han visto como el suelo que sostiene sus hogares se erosiona, llevando consigo casas, caminos y en algunos casos, la tranquilidad de toda una vida. Canavita, en particular, ha sufrido el impacto de estos deslizamientos, donde al menos 10 eventos significativos han dejado a familias sin hogar y con un futuro incierto.

Estos desastres no solo son obras de la naturaleza. La necesidad de expandir viviendas y la falta de planificación adecuada ha llevado a que muchas familias construyan sus hogares en terrenos que, bajo la presión de la lluvia, simplemente no pueden mantener su estabilidad.

En este contexto que la pregunta se vuelve inevitable: ¿Cuál ese en nivel de vulnerabilidad estructural de una vivienda en la vereda Canavita ante un evento de remoción en masa?

Este estudio se propone analizar de cerca esta situación. Buscamos entender que tan vulnerable puede llegar a ser una vivienda en Canavita y evaluar en qué medida podría resistir un evento de remoción en masa.

### **Antecedentes**

En el contexto colombiano, los cambios bruscos en sus áreas montañosas y la intervención de agentes antrópicos, biológicos y meteorológicos como lluvias, vientos y variación de temperatura, típicas de las condiciones climáticas tropicales, han convertido al país en un territorio altamente susceptible a eventos graves de erosión, deslizamientos, crecidas repentinas, avalanchas, inundaciones, desbordamientos e incendios forestales. (Arieza, 2019).

En respuesta a la frecuencia de eventos naturales que afectan a los colombianos, en el año 2012 el gobierno nacional reforzó la gestión de riesgo en el país mediante la Ley 1523, que establece el sistema nacional de Gestión de Riesgo, liderado por Unidad Nacional de Riesgo de Desastres. (Unidad Nacional Para La Gestion De Riesgo de Desastre, 2015). En el proceso de gestión de riesgo, se incluye el análisis de riesgo, que permite priorizar y caracterizar un escenario de riesgo específico, para llevar a cabo este análisis se una población determinada frente a un fenómeno natural, es fundamental considerar los factores de vulnerabilidad y amenaza. Estos elementos son esenciales para el análisis del riesgo y deben abordarse de manera conjunta; es decir, no se puede analizar la vulnerabilidad sin considerar la amenaza y viceversa (Unidad nacional para la Gestion de Riesgo de Desastres, 2012)

A nivel nacional, diversas instituciones responsables de la gestión del riesgo y la investigación científica de los recursos naturales han desarrollado guías para realizar evaluaciones de riesgo en diferentes escalas, incluyendo análisis de amenazas y vulnerabilidades. Por ejemplo, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) publicó en 2012 una guía metodológica para la elaboración de planes departamentales de gestión del riesgo, dirigida a las autoridades departamentales para proporcionarles orientación en la formulación de dichos planes. (Unidad nacional para la Gestion de Riesgo de Desastres, 2012) . Asimismo, para el año 2016, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) emitió una guía metodológica para estudios de amenazas, vulnerabilidades y riesgos por movimientos en masa, destinada a

proporcionar procedimientos para la ejecución de estudios detallados a escalas específicas. (Servicio Geológico Colombiano, 2016)

En el año 2016 la Universidad de la Salle elaboró unas guías ante un posible evento de remoción en masa en la ciudad de Bogotá (Rojas García & Mora Agudelo, 2016). Estas guías han sido utilizadas en investigaciones y estudios prácticos, como el realizado por estudiantes de la Universidad de la Salle en 2016, que evaluaron la vulnerabilidad de un conjunto residencial en Bogotá ante un posible evento de remoción en masa.

En el año 2018, la Escuela de Ciencias y Humanidades y Escuela de Ingeniería de la Universidad EAFIT llevaron a cabo un estudio de vulnerabilidad física para las líneas vitales públicas en el municipio de Aguazul, Casanare, utilizando la metodología descrita por el SGC. También se han empleado metodologías no oficialmente publicadas por entidades públicas, como en un estudio realizado en la vereda El Cabuyal de la subcuenca del Valle de Aburrá, donde se utilizó un modelo matemático implementado en Brasil para analizar un deslizamiento ocurrido en octubre de 2016 y sus efectos en una vivienda afectada. (Marín, Roberto J; Guzmán Martínez, Juan Carlos; Martínez Carvajal, Hernán E; García- Aristizabal, Edwin F; Cadavid Arango, Juan Diego; Agudelo Vallejo, Paulina, 2018).

El estudio de Erick Johan Mesa Argote en su tesis de grado titulada “Análisis del escenario de daño de estructuras y personas, por fenómenos de remoción en masa Barrio Usaquén, Bogotá” nos relata que durante la evaluación de los posibles riesgos en una ubicación determinada, como los movimientos de tierra, es crucial proporcionar información precisa a la comunidad sobre el tipo y nivel de riesgo, los recursos disponibles en caso de emergencia y las medidas de seguridad necesarias. La localidad de Usaquén, en colaboración con el IDIGER, ha llevado a cabo una serie de talleres y capacitaciones sobre gestión de riesgos como parte del Consejo Local de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (CLGR-CC), establecido en consonancia con la Ley 1523 (2012).

Entre los casos más representativos en la localidad de Usaquén relacionados con movimientos en masa, resalta uno que ocurrió en el año 2016, en donde la Alcaldía de Usaquén planeo reubicar a 55 familias en viviendas de interés social debido a que habitaban sectores de la localidad catalogados como de riesgo alto no mitigable (Vasquez, 2016).

En cuanto a otros antecedentes de movimientos en masa documentados, en el Municipio de Tocancipá se pudo encontrar un estudio realizado por la CAR donde permite identificar las construcciones de viviendas y cambios geomorfológicos en la ladera de la montaña. Según lo indicado existió un evento de movimiento en masa muchos años atrás por lo cual se construyó un muro de contención. Lo anterior mencionado fue tomado del documento *“Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca”*. Publicado por el Consorcio de Mitigación del Riesgo en el año 2022 en el contrato de consultoría No. 1633.

## **Introducción**

Tocancipá, un municipio ubicado en las montañas de Cundinamarca, enfrenta grandes desafíos relacionados con los deslizamientos de tierra, según informes del IDEAM y la UNGRD. La combinación de una geografía montañosa, intensas lluvias estacionales y un crecimiento urbano desordenado ha incrementado la vulnerabilidad del territorio ante estos fenómenos.

Las veredas de Canavita, Verganzo y La Esmeralda son especialmente críticas debido a la inestabilidad del suelo y la presencia de asentamientos informales en zonas inadecuadas para la construcción. En los últimos años, varios deslizamientos han expuesto la fragilidad de estas comunidades, afectando gravemente las viviendas, las vías de comunicación y, sobre todo, la seguridad de sus habitantes.

Canavita, en particular, se ha convertido en un punto de constante preocupación durante la temporada de lluvias. La calle principal de la vereda se convierte en un escenario de peligro inminente; ya que los suelos arcillosos y la inclinación del terreno son una amenaza constante, especialmente cuando las casas han sido construidas sin una planificación adecuada, incrementando el riesgo para las familias que habitan en la zona.

Ante esta situación, este estudio se centra en evaluar la vulnerabilidad estructural de una vivienda en Canavita frente a eventos de remoción en masa. Para así conocer con claridad los riesgos a los que se enfrenta la comunidad; a través de un análisis detallado realizado en una visita de campo para identificar las áreas más propensas al riesgo, se evaluará la condición estructural de una de las edificaciones y se simulará un proceso de remoción en masa para así conocer su afectación.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar la vulnerabilidad de la estructura de una vivienda en el sector Patiño de la vereda Canavita en el Municipio de Tocancipá frente a un evento de remoción en masa.

### **Objetivos Específicos**

1. Identificar las zonas de riesgo de remoción en masa en mapas teniendo en cuenta factores geológicos, hidrológicos y antecedentes históricos del Sector de Canavita en el Municipio de Tocancipá.
2. Analizar el estado estructural de las viviendas en el sector de Canavita y seleccionar una vivienda representativa, cuyas características sean similares a las de la zona, utilizando información obtenida en el campo y datos secundarios.
3. Determinar el nivel de vulnerabilidad de la estructura de la vivienda con respecto a un proceso de remoción en masa.

## **Marco Referencial**

### **Marco Conceptual**

La vulnerabilidad estructural se refiere al grado en que una edificación o infraestructura es susceptible a sufrir daños o colapsos cuando enfrenta eventos adversos, como desastres naturales. Esta vulnerabilidad depende de diversos factores, incluyendo la calidad de los materiales utilizados, el diseño estructural, la antigüedad de la construcción y el cumplimiento de las normativas de construcción vigentes. ((INGERRD), 2020)

La remoción en masa se define como el movimiento de material en pendientes debido a la gravedad, y pueden incluir deslizamientos de tierra, avalanchas y derrumbes. Estos eventos pueden causar daños catastróficos a edificaciones, carreteras y redes de servicios públicos, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas como el Barrio Buena Vista. (Bazan Zanabria, 2022).

Según el Idiger, en su portal web idiger.gov.co y su artículo *“Caracterización General del Escenario de Riesgo por Movimientos en Masa en Bogotá”* que la ciudad de Bogotá es la altiplanicie más alta de los Andes Colombianos y a su vez, tiene un área aproximada de 163.637 hectáreas, de las cuales 39.406 hectáreas corresponden al área urbana y se ubica a 2.600 metros sobre el nivel del mar. El relieve montañoso ocupa el 83% del área distrital mientras que la zona plana equivale al 17%. Aunque la población se concentra en la zona plana, un número importante de la población se encuentra en zonas de ladera de los cerros orientales.

Por estas características, se han venido estudiando constantemente los movimientos en masa y producto de esto, el Distrito cuenta con el Plano Normativo de Amenaza por Movimientos en Masa, actualizado por el Decreto 555 de 2021.

El término vulnerabilidad se define como la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre. Para el

caso en estudio, se pueden encontrar viviendas más vulnerables a la acción de un movimiento en masa debido a que no cuentan con un sistema estructural efectivo y resistente como lo pueden ser otras viviendas ubicadas en la misma zona de estudio. Así mismo, el riesgo se entiende como *“los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un periodo de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad”*, (Ley 1523 de 2012). Partiendo de este concepto, los riesgos que pueden presentarse en el área de estudio dependen del nivel de vulnerabilidad y así mismo de la amenaza.

Amenaza según la Ley 1523 de 2012, se define como *“un peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presenta con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales”*.

El riesgo y la vulnerabilidad van ligados y es importante tener en cuenta cada uno de ellos, realizando sus respectivos análisis y diferentes estudios de la zona para determinar qué tan susceptible es el sector Patiño al momento de presentarse un movimiento de remoción en masa.

Para el presente proyecto, se tomará como referencia los lineamientos de construcción según lo indica la Norma Colombiana Sismo Resistente NSR-10 en sus títulos C y E, y bajo el documento AIS 410-23: *“EVALUACIÓN Y REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA”* publicado en el año 2023. El propósito del ya mencionado documento AIS 410-23, que dice en su numeral 1.2, cito: *“Este documento provee los lineamientos, parámetros técnicos, criterios de aplicación y demás requisitos para reducir el estado de vulnerabilidad existente en las viviendas en mampostería no reforzada*

*y parcialmente confinadas, y se permitirá su uso en aquellas en las que se presente comercio únicamente en el primer nivel, siempre y cuando cumplan los parámetros de evaluación y reducción de vulnerabilidad establecidos en el presente documento”.*

De igual manera tendremos la guía y los lineamientos dados por el título C de la norma NSR-10 “*Concreto estructural*”, el cual está enfocado en el diseño y construcción de estructuras en concreto reforzado y pre esforzado, y el título E de la norma NSR-10 “*Casas de uno y dos pisos*”, el cual, como su nombre lo dice, se enfoca en la construcción de casas de uno y dos pisos sin la necesidad obligatoria de la participación de ingeniero estructural, por la que mediante de requisitos empíricos se ha mantenido. Sus requisitos son una simplificación del uso de la mampostería confinada del capítulo D.10 de la misma NSR-10.

La implementación de normativas y regulaciones para la construcción resistentes se complementa con innovaciones en diseño y tecnologías que mejoran la capacidad de las estructuras urbanas para resistir y recuperarse de desastres naturales.

Una parte fundamental de la planificación urbana es la evaluación de la capacidad de carga y estabilidad de los terrenos en riesgo de remoción en masa. La identificación de áreas vulnerables y la evaluación de riesgos geotécnicos son pasos esenciales para minimizar los impactos de desastres naturales en comunidades urbanas. Técnicas como la cartografía de susceptibilidad y la modelización numérica pueden proporcionar información detallada sobre la probabilidad y magnitud de eventos de remoción en masa en áreas específicas. (Salas Torres, 2018).

Las experiencias internacionales en la implementación de medidas de ingeniería para la vulnerabilidad estructural proporcionan valiosas lecciones para comunidades urbanas y sub urbanas como el sector Patiño de la vereda Canavita. Países como Japón, Chile y Nueva Zelanda, que han enfrentado desastres naturales devastadores, han desarrollado tecnologías y prácticas innovadoras para fortalecer la

infraestructura urbana. Por ejemplo, Japón, un país altamente expuesto a terremotos y tsunamis, ha implementado sistemas de ingeniería avanzados para proteger sus edificaciones y redes de infraestructura. En Japón se han desarrollado tecnologías de aislamiento sísmico, sistemas de protección contra tsunamis y técnicas de refuerzo estructural que han demostrado ser efectivas en la reducción de daños durante desastres naturales. (Maly & Suppasri, 2020).

Para poder determinar qué tanto pueden resistir las viviendas existentes en el sector objeto de estudio con respecto a un movimiento de remoción en masa es necesario hacer un estudio de modelación tanto del terreno como de las estructuras. Para ello se acude a los medios digitales con los cuales se puede calcular y tener una idea del nivel de vulnerabilidad de la vivienda. El modelado corresponde la representación matemática de un sistema para lograr comprender de mejor manera como se pueden manipular las dinámicas internas por distintas variables. (Ríos Ratkovich, Valdes, Pineda, Daza, & otros, 2020).

La resistencia de las estructuras compone la base fundamental para la estabilidad y capacidad dinámica de soportar cualquier tipo de afectación externa e interna de una edificación. Según el portal web [www.prodel.es](http://www.prodel.es), de la empresa de equipamiento didáctico y científico Prodel S.A. de Madrid (España), nos define de manera clara y sencilla que *“La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo”*. Para el presente trabajo es importante realizar una valoración del estado en el que se encuentran las viviendas del Barrio Buena Vista y que tan resistentes pueden ser a la hora de sufrir un evento de remoción en masa.

En la actualidad contamos con diferentes programas que nos brindan la ayuda necesaria para modelar y estudiar una estructura, en este caso se va a trabajar con la herramienta sap2000 la cual nos

permitirá modelar, analizar y simular el comportamiento de diversas estructuras bajo diferentes condiciones.

Lo esencial de una vivienda es que la resistencia de sus componentes estructurales es que pueda garantizar el bienestar de cada uno de quien habita en ella, en el momento de que esta vivienda se vea sometida a las acciones dinámicas de la zona. Un ejemplo importante es que tan efectiva va a ser la estructura al empuje del suelo al momento de presentarse un movimiento de remoción en masa. Los suelos se encuentran bajo una condición de esfuerzos con respecto a su consolidación. Al desconfiar o quitarle estabilidad al suelo los esfuerzos pasan de estar en reposo a estar en un estado activo y al controlar las deformaciones el suelo busca llegar a un estado pasivo. (Rodríguez Navarro, 2009).

#### Niveles de Riesgo

##### 1. Riesgo Alto

- Vulnerabilidad Estructural: Los hogares muestran importantes fallos en su edificación, tales como el uso de materiales de mala calidad, un diseño que no es apropiado o la falta de mantenimiento. La posibilidad de un colapso aumenta debido a estas deficiencias al ocurrir una remoción en masa.

-Exposición al peligro: Las casas se encuentran en zonas propensas a deslizamientos, como pendientes empinadas, suelos poco sólidos o áreas que han experimentado deslizamientos anteriormente.

- Capacidad de Respuesta: Las comunidades no cuentan con suficientes recursos ni estrategias efectivas para la evacuación y recuperación, lo cual empeora aún más el impacto del evento.

##### 2. Riesgo Medio

- Vulnerabilidad Estructural: Aunque las viviendas tienen una construcción moderadamente robusta, pueden tener algunas deficiencias como materiales de calidad media o un mantenimiento

insuficiente. Aunque pueden resistir eventos de menor importancia, son propensos a ser afectados por deslizamientos más intensos.

- Exposición al peligro: Las casas se encuentran en zonas con un nivel de susceptibilidad medio a deslizamientos, donde hay algunos factores de riesgo (pendientes moderadas y suelos inestables potenciales), aunque no son tan críticos como los observados en las áreas de mayor riesgo.

- Capacidad de Respuesta: Las comunidades cuentan con cierto nivel de preparación y recursos, Sin embargo, en situaciones de emergencia más severas, estos pueden resultar inadecuados para hacer frente a eventos de remoción en masa.

### 3. Riesgo Bajo

- Vulnerabilidad Estructural: Las casas están hechas con materiales de primera calidad y cumplen con los estándares adecuados de construcción. También, se les realiza mantenimiento regularmente, disminuyendo considerablemente el peligro de un colapso.

- Exposición al peligro: Las casas se encuentran en zonas donde es poco probable que haya deslizamientos, como terrenos nivelados o con inclinaciones suaves, suelos sólidos y sin historial de eventos importantes de movimientos del suelo.

- Capacidad de Respuesta: Las comunidades tienen planes de emergencia bien establecidos, recursos adecuados y una pronta disponibilidad de servicios de emergencia, lo que les permite hacer frente eficazmente a estos eventos y recuperarse satisfactoriamente.

La integración de la vulnerabilidad en planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano es esencial para garantizar que las medidas de mitigación de riesgos sean consideradas en el crecimiento y expansión de las ciudades. Los planes de ordenamiento territorial pueden establecer zonas de exclusión o restricción en áreas de alto riesgo, así como promover el uso de técnicas de diseño sostenible y construcción eficiente en nuevas construcciones.

### **Elementos Expuestos**

Es importante comprender que las metodologías empleadas en los estudios de vulnerabilidad física pueden involucrar múltiples variables que, al ser consideradas, aumentan su complejidad. Por esta razón, muchos estudios básicos y detallados se limitan a analizar solo la susceptibilidad y la amenaza, omitiendo estos análisis más complejos.

La exposición hace referencia a la ubicación de la infraestructura que podría verse afectada si se materializa una amenaza. Se considera "elementos expuestos" a aquellos que se encuentran en áreas de riesgo frente a una amenaza específica.

Para simplificar el proceso, se toman en cuenta únicamente los elementos ubicados en zonas de amenaza alta y media, dentro de los polígonos de estudio a nivel detallado. La identificación de los elementos expuestos se realiza revisando el mapa de zonificación de la amenaza en cuestión y localizando los elementos dentro de las áreas de amenaza alta y media.

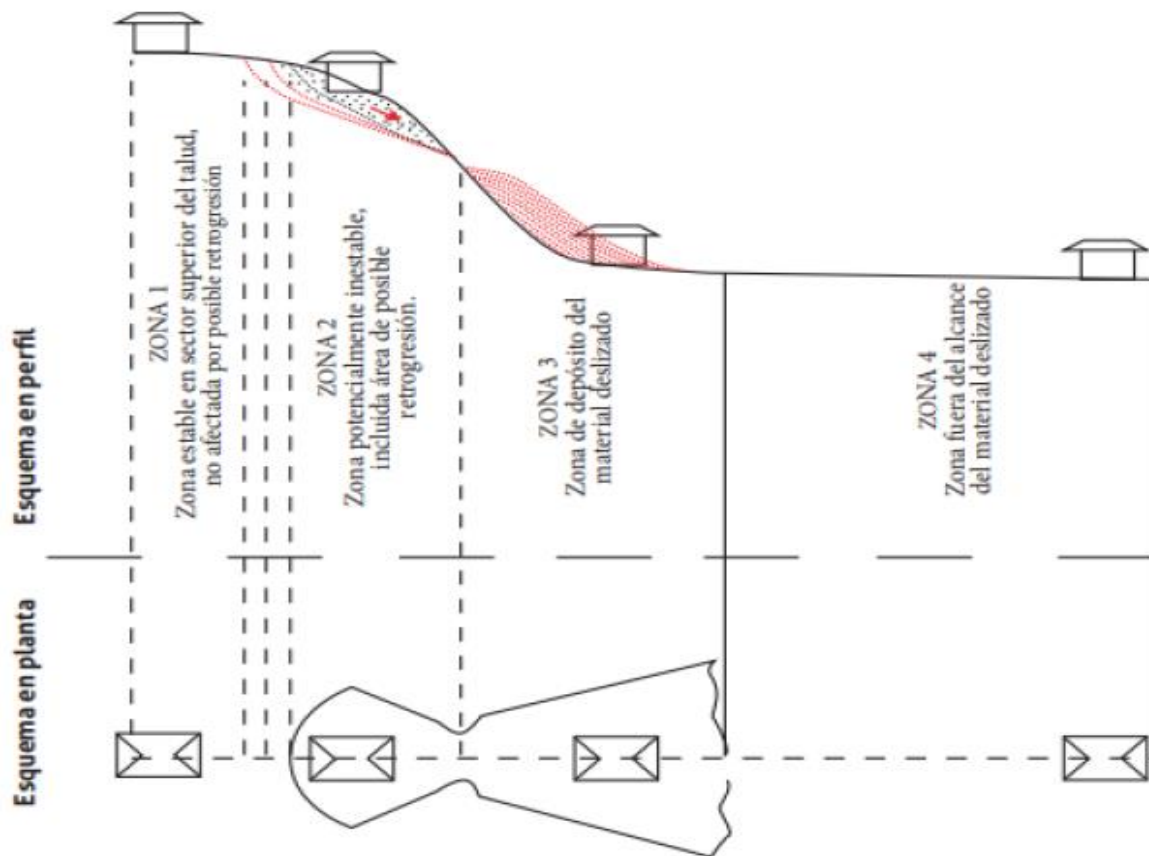
La metodología sugerida por la guía del Servicio Geológico Colombiano se enfoca en la evaluación de la vulnerabilidad física con el objetivo de realizar estimaciones cuantitativas de riesgo. En este marco, los elementos expuestos se agrupan en dos categorías: bienes físicos y personas.

<b>CLASIFICACIÓN</b>		<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>USO - COMPONENTES</b>
<b>Bienes Físicos</b>	Edificaciones	Indispensables - Grupo IV (Norma NSR-10)	Salud (Pública / Privada)
		Atención a la Comunidad - Grupo III ( Norma NSR-10)	Emergencia Educación Seguridad
		Ocupación especial - Grupo II ( Norma NSR-10)	Institucionales Gubernamentales Centros Comerciales Industriales

		Ocupación normal - Grupo I ( Norma NSR-10)	Residencial y Comercial
	Líneas Vitales	Red vial	Vías Puentes vehiculares Puentes Peatonales
		Servicios Públicos	Líneas de acueducto, alcantarillado y gas (tuberías)
			Redes eléctricas y comunicacionales
<b>Personas</b>		<b>Población</b>	

Tabla 01 Clasificación de los elementos expuestos  
Fuente: Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por M.M.

Esta clasificación se lleva a cabo en los estudios de conocimiento del riesgo, por lo que, en la etapa de estudios de reducción del riesgo, solo se evaluará la vulnerabilidad de los bienes físicos. La guía metodológica del SGC para movimientos en masa está diseñada para entornos urbanos, por lo que no cubre la evaluación del riesgo en áreas rurales. En consecuencia, se realiza un ajuste utilizando la guía metodológica para la elaboración de planes COL/72959 PNUD-UNGRD.



**Figura 3-62.** Exposición de los elementos y ubicación de la amenaza  
**Fuente:** Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por M.M.

*Ilustración 1 Exposición de los elementos y Ubicación de la amenaza*

Por otro lado, la vulnerabilidad física de las personas depende de factores vinculados tanto con la amenaza (como tipo, tamaño, distribución e intensidad del evento) como con la capacidad de respuesta y resistencia de los individuos. Debido a la complejidad y dinámica de la naturaleza humana, la vulnerabilidad de las personas varía con el tiempo e involucra una gran cantidad de incertidumbres, lo que afecta directamente el desarrollo de metodologías de evaluación que se basan en el conocimiento experto y datos empíricos.

La vulnerabilidad física de las personas se analizará junto con la vulnerabilidad física de las edificaciones, tratándola como un factor de vulnerabilidad, a través de elementos como el uso del suelo y la clasificación socioeconómica de cada edificación. El valor de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos en cada uno de los puntos de estudio será evaluado de acuerdo con la siguiente tabla:

<b>VULNERABILIDAD FISICA</b>			
<b>VARIABLE</b>	<b>Valor de Vulnerabilidad</b>		
	<b>BAJA 1</b>	<b>MEDIA 2</b>	<b>ALTA 3</b>
<b>A- Antigüedad de la edificación</b>	Menos de 5 años	Entre 6 y 20 años	Mayor de 20 años
<b>B - Materiales de Construcción y estado de conservación</b>	Estructura con materiales de muy buena calidad, adecuada técnica constructiva y buen estado de conservación	Estructura de madera concreto, adobe, bloque o acero, sin adecuada técnica constructiva y con un estado de deterioro moderado	Estructura de adobe madera u otros materiales, en estado precario de conservación
<b>C - Cumplimiento de la normatividad vigente.</b>	Se cumple de forma estricta con las leyes	Se cumple medianamente con las leyes	no se cumple con las leyes
<b>D - Características geológicas y tipo de suelo.</b>	Zonas que no presentan problemas de estabilidad, con buena cobertura vegetal	Zonas con indicios de inestabilidad y con poca cobertura vegetal	Zonas con problemas de estabilidad evidentes, llenos antrópicos y sin cobertura vegetal
<b>E - Localización de las edificaciones con respecto a zonas de retiro a fuentes de agua y zonas de riesgo identificadas.</b>	Muy alejada	Medianamente cerca	Muy cerca
<b>F - Población</b>	Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes	Alta posibilidad de lesiones moderadas, pero baja probabilidad de muerte	Alta posibilidad de muerte o lesiones serias

Tabla 02 variable de vulnerabilidad en los elementos expuestos.

Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022.

### **Aspectos Metodológicos**

Este estudio se desarrollará mediante un enfoque de investigación cuantitativo, en los cuales contempla toma de datos de campo, modelación y análisis de los mismos.

La investigación se desarrollará de acuerdo al siguiente diseño metodológico compuesto por cuatro (4) fases: I. Identificación de las zonas de riesgo de remoción en masa, II. Estado estructural de las viviendas, III. Modelación, IV. Análisis y conclusiones.

#### **Fases:**

##### **Fase I: Identificación de las zonas de riesgo.**

Se procederá de la siguiente forma:

- Búsqueda de información y mapas en las plataformas cartográficas del Servicio Geológico Colombiano (SGC), el instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (IDIGER) y Google Earth. Posteriormente, se organizará y analizará esta información con el objetivo de identificar las áreas de riesgo en la zona.
- Visita técnica, la cual se realizará para identificar factores como escarpes, inclinación de árboles, pequeños derrumbes, grietas en el suelo, inclinación de elementos verticales y daños estructurales.
- Demarcación de puntos de riesgo sobre el mapa del sector de Canavita.

##### **Fase II: Estado estructural de las viviendas**

- Seleccionar la vivienda y evaluar su estado actual.
- Caracterizar las viviendas teniendo en cuenta, tipo de estructura, número de pisos, estado actual de la estructura, estado del suelo, y además elementos identificables mediante inspección visual.

- Clasificar las viviendas según su estado estructural (bueno, regular, malo) teniendo en cuenta la normativa.

### **Fase III: Modelación**

- Seleccionar software especializado en modelado estructural que nos permita añadir empujes del suelo (SAP200, ETAPS).
- Definir los elementos de entrada al Software de modelado, de las estructuras y materiales de las viviendas.
- Definir los parámetros de remoción en masa basados en los datos geológicos e hidrológicos obtenidos.
- Realizar la simulación del escenario crítico de remoción en masa y su impacto en la estructura de la vivienda.
- Analizar los resultados de la simulación para determinar la capacidad de la vivienda de soportar y recuperarse de los eventos de remoción en masa.

### **Fase IV: Análisis y conclusiones.**

- Evaluar todos los datos generados a partir de simulaciones de modelado estructural.
- Definir niveles de vulnerabilidad de las estructuras de la vivienda modelada.

**Resultados:**

**Fase I: Identificación de las zonas de riesgo.**

Para el caso en cuestión del presente trabajo, se recopiló información de acuerdo con el informe “ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE INGENIERÍA NECESARIOS PARA EL CONOCIMIENTO Y LA REDUCCIÓN DEL RIESGO EN SITIOS CRÍTICOS POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ Y OTRAS CUENCAS PRIORIZADAS EN JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA” realizado por el Consorcio Mitigación del Riesgo y publicado en el año 2022. De allí se obtuvo las siguientes tablas, cuya información es bastante crucial para la investigación en curso.

<b>MOVIMIENTO EN MASA CANTIDAD DISTRIBUCIÓN</b>		
Caída de bloques	11	31%
Caída de detritos	1	3%
Deslizamiento Rotacional	2	6%
Deslizamiento Traslacional	14	40%
Reptación	7	20%
Total	35	100%

*Tabla 03 Movimientos en masa activos en la zona de estudio*

*Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022.*

En la Tabla 01. se observa los movimientos de masa activos registrados y así mismo el porcentaje equivalente registrado para cada uno. El deslizamiento traslacional tiende a presentarse con más frecuencia en la zona.

IDENTIFICACIÓN	NORTE	ESTE	PROFUNDIDAD (m)
T01	1037589,48	1016297,49	20
S02	1037554,46	1016286,41	20
S03	1037570,44	1016316,6	20
S04	1037581,47	1016196,44	20
S05	1037614,65	1016204751	20

Tabla 04 Resumen Localización de las perforaciones mecánicas ejecutadas.

Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022.

En la tabla 02. Contamos con las coordenadas de las perforaciones mecánicas que se han ejecutado y con la profundidad de perforación de las mismas. lo que nos permite identificar con precisión la ubicación de cada intervención en el terreno, garantizar el control y seguimiento de los estudios geotécnicos, y optimizar el análisis de las condiciones del subsuelo para la planificación y ejecución de las obras.

Profundidad (m)	Descripción
0 - 0,7	Suelo limoso color café oscuro, de consistencia blanda y humedad media.
0,7 - 3,7	Suelo color café amarillento, compuesto por fragmentos angulares a subangulares de tamaño heterogéneo, embebidos en una matriz arenosa-arcillosa. Presenta compacidad suelta y humedad media.
3,7 - 12,8	Bloques de arenisca color café amarillento de grano grueso de compacidad densa.
12,8-20	Bloques de arenisca de grano medio color blanco amarillento con intercalaciones areno-arcillosas color café, de compacidad densa.

Tabla 05 Descripción del sondeo exploratorio S01

Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022.

Profundidad (m)	Descripción
0 - 0,5	Suelo limoso color café oscuro, de consistencia media y humedad media, con presencia de raíces.
0,5 - 2,5	Suelo color café amarillento, compuesto por fragmentos angulares a subangulares de tamaño heterogéneo, embebidos en una matriz arenosa-arcillosa. Presenta compacidad densa y humedad media.
2,5 - 13,2	Bloques de arenisca color café amarillento de grano grueso de compacidad densa. La roca se encuentra levemente meteorizada.
13,2-20	Bloques de arenisca de grano medio color blanco amarillento, de compacidad densa.

Tabla 06 Descripción del sondeo exploratorio S02

Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022.

En la tabla 0-3 y 0-4, se describen los dos primeros sondeos realizados en la zona de estudio en donde se observa la geología del terreno a diferentes profundidades.

Punto	Nomenclatura	Tipo	Tipo de proceso	Coordenada media E	Coordenada media N
35	PM35-01	Polilínea	Reptación	1016278,84	1037600,97
35	PM35-02	Polilínea	Reptación	1016280,67	1037620,23
35	PM35-03	Polilínea	Reptación	1016291,74	1037620,29
35	PM35-04	Polilínea	Reptación	1016291,87	1037600,98
35	PM35-05	Polilínea	Escarpe	1016306,99	1037569,06
35	PM35-06	Polígono	Deslizamiento rotacional	1016250	1037590,22

Tabla 07 Inventario de procesos

Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022.

En la tabla 05, se relaciona el inventario de los procesos de remoción en masa registrados junto con sus coordenadas.

Muestra	Valor Esclerómetro
1	32.0
2	28.0
3	34.0
4	34.0
5	36.5
6	37.0

Tabla 8 Muestra obtenida por Esclerómetro.  
Fuente: Propia

Para llevar a cabo la evaluación del nivel de vulnerabilidad de la vivienda seleccionada, se utilizó el esclerómetro como herramienta principal para medir la resistencia y calidad del concreto en diferentes partes de la edificación. Este instrumento permitió obtener datos precisos sobre la capacidad estructural, proporcionando una base técnica para el análisis.

Según el informe *“ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE INGENIERÍA NECESARIOS PARA EL CONOCIMIENTO Y LA REDUCCIÓN DEL RIESGO EN SITIOS CRÍTICOS POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ Y OTRAS CUENCAS PRIORIZADAS EN JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA”* realizado por el Consorcio Mitigación del Riesgo y publicado en el año 2022, se toman en cuenta los ensayos de laboratorio que se realizaron para esta zona de los cuales nos describe que: *“El programa de ensayos de laboratorio para determinar las características físicas y mecánicas del subsuelo, fundamentales para el cálculo y diseño de las obras de control y mitigación, comprendió: límites de Atterberg, granulometría por lavado sobre malla no. 200 y/o tamizado, humedad natural, peso unitario, corte directo, carga puntual y resistencia a la compresión simple”*. Luego de esto, en el documento presentan un cuadro con el resumen de los ensayos ejecutados y la norma que rige las condiciones y los procedimientos para poder ejecutarse estos mismos ensayos.

ENSAYO DE LABORATORIO	NORMA	CANTIDAD
Límites de Atterberg	I.N.V.E 122-2013	14
	I.N.V.E 125-2013	
	I.N.V.E 126-2013	
Granulometría por tamizado con lavado	I.N.V.E 123-2013	14
humedad	I.N.V.E 122-2013	14
Permeabilidad	METODO DE CABEZA VARIABLE (No estandarizado)	0
Compresión Inconfinada	I.N.V.E 152-2013	0
Consolidación Unidimensional	I.N.V.E 151-2013	0
Peso Unitario	ASTM D7263-09 (2018)	16
Corte directo	I.N.V.E 154-2013	0
Carga Puntual	ASTM D 5731-95 T NLT - 252/91"	17
Resistencia a la Compresión Simple	ASTM D 7012 METODO C"	18

Tabla 09 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022.

Este mismo informe, en el numeral 3.5 “MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO” nos remite a la Norma Sismo Resistente NSR-10, de la cual se hace la caracterización geotécnica del municipio de Tocancipá y nos describe que: “De acuerdo con la Norma Colombiana Sismorresistente de Construcción NSR- 10, título A, Capítulo A.2.1 GENERAL-A.2.1.1., el municipio de Tocancipá se encuentra localizado en una zona de amenaza sísmica intermedia con un coeficiente de Aceleración pico efectivo  $A_a$  de 0.15 g. Para considerar los efectos locales de respuesta sísmica, acorde con los ensayos geofísicos, se establece para el 100 sitio un perfil de suelo tipo C. Esta clasificación está basada en el número de golpes  $N_{ch}$  según expresión A.2.4-3 y la tabla A.2.4-2 de la misma norma.”, y así mismo, nos relacionan los coeficientes sísmicos en la siguiente tabla:

ZONAS DE AMENAZAS SISMICAS	INTERMEDIA
Aceleración horizontal pico efectiva $A_a$	0.15
Velocidad horizontal pico efectiva $A_v$	0.20
Perfil de Suelo	Tipo C

Tabla 10 Parámetros de Diseño Sísmico para el sitio crítico.

Fuente: Elaboración de estudios y diseños de obras de ingeniería necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en sitios críticos por procesos de remoción en masa, inundación y avenida torrencial en la cuenca del río Bogotá y otras cuencas priorizadas en jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – Consorcio mitigación del riesgo, 2022.

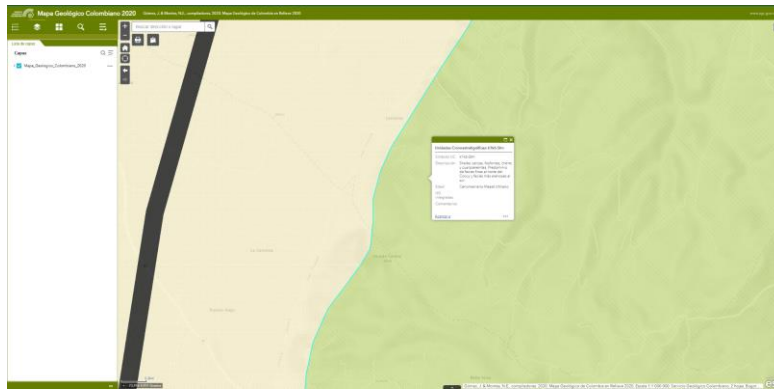


Ilustración 2 SGC Mapa geológico Colombiano

En la ilustración 2 desarrollado por el Servicio Geológico Colombiano. En ella se observan unidades geológicas diferenciadas por colores y texturas, específicamente en el área de Tocancipá, con información sobre su litología, edad y características de suelos, indicando formaciones como lutitas, areniscas y posibles depósitos cuaternarios.

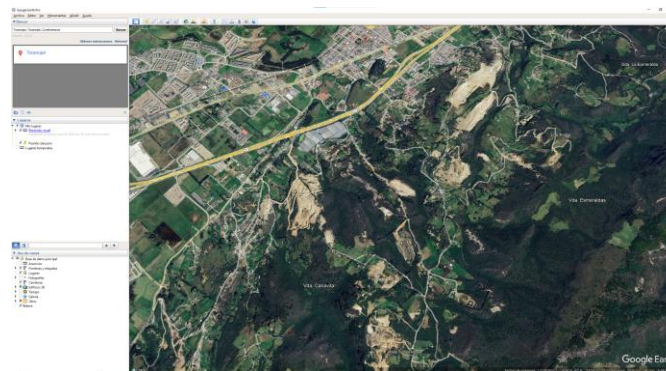


Ilustración 3 Formación montañosa del Municipio de Tocancipá  
Fuente: Google Earth

Se destacan formaciones montañosas que bordean la región, pertenecientes a la cordillera Oriental de los Andes. Las montañas visibles están compuestas principalmente de rocas sedimentarias, como lutitas y areniscas, propias de formaciones mesozoicas y cenozoicas.

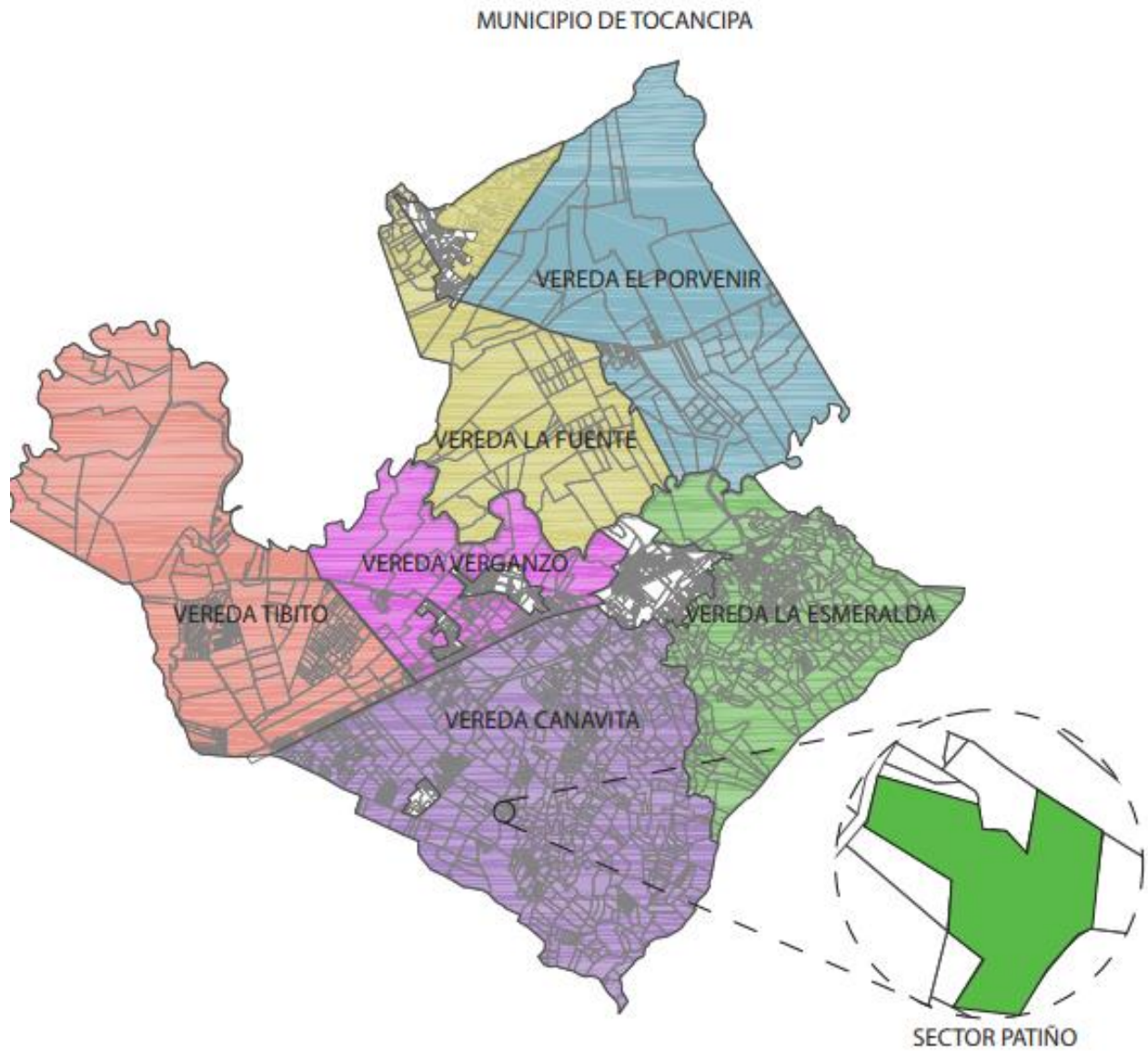


Ilustración 4 Localización sector Patiño en el Municipio de Tocancipá  
Fuente: Propia



*Ilustración 5 Localización vivienda dentro del sector Patiño  
Fuente Propia*

El día viernes, 4 de octubre de 2024, se llevó a cabo una visita técnica en compañía de los estudiantes Sebastián Barón, Claudio Rincón y Jean Hanner, junto con los profesores Sandra Sánchez y José Luis Rozo. Durante esta actividad, se realizó la inspección de la zona correspondiente a la casa que se iba a seleccionar, así como una revisión adicional respecto a la altura de la escalera que conecta con el sector Patiño.

El propósito de esta visita técnica fue identificar y evaluar diferentes factores relevantes para la zona, tales como:

- Escarpes presentes en el terreno.
- Inclinaciones inusuales de los árboles.

- Evidencia de pequeños derrumbes.
- Presencia de grietas en el suelo.
- Inclinación de elementos verticales.
- Daños estructurales visibles.

Esta información recopilada durante la visita será de suma importancia para el análisis y la posterior toma de decisiones respecto a la seguridad y viabilidad del área inspeccionada.

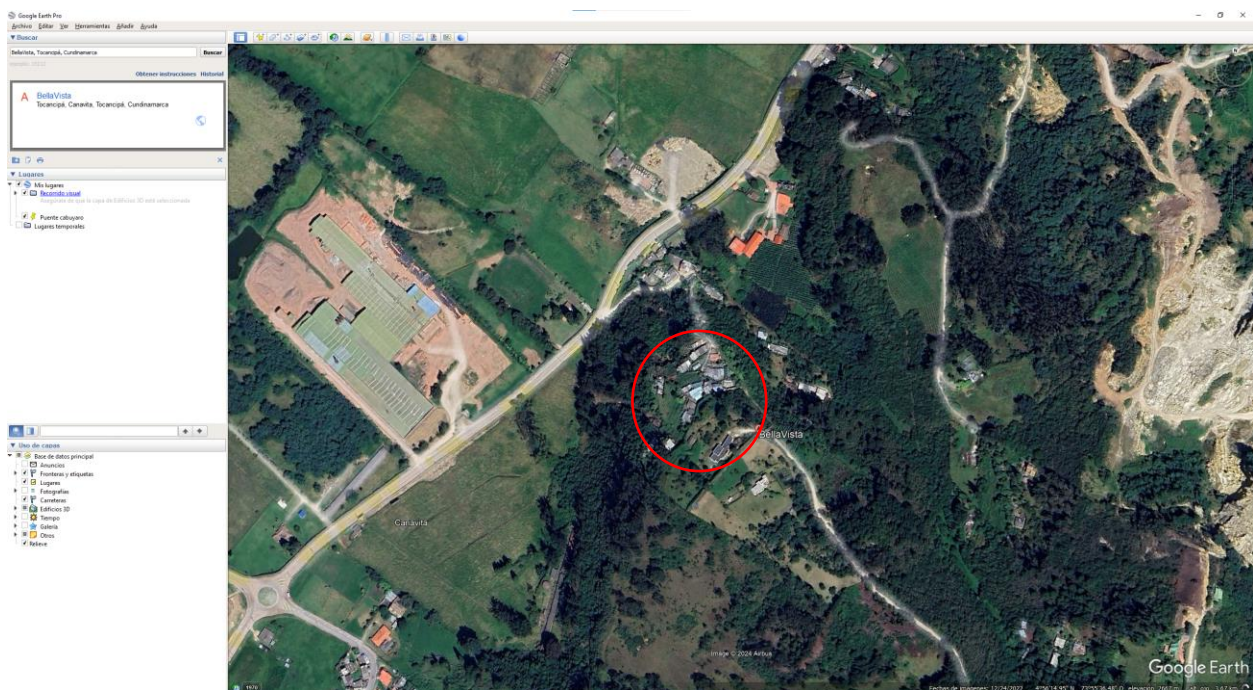


Ilustración 6 Demarcación de puntos de riesgo sobre mapa del sector Canavita  
Fuente: Google Earth.



Ilustración 7 Zona  
Fuente: Google Earth



Ilustración 8 Movimiento de Tierras  
Fuente: Google Earth

## **Fase II: Estado estructural de las viviendas**

La vivienda seleccionada fue identificada como la más adecuada para este estudio debido a su conformación estructural y diseño previo, ya que es representativa en cuanto a la zona, que se alinean con los estándares mínimos de construcción, incluyendo una correcta implementación de elementos estructurales esenciales. Además, durante el recorrido inicial, esta vivienda fue la única que cumplió con las condiciones necesarias para abordar el análisis de vulnerabilidad propuesto en este trabajo, proporcionando un caso representativo para evaluar las capacidades de resistencia y adaptación frente a los riesgos asociados a eventos de remoción en masa.

La elección de esta vivienda permite desarrollar una evaluación integral que no solo contribuye al entendimiento de las vulnerabilidades estructurales de las viviendas en el área, sino que también sienta las bases para mejorar la seguridad y estabilidad de estas estructuras, promoviendo un entorno más seguro para sus habitantes.



*Ilustración 9 Fotos de cómo está conformada la vivienda*  
*Fuente: propia*

Nota: Fotos actuales de la fachada de la casa, donde se muestra cómo está conformada la estructura de la vivienda. Fuente: propia, 2024.

Para el presente trabajo, se tomó como estudio una vivienda la cual está conformada por dos niveles y su sistema constructivo se basa en vigas y columnas en concreto, el cual se estima una resistencia a la compresión de 14.1 MPa, con dimensiones de 0,20 m x 0,20 m y de 0,17 m x 0,20. Así mismo una placa de entrepiso con espesor de 20 centímetros y con mampostería en bloque N° 5.

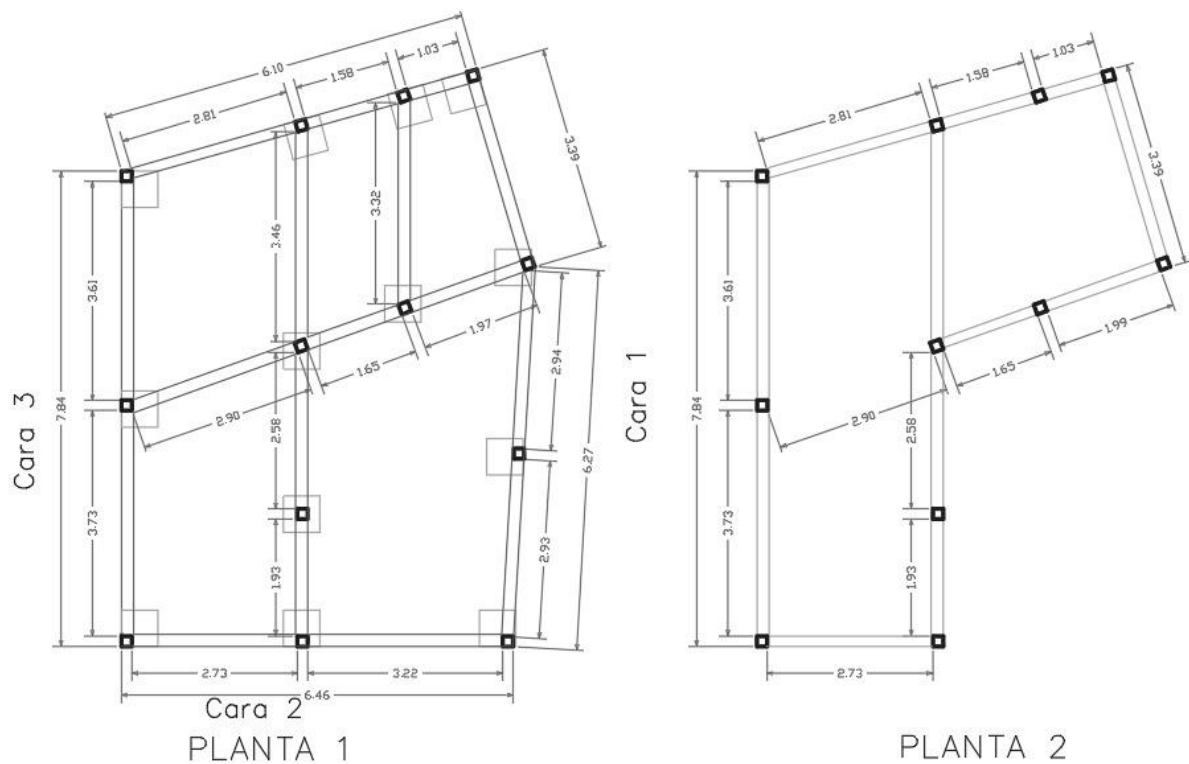


Ilustración 10 Planos de vivienda  
Fuente: Propia

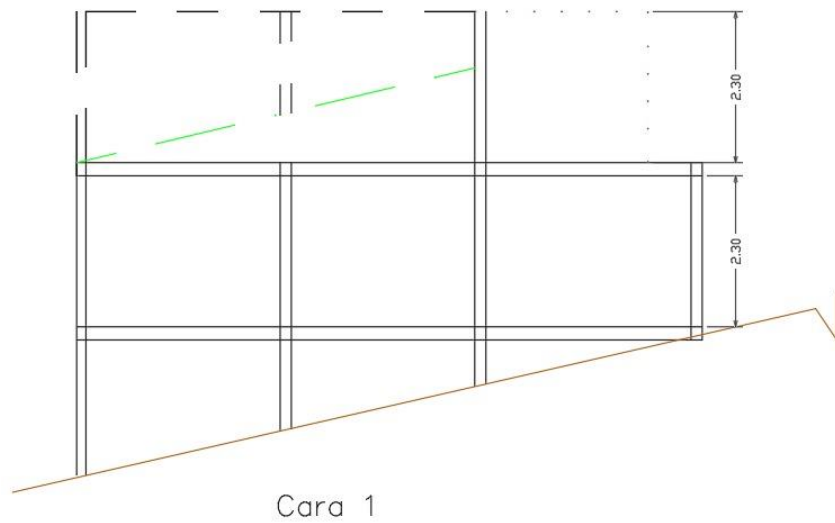


Ilustración 11 Alzado cara 1  
Fuente: Propia

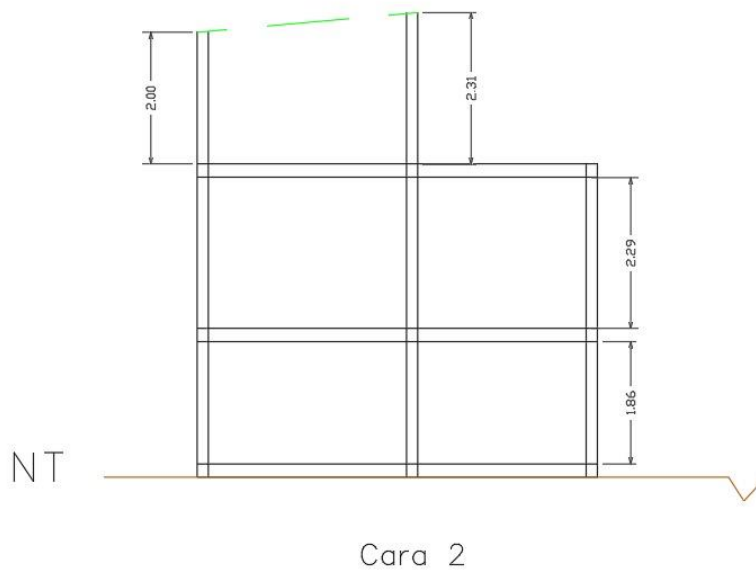


Ilustración 12 Alzado cara 2  
Fuente Propia.

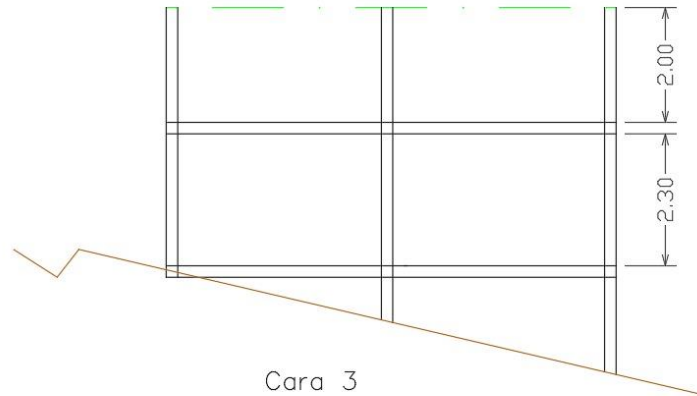


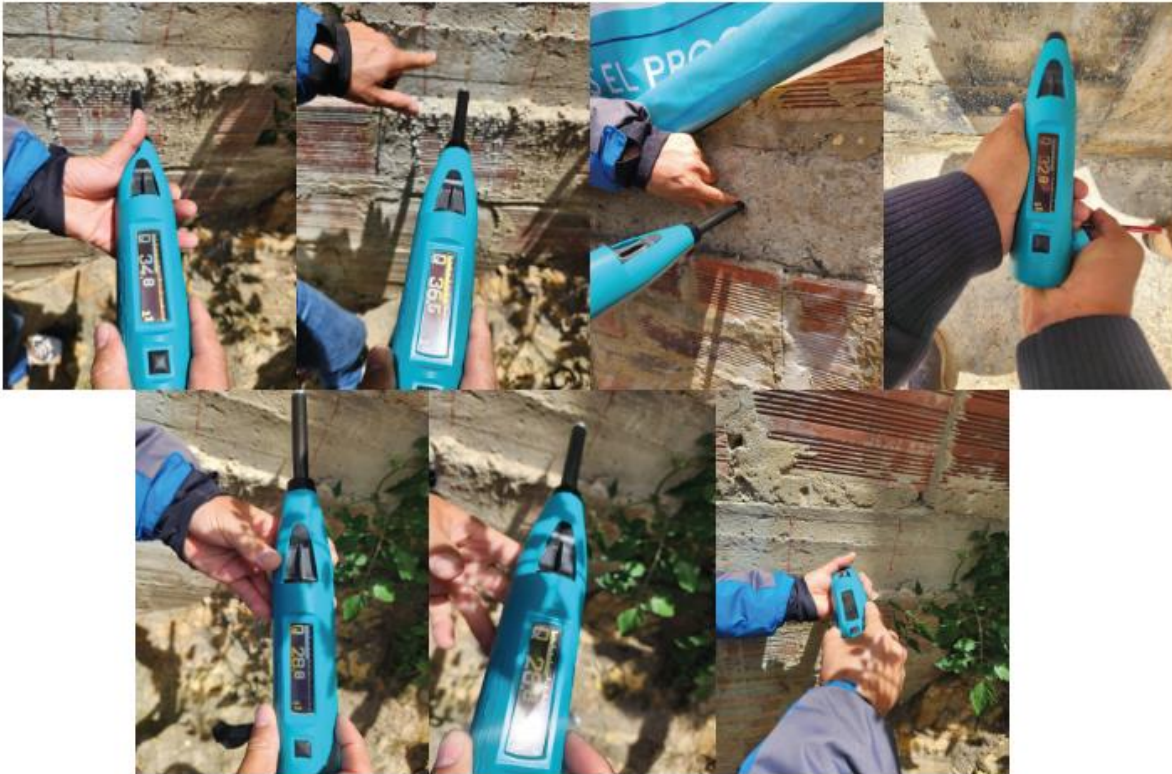
Ilustración 13 Alzado cara 3  
Fuente: Propia

1. Distribución de flejes se empleó un Ferro escáner para identificar la disposición de los elementos metálicos estructurales, específicamente los flejes presentes en columnas y vigas: Se determinó que los flejes se encuentran distribuidos cada 15 centímetros tanto en las columnas como en las vigas de la vivienda.



Ilustración 14 uso de Ferro escáner en vivienda sector Patiño  
Fuente: Propia

2. Condiciones generales: La distribución uniforme de los flejes indica un diseño estructural acorde a los estándares básicos de seguridad, lo cual contribuye a la estabilidad de la edificación.

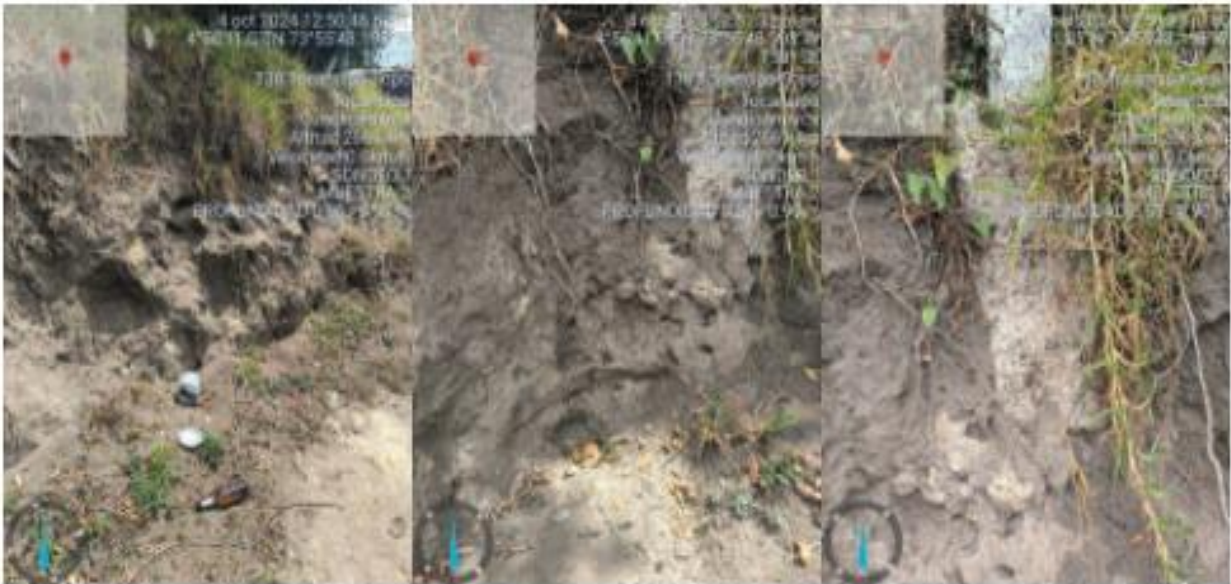


*Ilustración 15 Resultado prueba Esclerómetro  
Fuente: Propia*

A partir de estas mediciones, se obtuvieron porcentajes específicos relacionados con la resistencia del concreto en distintas áreas de la vivienda. Estos valores permitieron identificar puntos críticos, validar la calidad estructural y confirmar que la edificación cumple con los estándares mínimos necesarios para resistir eventos de remoción en masa.

El uso del esclerómetro fue fundamental para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos recopilados, contribuyendo a sustentar las conclusiones del estudio sobre la vulnerabilidad estructural de la vivienda.

La ubicación del sitio presenta pendientes pronunciadas, que van desde moderadamente quebradas hasta muy escarpadas, siendo comunes los depósitos coluviales originados por procesos de remoción en masa. En la parte baja del área de estudio se encuentra una planicie aluvial con características de terraza, influenciada por los depósitos del río Bogotá y sus afluentes, con una morfología que varía desde plana hasta fuertemente ondulada.



*Ilustración 16 Muestreo de remoción a una profundidad: 0.50 - 0-90 m  
Fuente: Propia*

#### **Características relevantes de la vivienda:**

- **Zona de amenaza sísmica:** La vivienda se encuentra en una región clasificada como de **amenaza sísmica intermedia**, lo que implica un riesgo moderado de sismos que debe ser considerado en el diseño estructural.
- **Tipo de diseño estructural:** La vivienda corresponde a una categoría de **Diseño de Moderada Ocupación (DMO)**, lo que impone restricciones al uso de ciertos sistemas y materiales estructurales.

- **Configuración estructural:** La vivienda tiene una **configuración irregular**, lo que puede aumentar su vulnerabilidad ante movimientos sísmicos.

**Estado estructural actual:**

La vivienda presenta un **estado estructural deficiente** y no cumple con los requisitos mínimos establecidos por la **NSR-10 (Norma Sismo Resistente de Colombia)**. Entre las principales deficiencias se encuentran:

- El sistema estructural no tiene una adecuada transmisión de cargas, lo que incrementa el riesgo de colapso parcial o total ante eventos sísmicos y remoción en masa.
- Se observa **ausencia o disposición inadecuada de diafragmas rígidos** (como placas de entrepiso o cubierta) necesarios para la distribución uniforme de fuerzas horizontales.
- La vivienda presenta concreto con una resistencia de **2000 psi** (aproximadamente **14 MPa obtenido del ensayo del esclerometro**), lo cual es insuficiente para cumplir con los requerimientos mínimos establecidos por la **NSR-10**. Según la norma, la resistencia mínima exigida para elementos estructurales como columnas, vigas y losas es de **21 MPa (3000 psi)**, dependiendo del tipo de estructura y la carga a soportar.
- Ejes no alineados de los elementos estructurales (columnas, vigas y muros), generando concentraciones de esfuerzo.
- Deficientes uniones entre columnas y vigas, con falta de confinamiento adecuado e insuficiente desarrollo de los anclajes del refuerzo.
- Desprendimiento visible o fisuración en las juntas entre muros de mampostería y los elementos estructurales principales.
- **Columnas subdimensionadas:** Las columnas no cumplen con la medida mínima reglamentaria de **25 cm x 25 cm**, alcanzando solo **17 cm x 17 cm** en su sección máxima.

- **Patologías en el concreto:** El concreto presenta **hormigqueo** debido a procesos constructivos deficientes, lo que indica una posible pérdida de durabilidad y resistencia.
- **Corrosión en el refuerzo:** Se evidencia **corrosión avanzada** en el acero de refuerzo de columnas y vigas, quedando expuesto en algunas áreas.
- **Deficiencias en el confinamiento de muros:** Los muros no están debidamente confinados mediante elementos estructurales como **columnetas, dinteles o vigas de coronamiento**, lo cual compromete su estabilidad ante cargas laterales o sismos.

### **Fase III: Modelación**

Seleccionar software especializado en modelado estructural que nos permita añadir un empuje lateral de tierra que va a ser el proceso de remoción en masa del suelo en la edificación.

Para evaluar la vulnerabilidad estructural de la vivienda objeto de estudio, se seleccionó el software SAP2000 debido a sus capacidades avanzadas para realizar análisis estructurales bajo diversas condiciones de carga, incluyendo los empujes laterales del suelo. Este programa destaca por su precisión en la modelación de propiedades de materiales, condiciones de apoyo e interacciones entre los elementos estructurales y las fuerzas externas, lo que lo convierte en una herramienta adecuada para este tipo de evaluación.

El proceso comienza con la creación de un modelo estructural de la vivienda, en el que se consideran aspectos fundamentales como la geometría, los materiales de construcción (por ejemplo, concreto y acero) y las dimensiones reales de cada elemento.

Un aspecto clave del análisis es la incorporación de las cargas laterales que simulan el empuje del suelo sobre los elementos en contacto con el terreno, como los muros de contención. Estas cargas se determinan utilizando parámetros geotécnicos, tales como el peso específico del suelo, el ángulo de

fricción interna y la cohesión. En SAP2000, estas presiones se modelan como cargas distribuidas con perfiles triangulares o trapezoidales, dependiendo de las características específicas del terreno evaluado.

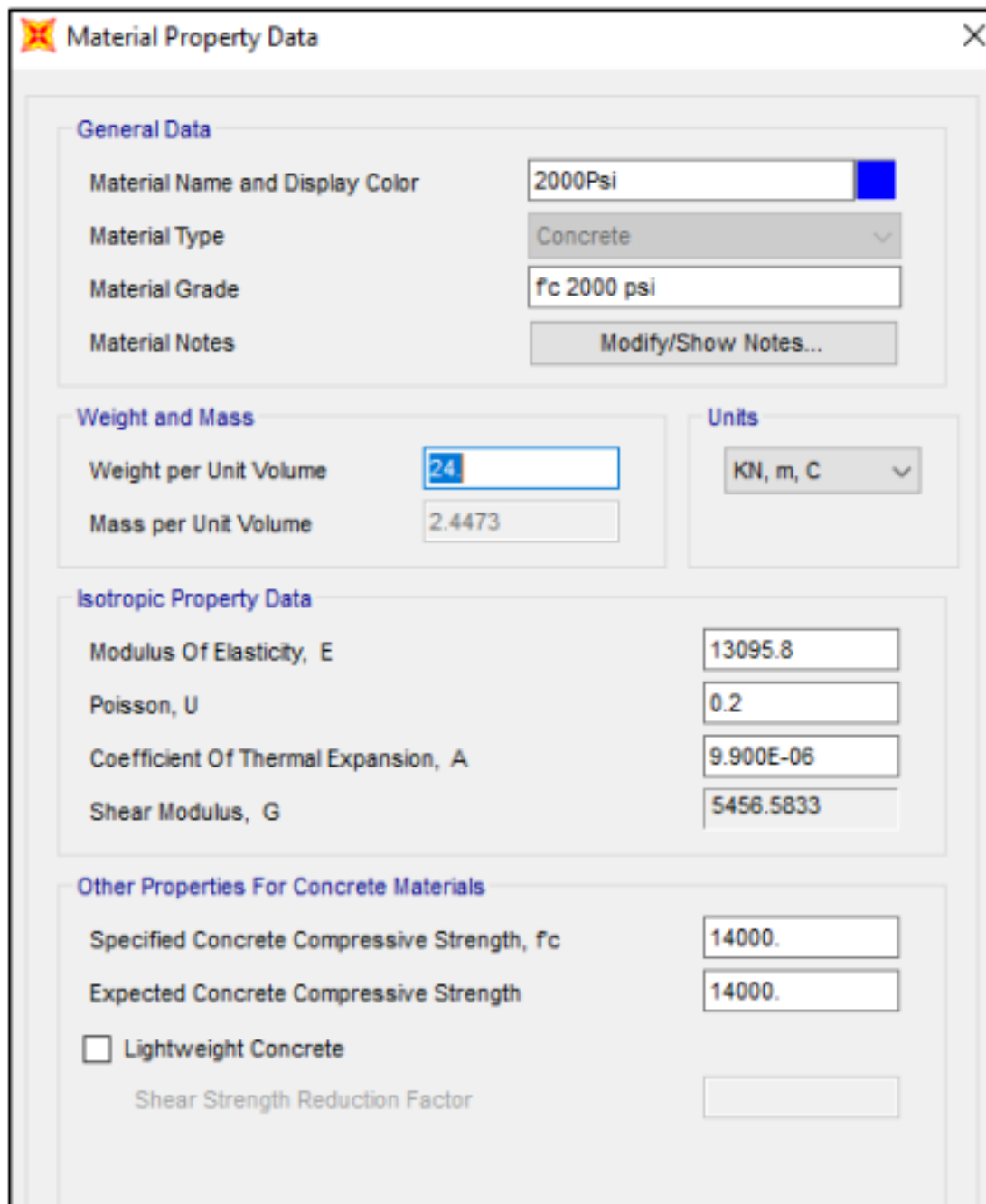
El análisis estructural no solo incluye los empujes del suelo, sino también otras combinaciones de cargas relevantes, como las gravitacionales y sísmica, en cumplimiento con la normativa vigente. Este enfoque integral garantiza que se consideren todas las fuerzas actuantes sobre la estructura y su impacto combinado, proporcionando una evaluación completa y detallada de su comportamiento.

Los resultados obtenidos del modelo en SAP2000, tales como esfuerzos, momentos y deformaciones, son fundamentales para identificar posibles fallas o puntos críticos en la estructura. Para asegurar la precisión y confiabilidad del análisis, estos resultados se contrastan con cálculos manuales y referencias normativas, consolidando así la validez del modelo estructural empleado

Definir los elementos de entrada al Software de modelado, de las estructuras y materiales de las viviendas.

### **1. Definición de propiedades de materiales.**

En esta etapa, se definió las propiedades mecánicas y físicas de los materiales utilizados en el modelo. Especificando el tipo de material, para este caso concreto y acero, y que las propiedades mecánicas, como el módulo de elasticidad, la resistencia a la compresión o tracción y el coeficiente de Poisson, estuvieran correctamente asignadas. Además, se estableció las propiedades físicas, como la densidad del material, que influye en las cargas muertas de la vivienda.



**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: 2000Psi

Material Type: Concrete

Material Grade: fc 2000 psi

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 24

Mass per Unit Volume: 2.4473

**Units**

KN, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 13095.8

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 5456.5833

**Other Properties For Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, fc: 14000.

Expected Concrete Compressive Strength: 14000.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Ilustración 17 Definición de Material 1  
Fuente: propia

Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	A615Gr60
	Material Type	Rebar
	Material Grade	Grade 60
	Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	76.9729
	Mass per Unit Volume	7.849
Units	Units	KN, m, C
Uniaxial Property Data	Modulus Of Elasticity, E	1.999E+08
	Poisson, U	0.3
	Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
	Shear Modulus, G	
Other Properties For Rebar Materials	Minimum Yield Stress, Fy	413685.5
	Minimum Tensile Stress, Fu	620528.2
	Expected Yield Stress, Fye	455054.
	Expected Tensile Stress, Fue	682581.

Ilustración 18 Definición de Material 2  
Fuente: Propia

## 2. Definición de secciones de materiales.

En este paso, se definió las características geométricas de las secciones estructurales, como vigas, columnas y losas. Se determinó las dimensiones exactas de cada elemento estructural y el tipo de sección,

eligiendo entre secciones estándar o personalizadas según el diseño de la vivienda. Se aseguró que se definieran correctamente los momentos de inercia y otros parámetros clave.

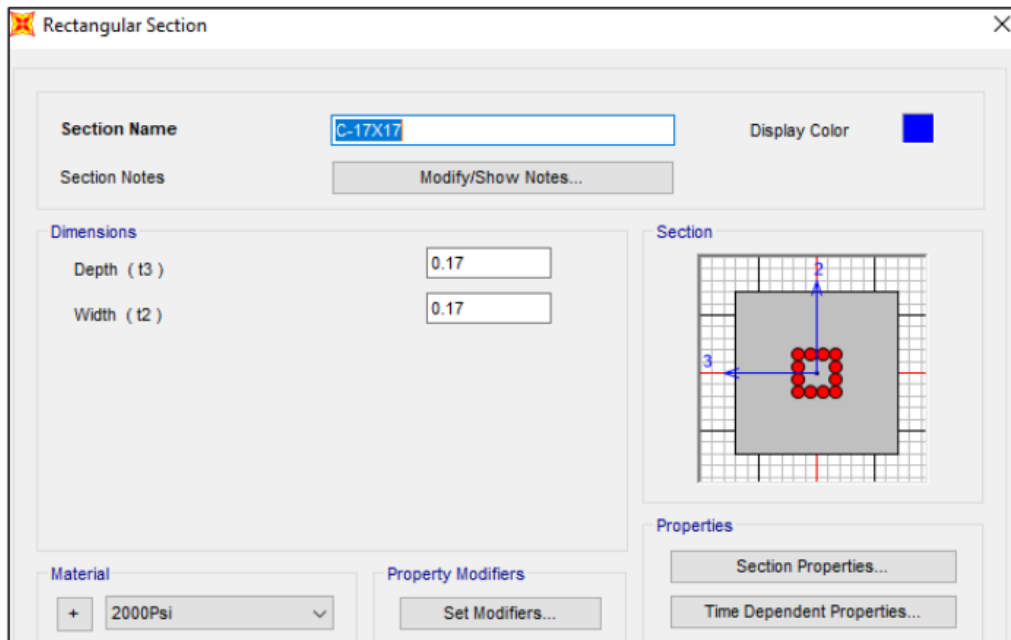


Ilustración 19 Definición selección de Materiales 1  
Fuente: propia

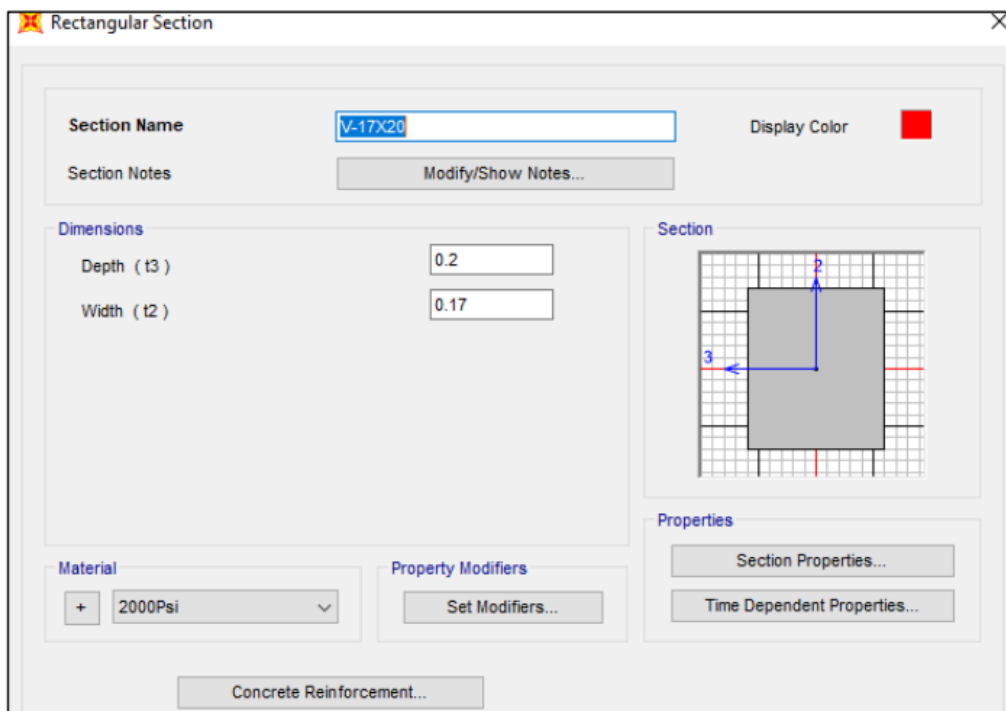


Ilustración 20 Definición selección de Materiales 2  
Fuente: propia

### 3. Definición de cargas y fuente de masas.

Se definieron todas las cargas que actúan sobre la estructura. Esto incluyó cargas muertas, como la de los elementos estructurales, y cargas vivas, que varían según el uso de la edificación objeto de estudio. También se asignaron las cargas de viento y las cargas sísmicas, basándonos en la zona geográfica y el tipo de terreno.

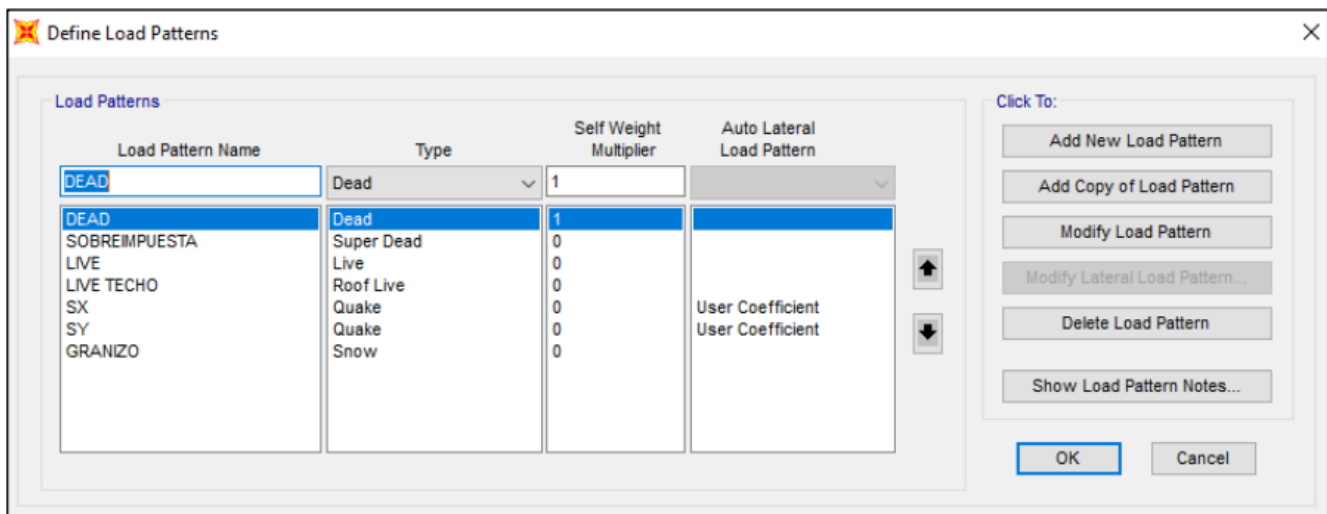


Ilustración 21 - Definición de Cargas Fuente: Propia

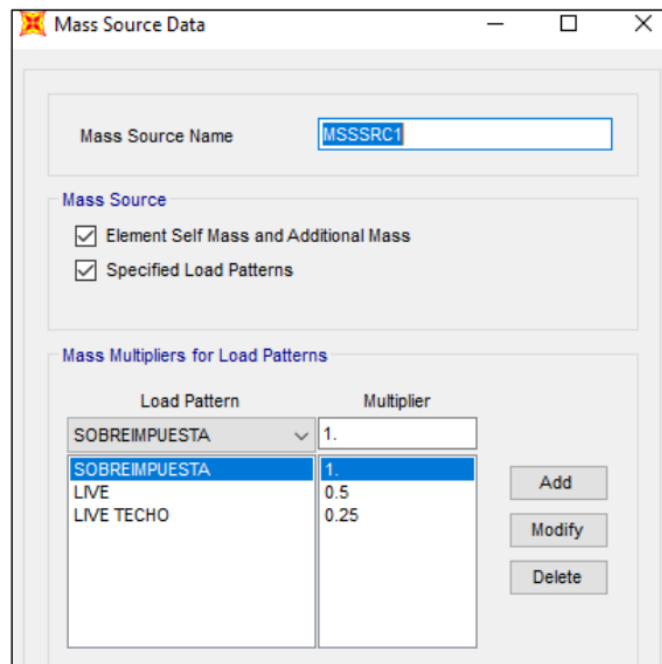


Ilustración 22 Fuente de Masas  
Fuente: Propia

#### **4. Datos de hidrología y geomorfología de la zona.**

Se evidencia que no hay problema con respecto a las aguas subterráneas porque no se presenta cerca a los procesos de remoción en masa, por ende, no se considera que las fuentes hidrológicas afecten de manera directa a los procesos de remoción en masa en la zona del presente estudio.



*Ilustración 23 Geomorfología de la zona  
Fuente: Propia*

#### **5. Asignación de cargas a entrepisos y corrida del modelo.**

Después de definir las cargas y masas, se asignaron cargas a los entrepisos de la estructura, distribuyéndolas de acuerdo con su ubicación y área. También las condiciones de frontera para los apoyos de la estructura, como apoyos fijos, deslizantes o semirrígidos, según fuera necesario. Se realizó tanto un análisis estático como dinámico, asegurando de que el modelo estuviera correctamente configurado para reflejar el comportamiento de la estructura bajo las cargas definidas.

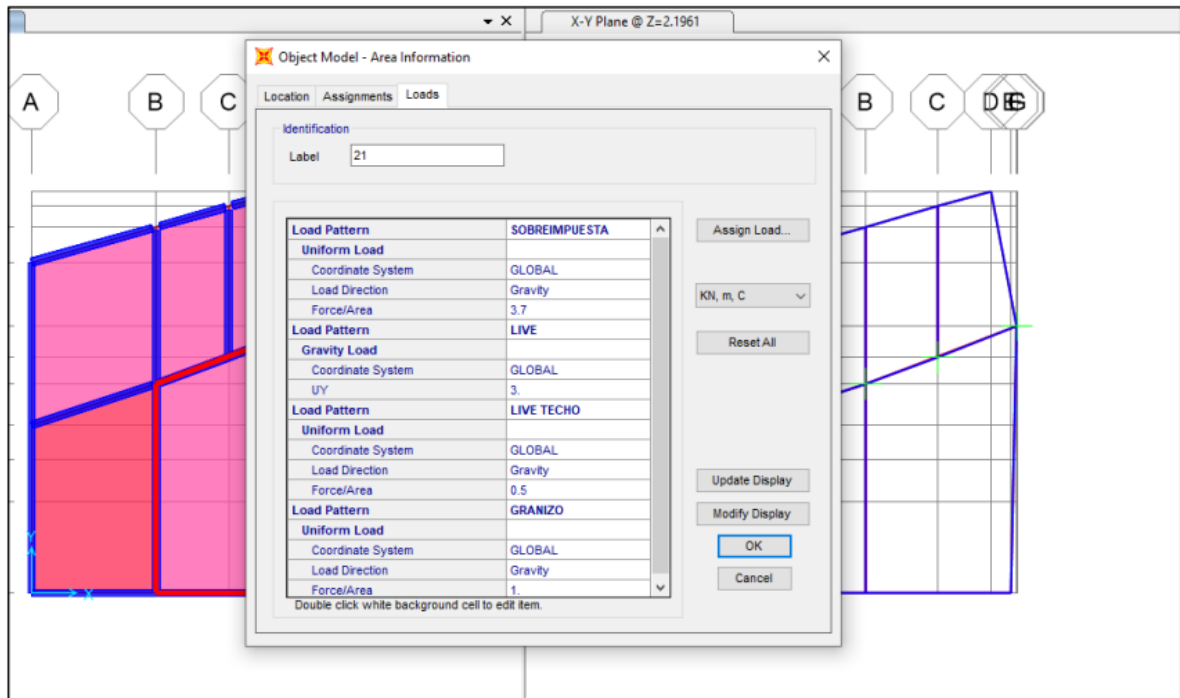


Ilustración 24 Asignación Cargas entrepisos  
Fuente: Propia

De acuerdo a la Ilustración No. 24 se asignan los datos recolectados para el estudio en donde se busca poder determinar de que manera puede verse afectada la vivienda.

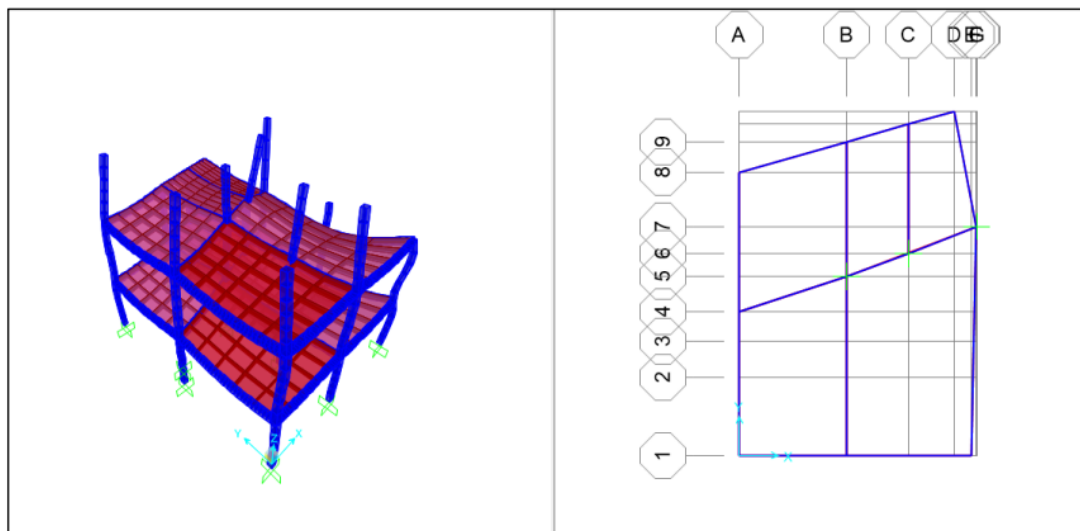


Ilustración 25 Corrida de Modelo  
Fuente: Propia

La modelación de la vivienda en el programa SAP 2000 nos evidencia como puede deformarse la estructura al verse sometida ante los efectos de una fuerza externa proveniente de un movimiento en masa el cual nos daría como resultado final la falla de la estructura como podemos observar en la ilustración No. 25.

- Definir los parámetros de remoción en masa basados en los datos geológicos e hidrológicos recolectados.

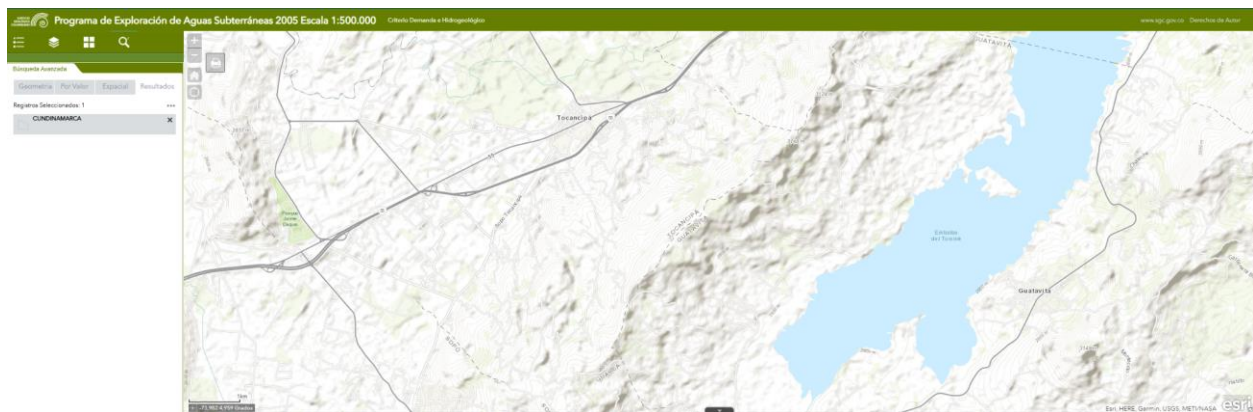


Ilustración 26 SGC Aguas subterráneas

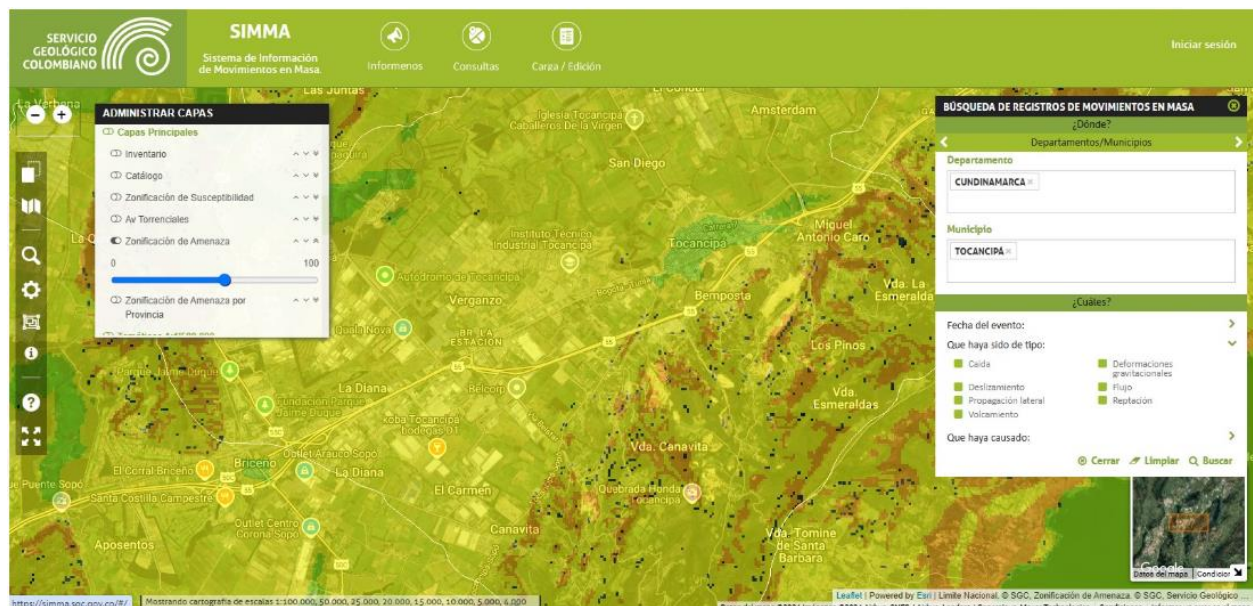


Ilustración 247 SGC Movimientos en masa

Según el portal de servicio geológico colombiano y como se observa en la ilustración No. 27 Se observan múltiples puntos negros y rojos, que podrían indicar registros previos de graduales, caídas o flujos de tierra en el área de Tocancipá. Esto sugiere que existen antecedentes de inestabilidad en el terreno.

### **Conclusiones y Recomendaciones**

El estudio permitió determinar que la vivienda del sector Patiño en la vereda Canavita presenta niveles de vulnerabilidad estructural insuficientes frente a eventos de remoción en masa. Esto se debe a deficiencias en diseño y construcción, como el uso de concreto con resistencia inferior a lo exigido por la NSR-10, falta de confinamiento estructural y cimentaciones inadecuadas.

La identificación de zonas de riesgo mediante mapas geológicos y visitas de campo confirmó que las áreas más críticas se encuentran en pendientes pronunciadas con suelos coluviales.

La modelación estructural evidenció que las viviendas sin refuerzos adecuados presentan deformaciones graves y riesgo de colapso bajo condiciones críticas.

Según lo observado y evaluado mediante la visita de campo realizada a la vereda Canavita, se pudo concluir que el sistema estructural para el diseño de la vivienda no es el más eficiente para garantizar la seguridad y salvaguardar la integridad de quienes habitan allí ante los posibles eventos de remoción en masa que se pueden seguir presentando. Por consiguiente, la posibilidad de que la vivienda pueda verse muy afectada es muy alta lo que aumenta el nivel de amenaza y estado de vulnerabilidad de la misma.

De acuerdo al estudio realizado se caracterizan los niveles de riesgo teniendo en cuenta un riesgo alto, medio y bajo, se concluye que la vivienda ubicada en el Sector Patiño se encuentra en una zona de riesgo de nivel alto ya que los tres aspectos fundamentales como lo es la vulnerabilidad estructural, la exposición al peligro y la capacidad de respuesta, se determina que en cuanto a vulnerabilidad estructural la vivienda en cuestión muestra importantes fallos en su edificación, un diseño que no es apropiado. Con respecto a la exposición al peligro la vivienda se encuentra en una zona propensa a deslizamiento ya que estas áreas han presentado deslizamientos anteriormente. Y por ultimo la capacidad de respuesta no es la mas optima ya que no se cuentan con estrategias efectivas para la evacuación, por esta razón se define una zona de riesgo con un nivel alto.

Para el tema de la vulnerabilidad se tuvo en cuenta la Tabla 010 “variable de vulnerabilidad en los elementos expuestos” donde podemos identificar el valor de la vulnerabilidad de la vivienda dependiendo si es alta, media o baja. Para el caso en cuestión según la tabla se cuentan seis parámetros que indican en que valor de vulnerabilidad se encuentra la vivienda por lo tanto se hace el siguiente análisis:

**1. Antigüedad de la vivienda:** Según la información recopilada la vivienda no tiene mas de 5 años por lo tanto el valor de vulnerabilidad es Baja 1

**2. Materiales de construcción y estado de conservación:** De acuerdo a lo observado en la visita de campo la vivienda no tiene una adecuada técnica constructiva esto quiere decir que el valor de vulnerabilidad es de Media 2.

**3. Cumplimiento de la normatividad vigente:** la vivienda no cumple con los parámetros mínimos de la NSR- 10 por lo cual el valor de la vulnerabilidad es Alta 3

**4. Características geológicas y tipo de suelo:** El sector Patiño se encuentra ubicado en zona con indicios de inestabilidad y con reportes de deslizamientos de acuerdo a esto el valor de la vulnerabilidad es Media 2

**5. Localización de las edificaciones con respecto a zonas de retiro a fuentes de agua y zonas de riesgo identificadas:** La vivienda se encuentra ubicada en una zona montañosa y escorrentías superficiales lo cual indica un valor de vulnerabilidad Media 2.

**6. Población:** El sector Patiño se encuentra conformado por 16 familias las cuales tienen una alta posibilidad de muerte o lesión debido a que se pueden presentar movimientos de remoción en masa y que en su gran mayoría no cuentan con viviendas con los debidos parámetros correspondientes para resistir este fenómeno natural por ende el valor de la vulnerabilidad es Alto 3.

Se determinó que el nivel de vulnerabilidad estructural es alto. Según el análisis realizado, la vivienda presenta deficiencias estructurales significativas, tales como baja resistencia del concreto (14 MPa, inferior a lo exigido por la NSR-10), cimentación inadecuada, ausencia de confinamiento estructural adecuado y columnas subdimensionadas. Además, la ubicación de la vivienda en una zona con pendientes pronunciadas y suelos inestables incrementa la probabilidad de fallas estructurales en caso de un desplazamiento de tierra. La modelación estructural en SAP2000 evidencia que la edificación sufriría deformaciones críticas bajo un escenario de remoción en masa, lo que podría llevar a su colapso.

En conclusión, la vivienda analizada es altamente vulnerable ante eventos de remoción en masa, lo que implica la necesidad de reforzar su estructura o considerar la reubicación en zonas de menor riesgo.

Para mejorar la seguridad de estas comunidades, se recomienda:

Reforzar las estructuras existentes siguiendo la NSR-10: Es fundamental realizar una evaluación estructural detallada de las edificaciones actuales y, en base a los resultados, proceder con las adecuaciones necesarias para garantizar que las construcciones cumplan con los estándares de seguridad sísmica y estructural establecidos en la norma NSR-10. Esto incluiría el refuerzo de muros, columnas y cimientos, así como la revisión de los materiales utilizados en las construcciones, con el fin de incrementar su resistencia ante posibles eventos sísmicos u otros desastres naturales.

Priorizar la reubicación de viviendas en zonas de menor riesgo: Las viviendas ubicadas en áreas de alto riesgo, como cercanas a cuerpos de agua, laderas inestables o zonas propensas a inundaciones o deslizamientos, deben ser identificadas y priorizadas para su reubicación. El proceso de reubicación debe considerar factores como la accesibilidad, los servicios básicos, y la integración social de las familias afectadas, buscando minimizar los impactos socioeconómicos y garantizar la protección a largo plazo.

Implementar estrategias de planificación territorial que limiten construcciones en áreas vulnerables: Es necesario desarrollar e implementar planes de ordenamiento territorial que restrinjan el uso del suelo en las zonas más vulnerables a desastres naturales. Esto incluye la promoción de políticas que impidan la construcción en áreas de alto riesgo y el fortalecimiento de la regulación de la planificación urbana, garantizando que todas las nuevas construcciones se ubiquen en zonas seguras y cuenten con la infraestructura adecuada para hacer frente a posibles emergencias.

### Lista de Referencia o Bibliografía

(INGERRD), I. N. (2020). *Guía para la evaluación de la vulnerabilidad estructural en edificaciones*.

Obtenido de <https://www.ingerrd.gob.do/documentos/guia-vulnerabilidad-estructural.pdf>

Arieza, R. (27 de enero de 2019). *Huila en peligro por amenaza sísmica*. Obtenido de La Nación:

<https://www.lanacion.com.co/huila-en-peligro-por-amenaza-sismica/>

Bazan Zanabria, A. M. (2022). *Diseño de Muros de Contención para Reducir el Riesgo de Movimiento de*

*Masas en el Asentamiento Humano Jardines de Carabayllo (sector 10)*. UNIVERSIDAD CATOLICA

SEDES SAPIENTIAE, Carabayllo, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1946>

Maly, E., & Suppasri, A. (2020). *The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction at Five: Lessons from*

*the 2011 Great East Japan Earthquake*. Obtenido de

<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/s13753-020-00268-9.pdf>

Marin, Roberto J; Guzman Martinez, Juan Carlos; Martinez Carvajal, Hernán E; Garcia- Aristizabal, Edwin

F; Cadavid Arango, Juan Diego; Agudelo Vallejo, Paulina. (2018). *Evaluación del riesgo de*

*avances superficiales para proyectos de infraestructura: caso de análisis en vereda El Cabuyal*.

Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/835/83556831007/83556831007.pdf>

Ríos Ratkovich, N., Valdes, J. P., Pineda, H., Daza, M., & otros. (2020). *Introducción al modelamiento y*

*simulación en Ingeniería Química*. Universidad De Los Andes, Bogotá, Colombia. Obtenido de

[https://ingenieria.uniandes.edu.co/es/publicaciones/introduccion-al-modelamiento-y-](https://ingenieria.uniandes.edu.co/es/publicaciones/introduccion-al-modelamiento-y-simulacion-en-ingenieria-)

[simulacion-en-ingenieria-](https://ingenieria.uniandes.edu.co/es/publicaciones/introduccion-al-modelamiento-y-simulacion-en-ingenieria-)

[quimica#:~:text=El%20modelado%20corresponde%20a%20la,pues%20permite%20cuantificar%](https://ingenieria.uniandes.edu.co/es/publicaciones/introduccion-al-modelamiento-y-simulacion-en-ingenieria-)

[20fen%C3%B3menos%20f%C3%ADsicos.](https://ingenieria.uniandes.edu.co/es/publicaciones/introduccion-al-modelamiento-y-simulacion-en-ingenieria-)

Rodriguez Navarro, J. L. (2009). *Validación del análisis sismorresistente de edificios sometidos a empuje*

*de suelos*. ESCUELA DE INGENIERIA DE ANTIOQUIA, Envigado. Obtenido de

<https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/cca47968-0507-4652-b508-d0e4667ed2dd/content>

Rojas García & Mora Agudelo. (2016). *Estudio del grado de vulnerabilidad producido por el fenómeno de*

*remoción en masa sobre el Conjunto Residencial Agrupación de Vivienda San Nicolás*. Obtenido

de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1064&context=ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1064&context=ing_civil)

Salas Torres, F. J. (2018). *Elaboracion de mapas de amenazas por procesos de remocion en masa a partir*

*de la modelacion de respuesta hidrolologica en cuencas*. Universidad Nacional de Colombia,

Bogota, Colombia. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/1053817294.2018.pdf>

Servicio Geologico Colombiano. (2016). *Guia Metodologica Para Estudios De Amenaza, Vulnerabilidad Y*

*Riesgo Por Movimientos En Masa*. Obtenido de

[https://www2.sgc.gov.co/Noticias/boletinesDocumentos/1642\\_Guia-Metodologica-27-07-2016-SinGuias.pdf](https://www2.sgc.gov.co/Noticias/boletinesDocumentos/1642_Guia-Metodologica-27-07-2016-SinGuias.pdf)

Unidad Nacional Para La Gestion De Riesgo de Desastre. (2015). *30 años de una colombia fortalecida en*

*gestion del riesgo*. Obtenido de

<http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/18550/Informe%20especial%20Armero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Unidad nacional para la Gestion de Riesgo de Desastres. (2012). *Guia metodologica para la elaboracion*

*del Riesgo de desastre*. Obtenido de

[http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20871/Guia\\_elaboracion\\_plan\\_departamental\\_gestion\\_del\\_riesgo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20871/Guia_elaboracion_plan_departamental_gestion_del_riesgo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vasquez, O. (5 de octubre de 2016). *www.Bogota.gov.co*. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/localidades/usaquen/en-usaquen-se-reubicaran-55-familias-que-residen-en-zonas-de-alto-ries>