



**Caracterización de deficiencias estructurales en construcción de viviendas
sismorresistentes en El Mirador, Ciudad Bolívar, Bogotá.**

Angy Katherin Panqueva León

10481729532

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

Bogotá, Colombia

2023

**Caracterización de deficiencias estructurales en construcción de viviendas
sismorresistentes en El Mirador, Ciudad Bolívar, Bogotá.**

Angy Katherin Panqueva León

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director (a):

PhD, Doctor, Ingeniero, Edison Osorio Bustamante

Línea de investigación:

Estructuras

Grupo de investigación:

GRESIA

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

Bogotá, Colombia

2023

**Caracterización de deficiencias estructurales en construcción
de viviendas sismorresistentes en El Mirador, Ciudad Bolívar,
Bogotá.**

*Characterization of structural deficiencies in the construction of seismic resistant
houses in El Mirador, Ciudad Bolívar, Bogotá.*

Panqueva León, Angy Katherin¹
Osorio Bustamante, Edison²

¹ Universidad Antonio Nariño, Colombia, apanqueva92@uan.edu.co

² Universidad Antonio Nariño, Colombia, e.osorio@uan.edu.co

Resumen.

La vulnerabilidad sísmica de una construcción es la estimación de los daños, tipo de fallo y capacidad resistente ante una magnitud de sismo probable que puede darse por las condiciones del suelo y condiciones tectónicas de la zona.

Teniendo en cuenta que el Barrio Mirador está ubicado en Ciudad Bolívar, una localidad que ha sido poblada sin planificación, por medio de asentamientos informales en los cuales predomina la falta de aplicación de normativa sismorresistente, a pesar del riesgo intermedio de la zona, acompañado de peligros geológicos; es de suma importancia poder determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de este lugar de forma más exacta, para poder prevenir altas pérdidas materiales y humanas.

De esta manera, se buscó caracterizar las condiciones estructurales de algunas viviendas en el barrio El Mirador en Ciudad Bolívar, Bogotá, de acuerdo con el Manual FEMA P-154, que propone una inspección de tipo cualitativa, en la que, por medio de una visita a campo, se determinan las irregularidades y peligros que puede tener la estructura. Así, la evaluación sísmica dará respuesta a la necesidad de un reforzamiento estructural o dado el caso, indicar si definitivamente la construcción requiere ser construida nuevamente por el alto nivel de riesgo que representa.

Durante esta inspección, se realizó la evaluación estructural a 23 viviendas del barrio El Mirador, encontrando que todas ellas tenían al menos una falla que podría ocasionar daños en caso de un sismo y que por ello, es necesario realizar una inspección estructural detallada.

Palabras Clave.

Vulnerabilidad sísmica, construcción sismorresistente, irregularidades constructivas, inspección visual, evaluación sísmica.

Abstract.

The seismic vulnerability of a structure is the estimated damage, type of failure, and resistance capacity in the face of a probable earthquake magnitude that can occur due to the soil and tectonic conditions of the area.

Given that the Mirador neighborhood is in Ciudad Bolívar, a town that has been populated without planning through informal settlements where the application of seismic regulations is lacking, despite the intermediate risk of the area and geological hazards, it is extremely important to determine the level of seismic vulnerability accurately to prevent significant material and human losses.

To this end, we sought to characterize the structural conditions of some houses in the El Mirador neighborhood in Ciudad Bolívar, Bogotá, in accordance with the FEMA P-154 Manual, which proposes a qualitative inspection to determine irregularities and dangers through a field visit. The seismic evaluation will then respond to the need for structural reinforcement or indicate, if applicable, whether the construction requires rebuilding due to the high level of risk it represents.

During this inspection, a structural evaluation was carried out on 23 houses in the El Mirador neighborhood, and it was found that all of them had at least one fault that could cause damage in the event of an earthquake. Therefore, a detailed structural inspection is necessary.

Key Words.

Seismic vulnerability, seismic construction, construction irregularities, visual inspection, seismic evaluation.

1. Introducción.

En Bogotá, cerca del 80% de las viviendas no cumplen con normas de sismorresistencia, pese a que en Colombia se cuenta con una normativa para el diseño y construcción de estas. Así lo explica el artículo publicado por (Portafolio, 2010), indicando que la mayoría de las viviendas en la ciudad son construidas de manera informal, sin tener en cuenta especificaciones técnicas, materiales óptimos, personal con conocimientos, y adicional en zonas de alto riesgo, lo que podría generar grandes pérdidas materiales y humanas en caso de un sismo.

Por ejemplo, en el caso de la localidad de Ciudad Bolívar, está zonificada entre cerros y depósito de ladera, por lo cual, el suelo de la localidad de Ciudad Bolívar tiene mediana capacidad portante y es susceptible a problemas de estabilidad de taludes especialmente por estar ubicada a altas pendientes (Sociedad Colombiana de Geotecnia SCG, 2010).

Debido a esto, es de suma importancia identificar las viviendas que tienen un desempeño deficiente frente a la ocurrencia de un sismo, caracterizando las malas prácticas constructivas que puedan tener estas estructuras, que generalmente son autoconstruidas y podrían presentar varios vacíos técnicos en cuanto a la elaboración estas, debido a que su construcción se llevó a cabo antes de la expedición de la reglamentación del Decreto Nacional 926 de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismorresistentes NSR-10.

Bajo esta premisa, se hace necesario implementar una metodología rápida de inspección ante las limitaciones de tiempo y costos, que represente el estado actual de un grupo de viviendas y permita hacer un acercamiento general frente a la situación que se puede dar en caso de emergencia.

La metodología P-154 propuesta por (Federal Emergency Management Agency, 2015), debe iniciarse con un reconocimiento de la zona de estudio, en la cual, se recolecta información relevante sobre la ubicación de las estructuras: tipo de suelo y peligros geológicos presentes, ya que estos son modificadores a la puntuación que indicará la vulnerabilidad sísmica de las viviendas. Posteriormente en la inspección, se reconoce la tipología constructiva, y a partir de ello se examinan y puntúan en el formato correspondiente las irregularidades observadas.

El análisis de la información recopilada muestra los diferentes índices de vulnerabilidad de cada vivienda, y con la compilación de estos resultados, se puede deducir el riesgo general de la zona de estudio, que para este caso muestra que cada estructura tiene al menos una irregularidad y/o peligro que la hace propensa a daños en caso de un sismo, mostrando la necesidad de un posible reforzamiento estructural o la construcción nueva de la vivienda, con el fin de evitar grandes pérdidas.

Así, se encuentran al final las recomendaciones generales que podrían disminuir los riesgos sísmicos de la zona, justificadas mediante el trabajo investigativo y práctico realizado.

Este es parte de la línea investigación en el área de estructuras y construcción del programa de Ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería Civil, y la línea de investigación de infraestructura sostenible del Grupo GRESIA, y es fruto del Semillero Observatorio de Infraestructura Sostenibles.

2. Planteamiento del Problema.

El escenario sísmico de la localidad de Ciudad Bolívar es evidente teniendo en cuenta la microzonificación sísmica de Bogotá, la forma mediante la cual ha sido poblada y que las viviendas fueron construidas previo a la expedición de la reglamentación del Decreto Nacional 926 de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismorresistentes NSR-10, entendiéndose así que estas estructuras no cuentan con procesos normativos correspondientes.

A pesar de ello, en la localidad actualmente se observa un incremento en la construcción de viviendas, incluso en zonas muy riesgosas, construcciones en las cuales se siguen omitiendo parámetros básicos de sismorresistencia, por lo cual viviendas nuevas siguen derivando en procesos empíricos, con deficiencias estructurales significativas y uso de materiales de baja calidad, que se reflejan en el deterioro acelerado de la misma construcción.

Aunque esta problemática tiene detrás causas como la carencia de recursos de las familias que habitan allí y la falta de control de estos asentamientos, es cierto también que las personas no evidencian el riesgo que trae consigo este tipo de construcciones, por lo cual tener un diagnóstico de las mismas, permitiría que ellas tengan más cuidado al construir sus viviendas.

3. Justificación.

La presente investigación, se hace teniendo en cuenta la vulnerabilidad sísmica que se presenta en localidad de Ciudad Bolívar, donde se han pasado por alto las normativas para la construcción de viviendas seguras, aun cuando terremotos locales como el ocurrido el 4 de septiembre de 1966 en la zona de Usme a 10 kilómetros del sur de Bogotá, dejó como saldo 6 muertos, 30 personas heridas y 200 casas destruidas a pesar de sólo haber tenido 5km de profundidad, mostrando el poder destructivo de un movimiento sísmico sobre los centros poblados de la ciudad (Ramírez, 2009).

Adicionalmente, sectores como Ciudad Bolívar muestran incrementos urbanísticos debido a la falta de control frente a las invasiones en zonas catalogadas como peligrosas frente a derrumbes o deslizamientos, y en las que personas de bajos recursos autoconstruyen viviendas, que por no estar localizadas, diseñadas y estructuradas de manera correcta sufren pérdidas totales por simples efectos de la lluvia, además de causar lesiones a quienes las habitan.

En consecuencia, este trabajo pretende servir de diagnóstico para revisar el estado actual de las viviendas existentes en Ciudad Bolívar, específicamente en el barrio El Mirador, usando la metodología P-154 propuesta por (Federal Emergency Management Agency, 2015) para lo cual será preciso evaluar algunas de las construcciones de la zona, identificando sus fallas estructurales frente a lo que plantea la normativa, y de esta forma poder extraer los elementos que les permitan a los propietarios considerar un reforzamiento estructural para sus viviendas.

4. Estado del Arte.

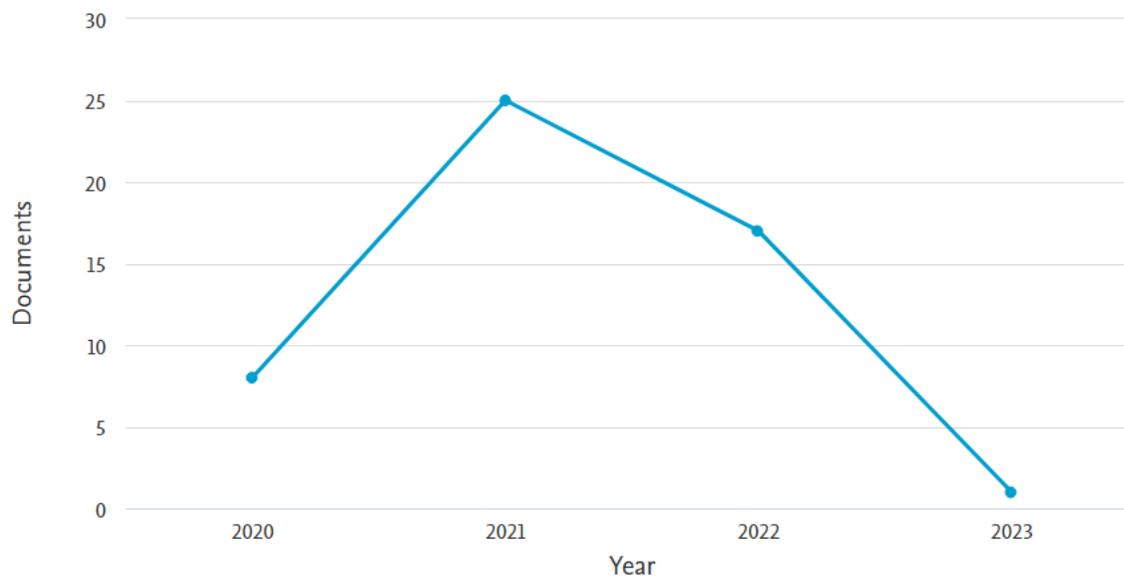
4.1. Búsqueda de Documentos y Análisis de Resultados.

Después de haber puesto en conocimiento el planteamiento del problema, es necesario buscar por medio de herramientas de análisis de impacto como (Scopus, 2023), investigaciones relevantes sobre construcción de viviendas sismorresistentes, clasificando los artículos encontrados según su utilidad para finalmente conectar entre sí la información y poder implementar algunas metodologías al caso de estudio desarrollado.

De esta manera, se utilizaron los siguientes parámetros de búsqueda en la base de datos bibliográfica de (Scopus, 2023): TITLE-ABS-KEY (seismic AND resistant AND building AND vulnerability) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2023 - 2020)), encontrando un total de 51 documentos, en la Figura 1.

Figura 1.

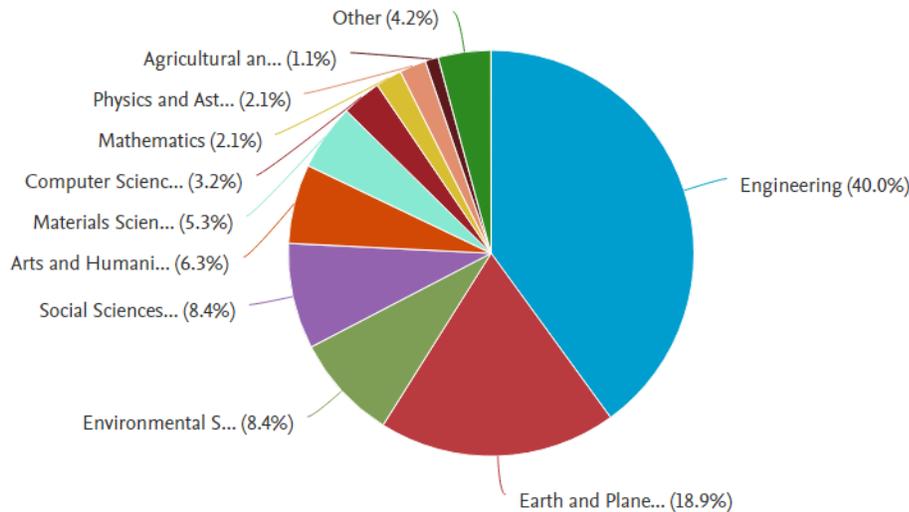
Documentos encontrados en Scopus desde el año 2010 al año 2023.



Nota. Fuente: Tomado de Analyze search results (Scopus, 2023).

Por otro lado, se observa en la Figura 2, que el área de conocimiento con más artículos publicados es ingeniería con un total de 40.0%, seguido de ciencias de la tierra y planetarias con un 18.9%, ya que dentro de esta área encontramos artículos relacionados con fenómenos geológicos y naturales como los sismos, base fundamental de esta investigación.

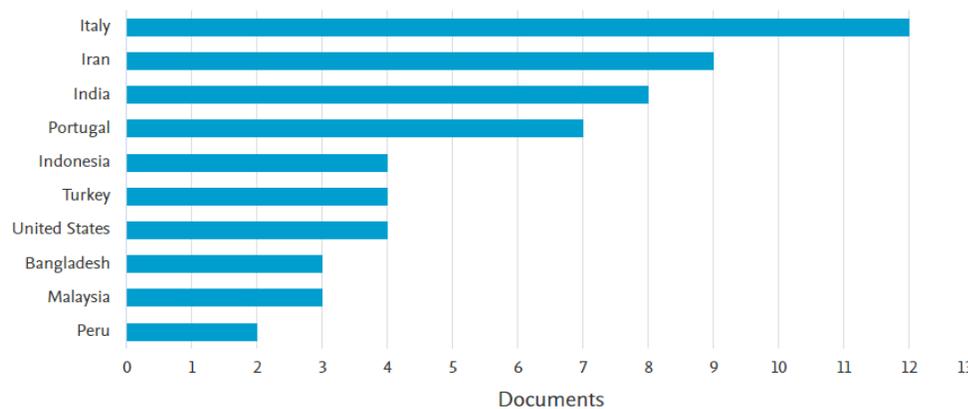
Figura 2.
 Clasificación de documentos por área de conocimiento.



Nota. Fuente: Tomado de Analyze search results (Scopus, 2023).

Adicionalmente, se muestra el análisis de los 10 países o territorios con más artículos publicados. Así, en la Figura 3, se observa que Italia es el país con más artículos divulgados. Por otro lado, no encontramos a Colombia dentro de los 32 países que se encuentran dentro de los resultados de la búsqueda, lo que indica la falta de estudios referente a la problemática planteada, por lo cual será necesario indagar otras fuentes bibliográficas que permitan revisar las investigaciones y adelantos que se han hecho en el país y también poder tener una comparativa respecto a otros lugares del mundo, y como estas investigaciones pueden también adaptarse a las condiciones geográficas de la zona de estudio.

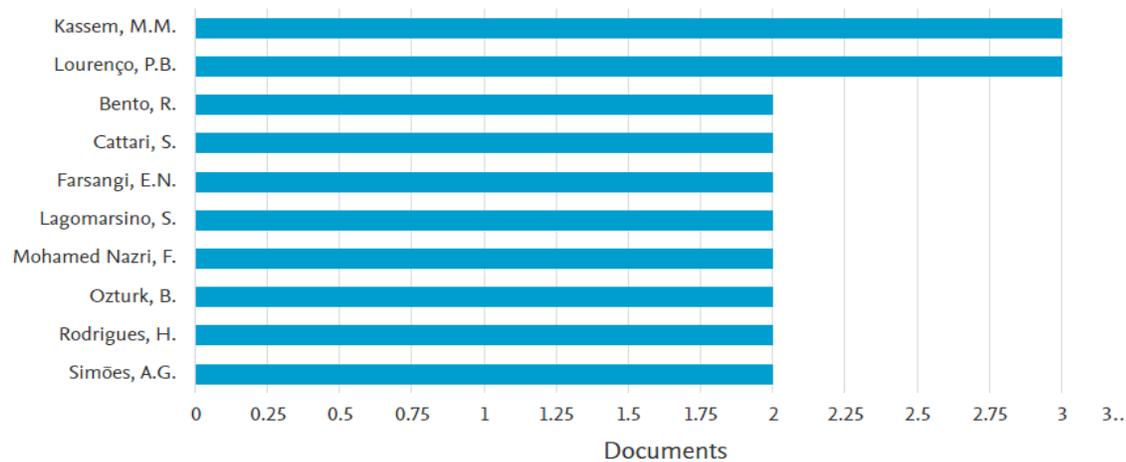
Figura 3.
 Documentos publicados por territorio.



Nota. Fuente: Tomado de Analyze search results (Scopus, 2023).

También, con el fin de revisar los aportes investigativos de cada autor, se presenta en la Figura 4, los diez autores con más artículos publicados, buscando identificar cuáles de ellos contribuyen más al estudio de la problemática a desarrollar.

Figura 4.
Cantidad de documentos por autor.



Nota. Fuente: Tomado de Analyze search results (Scopus, 2023).

4.2. Clasificación de Documentos.

Teniendo en cuenta que, dentro de los documentos encontrados, se localizan algunos que no son relevantes en esta investigación, se clasificaron en aquellos que estudian la vulnerabilidad sísmica y el índice de riesgo en estructuras construidas en mampostería en zonas de altos riesgos, y adicional aquellas investigaciones enfocadas en nuevos métodos de inspección y evaluación sísmica.

En la Tabla 1, se muestra la clasificación de los artículos relevantes:

Tabla 1.
Clasificación de artículos para el estado del conocimiento.

Palabras Clave	Título	Autor	Año
Vulnerabilidad sísmica, índice de riesgo	Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio de mampostería soportado por aisladores STRP	Zisan M.B., Haque M.N., Hasan, M.A.	2023
	Desarrollo de un índice de vulnerabilidad sísmica uniforme para la tipología de edificios de hormigón armado	Kassem M.M., Mohamed Nazri F., Farsangi E.N., Ozturk, B.	2022

	Evaluación comparativa del RIESGO sísmico de edificios de CR existentes utilizando un enfoque de índice de vulnerabilidad sísmica	Kassem M.M., Mohamed Nazri F., Noroozinejad, Farsangi E., Tan C.G.	2021
	Metodología mejorada del índice de vulnerabilidad para cuantificar el riesgo sísmico y la evaluación de pérdidas en edificios de hormigón armado	Kassem, M.M., Nazri F.M., Farsangi E.N., Ozturk B.	2022
	Técnicas Sismorresistentes en la Zona del Etna (Sicilia) tras el Terremoto de 1818	Scibilia F., Lo Faro A., Mondello A.	2022
Construcción sismorresistente, estructuras resistentes a terremotos, diseño sísmico	Control sísmico de edificios de pisos blandos mediante el sistema de aislamiento LRB	Choudhury S.S., Patro S.K.	2021
	Sistemas innovadores para muros de relleno de mampostería sismo resistente: Caracterización de materiales y ensamblajes de mampostería	Silva L.M., Vasconcelos G., Lourenço P.B.	2021
	Diseño sísmico basado en el rendimiento de muros de corte de placa de acero corrugado	Zhao Q., Qiu J., Zhao Y., Yu C.	2022
Métodos de inspección, evaluación sísmica, visual	Evaluación del riesgo sísmico de los marcos de hormigón armado en la ciudad de Al-Najaf-Irak utilizando parámetros geotécnicos	Al-Mamoori S.K., Attiyah A.N., Al-Maliki L.A., Al-Sulttani A.H., El-Tawil K., Hussain H.M.	2021
	Evaluación de la Vulnerabilidad y Pérdidas Sísmicas de Vila Real de Santo Antonio Portugal: Aplicación de un Método Novedoso	Ortega J., Vasconcelos G., Rodrigues H., Correia M.	2021
	Evaluación del riesgo sísmico de edificios de hormigón armado en la región de Koyna-Warna a través del método EDRI	Shendkar M.R., Pradeep Kumar R., Mandal S., Maiti P.R., Kontoni D.-P.N.	2021

Nota. Fuente: Autor, adaptado de (Scopus, 2023).

4.3. Contextualización.

4.3.1. Vulnerabilidad Sísmica e Índice de Riesgo.

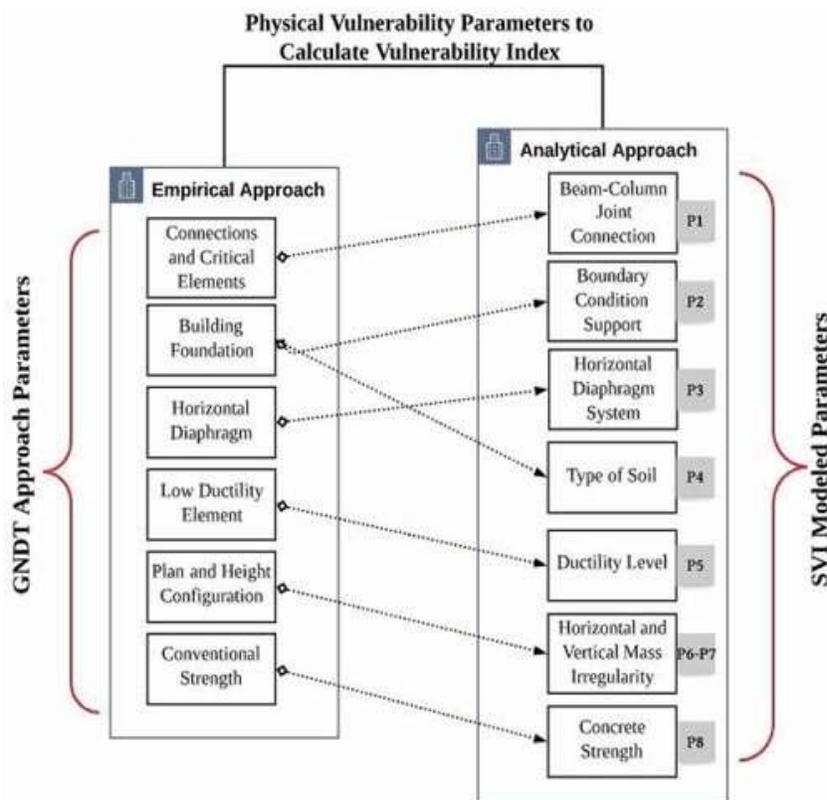
Los autores (Zisan, Haque, & Hasan, 2023), buscaron determinar la vulnerabilidad sísmica de un edificio convencional en mampostería de dos pisos en Bangladesh, por medio del análisis Pushover y curvas de fragilidad. El primero, básicamente consiste comparar los

espectros de diseño y de demanda para obtener el punto de desempeño estructural de la edificación, mostrando el índice de daño probable que puede sufrir la estructura al ser desplazada por una fuerza sísmica. Adicionalmente, por medio de las curvas de fragilidad obtienen la representación gráfica de la probabilidad de alcanzar o exceder un estado de daño según la intensidad del movimiento, dando una idea clara de las afectaciones que podría sufrir la edificación al momento de presentarse un sismo, y tener en cuenta buscar otras alternativas que mitiguen los daños.

También, (Kassem, Nazari, Farsangib, & Ozturk, 2022) recalcan la importancia de determinar la vulnerabilidad sísmica, teniendo en cuenta las pérdidas humanas y materiales que se han presentado en todo el mundo debido a la falta de estas evaluaciones. Para ello, desarrollaron un marco teórico que explique la implementación de evaluaciones sísmicas por medio de análisis paramétrico no lineal. Inicialmente se reconstruye información de edificios que han tenido daños por eventos sísmicos identificando los elementos que más afectación presentaron por medio de la observación. Enseguida, con un software de análisis de elementos finitos (FEA) se hace una simulación de fuerzas sísmicas para predecir la reacción de la estructura a evaluar, teniendo en cuenta parámetros como unión de elementos estructurales, condición de contorno de soporte; sistema de diafragma horizontal ; tipo de suelo; nivel de ductilidad; irregularidad de masa horizontal y vertical, y resistencia del material. Con lo anterior, es posible clasificar la estructura en un grupo de vulnerabilidad, para aplicar el análisis paramétrico que tiene en cuenta los resultados obtenidos de las dos fases: evaluación probabilística según el modelado de la estructura y compatibilidad del daño real que han tenido otras estructuras.

Group of National Defense diseñó un modelo de índice de vulnerabilidad empírico, el cual fue mejorado por (Kassem M. M., Nazri, Farsangi, & Ozturk, 2021) mediante una metodología que se basa en obtener la información de la edificación, asignar los parámetros de vulnerabilidad que se muestran en la Figura 5, hacer una selección de los movimientos del suelo (considerar intensidad de aceleración máxima del suelo, tipo de suelo, distancia de fallas geológicas). Posteriormente, se ponderan los parámetros con una modelación de la estructura por análisis no lineal, lo que va a permitir extraer las curvas de análisis dinámico. De esta manera, y con base en el índice de vulnerabilidad, se definen las categorías de daño: Insignificante, Menor, Moderado, Colapso Parcial y Colapso Total que podría tener la estructura.

Figura 5.
Parámetros para calcular la vulnerabilidad sísmica.



Nota. Fuente: tomado de (Kassem M. M., Nazri, Farsangi, & Ozturk, 2021).

4.3.2. Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes.

Los autores (Scibilia, Lo Faro, & Mondello, 2022), realizan una investigación sobre las técnicas de construcción sismorresistente que se han empleado en Sicilia – Italia, posterior al terremoto ocurrido en 1818. Por ejemplo, las construcciones de *baraccata* con esqueletos de madera o hierro, han garantizado más resistencia ante efectos sísmicos a comparación de estructuras basadas en mampostería simple, además de ser de las alternativas más económicas a las cuales se puede acceder. Estas estructuras suelen ser resistentes porque se caracterizan por:

- Localización de la estructura en suelo óptimo.
- Construcción de cimentaciones sólidas, conforme a la altura y diseño de la estructura.
- Configuración estructural diseñada para el tipo de estructura y su ubicación.
- Diseño y construcción adecuado de elementos no estructurales.
- Mano de obra calificada y materiales de calidad.

Adicionalmente, están exentas de malas prácticas constructivas como: incompatibilidad de materiales, aberturas excesivamente grandes de pisos, mala alineación de vanos y/o discontinuidad de elementos estructurales.

Por otro lado, en un artículo publicado por (Silva, Vaconcelos, & Lourenço, 2021) se habla de dos sistemas innovadores para muros de mampostería de relleno sismorresistentes. El primer sistema es llamado UMSystem1 o Uniko System, que consiste en un muro de mampostería de una sola hoja compuesto por unidades verticales de mampostería de arcilla perforada de 250×250×100 mm (largo x alto x espesor) con junta de cabeza entrelazada. Las unidades en dirección vertical crean una junta continua mejorando la disipación de energía en caso de movimiento, ya que además tiene refuerzos mediante barras de acero en los huecos de cada unidad, que van conectados a las vigas.

El otro sistema UMSystem1 o Thermal System, consiste en un muro de mampostería de arcilla de una sola hoja de 140 mm de espesor, realizado con unidades comerciales de mampostería perforada vertical producido en Portugal, reforzando mediante armaduras de refuerzo que constan de dos alambres paralelos de 5 mm soldados entre sí con un alambre de truss continuo de 100 mm de ancho, colocado cada dos filas.

Las dos técnicas al ser comparadas con la mampostería clásica muestran mayor resistencia ante movimientos sísmicos, además de controlar fisuras y agrietamientos por otro tipo de agentes externos.

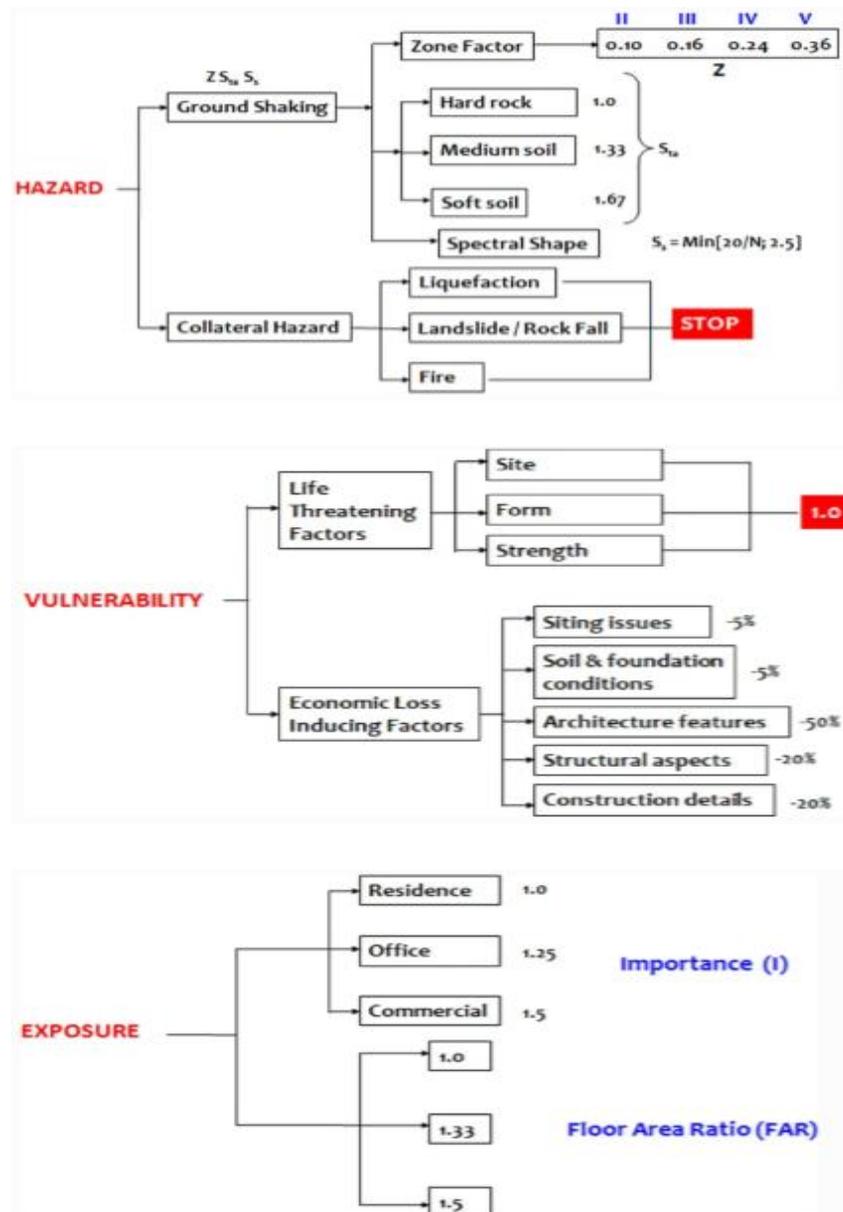
Otra de las alternativas de construcción sismorresistente utilizada ampliamente, trata como lo explica (Choudhury & Patro, 2020) de la implementación de sistemas de aislamiento en caucho laminado, ya que muestran excelente comportamiento sísmico, en términos de aceleración absoluta, cortante base y deriva controlada entre pisos. Estos aislantes sísmicos se conforman de capas de caucho natural o sintético unido con acero por vulcanización: estos cojines se colocan en la base inferior de la columna de piso, alargando el periodo de vibración de la estructura, reduciendo en un 31.9% el cortante en la parte inferior de la base de la columna y en un 42.23% la aceleración del piso superior.

4.3.3. Métodos Visuales de Inspección y/o Evaluación Sísmica.

El método EDRI (Índice de riesgo de desastres sísmicos), es un método de inspección visual modificado, utilizado por (Shendkar, Kumar, Mandal, Maiti, & Kontoni, 2021) en Koyna-Warna, India, debido al riesgo sísmico que se representa en el territorio. En este método, se tiene como referencia el FEMA-310 de 1998, pero utilizando en este método 3 fases: selección, evaluación y evaluación detallada. El procedimiento inicia con una visita al edificio para una inspección visual en la que se le da una puntuación estructural y posterior clasificación de índice de riesgo que está dado por tres factores: el peligro, la vulnerabilidad y la exposición de la región/ciudad, los cuales se detallan en la Figura 6.

Figura 6.

Diagrama de flujo de parámetro peligro, vulnerabilidad y exposición.



Nota. Fuente: tomado de (Shendkar, Kumar, Mandal, Maiti, & Kontoni , 2021).

El procedimiento para calcular el riesgo implica un conjunto de preguntas relacionadas con la ubicación (actividad sísmica de la región), condiciones del suelo y de los cimientos, características de la arquitectura, aspectos estructurales y detalles de la construcción. Cada pregunta tiene un peso particular basado en su importancia y el parámetro restante, es decir, la exposición depende del factor de importancia.

En San Antonio, Portugal (Ortega, Vasconcelos, Rodrigues, & Correia, 2020) aplican un método llamado Evaluación Sísmica de la Vulnerabilidad de las Estructuras de Arquitectura

Vernácula (SAVVAS), desarrollado en 2019. La diferencia de este método es que utiliza procedimientos analíticos en vez de empíricos, es decir, es una herramienta numérica que estima la capacidad sísmica utilizando datos cualitativos (definición de parámetros de la evaluación de vulnerabilidad) y cuantitativos (cálculo de factores de carga y estados límites estructurales). Posteriormente se contextualiza la demanda sísmica del sitio, se clasifica la estructura y se presentan resultados.

4.3.4. Avances en Colombia.

Uno de los avances más notables que se han venido adelantando en Colombia frente a creación del Modelo Nacional de Riesgo Sísmico con la iniciativa de Servicio Geológico Colombiano y la (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI., 2022), quienes tienen como propósito una herramienta computacional que permitan identificar la vulnerabilidad de las diferentes tipos de construcciones en Colombia, por medio de una interacción de modelos de amenaza, vulnerabilidad y exposición, poniendo así en evidencia la verdadera situación en temas sísmicos del país. Básicamente, con este modelo se creará una base de datos por medio de la reconstrucción geotécnica y de propiedades físicas de las edificaciones, posteriormente con “visitas” virtuales se evalúa el nivel de vulnerabilidad que presenta cada una de ellas.

Por otro lado, en Bogotá se han realizado diferentes tesis para determinar el índice de vulnerabilidad mediante distintos métodos, entre ellos se encuentra métodos cualitativos como el método de la (AIS, 2000), (Benedetti y Petrini 1984) y el de la (Comisión Sismológica Europea, 1998). Por ejemplo, (Vargas Cancelado & Ramirez Rojas, 2020) combinaron dos de estos métodos cualitativos, y los programaron en una página web que permitiera que los usuarios al conocer datos como la organización de la estructura, tipo de mampostería y área de la misma, posición del edificio y cimentación, diagramas horizontales, configuración en planta y altura, distancia entre muros, tipo de cubierta, elementos no estructurales y estado de conservación, pudieran obtener el índice de vulnerabilidad sísmica de estructuras de ocupación normal y grupo de uso I.

Otros autores como (Rincón Lobo, 2010) aplican métodos computacionales para determinar las deficiencias en los métodos constructivos de viviendas informales en Kennedy y Ciudad Bolívar, modelando cada una de ellas en SAP2000 y realizando simulación de un evento sísmico para revisar el comportamiento de la estructura. En el caso de este estudio, de las 3 viviendas analizadas se concluye que más del 80% de las viviendas podría verse afectada frente a la ocurrencia de un sismo, pues las estructuras carecen de rigidez, mala distribución de esfuerzos, no hay continuidad en el confinamiento de los muros, geometrías alargadas, entre otros aspectos que las hacen altamente peligrosas en el momento de que ocurra un sismo.

5. Marco Teórico.

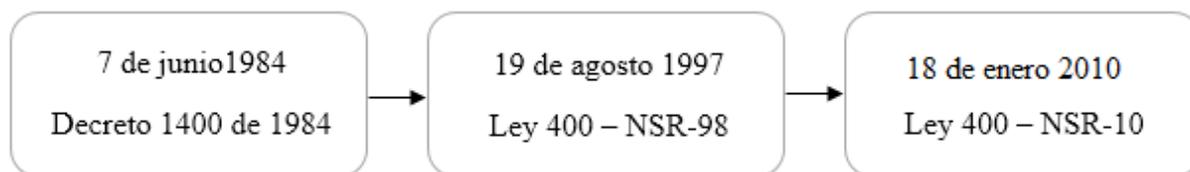
5.1. Marco Legal.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR – 10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2010) fue creado para establecer los requisitos generales que deben cumplir las edificaciones indiferentemente de su uso, desde la parte del diseño arquitectónico hasta los cálculos estructurales, que van a depender en cierta medida de la localización y capacidad de la edificación: adicionalmente indicar los procesos constructivos básicos como son el estudio de suelos, cimentaciones acordes y calidad de materiales.

Este reglamento fue creado debido a al terremoto ocurrido en Popayán 31 de marzo de 1983 que derrumbó 6800 viviendas y edificios, y que ocasionó la muerte 267 personas y en el que otras 7500 resultaron heridas. De esta manera, se muestra en la Figura 7, las modificaciones que ha tenido el Código de Construcciones Sismo Resistentes en Colombia.

Figura 7.

Modificaciones del Código de Construcción Sismo Resistente en Colombia.



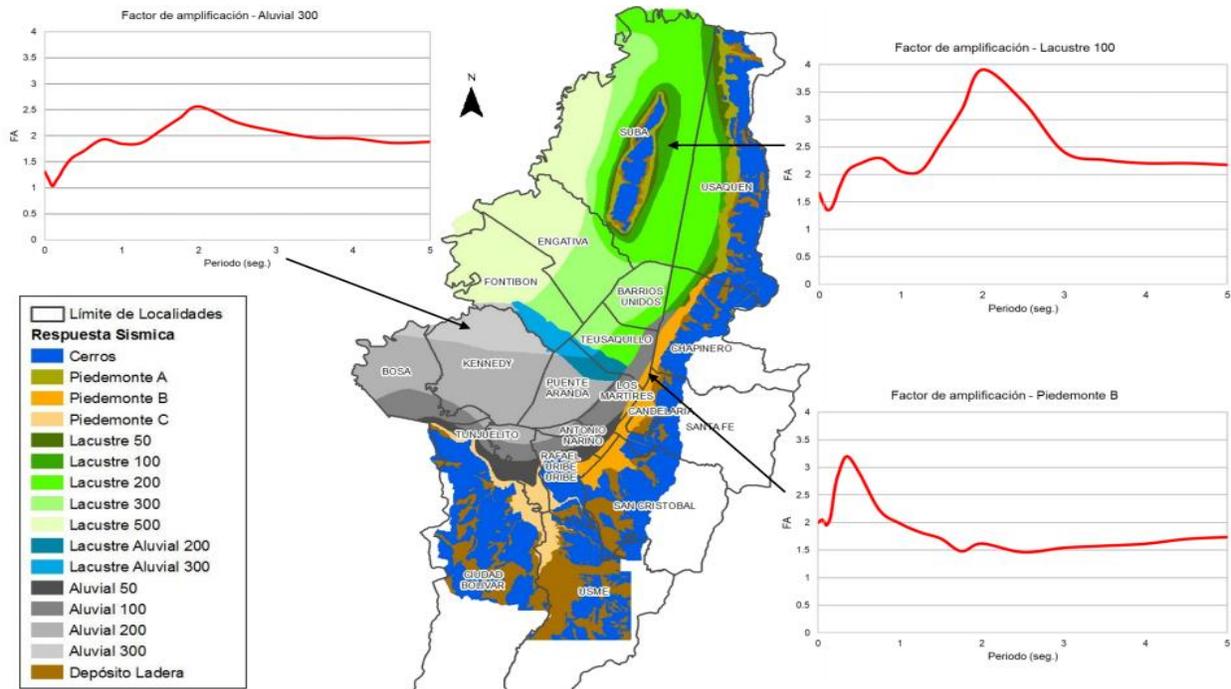
Nota. Fuente: autor.

5.2. Microzonificación Sísmica.

Al verificar el mapa de Zona de Amenaza Sísmica del país, integrado en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistente NSR-10, se evidencia que la ubicación geográfica de Bogotá está en una zona intermedia de amenaza sísmica, al estar aproximadamente a 40 km de distancia del sistema de Falla Frontal de la Cordillera Oriental (Falla del Piedemonte Llanero) que es la fuente sísmica activa más cercana a la ciudad y que tiene el potencial de generar sismos de magnitudes importantes (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - IDIGER, 2018).

Mediante el Decreto 523 de 2010 la (Sociedad Colombiana de Geotecnia - Bogotá, 2010) emitió el mapa mostrado en la Figura 8, caracterizando las condiciones geotécnicas de las localidades de Bogotá, con el fin de facilitar los debidos procesos constructivos en las diferentes zonas de la ciudad.

Figura 8.
 Microzonificación de respuesta sísmica del Suelo Bogotá.



Nota. Fuente: tomado de (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - IDIGER, 2018).

5.3. Vulnerabilidad Sísmica y Estructural.

La vulnerabilidad sísmica es una medida que permite clasificar a las estructuras de acuerdo con sus características y calidad estructural, dentro de un rango bajo, moderado o alto (Maldonado Rondón & Chio Cho, 2009). De tal forma, la vulnerabilidad sísmica depende de cómo esté construida la estructura; su geometría y los elementos que la componen, y cómo fueron fabricados los mismos, es decir, los materiales utilizados.

Según el método de (Federal Emergency Management Agency, 2015) - FEMA P-154, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, para determinar la vulnerabilidad estructural de una edificación, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos que permitirán realizar una evaluación visual cualitativa:

- Número de pisos y forma.
- Ocupación de la estructura.
- Tipo de suelo y amenazas geológicas.
- Problemas, irregularidades o amenazas potenciales de caída de elementos exteriores.

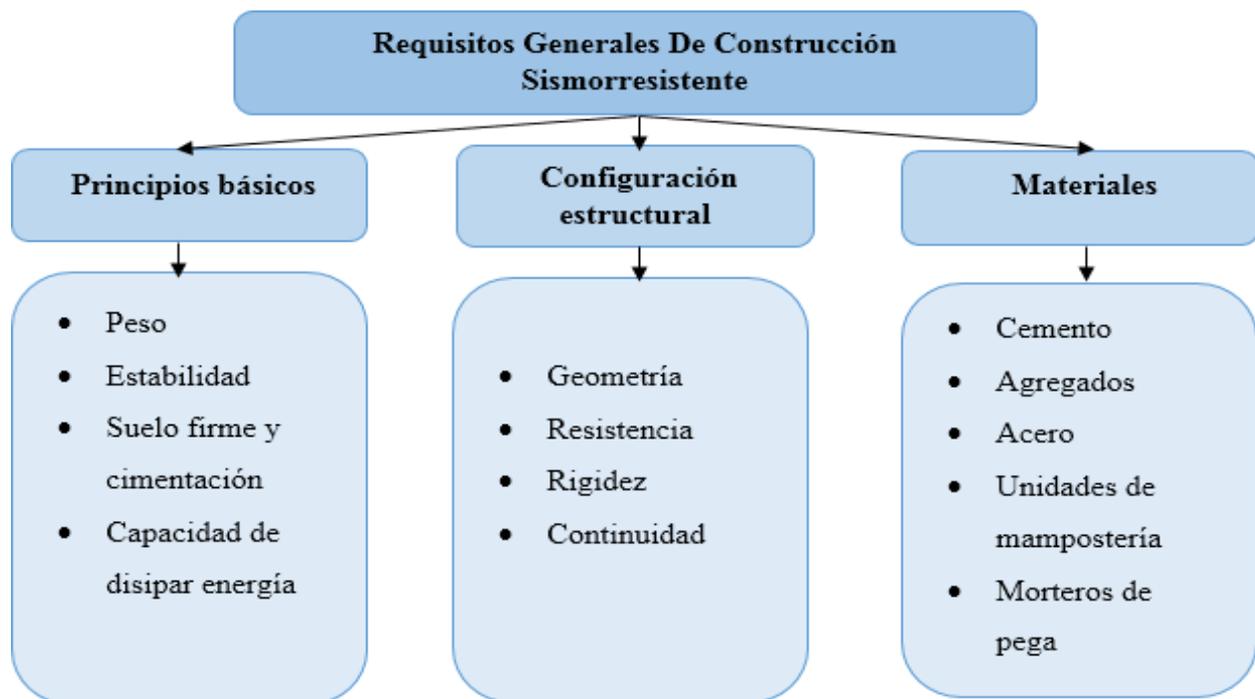
- Material de la estructura, sistema de soporte de cargas y sistema resistente de fuerzas sísmicas.

5.4. Requisitos Generales de Construcción Sismorresistente.

Las estructuras de mampostería deben diseñarse y construirse teniendo en cuenta unos principios básicos de sismo resistencia, además de que su configuración estructural debe cumplir con los lineamientos de la NSR-10 con los materiales apropiados. En la Figura 9, se representa nombran cada uno de los aspectos para tener en cuenta.

Figura 9.

Requisitos generales de construcción sismorresistente.

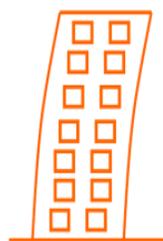
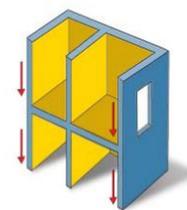
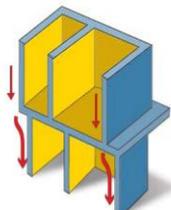
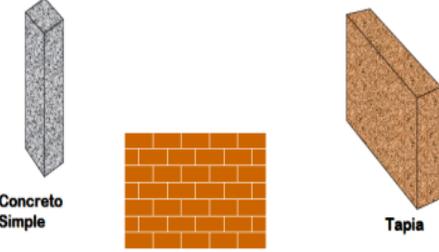


Nota. Fuente: Autor, adaptado de (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2000).

De esta forma, se muestra en la Tabla 2, el detalle de cada aspecto mencionado:

Tabla 2.
Aspectos básicos en la construcción sismo resistente.

Aspecto	Descripción	Figura
Peso	Entre menor sea el peso, menor será la fuerza que debe soportar la edificación frente a un sismo y por ende la sacudida será menor.	<p>La masa del edificio</p> <p>Movimiento</p> <p>$F = m a$</p> <p>Fuerza inercial</p> <p>La aceleración Del sismo</p> <p>Sismo</p>
Estabilidad	La poca estabilidad de una estructura va a generar poco equilibrio y posible volcamiento de la estructura, además del riesgo de golpear edificaciones vecinas.	<p>Volcamiento</p> <p>$FS-vol = \frac{W^2/(b^2)}{\sum V_i \cdot h_i} \geq 2$</p> <p>Cimentaciones superficiales (suelos duros)</p>
Suelo firme y cimentación	El material del suelo debe ser duro y resistente para evitar amplificación de las ondas sísmicas; además la cimentación debe ser acorde y transmitir el peso de la estructura al suelo.	<p>Efecto del suelo en la respuesta sísmica</p> <p>ESTRUCTURA</p> <p>CIMENTACIÓN</p> <p>SUELO</p> <p>ROCA</p>
Capacidad de disipar energía	La capacidad de disipar energía permite que la estructura soporte deformaciones sin afectar gravemente la resistencia, para ello, la estructura debe ser dúctil, tenaz y rígida.	<p>Capacidad de absorber y disipar energía</p> <p>CONCEPTOS DE DUCTILIDAD</p> <p>$Ductilidad = \frac{\Delta_u - \Delta_y}{\Delta_y}$</p>
Geometría	La geometría debe ser sencilla tanto en planta como en altura, ya que este tipo de irregularidades favorecen a la torsión.	<p>Vivienda BIEN proporcionada</p> <p>Vivienda MAL proporcionada</p> <p>Ancho</p> <p>Menos a 3 veces el ancho</p> <p>Ancho</p> <p>Mayor a 3 veces el ancho</p>

<p>Resistencia</p>	<p>La uniformidad de los materiales permite una respuesta integral de la edificación, haciéndola firme, equilibrada y sólida.</p>	 <p>UNIFORMIDAD DE MATERIALES</p>	 <p>SIN UNIFORMIDAD</p>
<p>Rigidez</p>	<p>La rigidez se logra cuando los elementos se empalman monóticamente como unidad, deformándose poco frente a la ocurrencia de un sismo</p>	 <p>Estructura flexible</p>	 <p>Estructura rígida</p>
<p>Continuidad</p>	<p>La continuidad se refiere a la conexión entre los elementos de la estructura sin cambios bruscos en sus dimensiones.</p>	<p>✓ Muros continuos</p> 	<p>✗ Muros SIN continuidad</p> 
<p>Materiales</p>	<p>La calidad de los materiales garantiza la resistencia y la capacidad de que la estructura absorba y disipe energía.</p>	 <p>Concreto Simple Tapia</p> <p>Muros sin refuerzo</p>	

Nota. Fuente: Autor, adaptado de (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2000).

6. Objetivos.

6.1. Objetivo General.

Caracterizar las condiciones estructurales actuales de algunas de las viviendas del barrio El Mirador en Ciudad Bolívar, Bogotá, para identificar su índice de vulnerabilidad sísmica basada en la normativa sismo resistente en Colombia.

6.2. Objetivos Específicos.

- Investigar las irregularidades y/o patologías que se pueden presentar en una vivienda y ocasionar riesgo sísmico, dependiendo de su condición geográfica y antecedentes.
- Realizar visitas de campo en la zona de estudio, con el fin de implementar el método de inspección cualitativa ATC-21 - Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (RVS).
- Analizar los resultados de acuerdo con el manual de FEMA-P154, dando a conocer el grado de vulnerabilidad actual de las viviendas.

7. Diseño Metodológico.

7.1. Tipo de Investigación.

Este proyecto se realizó por medio de una investigación de tipo descriptiva cualitativa, utilizando el método Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (RVS) para identificar, inventariar y clasificar edificaciones con riesgo frente a la ocurrencia de un sismo por deficiencias estructurales. Para ello, se hace uso del formato planteado en el manual de (Federal Emergency Management Agency, 2015), en el cual se recopila la información de las visitas a campo.

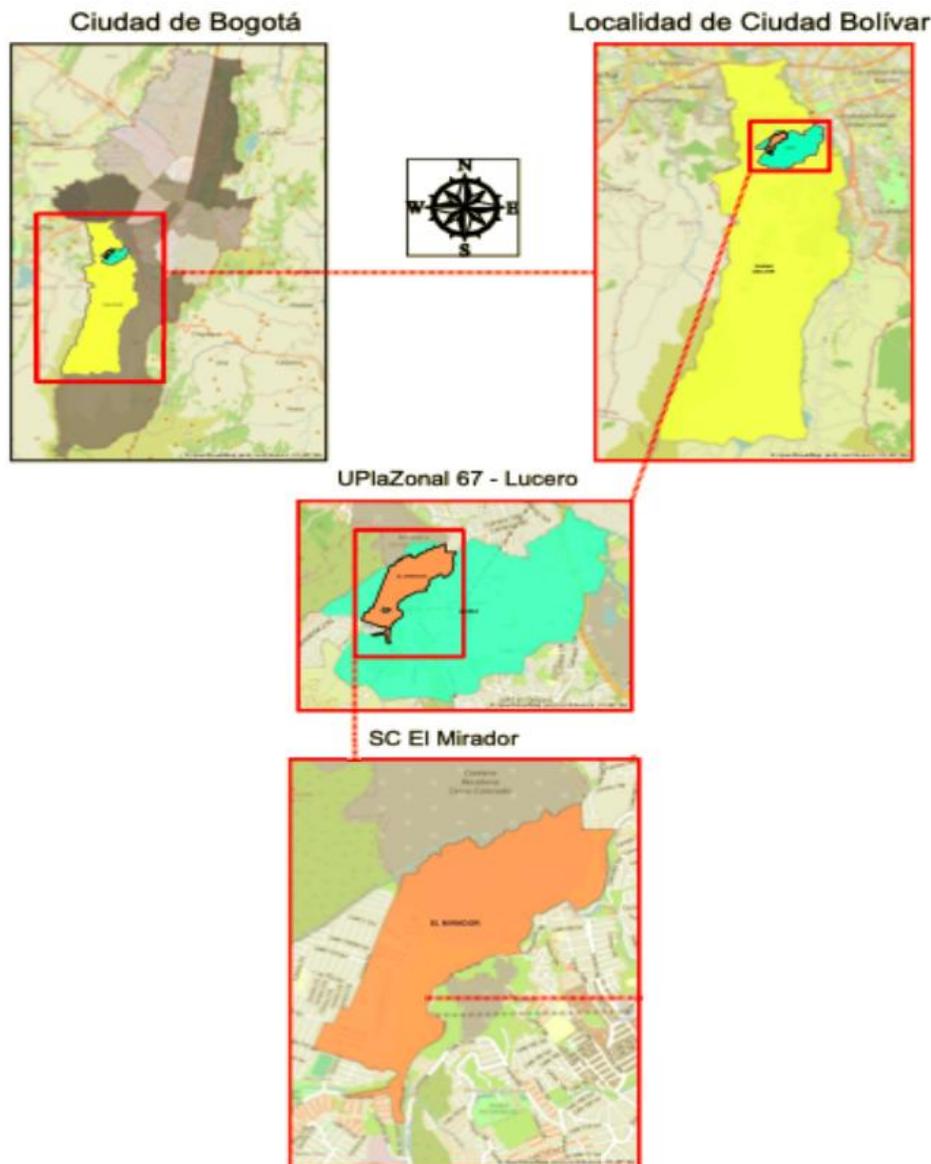
7.2. Reconocimiento de la Zona de Estudio.

La localidad de Ciudad Bolívar está ubicada en el suroccidente de la ciudad de Bogotá, limitando al norte con la localidad de Bosa, al oriente con las localidades Tunjuelito y Usme, al sur con la localidad de Usme y al occidente con el municipio de Soacha (Cogua Moreno & Vargas Bolívar, 2013). Cuenta con una extensión de 13.000,3 ha., de las cuales 3.392 hectáreas se ubican en suelo urbano, 152,1 ha corresponden a suelo de expansión urbana, y las restantes 9.608,4 ha, se ubican en suelo rural. Por otro lado, la localidad se encuentra subdividida en 105 sectores catastrales y 8 UPZ: El Mochuelo, Monte Blanco, Arborizadora, San Francisco Lucero, El Tesoro, Ismael Perdomo y Jerusalén.

Teniendo en cuenta la microzonificación sísmica de Bogotá mostrada en la Figura 8, Ciudad Bolívar representa un riesgo sísmico intermedio-alto al estar zonificada entre cerros y depósito de ladera, haciendo que el suelo de la localidad tenga mediana capacidad portante y sea susceptible a problemas de estabilidad de taludes especialmente por estar ubicada a altas pendientes (Sociedad Colombiana de Geotecnia SCG, 2010).

La UPZ 67: El Lucero, se localiza en la zona centro oriental de la parte urbana de ciudad Bolívar como se muestra en la Figura 10; limitando al norte, con las UPZ San Francisco y Jerusalén; al oriente, con el río Tunjuelo y la UPZ Tunjuelito, al sur, con la UPZ El Tesoro; y al occidente, con suelo rural de Ciudad Bolívar. Su extensión de 586,4 representa el 17,29% del área total de la localidad, en ella se encuentran 69 barrios cuya clasificación de estratificación socioeconómica obedece al nivel 1 y 2.

Figura 10.
Ubicación del barrio El Mirador.



Nota. Fuente: tomado de (Castañeda León, 2021).

De acuerdo a la información consultada en Catastro Bogotá, el barrio El Mirador cuenta con 60 manzanas y es el sector catastral 002570, con coordenadas $X = -74,156$ y coordenadas $Y = 4,553$. Este sector urbano tiene un área construida de 12,685 ha., y 932 predios de tipo residencial para el año 2022, localizadas en el polígono entre la diagonal 70 U Bis Sur a la Calle 71 N Sur, desde la Carrera 26D hasta la Carrera 27B como se delimita en la Figura 11.

En un inicio, el sector no contaba con servicios públicos; el agua se extraía de una quebrada que estaba cerca al barrio, y para la luz utilizaban velas. Más adelante, buscaron alternativas para tener estos servicios de forma ilegal, hasta que en el año 2000 se formalizaron los servicios públicos, y El Mirador empieza a ser considerado como un sector en expansión urbana con necesidades de inclusión y conectividad (Castañeda León, 2021).

Debido a lo anterior, vinieron mejoramientos viales por la instalación de redes eléctricas y de acueducto, y con ello la llegada de alternativas de transporte con las que antes no contaban, pues la población se movilizaba caminando hasta otros barrios que tuvieran este servicio, o con animales como burros.

7.3. Recolección de Información.

Se realizó mediante visitas técnicas a cada una de las viviendas, siguiendo los parámetros de la FEMA-P154, basados en una evaluación visual de las estructuras a evaluar, y posterior registro de la información en el formulario correspondiente a la zona de amenaza del sitio.

7.3.1. Selección del Formulario.

El método FEMA-P154 maneja 5 formatos dependiendo de la vulnerabilidad sísmica de la zona donde se encuentra la estructura: baja, moderada, moderada-alta, alta y muy alta.

Teniendo en cuenta el reglamento NSR-10, en Colombia las estructuras pueden estar en zonas de amenaza baja, intermedia o alta. En este caso, Bogotá se encuentra en una zona de amenaza intermedia, pero en la microzonificación sísmica encontramos que Ciudad Bolívar es catalogada en riesgo intermedio – alto, por este motivo, y con el fin de adaptar la metodología con los datos locales, se utiliza el formato de vulnerabilidad moderada – alta, los cuales se muestra en el anexo Formulario de Evaluación.

7.3.2. Partes del Formulario.

La recolección de datos por medio de estos formularios, permiten determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas a través de una puntuación final, que se obtiene mediante la suma o resta de los indicadores y puntajes que tiene la evaluación de vulnerabilidad para cada tipo de estructura.

El formulario de evaluación cuenta con dos niveles: el primero es un nivel básico en el que se tiene en cuenta el tipo de estructura, irregularidades en planta y altura, si la construcción se realizó antes o posterior a la expedición de los códigos de sismo resistencia y el tipo de suelo.

En el segundo nivel se hace un análisis más detallado en el que se revisa con más exactitud ciertas irregularidades, redundancia y golpeteo entre edificaciones.

Para poder diligenciar el formulario es necesario recopilar la siguiente información:

- Ubicación de la vivienda: incluye dirección, código postal, nombre de la edificación, uso, coordenadas geográficas, aceleración horizontal pico efectiva (A_a), velocidad horizontal pico efectiva (A_v), una fotografía de la vivienda y un bosquejo esta.
- Características de la vivienda: se relaciona el número de pisos, año de construcción, área total en planta (m^2), adiciones constructivas, ocupación, tipo de suelo, peligros geológicos, adyacencia, irregularidades y peligros exteriores.
- Tipo de construcción FEMA: el formato FEMA reconoce 17 tipos de edificaciones, cada una de ellas tiene un puntaje base, sobre el cual se empiezan a sumar o restar los modificadores; estas son presentadas en el Anexo:
- .

7.3.3. Selección de la Muestra.

Con el fin de obtener una muestra adecuada y representativa, se realizó un reconocimiento de la tipología constructiva del sector, evidenciando viviendas como las mostradas en la Figura 12.

Figura 12.

Tipología constructiva barrio El Mirador.



Nota. Fuente: adaptado de (Cordero & Gutierrez, 2020).

Sin embargo, las casas que están elaboradas con materiales como lata y madera, no se van a tener en cuenta en el estudio de vulnerabilidad, teniendo en cuenta que éstas ya han sido catalogadas como de alto riesgo por el IDIGER, por lo cual se vienen adelantando procesos de reubicación de las familias, para iniciar con la construcción de un proyecto de ciclo ruta en esta

zona, como estrategia de contención al crecimiento informal en este lugar (Colmenares Parra, 2021).

De esta manera, para la evaluación de vulnerabilidad sísmica se descartó este tipo de viviendas, tomando como población de evaluación viviendas con tipología continua en mampostería, sin antejardín y alturas entre 1 y 3 pisos, tal como se observa en la Figura 13.

Figura 13.

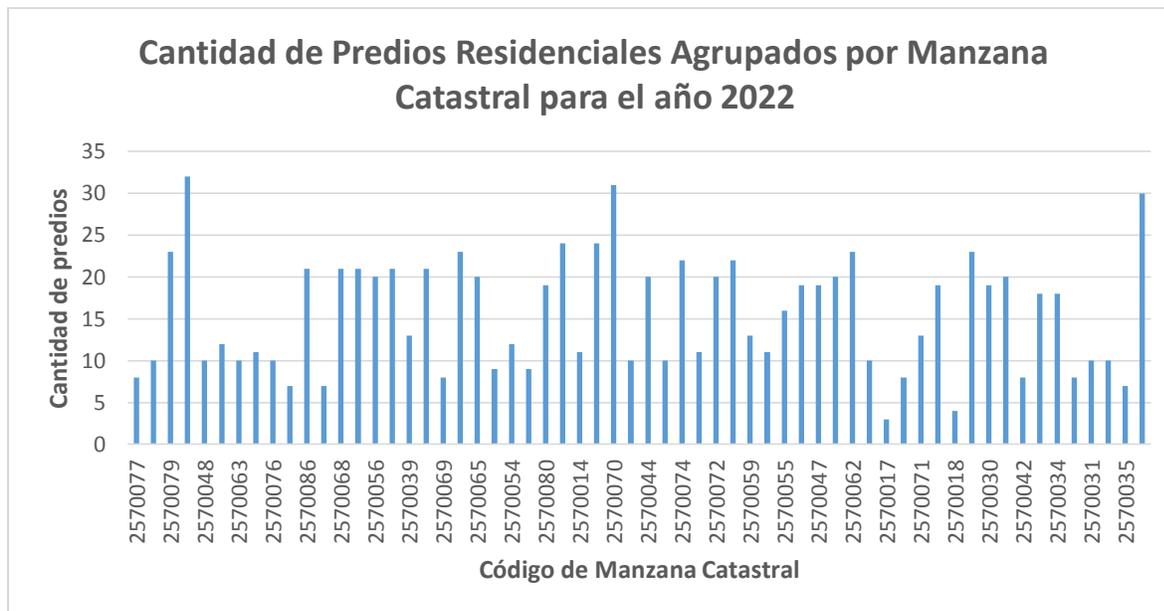
Vista Cra 27, Calle 71L - barrio Mirador, Ciudad Bolívar.



Nota. Fuente: tomado de (Google Maps, 2019).

Para seleccionar una muestra representativa, se eligió la manzana con más predios residenciales del sector, este dato fue obtenido mediante Mapas Bogotá, filtrando la información por manzanas catastrales, hasta el año 2022. Los datos se grafican a continuación en la Figura 14.

Figura 14.
 Cantidad de predios por manzana.



Nota. Fuente: autor, datos tomados de (Mapas Bogotá, 2022).

De acuerdo con lo anterior, se tomó una población de 35 predios, de los cuales se buscó una muestra apropiada mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra buscado
- N = Tamaño de la población
- Z = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC)
 - 90% → Z = 1,645
 - 95% → Z = 1,96
 - 99% → Z = 2,576
- p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado
50% en muestras adecuadas
- q = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (1-p)
- e = Error de estimación máximo aceptado
se asume 10%

Entonces el tamaño de la muestra es:

$$n = \frac{(35) \cdot (1,645)^2 \cdot (50\%) \cdot (1 - 50\%)}{(10\%)^2 \cdot ((35) - 1) + (1,645)^2 \cdot (50\%) \cdot (1 - 50\%)}$$

$n = 23$ predios

7.3.4. Información Previa a la Visita.

7.3.4.1. Código Postal.

El código postal para el barrio El Mirador, fue consultado en (Mapas Bogotá, 2019), en el que se obtiene un identificador 111951.

7.3.4.2. Uso.

El uso de las estructuras a evaluar son viviendas: en la NSR-10 este tipo de estructuras son de uso I: ocupación normal.

7.3.4.3. Aceleración Horizontal Pico Efectiva.

El coeficiente A_a es un parámetro que caracteriza los movimientos sísmicos del terreno que se originan por sismos relativamente cercanos en un rango de periodo de vibración de 0.1 a 0.5 s, lo que corresponde a edificaciones entre 1 y 5 pisos de altura.

En Bogotá, este valor es de 0,15 según la NSR-10.

7.3.4.4. Velocidad Horizontal pico Efectiva.

El coeficiente A_v es un parámetro que caracteriza los movimientos sísmicos del terreno que se originan por sismos fuertes ocurridos a distancias moderadas, en un periodo de vibración de 1 s, lo que corresponde a edificaciones de 10 pisos o más.

En Bogotá, este valor es de 0,20, según la NSR-10.

7.3.4.5. Tipo de Ocupación.

Los tipos de ocupación que se muestran en el formato de FEMA-P154 son: asamblea, comercial, servicios de emergencia, industrial, oficina, residencial, educación, servicios públicos y almacén.

En las edificaciones que se inspeccionaron, el tipo de ocupación corresponde a ocupación tipo residencial.

7.3.4.6. Tipo de Suelo.

La NSR-10 permite clasificar los perfiles del suelo en la Tabla A.2.4-1 conociendo el valor de la velocidad media de la onda cortante del suelo medida en campo.

Gracias a la zonificación del riesgo sísmico proporcionada por el IDIGER, se conoce que para los cerros este valor debe ser mayor a 760 m/s ($\bar{v}_s > 760$).

Usando la tabla de la NSR-10, se obtiene que el perfil de suelo que se encuentra en Ciudad Bolívar es de tipo C, es decir, que el suelo es muy denso o de roca blanda.

7.3.4.7. Peligro por Licuefacción.

El riesgo por licuefacción se presenta en Bogotá en los suelos tipo “Llanura A” y “Llanura B”, los cuales están en inmediaciones de cuerpos de agua y que están compuestos principalmente por arenas sueltas y arcillas.

La localidad de Ciudad Bolívar no cuenta con este tipo de peligro geológico.

7.3.4.8. Potencial Deslizamiento.

Según la caracterización general de riesgos, Ciudad Bolívar es la localidad de Bogotá que más presenta riesgo de deslizamiento de tierras, flujo de lodos y caída de rocas y aún más en épocas de lluvia, como se muestra en la Figura 15.

En el barrio El mirador, se ha ocasionado este fenómeno repetidas ocasiones, debido a que está localizado en grandes pendientes, adicionalmente que algunas viviendas fueron construidas sobre canteras abandonadas o cerradas que fueron explotadas sin manejo técnico.

Figura 15.
Deslizamientos en el barrio El Mirador.



Nota. Fuente: tomado de (Conexión Capital, 2022).

7.3.4.9. Ruptura de las Fallas Superficiales.

En la localidad de Ciudad Bolívar se han evidenciado enormes grietas entre casas y calles de distintos barrios, que pueden afectar significativamente el desempeño sísmico de la zona, pues significa que hay una fractura en la corteza por algún tipo de desplazamiento los bloques paralelos a la falla geológica.

La ruptura de la superficie se evidencia cuando en la superficie del terreno hay una escarpa topográfica, como se ve en la Figura 16.

Figura 16.
Ruptura superficial.



Nota. Fuente: (INPRES).

Sin embargo, muchas veces es difícil observar estas fallas geológicas, ya que tienden a desaparecer por la acción de la erosión, provocados por la lluvia y el viento, y por la presencia de vegetación o actividad humana (INPRES).

Teniendo en cuenta los antecedentes enunciados en el Boletín Diario No. 30 del (Concejo de Bogotá, 2021), este tipo de fallas si se presenta en la zona de estudio.

8. Resultados y Análisis de Resultados.

8.1. Levantamiento de las Viviendas.

En levantamiento de las viviendas se tomó la dirección exacta del predio, con base en ello se consultó en (Mapas Bogotá, 2019) la latitud y longitud de cada una de ellas, estos resultados se grafican en la Figura 17, para posteriormente determinar en campo la demás información requerida.

Figura 17.

Recuento de viviendas por longitud y latitud.



Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

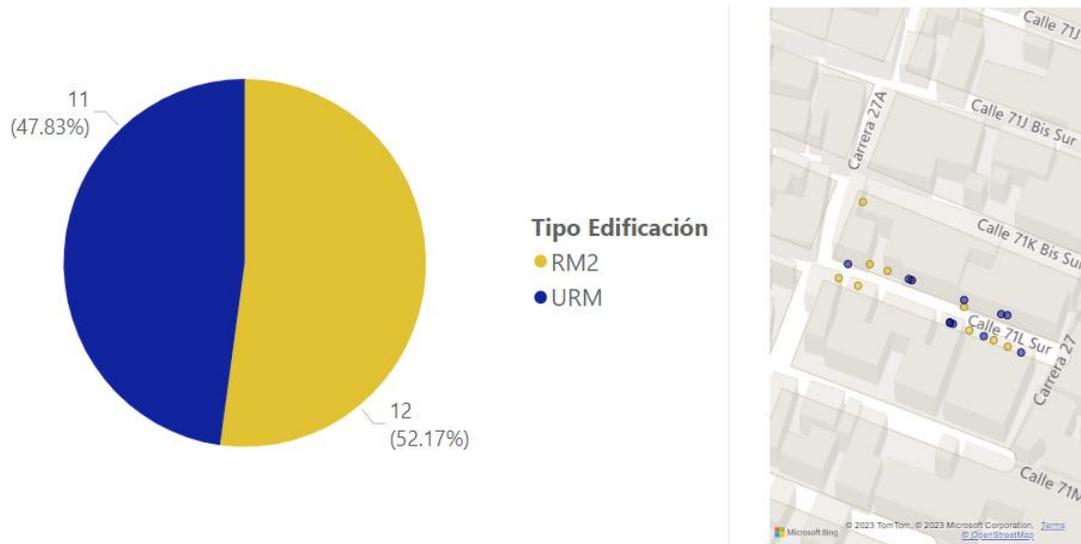
8.1.1. Tipo de Construcción FEMA.

Durante el recorrido se identificaron 2 tipos de construcciones FEMA: URM, que hacen referencia a Edificaciones con paredes portantes no reforzadas y RM2, que se identifican por ser edificaciones de mampostería reforzada con suelo rígido y diafragmas de techo.

De esta manera, se muestra en la Figura 18, los resultados obtenidos, en los cuales aproximadamente el 48% son viviendas en mampostería no reforzada, que son las que obtienen el mejor puntaje por parte del estudio FEMA, y que, por lo tanto, poseen una mayor vulnerabilidad aún sin considerar los otros modificadores.

Por otro lado, el 52% corresponde a viviendas RM2: caracterizadas por estar construidas con mampostería reforzada con suelo rígido y diafragmas de techo. Según los puntajes básicos de FEMA para cada estructura, este tipo de construcción ocupa el lugar número 5, lo cual indica que también posee una alta vulnerabilidad sísmica.

Figura 18.
 Tipo de edificaciones FEMA.

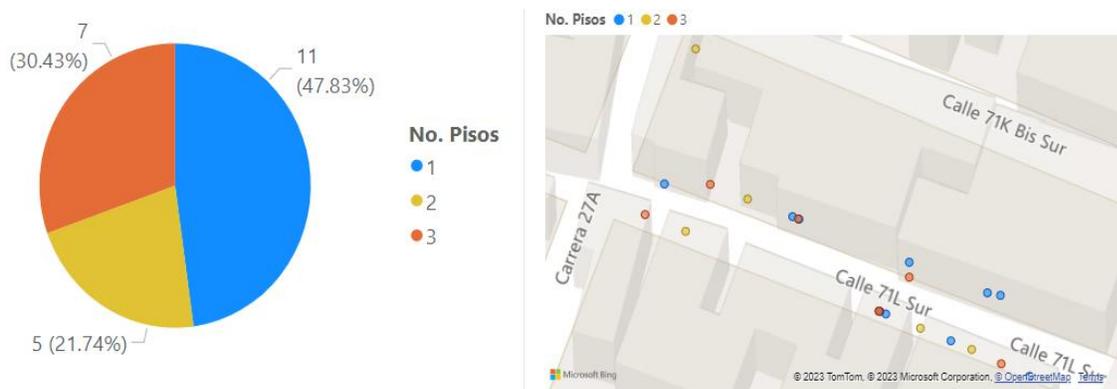


Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

8.1.2. Número de Pisos.

En cuanto a la altura de las edificaciones, las viviendas presentaron alturas de 1 a 3 pisos, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19.
 Altura en pisos de las viviendas.



Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

En su mayoría, las viviendas tienen 1 piso, encontrando un total de 11, seguido de 7 viviendas con 3 pisos y 5 con altura de 2 pisos.

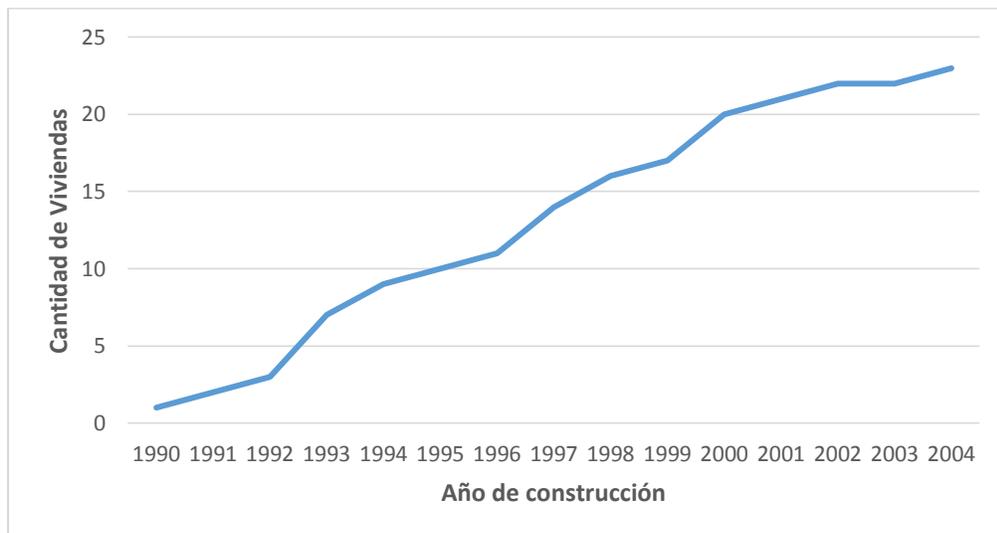
Al realizar la medición en campo de las alturas de estos pisos, se evidenció que en promedio estas tienen en la primera planta 2.67m, y entre las plantas 2 y 3, un promedio de 2.33m y 2.32m respectivamente.

8.1.3. Año de Construcción y Adiciones Constructivas.

Los años de construcción se obtuvieron de forma estimada con la ayuda de algunos habitantes de las casas, de esta manera, se encontró que las primeras viviendas construidas en esta manzana fueron en el año 1990, y posteriormente se fue poblando hasta 2004, como se muestra en la Figura 20.

Figura 20.

Cantidad acumulada de construcciones desde 1990 a 2004.

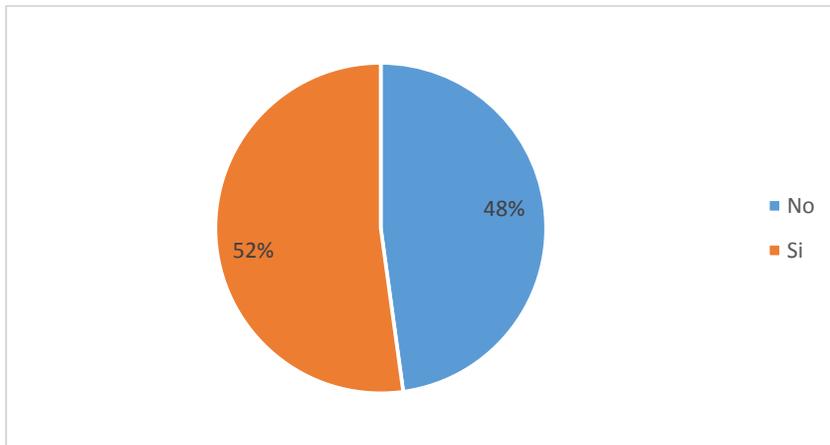


Nota. Fuente: autor.

Sin embargo, las adiciones constructivas de tipo vertical, surgieron cuando las personas tuvieron más recursos para poder construir más pisos para sus viviendas, dentro de las 23 viviendas evaluadas, 11 de ellas tenían adiciones constructivas, como se muestra a continuación en la Figura 21.

Las mismas, fueron llevadas a cabo del año 2000 al 2021, con una o dos plantas verticales.

Figura 21.
Adiciones constructivas en las viviendas.

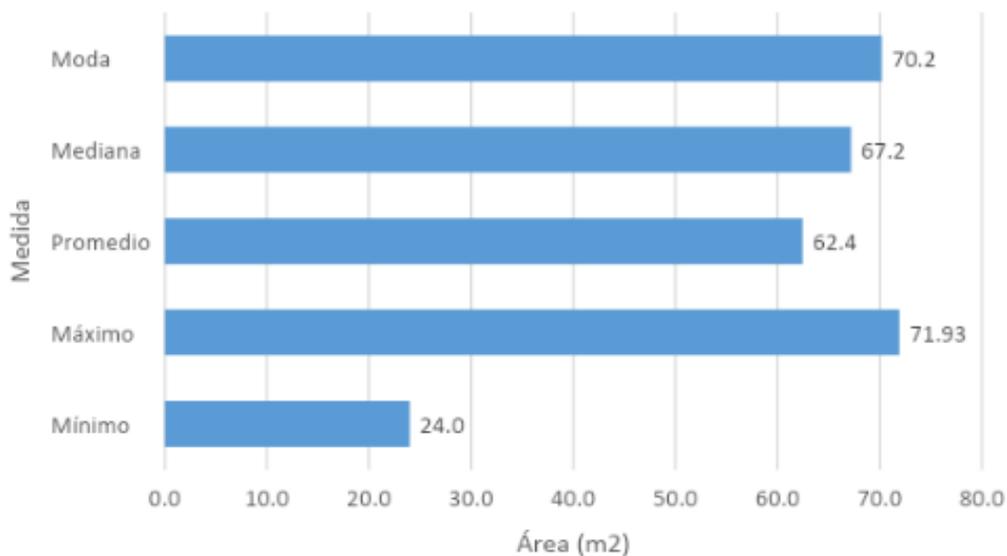


Nota. Fuente: autor.

8.1.4. Área en Planta.

La medición del área se realizó durante la visita a campo, y registrando los datos en el formulario. Al realizar el respectivo análisis de estos resultados, se obtuvo el valor mínimo, máximo, promedio, la media y la mediana de estas áreas, las cuales se observan en la Figura 22.

Figura 22.
Resultados del área constructiva.



Nota. Fuente: autor.

La diferencia de área entre el valor máximo y mínimo es de aproximadamente el 67%, mostrando la falta de planificación de los espacios construidos, con áreas sumamente distintas.

Por otro lado, el valor que más aparece dentro de los datos, es de 70.2 m² para 4 viviendas, el valor que se encuentra en la mitad es de 67,2 m², y en promedio tenemos un área de 62,4 m².

8.1.5. Adyacencia.

8.1.5.1. Golpeteo.

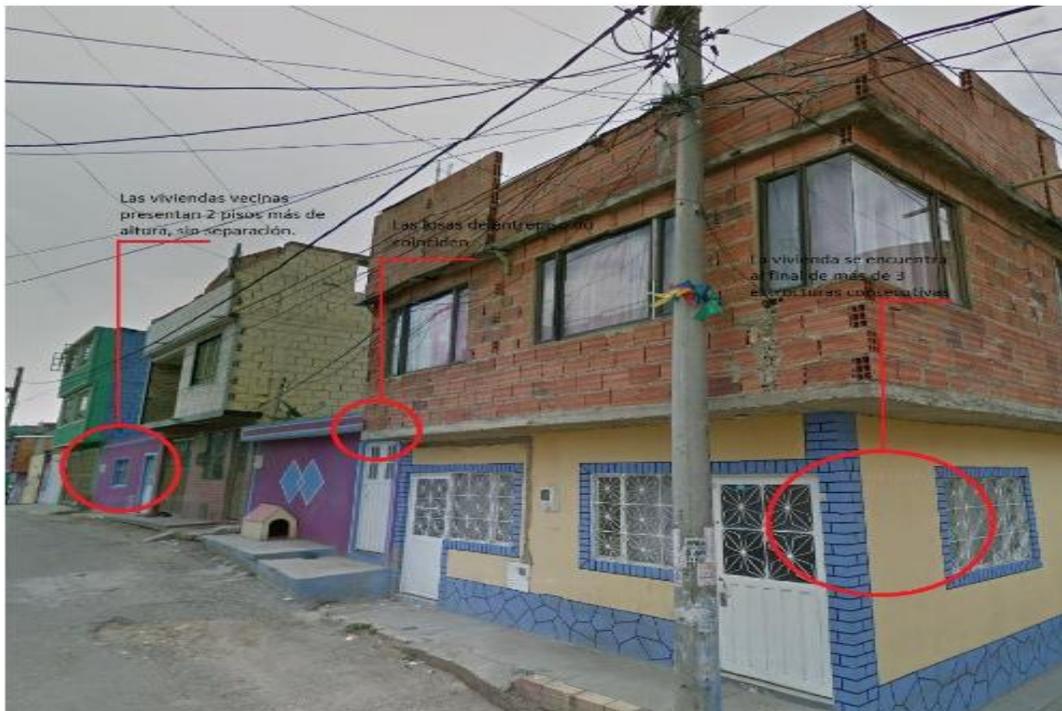
La inspección por golpeteo consistió en evaluar 3 escenarios indicados por el FEMA como riesgosos ante un evento sísmico:

- Las losas de entrepiso no coincidan en un mismo nivel, y su separación sea mayor a 60cm.
- Una edificación tiene 2 más pisos que su edificación vecina.
- Una estructura se encuentra al final de 3 o más estructuras consecutivas.

Los 3 escenarios se pudieron evidenciar durante el recorrido, por el Barrio el Mirador, y se muestra en la

Figura 23.

Escenario por golpeteo encontrado.



Nota. Fuente: adaptado de (Google Maps, 2019).

Los resultados obtenidos para la muestra analizada nos indican que, de las 23 viviendas inspeccionadas, 19 presentan golpeteo por alguna de las razones mencionadas anteriormente, mientras que sólo 4, no tienen riesgo por esta razón. Los resultados se grafican en la Figura 24.

Figura 24.
Análisis del riesgo por golpeteo.



Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

8.1.5.2. Objetos Caídos de Otros Edificios.

Los objetos que pueden caer de edificios colindantes pueden ser elementos no estructurales mal anclados o detalles decorativos en las fachadas.

Durante la visita a campo se encontró peligro de rejas de balcón, tejados sobresalientes y avisos publicitarios, como se observa en la Figura 25.

Figura 25.
Peligro por caída de objetos caídos de otros edificios.

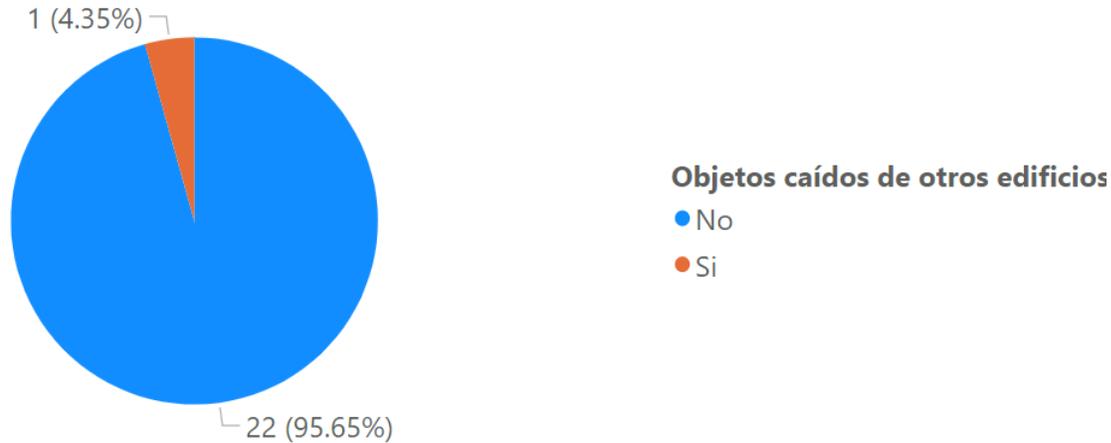


Nota. Fuente: adaptado de (Google Maps, 2019).

Según lo anterior, en la inspección realizada se obtuvieron los resultados de la Figura 26, en donde el 96% tienen algún riesgo por caída de objetos, incluyendo también revestimientos pesados, parapetos, anexos constructivos, y otros peligros exteriores analizados más adelante.

Figura 26.

Conteo de objetos caídos de otros edificios.



Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

8.1.6. Irregularidades.

Se encontraron las siguientes irregularidades en la manzana inspeccionada, sin embargo, en el barrio el Mirador, es posible encontrar otro tipo de irregularidades.

8.1.6.1. Niveles Desplazados.

Este tipo de irregularidad vertical es considerada como moderada según FEMA P-154, y se ilustra en la Figura 27 en una de las viviendas encontradas en el recorrido por el barrio El Mirador.

Figura 27.
Vivienda con nivel desplazado.



Nota. Fuente: adaptado de (Google Maps, 2019).

Para la zona inspeccionada, se encontró que 4 de las viviendas tenían niveles desplazados, generalmente en la última planta, que es usada en una parte como terraza y otra parte residencial, estos resultados se graficaron en la Figura 28.

Figura 28.
Resultados de irregularidad por niveles desplazados.



Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

8.1.6.2. Discontinuidad Fuera del Plano.

Este tipo de irregularidad se presentó en el 52% de viviendas inspeccionadas como se ve en la Figura 29, dentro del formulario está clasificada como irregularidad vertical moderada y se evidenció debido a que todas las estructuras que los pisos sobre la planta baja trabajaban en voladizo, lo cual es común encontrar en todo el barrio el Mirador.

Figura 29.

Resultados de irregularidad por discontinuidad fuera del plano.



Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

8.1.6.3. Terreno en Pendiente.

Como se muestra en la Figura 30, la irregularidad por terreno en pendiente es evidente cuando hay al menos una pendiente de altura de un piso desde un lado de la edificación hasta el otro lado, generando además riesgo por golpeteo, ya que hace que las losas de las edificaciones vecinas no coincidan.

Figura 30.

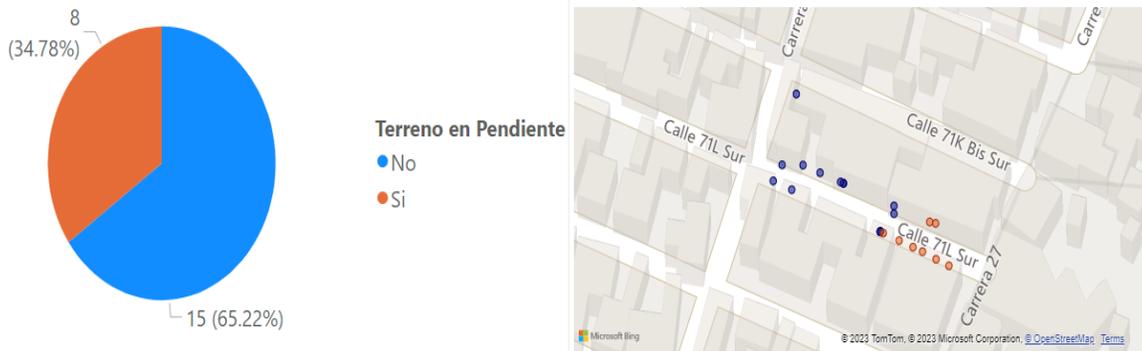
Viviendas con irregularidad por terreno en pendiente.



Nota. Fuente: adaptado de (Google Maps, 2019).

Los resultados de la inspección mostraron esta irregularidad en las viviendas que se encontraban finalizando la manzana, debido a que hacía ese costado se encuentra una alta montaña que genera la pendiente, de esta forma la Figura 31 ilustra la cantidad de viviendas afectadas por esta irregularidad.

Figura 31.
Resultados de irregularidad por terreno en pendiente.



Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

8.1.6.4. Retroceso en las Esquinas.

El retroceso en las esquinas es una irregularidad en planta que se encontró en viviendas con grandes aberturas, como la mostrada en la Figura 32.

Figura 32.
Vivienda con retroceso en las esquinas.



Nota. Fuente: adaptado de (Google Maps, 2019).

Estas aberturas encontradas se evidenciaron en las viviendas que presentaban balcones, es decir el 9% de las inspeccionadas, como se ve en la Figura 33.

Figura 33.
Resultados de irregularidad por retroceso en las esquinas.



Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

8.1.6.5. Discontinuidad Sistema de Piso.

La asignación de esta irregularidad en planta corresponde cuando los hay variaciones de más del 50% del ancho del diafragma con el área total del piso, por ejemplo, cuando las viviendas cuentan con parqueaderos, como se ve en la Figura 34.

Figura 34.
Vivienda con discontinuidad de sistema de piso.



Nota. Fuente: adaptado de (Google Maps, 2019).

Esta irregularidad fue identificada en 3 viviendas, como se grafica en la Figura 35.

Figura 35.

Resultados de irregularidad por discontinuidad de sistema de piso.



Nota. Fuente: autor, adaptado de (Microsoft Power Bi Desktop, 2023).

8.1.7. Peligros Exteriores.

Dentro de estos peligros se encontró la presencia de postes de energía que podrían golpear las edificaciones y señalizaciones, como las mostradas en la Figura 36.

Figura 36.

Presencia de peligros exteriores.



Nota. Fuente: adaptado de (Google Maps, 2019).

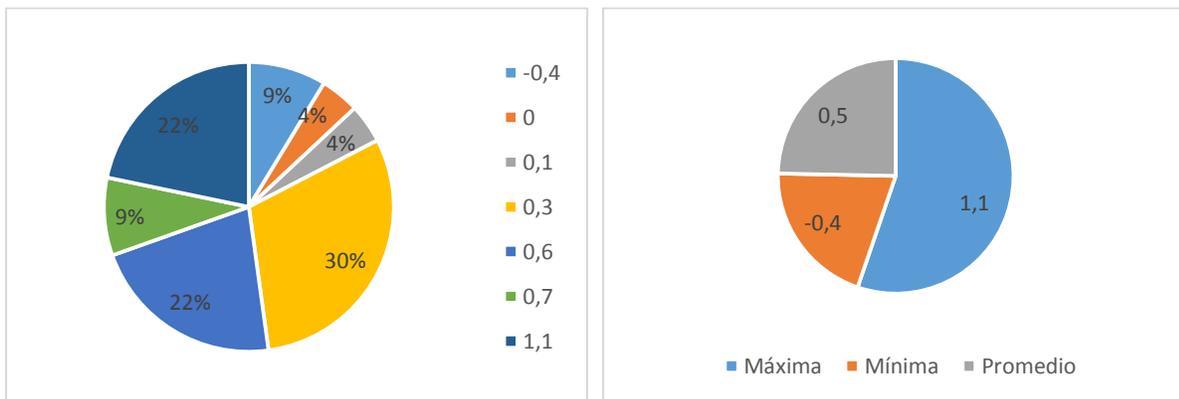
8.2. Digitación de Datos en el Formulario.

8.2.1. Puntuación Nivel 1.

La calificación del nivel 1 está dada por: el tipo de edificación, presencia de irregularidad vertical (teniendo en cuenta la severidad), irregularidad en planta y reglamento previo. Con base en lo anterior, los resultados del nivel 1 se grafican en la Figura 37.

Figura 37.

Resultados del nivel 1 de evaluación.



Nota. Fuente: autor.

Según el formulario, para edificaciones de tipo URM y RM2, los niveles mínimos para el primer nivel son de 0.2 y 0.3 respectivamente, al revisar la gráfica, se ve que el 17% no está cumpliendo con esos valores mínimos, y que, aún sin entrar a hacer una revisión detallada del sistema estructural, ya la edificación está teniendo fallas importantes que la hacen riesgosa.

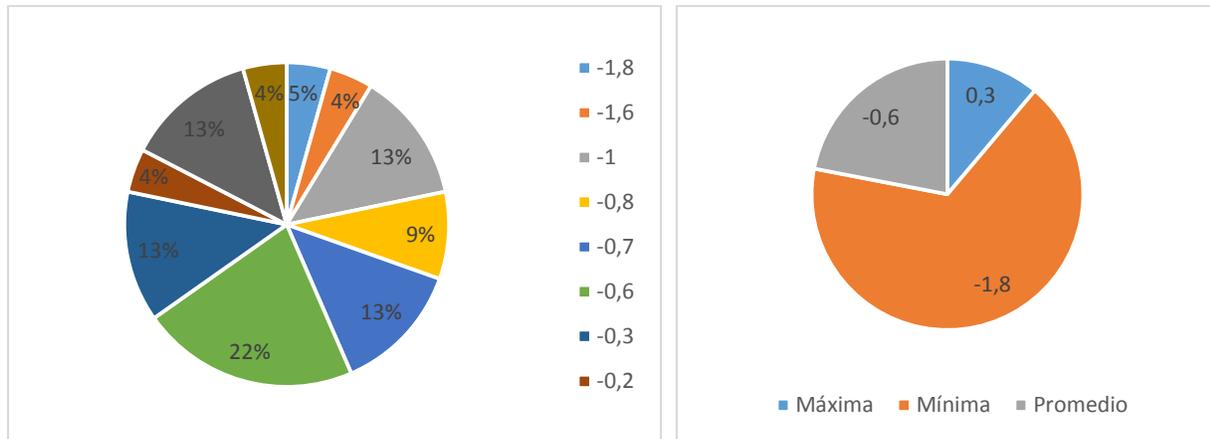
La puntuación máxima de 1.1 se encontró en el 22% de las viviendas, lo que corresponde a 5 viviendas de tipo URM, de 1 piso de altura y en la que sólo se identificó irregularidad por terreno en pendiente y construcción previa al reglamento.

En cuanto al valor mínimo, está presente en 2 viviendas, es decir, el 9% de las inspeccionadas, estas corresponden al tipo URM, y su calificación inicial se vio afectada por discontinuidad fuera del plano, terreno en pendiente y discontinuidad en el sistema de piso, además de que también fueron construidas previo al reglamento.

8.2.2. Puntuación Nivel 2.

El nivel 2, al ser una revisión más exacta, modifica el puntaje del nivel 1, teniendo en cuenta cada irregularidad presente, es decir, que anteriormente el puntaje sólo dependía de si existía o no la irregularidad, sin embargo, las irregularidades en el nivel 2 tienen distintos puntajes. Adicionalmente, tiene en cuenta el golpeteo para bajar la calificación y algunos tipos de geometrías que pueden afectar la estructura. De esta manera, para el nivel 2 se obtuvieron los siguientes resultados, graficados en la Figura 38.

Figura 38.
 Resultados del nivel 2 de evaluación.



Nota. Fuente: autor.

Respecto a estos resultados, lo primero que se evidencia es que sólo una edificación mantuvo el puntaje mínimo de 0.2 o 0.3 indicado por el formulario, esta vivienda de tipo RM2 presentó sólo irregularidad vertical por discontinuidad fuera del plano, sin embargo, se observaron varios peligros de tipo no estructural los cuales no afectan la calificación de los niveles, aun así, estos se van a tener en cuenta más adelante para la acción requerida.

Estas calificaciones del nivel 2 comparadas con los puntajes obtenidos en el nivel 1, dan a entender que la revisión detallada puede encontrar en una misma vivienda más de dos irregularidades, disminuyendo su calificación de manera significativa.

La menor calificación se dio en una vivienda tipo RM2, la cual tenía 3 irregularidades: niveles desplazados, discontinuidad fuera del plano y retroceso en las esquinas.

8.3. Nivel de Vulnerabilidad.

El Manual de FEMA P-154 indica que los valores $S < 2$ indican un índice de vulnerabilidad ALTO, por lo tanto, todas las viviendas inspeccionadas están clasificadas en este índice de vulnerabilidad.

8.3.1. Acción Requerida.

Teniendo en cuenta los resultados del nivel 1 y 2, y los peligros de elementos no estructurales encontrados, se hace necesario marcar dentro del formulario una evaluación estructural no detallada y una evaluación de elementos no estructurales detallada para cada vivienda, pues se considera que los puntajes obtenidos representan un riesgo significativo para la vida de los ocupantes y sus patrimonios.

9. Conclusiones.

Como resultado de la implementación de la metodología FEMA P-154 se concluyó que:

Las irregularidades juegan un papel importante al momento de establecer la puntuación final de la vivienda, las viviendas reportadas con irregularidades verticales, en planta o ambas fueron el 100%, es decir, al menos cada vivienda presentaba algún tipo de irregularidad, lo que las expone a derrumbes o fuertes daños en su estructura en el momento en el que un evento sísmico ocurra.

Las viviendas evaluadas, en su mayoría presentan adyacencias, es decir no cumplen con la separación mínima requerida entre ellas, ya sea porque las losas de entrepiso no coincidan en un mismo nivel, la edificación tiene 2 más pisos que su edificación vecina o se encuentra al final de 3 o más estructuras consecutivas, las cuales estarían expuestas a golpeteo de unas edificaciones adyacentes en el instante que se presente un sismo.

El manual FEMA P-154 establece 5 tipos de peligros exteriores que son: chimeneas sin refuerzo, parapetos, revestimientos pesados, anexos constructivos y otros. En el barrio objeto de estudio, se reportaron todos los peligros, excepto chimeneas sin refuerzo, pudiendo afectar al 95,65% de las viviendas inspeccionadas.

Durante las visitas a campo, se evidenció que en el Barrio el Mirador, se encuentran más construcciones de tipo URM: mampostería no reforzada, una de las clasificaciones con menos puntaje en la metodología de FEMA-P154, haciendo a este sector más vulnerable al momento de que ocurra un sismo, pues este tipo de construcción no es ventajosa o segura ante los movimientos telúricos.

La zona en la que se encuentra el barrio El Mirador, tiene peligros geológicos como ruptura de la falla de superficie y peligro de deslizamiento, de este último el 34,78% de viviendas tienen aún más riesgo debido a que se encuentran en un terreno con pendiente muy pronunciada, pudiendo perjudicar a las personas que las habitan.

La determinación de la vulnerabilidad sísmica preliminar pone en un balance negativo al barrio El Mirador en Ciudad Bolívar, Bogotá. Esta investigación concluyó que la muestra analizada de 23 viviendas, reportaron una vulnerabilidad alta, es decir están en riesgo ante un evento sísmico, y puede producir pérdidas materiales y humanas.

De las viviendas es necesario ampliar el estudio de evaluación sísmica de cada vivienda, para cuantificar su flexibilidad y resistencia, y si es procedente un reforzamiento estructural de acuerdo a la normativa colombiana.

10. Contribuciones y Recomendaciones.

Esta investigación da el inicio de un proyecto más estructurado, que usa la guía elaborada, para seguir realizando este tipo de estudios en la localidad y la ciudad, generando planes de contingencia, emergencia y mitigación de riesgo que beneficie a la comunidad.

Al momento de realizar el estudio se recomienda tener una previa socialización con la comunidad y poder tener aprobación de este por parte de ellos, ya que la ayuda de los habitantes puede ser vital para tener más conocimiento de las viviendas y acceder a información que sólo ellos puedan entregar. Adicionalmente, es importante que ellos entiendan que es una labor que busca prevenir tragedias y de tipo diagnóstico, que no va a traer consecuencias negativas para ellos.

Se recomienda que las personas que vayan a realizar este estudio sean ingenieros civiles o con carreras afines, además, es importante instruirse sobre el código sismorresistente en Colombia y poder hacer un empalme con la metodología FEMA P-154, logrando así llevar a cabo una evaluación correcta.

Finalmente, el uso de herramientas de procesamiento de datos y documentos de acceso abierto por parte de distintas entidades puede ser de gran ayuda para obtener información detallada de la zona de estudio, y que puede ser difícil obtener en campo por falta de recursos o tiempo, facilitando el reconocimiento del sector y dando resultados más precisos al estudio.

11. Referencias.

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2012). *FOPAE*. Obtenido de Amenaza Sísmica Bogotá:
https://www.fucsalud.edu.co/themes/custom/fucs/images/documentos-FUCS/Cartilla_Terremoto.pdf
- Alcaldía Local de Ciudad Bolívar. (2022). *Alcaldía Local de Ciudad Bolívar*. Obtenido de Localidad de Ciudad Bolívar: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/localidades/ciudad-bolivar>
- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI. (16 de Marzo de 2022). *Socialización del Modelo Nacional de Riesgo Sísmico*. Obtenido de <http://www.acofi.edu.co/noticias/socializacion-modelo-nacional-de-riesgo-sismico/#:~:text=El%20ingeniero%20Carlos%20Arteta%20explic%C3%B3,con%20alto%20chance%20de%20generar>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS. (2000). *Manual de Construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de Viviendas en Mampostería*. Obtenido de https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ais_mamposteria_fraccionado_es.pdf
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS. (Enero de 2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. Obtenido de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial:
<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- Castañeda León, J. A. (Noviembre de 2021). *Biblioteca Digital Universidad Externado de Colombia*. Obtenido de El Barrio Mirador como lugar de memoria socialmente construida proceso de reasentamiento involuntario por el Transmicable en Ciudad Bolívar: <https://bdigital.uexternado.edu.co/items/441af41d-bda8-4653-ad55-f221308e4fdd>
- Chicangana, G., Vargas Jiménez, C. A., Kammer, A., Caneva, A., Salcedo Hurtado, E., & Gómez Capera, A. (15 de Diciembre de 2014). *Revistas Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de La amenaza sísmica de la Sabana de Bogotá frente a un sismo de magnitud $M > 7.0$, cuyo origen esté en el Piedemonte Llanero:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/43865/51662#:~:text=Para%20la%20Sabana%20de%20Bogot%C3%A1,regi%C3%B3n%20del%20Piedemonte%20Llanero%20con>
- Choudhury, S. S., & Patro, S. K. (03 de July de 2020). *Springer Nature Singapur Pte Ltd*. Obtenido de Seismic Control of Soft Storey Buildings Using LRB Isolation System:
https://doi-org.ezproxy.uan.edu.co/10.1007/978-981-15-4577-1_25
- Cogua Moreno, M. I., & Vargas Bolívar, F. H. (2013). *Dinámica Construcción Por Usos*. Obtenido de Localidad de Ciudad Bolívar:
<https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/archivos/ciudad%20boliva.pdf>
- Colmenares Parra, N. P. (2021). *Repositorio Universidad Pedagógica Nacional*. Obtenido de Los impactos sociales en los procesos de reasentamiento urbanos. Caso Paseo Illimaní en Bogotá:

- <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/17102/Los%20impactos%20sociales%20en%20los%20procesos%20de%20reasentamiento%20urbanos.%20Caso%20paseo%20Illiman%20en%20Bogot%C3%A1%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comisión Sismológica Europea. (1998). *Escala Macrosísmica Europea 1998*. Obtenido de EMS - 98: <https://web.ua.es/urs/sismosurs/Informes/EMS-98.pdf>
- Concejo de Bogotá. (Febrero de 2021). *Concejo de Bogotá*. Obtenido de La Proposición sobre “Fallas geológicas de alto impacto en las localidades Ciudad Bolívar y San Cristóbal” fue el único tema debatido en la Comisión del Plan de Desarrollo: <https://concejodebogota.gov.co/la-proposicion-sobre-fallas-geologicas-de-alto-impacto-en-las/cbogota/2021-02-11/194450.php>
- Conexión Capital. (07 de Junio de 2022). *Conexión Capital*. Obtenido de En Ciudad Bolívar, tres viviendas resultaron afectadas por deslizamiento : <https://conexioncapital.co/en-ciudad-bolivar-tres-viviendas-resultaron-afectadas-por-deslizamiento/>
- Cordero, L., & Gutierrez, H. (2020). *Las 2 Orillas*. Obtenido de En lo alto de Ciudad Bolívar, un barrio se ahoga olvidado por el COVID 19: <https://www.las2orillas.co/en-lo-alto-de-ciudad-bolivar-un-barrio-se-ahoga-olvidado-por-el-covid-19/>
- Federal Emergency Management Agency. (2015). *FEMA*. Obtenido de FEMA P-154, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards : <https://www.fema.gov/es/node/619771>
- Google Maps. (Marzo de 2019). *Street View*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Cra.+27a+%26+Cl.+711+Sur,+Cdad.+Bol%C3%A1var,+Bogot%C3%A1/@4.5489224,-74.1618212,17z/data=!3m1!4m6!3m5!1s0x8e3f9f7d561eb399:0x8f82b3dc5933ec2d!8m2!3d4.5489171!4d-74.1596325!16s%2Fg%2F11gf4v6k4d?hl=es>
- INPRES. (s.f.). *Instituto Nacional de Prevención Sísmica*. Obtenido de Fallas Geológicas: <http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - IDIGER. (2018). *Idiger*. Obtenido de Modelación del riesgo sísmico en edificaciones para la ciudad de Bogotá : https://www.idiger.gov.co/documents/20182/71946/Modelacion_Riesgo_Sismico.pdf/
- Kassem, M. M., Nazari, F. M., Farsangib, E. N., & Ozturk, B. (22 de April de 2022). *Journal of Building Engineering - Volume 47*. Obtenido de Development of a uniform seismic vulnerability index framework for reinforced concrete building typology: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.uan.edu.co/science/article/pii/S235271022101696X?via%3Dihub>
- Kassem, M. M., Nazri, F. M., Farsangi, E. N., & Ozturk, B. (20 de May de 2021). *Journal of Earthquake Engineering - Volume 26*. Obtenido de Improved Vulnerability Index Methodology to Quantify Seismic Risk and Loss Assessment in Reinforced Concrete Buildings: <https://www-tandfonline-com.ezproxy.uan.edu.co/doi/full/10.1080/13632469.2021.1911888>

- Kassem, M., Nazri, F., & Farsangi, E. N. (2020). The seismic vulnerability assessment methodologies: A state-of-the-art review. *Ain Shams Engineering Journal, Volume 11, Issue 4*, 849-864. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209044792030071X>
- Maldonado Rondón , E., & Chio Cho, G. (Junio de 2009). *Scielo*. Obtenido de Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra : http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612009000100010
- Mapas Bogotá. (2019). *Mapas Bogotá*. Obtenido de Código Postal Ampliado, Bogotá, D.C.: <https://mapas.bogota.gov.co/?l=24841&e=-74.1299909290758,4.71459636913555,-74.01274620861696,4.766602904758365,4686&b=282&m=24341#>
- Ministerio de Obras Públicas. (Junio de 1984). *Red Jurista*. Obtenido de Decreto 1400 de 1984: https://www.redjurista.com/Documents/decreto_1400_de_1984_ministerio_de_obras_publicas.aspx#/
- Moreno, D. V. (2020). *Repositorio Universidad Piloto de Colombia*. Obtenido de Reconstrucción social y urbana en los barrios "El Mirador" y "El Paraíso", en la localidad de Ciudad Bolívar: http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/7772/DOCUMENTO_DE_SEMINARIO_2020_PROYECTO.pdf?sequence=1
- Ortega, J., Vasconcelos, G., Rodrigues, H., & Correia, M. (03 de January de 2020). *International Journal of Architectural Heritage - Conservation, Analysis, and Restoration* . Obtenido de Seismic Vulnerability and Loss Assessment of Vila Real de Santo António, Portugal: Application of a Novel Method: <https://www-tandfonline-com.ezproxy.uan.edu.co/doi/full/10.1080/15583058.2019.1709915>
- Portafolio. (08 de Octubre de 2009). *Los terremotos más importantes ocurridos en Bogotá* . Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/terremotos-importantes-ocurridos-bogota-340174>
- Portafolio. (25 de Marzo de 2010). *Portafolio*. Obtenido de Cerca del 80% de las viviendas en Bogotá no cumplen normas de sismorresistencia: <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/cerca-80-viviendas-bogota-cumplen-normas-sismorresistencia-475326>
- Ramírez, J. E. (08 de Junio de 2009). *Portafolio*. Obtenido de Los terremotos más importantes ocurridos en Bogotá : <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/terremotos-importantes-ocurridos-bogota-340174>
- Rincón Lobo, A. F. (2010). *Repositorio Universidad de los Andes*. Obtenido de Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas Informales: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14703/u442550.pdf?sequence=>
- Scibilia, F., Lo Faro, A., & Mondello, A. (10 de June de 2022). *International Journal of Architectural Heritage - Conservation, Analysis, and Restoration*. Obtenido de Earthquake-resistant Techniques in the Etna Area (Sicily) after the Earthquake of 1818: <https://www-tandfonline->

https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3289/Espacios_integraci%C3%B3n_social.pdf

Zisan, M., Haque, M., & Hasan, M. (2023). *Asian Journal of Civil Engineering*. Obtenido de Seismic Vulnerability Assessment of Masonry Building Supported by STRP Isolators: <https://link-springer-com.ezproxy.uan.edu.co/article/10.1007/s42107-022-00492-2#citeas>

12. Anexos.

12.1. Formulario de Evaluación.

12.2. Formatos Diligenciados.