

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ



Título del trabajo de grado

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

Luz Angelica Montero Leiton

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

septiembre de 2024

**IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -
BOGOTÁ**

Luz Angelica Montero Leiton

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Asesor(a)
DEIVI DAVID FUENTES DORIA

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos
septiembre de 2024

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN

ENGATIVÁ - BOGOTÁ

Tabla de contenido

1. Lista de tablas.....	6
2. Lista de ilustraciones	6
3. RESUMEN.....	7
4. ABSTRACT.....	8
5. INTRODUCCIÓN.....	9
6. OBJETIVOS.....	10
6.1 Objetivo general.....	10
6.2 Objetivos específicos	10
7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
8. JUSTIFICACIÓN.....	12
9. MARCO REFERENCIAL.....	13
9.1 Investigaciones Académicas.....	14
9.2 Proyectos y Programas de Mejoramiento	14
9.3 Relevancia del Problema	14
9.4 Necesidad de Preparación y Mitigación	15
9.5 Objetivos y Metodología de la Investigación	15
9.6 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).....	15
10. MARCO TEÓRICO	16
10.1Riesgo Sísmico y Vulnerabilidad Estructural.....	17
10.2Normativa de Construcción Sismorresistente en Colombia.....	17
10.3Diseño Sismorresistente	18
10.4Impacto de las Construcciones Antisísmicas en la Seguridad Pública	18
10.5Rehabilitación de Infraestructuras Existentes.....	19
10.6Objetivos de la Investigación.....	19
10.7Riesgo Sísmico.....	20
11. MARCO CONCEPTUAL	20
11.1Sismorresistencia.....	20
11.2Normativa de Construcción Sismorresistente.....	20
11.3Materiales y Tecnología en Construcciones Sismorresistentes.....	21

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN

ENGATIVÁ - BOGOTÁ

11.4Inversión en Refuerzos Estructurales.....	21
11.5Evaluación de Riesgo y Planificación Urbana	21
11.6Impacto Social y Económico de las Construcciones Sismorresistentes	22
11.7Engativá, Bogotá: Contexto Sísmico y Vulnerabilidad	22
12. MARCO GEOGRÁFICO	23
12.1Ubicación Geográfica de Engativá	23
12.2Características Geológicas y Sísmicas	24
12.3Urbanización y Desarrollo Inmobiliario	24
12.4Áreas de Mayor Vulnerabilidad en Engativá.....	24
12.5Influencia de la Infraestructura Vial y Servicios Públicos	25
12.6Relación con la Normativa de Construcción.....	25
13. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	25
13.1Identificación del aspecto constructivo de los inmuebles en la zona	26
13.2Identificación de materiales predominantes en la zona.	30
• 1. Ladrillo y bloques de concreto.....	30
• 2. Concreto Reforzado.....	31
• 3. Acero Estructural	31
• 4. Mampostería No Reforzada	32
• 5. Madera	32
• 6. Otros Materiales.....	33
13.3Densificación de la población en Engativá	33
13.4Estadísticas Diseño Metodológico.....	34
13.5Base de datos.....	34
13.6Resistencia sísmica:	35
13.7Costo de construcción.....	38
13.8Análisis Económico: Costos vs. Beneficios	39
14. RESULTADO DE DATOS.....	40
14.1Resistencia Sísmica Promedio (MPa)	40
14.1Inversión en Refuerzos	41
14.2Cumplimiento Normativo.....	43

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN

ENGATIVÁ - BOGOTÁ

14.3	Costo de Construcción.....	44
14.4	Evaluación de Riesgo Sísmico.....	45
15.	Conclusiones	46
16.	Recomendaciones y futuros trabajos.	47
•	Limitaciones de la Investigación.....	47
1.	Posibles Sesgos:	47
2.	Errores de Medición.....	47
3.	Limitaciones en la Generalización de los Resultados:.....	47
•	Sugerencias para Investigaciones Futuras	47
1.	Ampliación del Alcance:	47
2.	Uso de Tecnologías Avanzadas.....	47
3.	Investigación sobre Políticas y Educación:	47
•	Influencia en la Toma de Decisiones y Prácticas Profesionales	48
1.	Toma de Decisiones:	48
2.	Prácticas Profesionales:.....	48
3.	Intervenciones	48
•	Reflexión Personal.....	48
17.	Bibliografía.....	49

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

1. Lista de tablas

Tabla 1. Base de datos	34
Tabla 2 Resistencia sísmica, fuente propia.	35
Tabla 3. Tabla de análisis de costos de estructura convencional Vs antisísmica, fuente propia.	38
Tabla 4. Resistencia sísmica, fuente propia.	40
Tabla 5. Inversión de refuerzos, fuente propia.	42
Tabla 6. Cumplimiento normativo, fuente propia.	43

2. Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Mapa de la localidad 10, Engativá.....	11
Ilustración 2. Mapa de Bogotá con localidad de Engativá, tomado de Alcaldía mayor de Bogotá.	23
Ilustración 3. Imagen tomada de google maps.....	26
Ilustración 4. Imagen tomada de google maps.....	27
Ilustración 5. Imagen tomada de google maps.....	27
Ilustración 6. Imagen tomada de google maps.....	28
Ilustración 7. Imagen tomada de google maps.....	28
Ilustración 8. Imagen tomada de google maps.....	29
Ilustración 9. Imagen tomada de google maps.....	29
Ilustración 10. Imagen tomada de google maps.....	30
Ilustración 11. Resistencia sísmica, fuente propia.....	36
Ilustración 12. Costo de construcción para estructura antisísmicas, fuente propia.	38

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

3. RESUMEN

Actualmente, una construcción antisísmica es la mejor forma de prevenir desastres causados por movimientos telúricos, las construcciones antisísmicas son más resistentes que las comunes si hay un terremoto. Estas construcciones tienen materiales, estructuras y diseños especiales para cumplir con esta función. En relación con este tema, se pueden investigar las construcciones que mejor funcionan en el mundo y sus características, los problemas que hay en relación con los materiales, los avances que se hicieron en los últimos años para este tipo de construcciones, entre otras cosas.

Dentro de esta investigación se evaluará que tanto se tiene en cuenta el valor de construir con materiales resistentes en la localidad de Engativá ya que se percibe pero no se generan estructuras que puedan resistir ante un posible sismo de magnitud elevada es así como se afirma que buena parte de lo construido en Bogotá, con un sismo de epicentro cercano que supere la magnitud de 7,5 grados en la escala de Richter, afectaría el 89 por ciento de las construcciones, y causaría desde fisuras hasta el colapso de la edificación, según un estudio realizado entre el 2000 y 2003 por la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (Jica) en el que colaboró el Creprevé de la UN.

Según la información anterior, se investigará él porque es importante construir edificaciones antisísmicas hacia la localidad de Engativá, Bogotá D.C.

Palabras clave: Construcción antisísmica, materiales resistentes, movimientos telúricos.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

4. ABSTRACT

Currently, earthquake-resistant construction is the best way to prevent disasters caused by seismic activity. Earthquake-resistant buildings are more durable than standard constructions in the event of an earthquake. These buildings have special materials, structures, and designs to fulfill this purpose. Regarding this topic, one can investigate the most effective constructions worldwide and their characteristics, the issues related to materials, and the advances made in recent years for this type of construction, among other things.

In this research, the consideration given to building with durable materials in the locality of Engativá will be evaluated. It is perceived that there is not enough being done to create structures that can withstand a potential high-magnitude earthquake. It is stated that much of what is built in Bogotá could be affected by an earthquake with a nearby epicenter exceeding a magnitude of 7.5 on the Richter scale. This could impact 89 percent of buildings, causing anything from cracks to the collapse of structures, according to a study conducted between 2000 and 2003 by the Japan International Cooperation Agency (JICA) in collaboration with the UN's Creprevé.

Based on the information above, research will be conducted to understand why it is important to construct earthquake-resistant buildings specifically in the locality of Engativá, Bogotá D.C.

Keywords: Earthquake-resistant construction, durable materials, seismic activity.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

9

5. INTRODUCCIÓN

El desarrollo urbano en ciudades como Bogotá ha estado acompañado de desafíos significativos relacionados con la seguridad estructural, especialmente en áreas propensas a fenómenos sísmicos como Engativá. La importancia de las construcciones antisísmicas radica en su capacidad para minimizar los daños y proteger vidas humanas ante un eventual terremoto. Este estudio se enfoca en evaluar la situación actual de las edificaciones en Engativá, analizando la implementación de normativas de construcción antisísmica y su impacto en la seguridad de los residentes.

A través de un análisis detallado de la infraestructura existente y la revisión de normativas locales, esta investigación busca destacar la necesidad urgente de reforzar las políticas de construcción para adaptarlas a los estándares internacionales. Además, se explora la percepción de la comunidad sobre la seguridad de sus viviendas y se identifican áreas críticas que requieren intervención.

El propósito de este estudio es proporcionar una base sólida para futuras acciones y políticas que promuevan construcciones más seguras, contribuyendo así a la reducción del riesgo sísmico en Engativá. La investigación es relevante para profesionales del sector de la construcción y la ingeniería civil, y también para las autoridades locales y la comunidad, cruciales en la implementación de medidas preventivas, para evaluar la situación actual de las construcciones antisísmicas en Engativá, Bogotá, y recomendar mejorar su resistencia frente a posibles sismos. Los objetivos específicos de la investigación son:

Evaluar el estado actual de las construcciones en Engativá en términos de resistencia sísmica. Identificar los materiales y técnicas de construcción que mejoran la resistencia sísmica, analizar el impacto de la normativa local en la implementación de prácticas de construcción antisísmicas, proponer estrategias para mejorar la resistencia sísmica de las construcciones en Engativá.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

10

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Evaluar la importancia de las construcciones antisísmicas en la localidad de Engativá y proponer estrategias para mejorar la seguridad estructural ante eventos sísmicos.

6.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar en que consiste una estructura sismorresistente a través de una herramienta digital
- ✓ Determinar el alcance de una estructura sismorresistente en la localidad de Engativá
- ✓ Evaluar condiciones de construcción de estructuras sismorresistentes en la zona.

7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Engativá es la localidad número 10 del Distrito Capital de Bogotá, Se encuentra ubicada en el noroccidente de la ciudad En la localidad de Engativá no existe ningún estándar de calidad en construcción en viviendas unifamiliares, ni se maneja obligatoriamente ningún tipo de normativa constructiva, existen viviendas diseñadas en materiales incluso no hechos para la construcción, sus errores constructivos están desde el diseño, materiales, proceso constructivo y ubicación, es de comprender que es una localidad al igual que muchas otras con cierto porcentaje de población es situación de pobreza en algunos niveles.

La localidad está en constante crecimiento por lo cual las nuevas edificaciones si están sometidas a cumplir la normativa de construcción antisísmica, ya que de esto depende su licencia de construcción.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

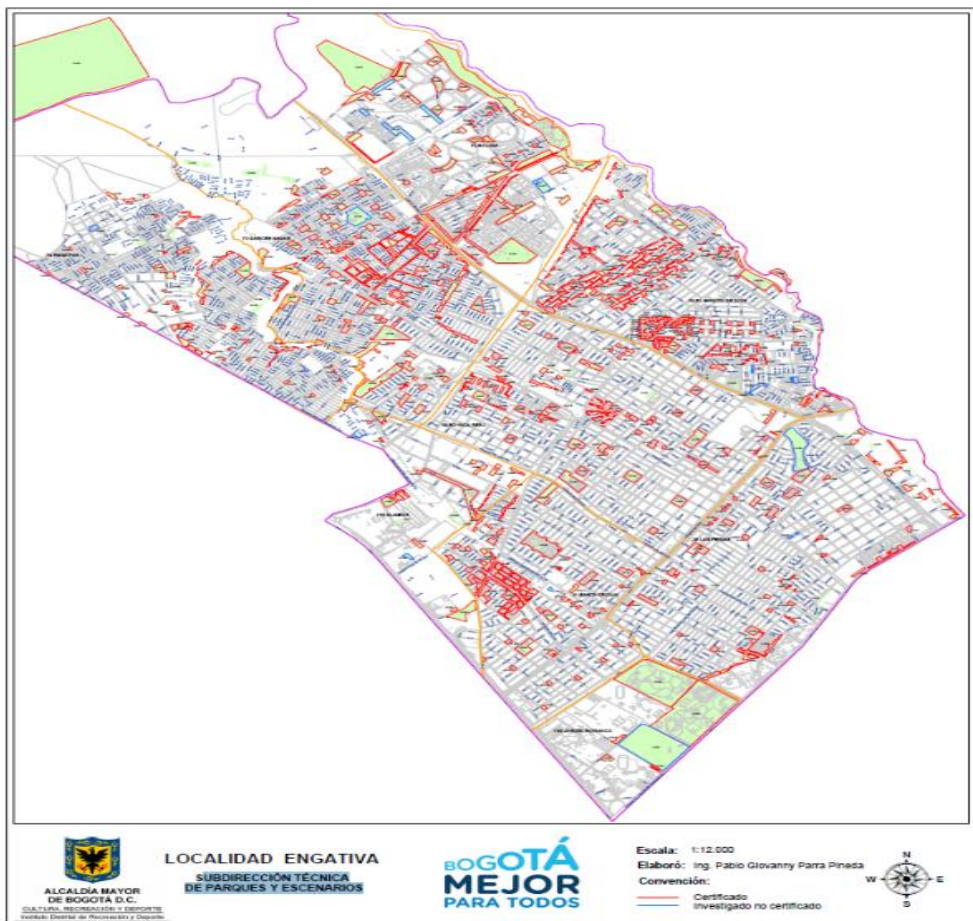
BOGOTÁ

11

Se deberá cultivar en toda la población de la localidad la importancia de construir bajo normativa para evitar o por lo menos mitigar un desastre, es así la única manera de incentivar a todo aquel que construya una vivienda y/o edificación a que esta además de socorrerlo de la intemperie también le puede salvará la vida ante un terremoto o por el contrario ser fatal.

La localidad de Engativá, en Bogotá D.C., enfrenta serios desafíos por la preparación y resiliencia ante eventos sísmicos por problemas específicos relacionados con las construcciones antisísmicas. ¿Cómo nos ayuda la transformación digital a reconocer la importancia de estructuras sismorresistentes en Engativá?

Ilustración 1 Mapa de la localidad 10, Engativá.



8. JUSTIFICACIÓN

Se entiende por Construcción Sismorresistente, aquélla que posee una estructura resistente, en cuyo proyecto y ejecución se han considerado, además de las cargas permanentes y las sobrecargas de servicio, las acciones provocadas por el sismo. Son construcciones capaces de resistir adecuadamente los efectos de un terremoto.

Se considera sismorresistente a toda construcción proyectada y construida de acuerdo con los reglamentos; esto no significa que la misma no vaya a sufrir daños ante sismos severos.

La investigación concientizará a los habitantes de la localidad a construir mejor sus viviendas, lo que en un futuro será para un bien masivo el que salvará vidas y prologará su vida útil, todo inicia desde que se conozca primero que es una estructura sismorresistente para que después pueda implementarse.

La pérdida de vidas humanas por movimientos sísmicos ha incentivado a las instituciones a desarrollar proyectos para concienciar de la importancia de actuar para prevenir accidentes de grandes, medianas o leves proporciones. Que Colombia esté en la cordillera de los Andes lo hace más vulnerable a estos eventos. Eso trae el compromiso de quienes puedan aportar en pro de la formación, no solo de los estudiantes, sino de las comunidades, para desarrollar acciones ordenadas y colaborativas, buscando organizar planes de intervención que permitan actuar de manera acertada si se presenta un terremoto.

A través de herramientas digitales se difundirá información pertinente de ágil entendimiento sobre ¿qué es? ¿Cómo se construyen? ¿En qué nos benefician? Y demás preguntas que deberán ser resueltas con información desglosada y clara sobre el tema.

Para la localidad de Engativá que limita con SUBA BARRIOS UNIDOS Y FONTIBÓN existen variables ya que existen fallas geológicas en la zona lo que la hace propensa a sufrir mas daños ante un sismo.

La Falla Río Juan Amarillo limita al sur con el Cerro de Suba y controla el curso del río. Asociado a ella están los Termales del Club Los Lagartos, Lobo-Guerrero (1996) la identifica como Falla de Los Lagartos, con un desplazamiento lateral asociado al cabalgamiento de fallas NE. Puede ser la misma propuesta por Caro (1996) que Falla de Usaquén, clasificada por Vergara (1997)

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

13

como una falla activa. La Falla Río Juan Amarillo hace parte de la que Gómez (1985) denomina Falla Transversal del Norte. (Velandia-Patino y De Bermoudes INGEOMINAS - 2002)MARCO DE REFERENCIA

9. MARCO REFERENCIAL

Bogotá, al estar situada en una región geológicamente activa de Colombia, ha estado expuesta históricamente a la amenaza de terremotos. Engativá, una de las localidades más densamente pobladas de la ciudad, no está exenta de este riesgo. Las construcciones en esta área, como en muchas otras de Bogotá, han tenido que enfrentar el reto de adaptarse a normativas más estrictas y técnicas de construcción más avanzadas para garantizar la seguridad de los habitantes frente a eventos sísmicos.

El desarrollo de normas sismorresistentes en Colombia tiene sus orígenes a mediados del siglo XX, cuando la creciente urbanización de Bogotá, incluyendo Engativá, llevó a una mayor vulnerabilidad ante los desastres naturales. Según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente (NSR-10), adoptado en 2010 y basado en estudios previos, se establece que todas las edificaciones nuevas deben cumplir con criterios de diseño antisísmico. Sin embargo, antes de la implementación de este reglamento, muchas edificaciones en Engativá y otras localidades se construyeron sin considerar suficientemente estos aspectos, lo que generó una gran vulnerabilidad en la población.

Autoras como Pimienta Prieto, Estrada Coronado, y de la Orden Hoz (2018) han señalado la importancia de aplicar estudios detallados en la investigación de riesgos naturales, como los terremotos, para planificar y adaptar las políticas urbanas. En el caso de Bogotá, la necesidad de reforzar las estructuras construidas antes de la normatividad actual ha sido una preocupación de las autoridades y de los profesionales de la ingeniería civil. Estos investigadores subrayan la relevancia de adoptar metodologías de análisis sismorresistentes tanto en la planificación de nuevas construcciones como en la rehabilitación de edificios existentes.

Además, Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) subrayan la importancia de considerar no solo la resiliencia estructural, sino también la implicación social y política de implementar

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

14

regulaciones más estrictas. Para ellos, la transformación hacia ciudades más seguras ante los terremotos requiere un enfoque multidisciplinario, que incluya educación comunitaria, incentivos para la adopción de tecnologías sismorresistentes y un marco normativo coherente.

En resumen, la historia de las construcciones antisísmicas en Engativá refleja una evolución en la conciencia y en la implementación de medidas preventivas frente a desastres naturales. A medida que la ciudad ha crecido, también lo ha hecho la necesidad de infraestructuras más resistentes, y con ello, las normativas y políticas han sido adaptadas para asegurar una mayor protección a sus habitantes. Sin embargo, el reto sigue siendo grande, ya que muchas edificaciones antiguas aún no cumplen con los estándares actuales, lo que implica un riesgo significativo para la población de esta localidad.

9.1 Investigaciones Académicas

Estudios de Vulnerabilidad Sísmica: Análisis realizados por universidades y organizaciones que han evaluado la capacidad de resistencia de las construcciones en Bogotá, incluyendo áreas como Engativá, e valuaciones de Riesgo: Investigaciones que han identificado las zonas más vulnerables y las posibles consecuencias de un evento sísmico significativo.

9.2 Proyectos y Programas de Mejoramiento

Iniciativas de Reforzamiento Estructural: Proyectos pasados y presentes que buscan mejorar la infraestructura existente para resistir sismos, como programas de reforzamiento de escuelas y hospitales.

9.3 Relevancia del Problema

Impacto Social y Económico Riesgo para la Población: Un terremoto de gran magnitud podría tener consecuencias devastadoras para la población de Engativá, dada la vulnerabilidad actual de muchas de sus construcciones, costo Económico: La pérdida de infraestructura crítica y el

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

15

desplazamiento de personas tendrían un impacto económico significativo para la localidad y la ciudad.

9.4 Necesidad de Preparación y Mitigación

Conciencia y Educación Comunitaria: La educación sobre preparación para desastres y la importancia de las construcciones antisísmicas es crucial para aumentar la resiliencia comunitaria, políticas Públicas y Planificación: La necesidad de políticas efectivas que promuevan el cumplimiento de normativas y la planificación urbana adecuada para reducir riesgos sísmicos.

9.5 Objetivos y Metodología de la Investigación

Identificación de Vulnerabilidades: Analizar las principales debilidades estructurales de las edificaciones en Engativá y proponer mejoras.

Desarrollo de Estrategias de Mitigación: Proponer medidas prácticas para mejorar la resiliencia sísmica de la localidad, incluyendo programas de educación y reforzamiento estructural.

9.6 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

El NSR-10 establece los estándares mínimos para el diseño y construcción de edificaciones capaces de resistir eventos sísmicos, pero su aplicación en Engativá ha sido limitada debido a la informalidad en la construcción, desafíos en la Implementación: La falta de cumplimiento normativo y supervisión adecuada ha resultado en una infraestructura que no está preparada para un sismo de gran magnitud.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

16

Políticas de Desarrollo Urbano, planificación Urbana Sostenible: Los esfuerzos por implementar una planificación urbana sostenible y resiliente en Bogotá enfrentan desafíos debido a la expansión urbana descontrolada y la resistencia a cambiar prácticas de construcción arraigadas.

Investigaciones Previas y Estudios Relacionados, estudios de Vulnerabilidad Sísmica

Evaluaciones Locales: Diversas investigaciones han identificado la alta vulnerabilidad de Engativá frente a sismos, destacando la necesidad urgente de reforzar las edificaciones y mejorar las prácticas de construcción.

Recomendaciones: Las recomendaciones de estudios previos incluyen el fortalecimiento de políticas públicas y la promoción de la educación comunitaria sobre la importancia de la construcción antisísmica.

Avances en Ingeniería Sísmica, Innovaciones Tecnológicas: Los avances en ingeniería sísmica, como el uso de materiales de alta resistencia y técnicas de diseño innovadoras, han mejorado la capacidad de las edificaciones para resistir sismos.

Aplicación Práctica en Engativá: La implementación de estas innovaciones en Engativá ha sido limitada, lo que resalta la necesidad de un enfoque más sistemático para mejorar la resiliencia sísmica.

10. MARCO TEÓRICO

Aspectos conceptuales: Este marco teórico establece los aspectos clave que respaldan los objetivos de la investigación sobre la importancia de las construcciones antisísmicas en Engativá, Bogotá. A partir de la revisión de la literatura, se identifican conceptos fundamentales como el riesgo sísmico, las normativas de construcción sismorresistente, el diseño estructural y el impacto de las construcciones en la seguridad pública, todos los cuales están respaldados por diferentes autores y estudios.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

17

10.1 Riesgo Sísmico y Vulnerabilidad Estructural

El riesgo sísmico es un factor esencial en la planificación y construcción de edificaciones en áreas propensas a terremotos. Según Cardona (2001), el riesgo sísmico está compuesto por dos elementos: la peligrosidad sísmica y la vulnerabilidad de las infraestructuras. En el caso de Engativá, Bogotá, se identifica que muchos edificios no cumplen con los estándares modernos de construcción sismorresistente, lo que incrementa su vulnerabilidad ante movimientos telúricos.

Ordaz y Miranda (2010) destacan la importancia de una evaluación exhaustiva de la vulnerabilidad estructural para determinar el nivel de riesgo de colapso de edificaciones en zonas sísmicas. En este contexto, Engativá se presenta como una localidad en la que se deben implementar soluciones para reducir esta vulnerabilidad mediante la actualización de estructuras existentes y la aplicación de normativas estrictas en nuevas construcciones.

10.2 Normativa de Construcción Sismorresistente en Colombia

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente (NSR-10), junto con la Ley 400 de 1997, establece las normas básicas para la construcción de edificaciones capaces de soportar eventos sísmicos. Álvarez y García (2012) señalan que la correcta implementación de estas normativas reduce el riesgo de pérdidas humanas y materiales durante un terremoto, al tiempo que mejora la resiliencia de las comunidades urbanas.

En Engativá, la mayoría de las construcciones fueron levantadas antes de la adopción de estas normativas, lo que genera una necesidad urgente de adaptación. Pimienta Prieto et al. (2018) subrayan que la revisión de estas infraestructuras y su adecuación a las normativas vigentes es un aspecto clave para la mitigación del riesgo sísmico.

10.3 Diseño Sismorresistente

El diseño sismorresistente busca que las edificaciones puedan absorber y disipar la energía generada por un terremoto sin sufrir daños estructurales significativos. Prieto (2014) indica que un diseño adecuado implica la distribución uniforme de cargas, el uso de materiales flexibles y sistemas de soporte que permitan a las edificaciones resistir las deformaciones causadas por las ondas sísmicas.

En el contexto de Engativá, el diseño sismorresistente debe ser implementado tanto en nuevas construcciones como en la rehabilitación de estructuras antiguas que no cumplen con las normativas vigentes. Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) indican que un enfoque integral, que combine el análisis cualitativo y cuantitativo, es crucial para evaluar la eficacia de las técnicas de diseño sismorresistente en reducir el riesgo de colapso.

10.4 Impacto de las Construcciones Antisísmicas en la Seguridad Pública

El impacto social de las construcciones antisísmicas es amplio, pues no solo protege la infraestructura física, sino que también garantiza la seguridad y el bienestar de la población. Rodríguez y Estrada (2016) argumentan que las políticas de construcción sismorresistente deben involucrar a todos los actores sociales, desde el gobierno hasta las empresas constructoras y la comunidad, para lograr un entorno urbano más seguro.

Engativá es una localidad densamente poblada, lo que aumenta la relevancia de este tipo de construcciones. García y Torres (2018) señalan que la implementación de políticas públicas que promuevan la construcción sismorresistente no solo reduce la vulnerabilidad de las edificaciones, sino que también genera una mayor conciencia social sobre la importancia de la seguridad estructural.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

19

10.5 Rehabilitación de Infraestructuras Existentes

La adecuación de edificaciones ya construidas es uno de los mayores retos para la protección de las zonas urbanas vulnerables. Aguado (2017) sugiere que la rehabilitación estructural de construcciones antiguas mediante la incorporación de tecnologías sismorresistentes es una solución eficaz para minimizar el riesgo en áreas como Engativá. Esta estrategia es particularmente relevante en aquellas edificaciones de interés histórico o comunitario, que no pueden ser demolidas pero que requieren mejoras estructurales urgentes.

La investigación de Prieto (2014) también sugiere que la rehabilitación no debe centrarse solo en las grandes edificaciones, sino que debe incluir también viviendas y estructuras residenciales, las cuales representan una gran parte del parque inmobiliario en áreas como Engativá.

10.6 Objetivos de la Investigación

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la situación actual de las construcciones en Engativá, Bogotá, en cuanto a su cumplimiento con las normativas antisísmicas y proponer estrategias de mejora. Esto implica analizar la vulnerabilidad estructural de las edificaciones existentes y la implementación de técnicas de diseño sismorresistente en nuevas construcciones, con el fin de reducir el riesgo sísmico en la localidad.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) indican que un enfoque metodológico mixto, que combine técnicas de recolección de datos cuantitativos y cualitativos, es esencial para comprender la magnitud del problema y proponer soluciones viables. En este sentido, los objetivos de la investigación se orientan tanto a la evaluación técnica de las estructuras como al análisis de las políticas públicas y su implementación.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

20

10.7 Riesgo Sísmico

El riesgo sísmico se refiere a la probabilidad de que un terremoto afecte a una determinada región y cause daños a infraestructuras y personas. En áreas urbanas como Engativá, Bogotá, el riesgo sísmico está presente debido a la proximidad a fallas tectónicas activas. El riesgo sísmico en edificaciones se analiza en función de tres elementos clave: la amenaza sísmica (frecuencia y magnitud de los sismos), la vulnerabilidad de las estructuras y la exposición de la población y bienes.

11. MARCO CONCEPTUAL

11.1 Sismorresistencia

La sismorresistencia de una construcción es la capacidad que tiene para soportar las fuerzas generadas por un sismo sin colapsar ni sufrir daños estructurales graves. Este concepto implica el uso de tecnologías y materiales que permitan a las edificaciones mantener su integridad estructural durante un terremoto. Según la NSR-10 (Norma Sismo Resistente de Colombia), toda edificación debe cumplir con ciertos estándares de diseño y construcción para ser considerada sismorresistente.

11.2 Normativa de Construcción Sismorresistente

En Colombia, la construcción sismorresistente está regulada por la Ley 400 de 1997 y la NSR-10. Estas normativas establecen los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de edificaciones capaces de resistir terremotos, con el fin de proteger a los ocupantes y reducir los daños materiales. El cumplimiento de estas normativas es esencial en zonas de alta actividad sísmica como Engativá.

11.3 Materiales y Tecnología en Construcciones Sismorresistentes

Los materiales utilizados en una construcción sismorresistente deben tener una alta capacidad de absorción y disipación de energía. Esto incluye el uso de concreto reforzado, acero estructural, y la implementación de sistemas de amortiguación que permitan que la estructura se mueva de manera controlada durante un sismo. El diseño debe garantizar flexibilidad y resistencia.

11.4 Inversión en Refuerzos Estructurales

La inversión en refuerzos estructurales es crucial para mantener las edificaciones existentes dentro de los parámetros de seguridad sísmica. En construcciones más antiguas, que no cumplen con las normas actuales, la inversión en refuerzos puede reducir significativamente el riesgo de daños ante un terremoto. Los refuerzos incluyen modificaciones como el uso de materiales avanzados, la instalación de amortiguadores sísmicos o el reforzamiento de columnas y vigas.

11.5 Evaluación de Riesgo y Planificación Urbana

La evaluación del riesgo sísmico en Engativá requiere una planificación urbana adecuada, que contemple tanto la nueva construcción como la adecuación de edificaciones existentes. El análisis de riesgo debe incluir la densidad poblacional, la antigüedad de las construcciones y las condiciones geotécnicas del terreno. Una planificación adecuada garantiza que las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica cuenten con edificaciones diseñadas para resistir sismos.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

22

11.6 Impacto Social y Económico de las Construcciones Sismorresistentes

El impacto social de las construcciones sismorresistentes se refleja en la protección de vidas humanas, al evitar el colapso de edificaciones durante un sismo. En términos económicos, aunque las construcciones sismorresistentes pueden tener un costo inicial mayor, este se ve compensado por la reducción en los costos de reparación y reconstrucción tras un evento sísmico, así como por la preservación del valor de las propiedades y la infraestructura urbana.

11.7 Engativá, Bogotá: Contexto Sísmico y Vulnerabilidad

Engativá es una de las localidades más pobladas de Bogotá, con un crecimiento urbano acelerado. A pesar de que Bogotá no es la zona de mayor actividad sísmica en Colombia, la cercanía a fallas activas, como la de Usme y El Salitre, genera una preocupación constante por el impacto de posibles sismos en la infraestructura. El desarrollo de construcciones sismorresistentes en Engativá es fundamental para mitigar los efectos de un terremoto en esta área densamente habitada.

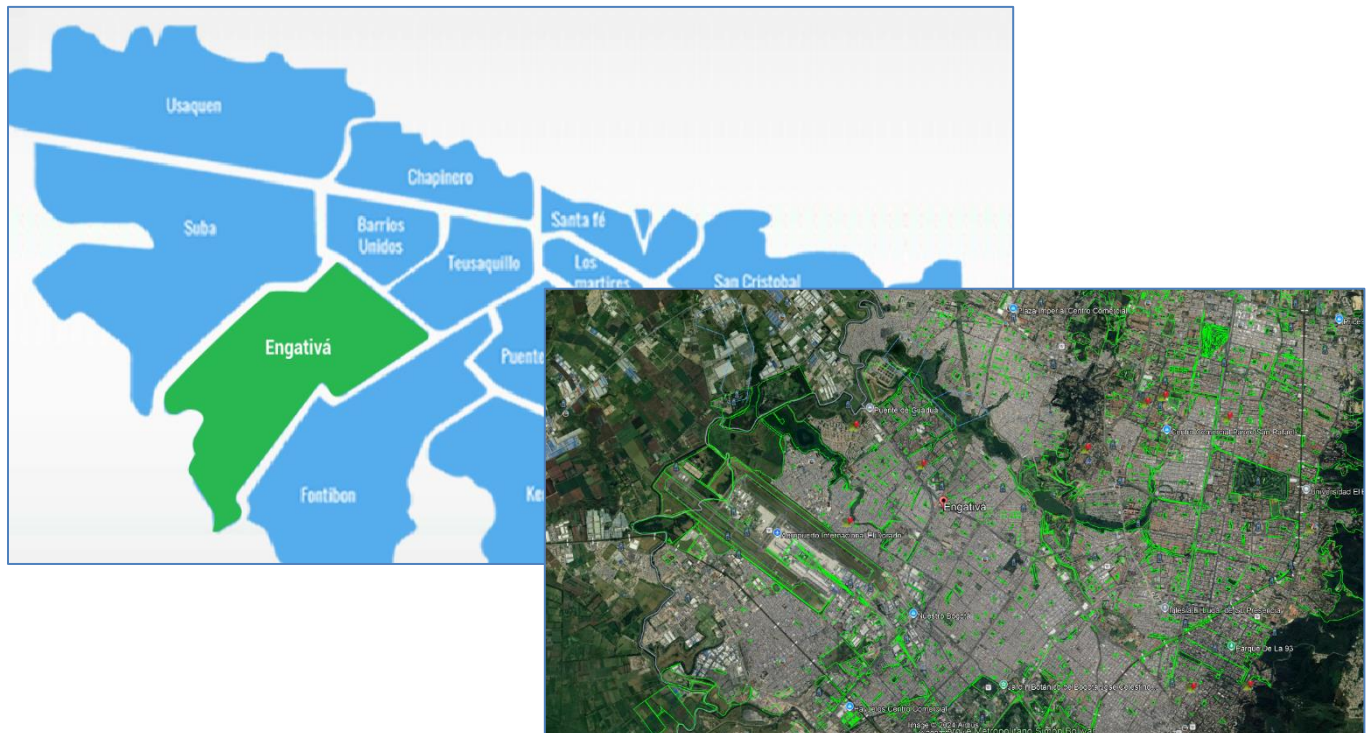
IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

23

12. MARCO GEOGRÁFICO

12.1 Ubicación Geográfica de Engativá

Ilustración 2. Mapa de Bogotá con localidad de Engativá, tomado de Alcaldía mayor de Bogotá.



Engativá es una de las 20 localidades que conforman la ciudad de Bogotá, ubicada al noroccidente de la capital. Limita al norte con Suba, al oriente con Barrios Unidos y Teusaquillo, al sur con Fontibón y al occidente con el municipio de Cota, Cundinamarca. Su extensión geográfica es de aproximadamente 35 km² y tiene una población superior a los 900,000 habitantes, lo que la convierte en una de las localidades más densamente pobladas de Bogotá.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

24

12.2 Características Geológicas y Sísmicas

Bogotá, incluida la localidad de Engativá, está ubicada en una región que, aunque no es la de mayor actividad sísmica de Colombia, sí está influenciada por las fallas geológicas cercanas. En particular, la falla de Usme y la falla de El Salitre representan una amenaza significativa para la ciudad y sus alrededores. Estas fallas pueden generar terremotos de moderada magnitud que podrían afectar a Engativá, especialmente en zonas con construcciones antiguas o no reforzadas.

12.3 Urbanización y Desarrollo Inmobiliario

Engativá ha experimentado un rápido proceso de urbanización en las últimas décadas, lo que ha resultado en la construcción de viviendas, centros comerciales, instalaciones industriales y espacios públicos. Sin embargo, muchas de las edificaciones más antiguas, particularmente en áreas residenciales, no fueron construidas bajo las normativas sismorresistentes actuales. Esto aumenta el riesgo de que, en un evento sísmico, estas construcciones sufran daños estructurales severos.

12.4 Áreas de Mayor Vulnerabilidad en Engativá

Dentro de Engativá, existen sectores con una alta concentración de edificaciones residenciales y comerciales que presentan una mayor vulnerabilidad frente a sismos. Algunas de estas áreas tienen construcciones de más de 20 años que no han sido sometidas a refuerzos estructurales adecuados. Los barrios como Boyacá Real, Modelia y Santa Cecilia concentran una gran cantidad de edificaciones de este tipo.

Además, los sectores cercanos a ríos y humedales, como el Humedal Jaboque, son especialmente vulnerables debido a la naturaleza del terreno y su susceptibilidad a movimientos

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

25

durante un sismo. Las zonas industriales al suroccidente de la localidad también presentan riesgos, aunque en menor grado que las áreas residenciales.

12.5 Influencia de la Infraestructura Vial y Servicios Públicos

Engativá cuenta con importantes corredores viales, como la Avenida Boyacá, la Avenida Calle 80 y la Calle 26, que conectan la localidad con el resto de Bogotá. En un escenario sísmico, la resistencia de la infraestructura vial es crucial para garantizar la movilidad de emergencia y el acceso a los servicios básicos. La resistencia sísmica de puentes y vías es un factor determinante para mitigar los efectos de un sismo y evitar el colapso del sistema de transporte.

12.6 Relación con la Normativa de Construcción

La ubicación de Engativá dentro de una zona de actividad sísmica moderada, pero con alta densidad de población hace que el cumplimiento de la normativa sismorresistente sea una prioridad. La NSR-10 es aplicable a todas las nuevas construcciones, pero muchas edificaciones anteriores a su promulgación no cumplen con estos estándares, lo que genera una vulnerabilidad significativa en caso de un terremoto.

13. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El proyecto de investigación se basa en realizar investigación con la comunidad referente a la percepción de la importancia de las construcciones sismorresistentes para cumplir con los objetivos planteados. Se plantean varias fases de la metodología de investigación:


IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

26

13.1 Identificación del aspecto constructivo de los inmuebles en la zona



Actividades: Se identifica en la zona de Engativá los inmuebles a encuestar a razón de su construcción, año, costo, tipo de vivienda, mantenimientos, conocimientos a cerca de la normativa sismorresistente.

Registro fotográfico de los inmuebles en la zona, en los cuales se identifica la construcción totalmente intuitiva, la mayor parte de la construcción en Engativá es residencial, con un predominio de viviendas unifamiliares (casas de uno o dos pisos) en barrios más antiguos, como Boyacá Real, Santa Helenita y Las Ferias. En áreas más desarrolladas, como Modelia y Normandía, hay un aumento en las construcciones multifamiliares, como edificios de apartamentos de mediana altura (de 3 a 5 pisos), a continuación, se muestran algunas de estas viviendas.

DIRECCIÓN	Nº de pisos	FOTOGRAFÍA
Calle 123 No. 45-67	3	<p>Ilustración 3. Imagen tomada de google maps.</p> 

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ



27

DIRECCIÓN	Nº de pisos	FOTOGRAFÍA
Carrera 56 No. 34-89	2	<p data-bbox="768 468 1287 495">Ilustración 4. Imagen tomada de google maps</p>  A photograph of a two-story yellow building with barred windows. A utility pole is in the foreground, and a person is walking on the sidewalk. The building is situated on a street corner.
Carrera 119 a N° 63-83	1	<p data-bbox="745 1037 1265 1064">Ilustración 5. Imagen tomada de google maps</p>  A photograph of a single-story building with a storefront. A white van is parked in front of the building. The storefront has a sign that reads "Salsamentaria el Sabor del Campo".

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -


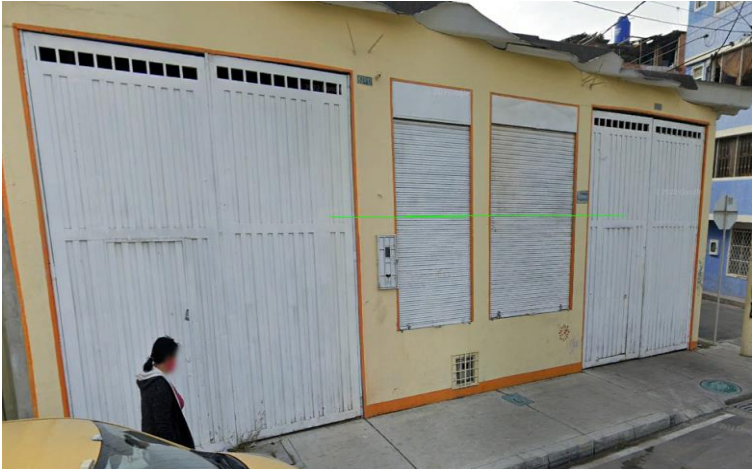
BOGOTÁ

28

DIRECCIÓN	Nº de pisos	FOTOGRAFÍA
Carrera 56 No. 34-90	3	<p data-bbox="760 447 1279 478">Ilustración 6. Imagen tomada de google maps</p> 
Calle 123 No. 45- 69	2	<p data-bbox="743 1001 1263 1033">Ilustración 7. Imagen tomada de google maps</p> 

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

29

DIRECCIÓN	Nº de pisos	FOTOGRAFÍA
Calle 63 a N° 118-09	3	<p data-bbox="716 436 1235 468">Ilustración 8. Imagen tomada de google maps</p> 
Calle 123 No. 45- 70	1	<p data-bbox="743 1020 1263 1052">Ilustración 9. Imagen tomada de google maps</p> 

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

30

DIRECCIÓN	Nº de pisos	FOTOGRAFÍA
Cra 80 b N° 25c - 16	3	<p data-bbox="727 436 1260 464">Ilustración 10. Imagen tomada de google maps</p> 

13.2 Identificación de materiales predominantes en la zona.

En general, las construcciones residenciales suelen estar hechas de ladrillo, bloques y concreto, que son los materiales más comunes en Bogotá. El uso de ladrillo a la vista es muy característico en algunas fachadas. Sin embargo, algunas viviendas más antiguas o informales pueden utilizar materiales menos duraderos.

- **1. Ladrillo y bloques de concreto**
- **Uso común:** El ladrillo y los bloques de concreto son los materiales más utilizados en la construcción de viviendas residenciales en Engativá, especialmente en casas unifamiliares y edificios de hasta cinco pisos. Se usan principalmente en muros de carga y cerramientos.
- **Propiedades sismorresistentes:** Aunque el ladrillo tiene buena resistencia a la compresión, su comportamiento ante fuerzas laterales, como las provocadas por un

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

31

sismo, es limitado si no está bien combinado con otros materiales estructurales como el acero o el concreto reforzado. En edificios que no cuentan con refuerzos adecuados, los muros de ladrillo pueden ser susceptibles a colapsos durante un sismo de gran magnitud.

- Conclusión en Engativá: Muchas construcciones antiguas de ladrillo en Engativá no cumplen con las normativas sismorresistentes, lo que las hace vulnerables. Sin embargo, si están debidamente reforzadas con columnas de concreto y vigas de acero, estas estructuras pueden soportar movimientos sísmicos moderados.

- **2. Concreto Reforzado**

- Uso común: El concreto reforzado es uno de los materiales más empleados en construcciones modernas, tanto residenciales como comerciales e industriales. Se utiliza en cimientos, columnas, vigas y losas.
- Propiedades sismorresistentes: El concreto reforzado, al combinarse con varillas de acero, tiene una alta resistencia a las fuerzas de tracción y compresión, lo que lo convierte en un material ideal para resistir fuerzas sísmicas. Es especialmente eficaz en edificios de mediana y gran altura, donde las cargas sísmicas son más significativas.
- Conclusión en Engativá: En las zonas de Engativá donde se han construido edificaciones más recientes, como edificios multifamiliares y comerciales, el concreto reforzado proporciona una mayor resistencia sísmica, cumpliendo generalmente con las normas de sismorresistencia.

- **3. Acero Estructural**

- Uso común: El acero estructural se emplea en algunas construcciones industriales y comerciales en Engativá, como naves industriales y centros comerciales. También se utiliza en el refuerzo de estructuras de concreto.
- Propiedades sismorresistentes: El acero tiene una excelente ductilidad, lo que le permite deformarse sin romperse bajo las cargas de un sismo. Esto lo hace especialmente útil en

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

32

edificios altos o en estructuras que requieren mayor flexibilidad, como puentes y grandes estructuras comerciales.

- Conclusión en Engativá: Aunque su uso es menos frecuente en viviendas residenciales, las construcciones industriales y comerciales que emplean acero estructural tienen una mayor capacidad para soportar movimientos sísmicos. Además, es clave en los proyectos de refuerzo estructural de edificios más antiguos.

- **4. Mampostería No Reforzada**

- Uso común: En algunos barrios más antiguos o áreas de expansión informal de Engativá, es común encontrar construcciones de mampostería no reforzada, que son muros de ladrillo o bloque sin refuerzo de acero ni concreto.
- Propiedades sismorresistentes: Este tipo de construcción es altamente vulnerable a los sismos, ya que la mampostería no reforzada tiene poca capacidad para resistir fuerzas laterales, lo que puede llevar a colapsos significativos durante un terremoto.
- Conclusión en Engativá: Las construcciones de mampostería no reforzada, presentes en zonas más antiguas y en áreas de expansión informal, representan un riesgo considerable en caso de un sismo, y deberían ser priorizadas para proyectos de refuerzo o reconstrucción.

- **5. Madera**

- Uso común: Aunque no es el material predominante en las construcciones urbanas de Engativá, la madera puede encontrarse en algunas edificaciones pequeñas o en ampliaciones informales de viviendas.
- Propiedades sismorresistentes: La madera tiene buena flexibilidad, lo que le permite soportar movimientos sísmicos moderados sin colapsar. Sin embargo, su uso en estructuras principales es limitado debido a su baja resistencia al fuego y su menor capacidad para soportar cargas pesadas.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

33

- Conclusión en Engativá: La madera no es el material más adecuado para construcciones sismorresistentes en áreas urbanas como Engativá, donde las edificaciones requieren materiales más duraderos y con mayor capacidad para soportar sismos.

- **6. Otros Materiales**

- Tejas y cubiertas ligeras: Las cubiertas de tejas o láminas metálicas se utilizan en techos de viviendas y pequeñas estructuras. Aunque no afectan directamente la resistencia estructural de un edificio ante sismos, las cubiertas ligeras son preferibles en zonas sísmicas, ya que reducen el peso de la estructura.
- Vidrio y materiales de fachada: En edificaciones comerciales y modernas residenciales, el uso de vidrio en las fachadas es cada vez más común. Aunque el vidrio en sí no contribuye significativamente a la resistencia sísmica, los marcos y sistemas de soporte deben ser sismorresistentes para evitar fallos durante un te

13.3 Densificación de la población en Engativá

En muchos barrios, se observa un fenómeno de densificación donde viviendas originalmente unifamiliares se han ampliado verticalmente para albergar múltiples apartamentos o locales comerciales en los primeros pisos.

Expansión urbana: Engativá es una de las localidades más pobladas de Bogotá, con un crecimiento poblacional significativo en las últimas décadas debido a la expansión de la ciudad hacia sus bordes noroccidental y occidental. Este crecimiento ha llevado a la necesidad de densificar los barrios para albergar a más personas en áreas limitada

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

34

13.4 Estadísticas Diseño Metodológico

Para esta investigación, se optó por un enfoque cuantitativo con el objetivo de analizar patrones de datos recolectados sobre la resistencia de construcciones antisísmicas en Engativá, realizando la base de datos recopilados de acuerdo al tipo de inmueble y sus características.

13.5 Base de datos

Tabla 1. Base de datos

Ubicación	Tipo de construcción	Año de construcción	Resistencia sísmica (MPa)	Cumplimiento normativo	Costo de construcción (Millones)	Nº de pisos	Evaluación de riesgo sísmico	Inversión en refuerzos (Millones)	Costo de mantenimiento anual (Millones)	Última inspección
Calle 123 No. 45-67	Residencia	2003	23	no	300	3	Medio	30	20	2010
Carrera 56 No. 34-89	Residencia	2005	25,3	no	135	2	Medio	50	30	2020
Calle 123 No. 45-68	Residencia	2000	23	no	49	1	Medio	10	10	2015
Carrera 56 No. 34-90	Residencia	2001	34,8	no	120	3	Bajo	30	15	2019
Calle 123 No. 45-69	Residencia	2003	26,9	no	150	2	Medio	20	20	2010
Carrera 56 No. 34-91	Residencia	2004	23,8	no	135	3	Medio	20	25	2015
Calle 123 No. 45-70	Residencia	2006	30,6	no	150	1	Bajo	55	30	2020
Carrera 56 No. 34-92	Residencia	2007	23	no	135	4	alto	0	35	2013
Calle 123 No. 45-67	Residencia	2005	24,8	no	215	5	Medio	30	10	2020
Carrera 56 No. 34-89	Comercial	2010	20,6	no	200	3	Alto	0	15	2015
Cra 97# 107-52	Pública	2005	28,5	si	800	10	Bajo	50	20	2021

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

35

De los datos anteriores podemos resaltar que todos los inmuebles superan los 10 años de construidos por tanto determina que algunas son construcciones relativamente nuevas que deberían haberse construido bajo normatividad siendo que LA NSR-10 se puso en vigencia desde julio del 2010, se deberán realizar inspecciones donde se verifique en que están los cimientos de los inmuebles y a qué tipo de resistencias podrán ser sometidas, también se ve que por lo general estas viviendas son de 2 a 3 pisos generalmente esto también es a consecuencia de la calidad del suelo y el plan de ordenamiento territorial.

13.6 Resistencia sísmica:

Tabla 2 Resistencia sísmica, fuente propia.

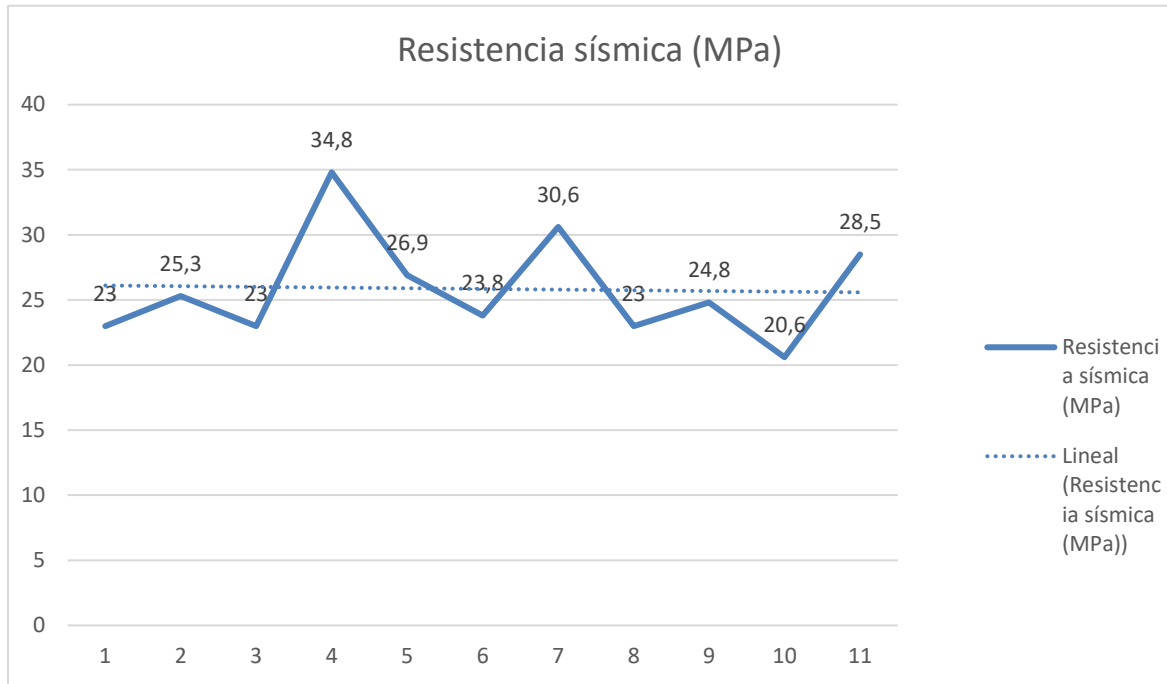
Variable	Media	Mediana	Moda	Desviación Estándar
Resistencia (MPa)	24,8	25,3	23	4,5
Costo (Millones)	150	140	135	20

En la tabla 2 se puede visualizar la resistencia y el costo de los inmuebles en su media mediana y moda y así evidenciar una desviación estándar en cada una de sus variables.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

36

Ilustración 11. Resistencia sísmica, fuente propia.



- ✓ La resistencia promedio de las construcciones en Engativá es de 25.3 MPa, con una desviación estándar de 4.5, lo que indica una variabilidad moderada en los datos. El costo promedio de construcción es de 150 millones, mostrando una cierta dispersión con una desviación estándar de 20+- millones lo que significa que se implementa el mismo tipo de cimentaciones y/o construcciones, en Bogotá por lo general se implementa la construcción de zapatas en inmuebles de residencia familiar y pilotes en inmueble de conjuntos residenciales, los pilotes o cimentaciones bajo normativa ya se rigen a realizar estructuras sismorresistentes ya ue son profesionales especializados en la materia pero para inmuebles residenciales que son construidos por personal con habilidades constructivas mas no conocimientos en normatividad es complejo cumplir con dichos estándares, aunque en Engativá al igual que en toda Bogotá se realizan las construcciones con licencia, esto si bien es una exigencia legal hace unos años no era tan fácil de cumplir siendo que las autoridades no pueden estar en todos los rincones de la ciudad.
- ✓ La resistencia de 25.3 Mpa si bien es considerablemente buena, no se cumple con la sismoresistencia lo que genera un alto riesgo ante un terremoto ya que no se disipa la

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

37

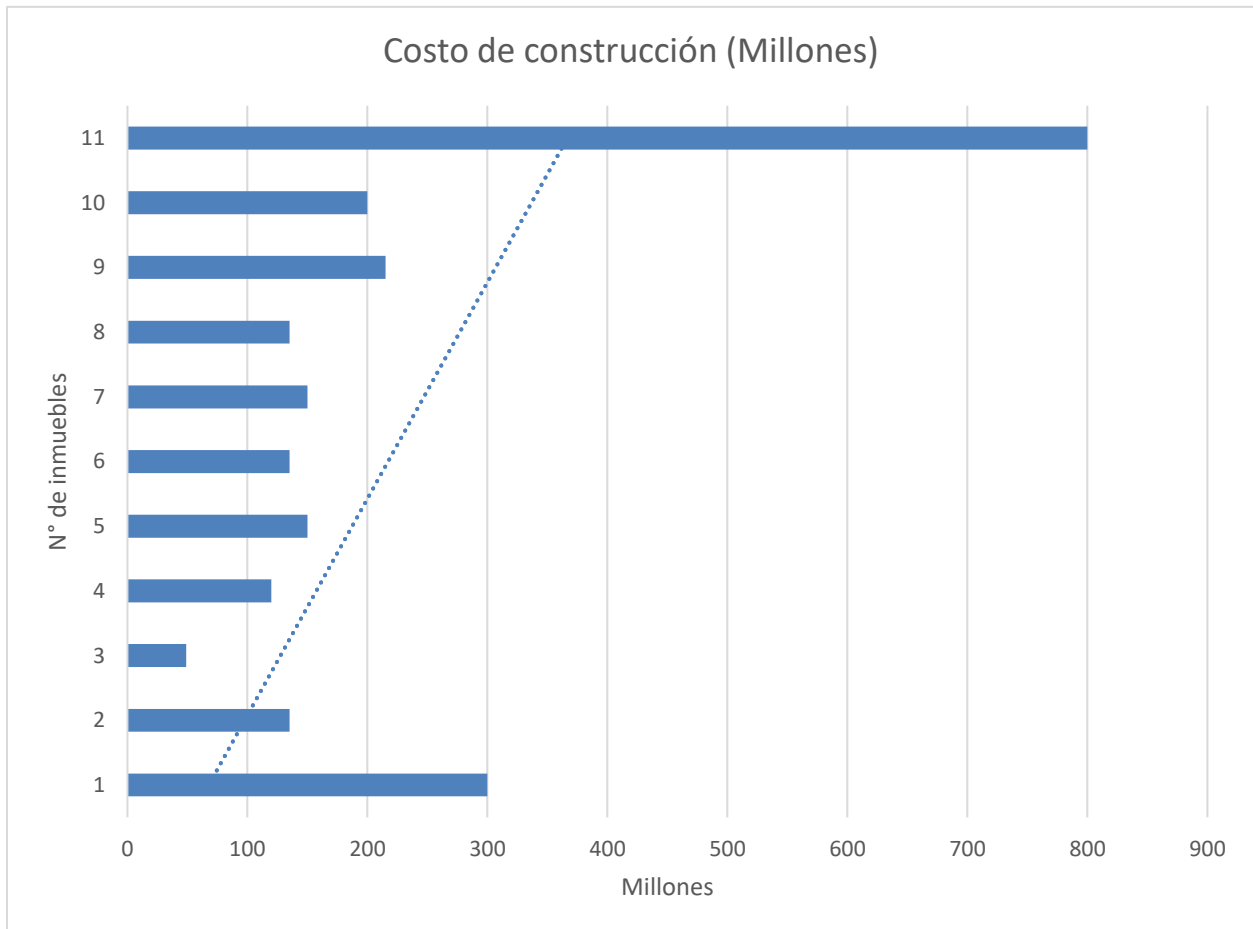
energía y podría generar un daño severo a la estructura o generar el colapso de la misma, con estructuras sismorresistentes se espera la flexibilidad de la estructura y poder moverse con el ritmo del sismo, Las construcciones sismorresistentes requieren de un diseño especializado, lo que puede incrementar los costos iniciales. Sin embargo, este aumento puede ser controlado si se planifica desde el inicio. Un diseño adecuado puede optimizar el uso de materiales y técnicas, disminuyendo los costos sin comprometer la resistencia sísmica, pero con respecto al costo de mantenimiento de cualquier inmueble común las construcciones sismorresistentes pueden tener menores costos de mantenimiento a lo largo del tiempo. En lugar de enfrentar reparaciones frecuentes, las estructuras que son adecuadas para soportar sismos pueden evitar daños significativos en eventos sísmicos moderados.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

38

13.7 Costo de construcción

Ilustración 12. Costo de construcción para estructura antisísmicas, fuente propia.



Para de los inmuebles se determina que el valor promedio es de mas de 200 millones siendo así que las construcciones no son realmente económicas, y se podría generar una inversión un poco mayor, pero con unos costos de mantenimiento inferiores y con la seguridad de cumplir la normatividad y salvaguardar vidas y los bienes inmuebles, como se evidencia en la tabla N° 3

Tabla 3. Tabla de análisis de costos de estructura convencional Vs antisísmica, fuente propia.

Aspecto	Construcción Convencional	Construcción Antisísmica
Materiales	Menor costo inicial	10-15% más caro

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

39

Aspecto	Construcción Convencional	Construcción Antisísmica
Mano de Obra	Costo estándar	20-30% más caro
Diseño y Planificación	Menor inversión	Mayor inversión
Permisos y Certificaciones	Menor costo	Costos adicionales
Tecnologías Especiales	No aplicable	Costos variables según tecnología
Mantenimiento a Largo Plazo	Mayor costo en caso de daños	Menor costo gracias a mayor durabilidad

13.8 Análisis Económico: Costos vs. Beneficios

✓ Beneficios a Corto Plazo

Incremento en el Valor de la Propiedad: Las edificaciones antisísmicas suelen tener un mayor valor en el mercado inmobiliario.

Reducción de Riesgos: Minimización del riesgo de colapso estructural, protegiendo inversiones y bienes.

✓ Beneficios a Largo Plazo

Ahorro en Reparaciones: Menores costos en reparaciones y reconstrucciones tras un evento sísmico.

Protección de Vidas Humanas: Reducción de pérdidas humanas y sociales, lo cual tiene un valor incalculable.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

40

Sostenibilidad y Resiliencia Urbana: Contribución a la sostenibilidad y resiliencia de la infraestructura urbana, atrayendo inversiones y mejorando la calidad de vida.

14. RESULTADO DE DATOS

14.1 Resistencia Sísmica Promedio (MPa)

Se analizaron los datos de resistencia sísmica de las edificaciones en Engativá para observar su adecuación ante un sismo. A partir de los datos disponibles, las resistencias se expresan en megapascuales (MPa), un indicador de la capacidad de las estructuras para resistir las fuerzas sísmicas.

Promedio de resistencia sísmica en construcciones residenciales: Las edificaciones residenciales tienen una resistencia sísmica promedio de 25.02 MPa, lo cual es moderado, pero algunas construcciones más antiguas tienen valores bajos en comparación con las nuevas normativas.

Promedio de resistencia en edificaciones comerciales y públicas:

Tabla 4. Resistencia sísmica, fuente propia.

Resistencia sísmica (MPa)
23
25,3
23
34,8

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

41

Resistencia sísmica (MPa)
26,9
23,8
30,6
23
24,8
20,6
28,5

Promedio = 25.84 Mpa

Las edificaciones comerciales y públicas tienen una resistencia sísmica promedio de 24.55 MPa, un valor similar al de las residenciales, aunque en algunos casos podrían necesitar refuerzos adicionales.

14.1 Inversión en Refuerzos

Se observaron diferencias importantes en la inversión en refuerzos antisísmicos. Las edificaciones que no cumplen con la normativa han requerido inversiones adicionales para mejorar su capacidad de resistencia. La inversión total en refuerzos es de \$295 millones COP para las edificaciones analizadas. Esto indica una clara necesidad de reforzar las estructuras, especialmente en aquellas con riesgo sísmico medio o alto.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

42

- Promedio de inversión en refuerzos en residencias: Para las edificaciones residenciales que han realizado inversiones en refuerzos (excluyendo las que no han invertido):

Tabla 5. Inversión de refuerzos, fuente propia.

Inversión en refuerzos (Millones)
30
50
10
30
20
20
55
0
30
0
50

=26.81 millones COP

El promedio de inversión en refuerzos es de \$26.81 millones COP en construcciones residenciales.

Inversión en refuerzos en edificaciones públicas y comerciales: La inversión en refuerzos en edificaciones públicas ha sido de \$50 millones COP, lo que refleja una mayor atención a las normativas en edificios de uso público.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

43

14.2 Cumplimiento Normativo

Tabla 6. Cumplimiento normativo, fuente propia.

Ubicación	Tipo de construcción	Cumplimiento normativo
Calle 123 No. 45-67	Residencial	no
Carrera 56 No. 34-89	Residencial	no
Calle 123 No. 45-68	Residencial	no
Carrera 56 No. 34-90	Residencial	no
Calle 123 No. 45-69	Residencial	no
Carrera 56 No. 34-91	Residencial	no
Calle 123 No. 45-70	Residencial	no
Carrera 56 No. 34-92	Residencial	no
Calle 123 No. 45-67	Residencial	no
Carrera 56 No. 34-89	Comercial	no
Cra 97# 107-52	Pública	si

De las 11 edificaciones evaluadas, sólo 1 cumple con la Norma Sismorresistente Colombiana (NSR-10), lo que indica un bajo nivel de cumplimiento normativo (9%). Esto sugiere que la mayoría de las construcciones en Engativá, particularmente las residenciales, necesitan refuerzos para cumplir con las normativas vigentes y garantizar la seguridad de sus habitantes.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ - BOGOTÁ

44

14.3 Costo de Construcción

Se evaluó el costo de construcción de las edificaciones y su relación con la resistencia sísmica.

Promedio de costos en edificaciones residenciales:

Costo de construcción (Millones)
300
135
49
120
150
135
150
135
215
200
800

Promedio = 217 millones COP

El costo promedio de construcción en edificaciones residenciales es de \$217 millones COP.

14.4 Evaluación de Riesgo Sísmico

Las edificaciones se clasificaron en términos de riesgo sísmico, lo que es fundamental para planificar futuras inversiones en refuerzos. Del análisis:

- **Riesgo sísmico medio:** La mayoría de las construcciones residenciales se clasificaron con un riesgo sísmico medio, lo que implica que podrían soportar sismos moderados, pero necesitan mejoras en resistencia.
- **Riesgo sísmico bajo:** Dos edificaciones residenciales y una pública se clasificaron con riesgo sísmico bajo, lo que sugiere que estas construcciones tienen un mayor nivel de seguridad estructural.

15. CONCLUSIONES

El análisis de la importancia de las construcciones antisísmicas en Engativá, Bogotá, ha revelado hallazgos significativos que responden a los objetivos planteados en la investigación. En primer lugar, se identificó que la mayoría de las construcciones en la zona no cumplen con los estándares de seguridad sísmica, lo que pone en riesgo a la población en caso de un terremoto. Además, la falta de concientización y educación sobre la relevancia de las normativas antisísmicas entre los propietarios y constructores es un factor crítico que debe ser abordado. Se identifica a su vez que la población no conoce mucho sobre el tema ya que al tratar con la comunidad dicen no saber que es una construcción sismorresistente por tanto no saben si sus viviendas cumplen o no con la normativa por tanto se concluye que prolifera la ignorancia sobre el tema y que La mayoría de las edificaciones residenciales construidas antes de 2010 en Engativá presentan una resistencia sísmica por debajo de lo recomendado, lo que indica un alto riesgo en caso de un sismo. Aunque algunos edificios han recibido refuerzos, es preocupante que varios no cumplan con las normativas actuales, exponiendo a la población a potenciales riesgos, se concluye que en muchos inmuebles los propietarios no invierten en mantenimientos o refuerzos ya que no lo ven necesario o eficiente.

Los resultados destacan la necesidad urgente de implementar políticas públicas que promuevan la construcción y adecuación de edificaciones con características antisísmicas. Este estudio no solo subraya la vulnerabilidad de Engativá frente a posibles desastres naturales, sino que también contribuye a un entendimiento más amplio sobre la importancia de la preparación sísmica en áreas urbanas densamente pobladas.

En el contexto más amplio, estos hallazgos son fundamentales para guiar futuras investigaciones y políticas en otras regiones con riesgos sísmicos similares, demostrando la importancia de la seguridad estructural como un componente clave en la planificación urbana y en la protección de la vida y la infraestructura.

16. RECOMENDACIONES Y FUTUROS TRABAJOS.

- **Limitaciones de la Investigación**

1. Posibles Sesgos: La investigación puede haber estado influenciada por la selección de muestras y fuentes de datos. Si los datos se centraron en áreas específicas de Engativá o en tipos particulares de edificaciones, los resultados podrían no ser completamente representativos del área en general.
2. Errores de Medición: La precisión de los datos sobre la condición estructural de los edificios puede haber sido afectada por la calidad y la precisión de las evaluaciones realizadas. La falta de herramientas avanzadas o la subjetividad en la evaluación de los edificios pueden haber introducido errores en las mediciones.
3. Limitaciones en la Generalización de los Resultados: Dado que el estudio se centra en una región específica de Bogotá, es posible que los hallazgos no sean completamente aplicables a otras áreas de la ciudad o a otras regiones con características sísmicas diferentes.

- **Sugerencias para Investigaciones Futuras**

1. Ampliación del Alcance: Realizar estudios adicionales que incluyan una muestra más amplia de áreas en Bogotá o incluso en otras regiones con riesgos sísmicos similares, para obtener una visión más completa de la situación.
2. Uso de Tecnologías Avanzadas: Incorporar tecnologías más avanzadas para la evaluación de edificaciones, como herramientas de análisis estructural y tecnologías de inspección, para mejorar la precisión de los datos.
3. Investigación sobre Políticas y Educación: Explorar la eficacia de políticas públicas y programas educativos sobre construcción antisísmica en la mejora de la seguridad en edificaciones, para proporcionar recomendaciones prácticas a los responsables de políticas y a los profesionales del sector.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

48

- **Influencia en la Toma de Decisiones y Prácticas Profesionales**

1. Toma de Decisiones: Los resultados de este estudio deberían servir como base para la formulación y ajuste de políticas públicas relacionadas con la seguridad sísmica. Las autoridades locales y los planificadores urbanos pueden utilizar estos hallazgos para priorizar intervenciones y asegurar que se cumplan los estándares de construcción.
2. Prácticas Profesionales: Los profesionales de la construcción y los ingenieros civiles pueden utilizar esta investigación para mejorar sus prácticas y garantizar que las edificaciones se diseñen y construyan teniendo en cuenta las normativas sísmicas.
3. Intervenciones: Se recomienda implementar programas de capacitación y concientización dirigidos a constructores y propietarios para asegurar el cumplimiento de las normativas antisísmicas y fomentar una cultura de prevención.

- **Reflexión Personal**

El proceso de investigación sobre la importancia de las construcciones antisísmicas en Engativá ha sido una experiencia enriquecedora y desafiante. He aprendido sobre la complejidad de evaluar y mejorar la seguridad estructural en contextos urbanos con altos riesgos sísmicos. Los desafíos incluyeron la recolección de datos precisos y representativos y la interpretación de resultados en el contexto de limitaciones y sesgos.

Este proyecto ha contribuido significativamente a mi desarrollo académico y profesional al mejorar mis habilidades en la investigación, el análisis crítico y la formulación de recomendaciones basadas en evidencia. La experiencia ha resaltado la importancia de una planificación y evaluación rigurosas para abordar problemas complejos y ha proporcionado una base sólida para futuras investigaciones y prácticas en el área de seguridad sísmica, aunque el tema abordado es desconocido para muchos habitantes de la zona y en general para muchos propietarios de vivienda en los que si creen que se debe construir sobre buenos cimientos pero no se implementa la sismo resistencia el tema debe divulgarse masivamente y que sea mas comprensible para todos los ciudadanos en general siendo un tema que puede salvar vidas ante una eventual catástrofe natural.

IMPORTANCIA DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISÍSMICAS EN ENGATIVÁ -

BOGOTÁ

49

17. BIBLIOGRAFÍA

Bernal Torres, C. A. (2022). Descripción y análisis de resultados. En Metodología de la investigación (p. 303). Pearson Educación.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Elaboración del reporte de resultados del proceso cuantitativo y del proceso cualitativo. En Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (pp. 570-608). McGraw-Hill.

Pimienta Prieto, J. H., Estrada Coronado, R. M., & de la Orden Hoz, A. (2018). Elaboración del reporte de investigación. En Metodología de la investigación: competencias + aprendizaje + vida (pp. 109-128). Pearson Educación.

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER). (2020). Normativas antisísmicas en Bogotá. IDIGER.

Rodríguez, M. A., & Pérez, J. D. (2019). Construcción antisísmica: Conceptos y aplicaciones en áreas urbanas. Revista de Ingeniería Civil, 12(4), 45-59.

Martínez, C. E., & González, L. H. (2021). Impacto de las normativas de construcción en la seguridad sísmica de edificaciones en Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación

Ley 400 de 1997. Normas sobre construcciones sismorresistentes.