



Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la Supermanzana C en el Barrio de Carcelén, Quito, 2024.

Darwin Danilo Andrade Minango

Andrade, D. (2024).

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la supermanzana C en el Barrio de Carcelén, Quito, 2024.

Universidad Tecnológica Indoamérica - Quito



**Universidad
Indoamérica**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISIMICA EN LAS EDIFICACIONES DE LA
SUPERMANZANA C EN EL BARRIO DE CARCELÉN, QUITO, 2024.**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autor

Darwin Danilo Andrade Minango

Tutor

Jorge Ponce Tamayo

**QUITO - ECUADOR
2024**

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, ANDRADE MINANGO DARWIN DANILO, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES DE LA SUPERMANZANA C EN EL BARRIO DE CARCELÉN, QUITO, 2024”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorio al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios especificos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 00 días del mes de Mes de 2024, firmo conforme:



.....
ANDRADE MINANGO DARWIN DANILO
C.I. 1751458843

Dirección: Pomasqui , Barrio Abdón Calderón
Correo: danilo-19970@hotmail.com

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 26 de enero de 2024



.....
ANDRADE MINANGO DARWIN DANILO
C.I. 1751458843

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “T EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES DE LA SUPERMANZANA C EN EL BARRIO DE CARCELÉN, QUITO, 2024” presentado por ANDRADE MINANGO DARWIN DANILO para optar por el título de Arquitecto., CERTIFICO Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 26 de enero de 2024

.....
PONCE TAMAYO JORGE
C.I. 1757008436

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES DE LA SUPERMANZANA C EN EL BARRIO DE CARCELÉN, QUITO, 2024, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 26 de enero de 2024

.....
ZUMARRAGA SALGADO MARÍA DANIELA
TUTOR
C.I. 1716076854

.....
CÁCERES GUERRERO ESTEBAN FERNANDO
TUTOR
C.I. 0604254524

DEDICATORIA

Con toda mi gratitud quiero dedicar este trabajo a mi familia especialmente a mis padres quienes han sido mi inspiración, motivación y sobre todo a quienes agradezco todo lo que he logrado realizar a lo largo de mi vida, también doy gracias a mis hermanos por la mesura que me supieron transmitir junto a su apoyo incondicional. No obstante, las palabras sobran para demostrar mi total afecto y mi empatía por las personas que me acompañaron he impulsaron a cumplir una de mis metas.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a mi Familia por su apoyo en general y a la rama docente quien fue la encargada de mi preparación académica en los distintos niveles de arquitectura que he cruzado. Quiero dar gracias especialmente a mi tutor asignado Ing. Jorge Ponce y Arq Frank Bernal quienes fueron la guía y orientación para la realización del trabajo. Por ultimo y no menos importante agradezco a las amistades que he formado en esta travesía por su apoyo ante los problemas e inconvenientes presentados.

RESUMEN EJECUTIVO

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LAS EDIFICACIONES DE LA SUPERMANZANA C EN EL BARRIO DE CARCELÉN, QUITO, 2024.

El alto índice de afectaciones por eventualidades sísmicas en edificaciones aumentado en América, por ende, fue de interés realizar un estudio de esta problemática en zonas vulnerables. Identificar edificaciones vulnerables mediante métodos de evaluaciones rápidas es una manera de mitigar los efectos que se puedan generar ante sismos como pérdidas humanas, daños estructurales, pérdidas económicas entre otros. Existe una gran variedad de referentes en la cual se ha aplicado métodos de evolución rápida obtenidos resultados favorables, el uso del método certifican la validez de evaluación visual rápida, el método favorece a la rápida obtención de resultados y el bajo costo de inversión al evaluar edificaciones.

El método de evaluación aplicada para evaluar las edificaciones fue realizado con la Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de acuerdo con la norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-2015) y el formulario de recolección de datos para el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENA- PRED). Se realizó modificaciones del formulario de CENAPRED para obtener características específicas del sector de estudio. La metodología para la obtención de resultados tuvo un enfoque cualitativo ya que describe la evaluación visual rápida de vulnerabilidad, se aplicó de forma manual y se utilizó un sistema automatizado en Microsoft Office Excel que sirvió para comparar la información obtenida y certificar la validez del sistema propuesto, este método favorecerá la evaluación de edificaciones en zonas vulnerables requeridas.

Los resultados obtenidos del sector de Carcelén La supermanzana C permitió realizar un diagnóstico de los tramos más vulnerables en relación con tipologías constructivas, configuración estructural e irregularidades en planta y sección. De acuerdo con lo mencionado se realizó una puntuación que permitió determinar el grado de vulnerabilidad concluyendo que las edificaciones de La supermanzana C de Carcelén requieren una regulación constructiva debido que existe un crecimiento en altura que no es normada y no se garantiza el cumplimiento de las normativas de construcción NEC-2015. De las 349 edificaciones Evaluadas, el 88.00% presenta vulnerabilidad sísmica alta, el 10% presenta vulnerabilidad media y el 2,00% presenta vulnerabilidad baja.

DESCRIPTORES: Reducción de riesgos de desastres, Sismo, Sismo resistencia.

ABSTRACT

SEISMIC VULNERABILITY EVALUATION IN THE BUILDINGS OF SUPERBLOCK “C” IN THE CARCELÉN NEIGHBORHOOD, QUITO, 2024.

The high rate of damage caused by seismic events in buildings has increased in the Americas; therefore, it was of interest to carry out a study of this problem in vulnerable areas. Identifying vulnerable buildings through rapid assessment methods is a way to mitigate the effects that can be generated by earthquakes, such as human losses, structural damage, economic losses, among others. There is a great variety of references in which methods of rapid evolution have been applied, obtaining favorable results, the use of the method certifies the validity of the rapid visual evaluation, the method favors the rapid obtaining of results and the low cost of investment when evaluating buildings.

The evaluation method applied to evaluate the buildings was carried out with the Practical Guide for Seismic Evaluation and Rehabilitation of Structures according to the Ecuadorian Construction Standard (NEC-2015) and the data collection form for the National Center for Disaster Prevention (CENA-PRED). Modifications were made to the CENAPRED form to obtain specific characteristics of the study sector. The methodology for obtaining results had a qualitative approach since it describes the rapid visual evaluation of vulnerability, it was applied manually and an automated system in Microsoft Office Excel was used to compare the information obtained and certify the validity of the proposed system, this method will favor the evaluation of buildings in vulnerable areas required.

The results obtained from the Carcelén sector of La supermanzana C allowed for a diagnosis of the most vulnerable sections in relation to construction typologies, structural configuration and irregularities in plan and section. According to the aforementioned, a score was made that allowed determining the degree of vulnerability, concluding that the buildings of La supermanzana C of Carcelén require a constructive regulation due to the fact that there is a growth in height that is not regulated and compliance with the construction regulations NEC-2015 is not guaranteed. Of the 349 buildings evaluated, 88.00% present high seismic vulnerability, 10% present medium vulnerability and 2.00% present low vulnerability.

KEYWORDS: Disaster risk reduction, Seism, Seismic resistance.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ETAPA 1 - Conocimiento previo	23
1. Conocimiento previo	25
1.1 Introducción	25
1.2 Cinturón de fuego y su incidencia en América latina	26
1.3 Incidencia de sismos en Ecuador	27
1.4 Afectaciones sísmicas en el distrito metropolitano de Quito	29
2. Fundamentación Teórica	35
2.1 Estado del Arte/Estado de la Cuestión	35
2.2 Marco Conceptual	36
2.2.1 Tectónica de placas.....	36
2.2.2 Subducción.....	37
2.2.3 Sismicidad y terremotos.....	37
2.2.4 Vulnerabilidad.....	38
2.2.5 Mitigación de riesgos.....	38
2.2.6 Métodos visuales rápidos de evaluación sísmico	39
2.2.6.1 Procedimiento de Inspección Visual Rápido (PIVR) - Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA P-154 2015) – Método usado por el país de Estados Unidos por la autoría del Ingeniero Ronald T. Eguchi.....	39
2.2.6.2 Bendetti y Petrini 1982 - Método usado por país de Italia por la autoría de los ingenieros Davide Benedetti y Giuseppe Petrini.....	41
2.2.6.3 Sistema de evaluación de daño por sismo en edificios, usado por el país de japonés por la autoría del Ingeniero Arnaldo Pinto.....	42
2.2.6.4 Sistema de puntuación del índice de vulnerabilidad sísmica de Chang - Método usado por el continente europeo por la autoría del Ingeniero Chang, Chia-Ming.....	42
2.2.6.5 Evaluación estructural (CENAPRED). - Método usado por el	

país de México Ingeniero Osvaldo Contreras Reyes.	43
2.2.6.6 Metodología de análisis - Consejo de Tecnología Aplicada (ATC-20) - Método usado por el país de Estados Unidos por la autoría de los Inge- nieros Christopher Rojahn y Ronald T. Eguchi.	43
2.2.6.7 Metodología de análisis NEC 2023 - Método usado por el país de Ecuador por la autoría del Ingeniero Jorge Luis Cárdenas.....	44
2.2.7 Automatización	44
2.2.8 Elección de métodos de evaluación y formularios.	45
ETAPA 2 - Aplicación metodológica	47
3. Materiales y métodos.....	49
3.1 Metodología de trabajo.....	49
3.2 Fase 1: Evaluación de la vulnerabilidad	51
3.2.1 Área de estudio.	51
3.2.2 Inspección visual y tipologías empleadas para la evaluación de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.	51
3.2.3 Variables de evaluación	53
3.2.4 Material de toma de datos en campo y recopilación de datos en formularios.	54
3.3 Fase 2: Elaboración del sistema automatizado.....	59
3.3.1 Método cualitativo de evaluación.	59
3.3.2 Programa empleado para la automatización - Microsoft Office.....	59
3.4 Fase 3: Validación del sistema automatizado.....	60
3.4.1 Evaluación de las edificaciones	60
3.4.2 Instrumentos de toma de datos automatizados	61
3.5 Diagnostico general.....	61
ETAPA 3 - Difusión de resultados.....	65
4. Resultados	67
4.1 Cuadro de Subdivisiones	68
4.2 Resultados por subdivisiones-ejes de forma manual(tabulaciones)	68

4.3 Mapeo de la supermanzana C previo a la obtención de resultados de vulnerabilidad.....	86
4.4 Graficas de resultados	87
4.4.1 Uso de las edificaciones.	87
4.4.2 Modificaciones de edificaciones.	87
4.4.3 Tipo de cimentaciones más comunes en edificaciones en la zona.....	88
4.4.4 Tipología constructiva	88
4.4.5 Niveles en pisos de edificaciones en la zona.....	89
4.4.6 Vulnerabilidad de las edificaciones	90
4.4.7 Configuración estructural de las edificaciones.....	90
4.4.8 Irregularidades de configuración estructural.	91
4.4.9 Irregularidades estructurales	91
4.5 Elaboración del sistema automatizada para la evaluación de vulnerabilidad de las edificaciones en Microsoft Office - Excel.....	92
4.6 Resultado del método automatizado previo a la selección de un bloque para verificar su validez.	93
4.7 Soluciones Integrales de forma general	94
4.7.1 Separación inadecuada (juntas sísmicas).	94
4.7.2 Losas planas y vigas banda	94
4.7.3 En “L” u otra geometría irregular	95
4.7.4 Planta baja flexible	95
4.7.5 Grandes masas en pisos superiores	96
4.7.6 Salientes excesivos (volados).....	96
5. Reflexiones finales	97
5.1 Infraestructuras de alta vulnerabilidad en relación con su uso y modificación... 97	
5.2 Prioridad de intervención por tramos.	97
5.3 Planificación urbana en altura en relación con la tipología constructiva.	97
6. Recomendaciones	99
7. Referentes Bibliográficos	100
8. Anexos	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Subdivisiones de tramos de la Supermanzana C.	66
Tabla 2. Tramo 1 (Eje A-B;1-2)	67
Tabla 3. Tramo 2 (Eje B-D;1-2)	67
Tabla 4. Tramo 3 (Eje D-F;1-2).....	68
Tabla 5. Tramo 4 (Eje F-H;1-2).....	68
Tabla 6. Tramo 5 (Eje H-I;1-2)	69
Tabla 7. Tramo 6 (Eje I-G;1-2)	69
Tabla 8. Tramo 7 (Eje A-F;2-3).....	70
Tabla 9. Tramo 8 (Eje H-G;2-3).....	71
Tabla 10. Tramo 9 (Eje A-D;3-4)	72
Tabla 11. Tramo 10 (Eje D-F;3-4).....	72
Tabla 12. Tramo 11 (Eje H-G;3-4).....	73
Tabla 13. Tramo 12 (Eje A-D;4-5)	74
Tabla 14. Tramo 13 (Eje H-G;4-5).....	74
Tabla 15. Tramo 14 (Eje A-D;5-6)	75
Tabla 16. Tramo 15 (Eje H-G;5-6).....	76
Tabla 17. Tramo 16 (Eje A-D;6-7)	76
Tabla 18. Tramo 17 (Eje H-G;6-7).....	77
Tabla 19. Tramo 18 (Eje A-B;7-8)	78
Tabla 20. Tramo 19 (Eje H-G;7-9).....	78
Tabla 21. Tramo 20 (Eje C-E;7-10).....	79
Tabla 22. Tramo 21 (Eje E-G;7-10)	80
Tabla 23. Tramo 22 (Eje G-H;7-10).....	81
Tabla 24. Tramo 23 (Eje H-G;9-10).....	81
Tabla 25. Tramo 25 (Eje F-G;8-10).....	83
Tabla 26. Uso de las edificaciones.	85
Tabla 27. Modificaciones en edificaciones de la Supermanzana C.	85
Tabla 28. Tipo de cimentaciones.	86
Tabla 29. Tipología constructiva.	87

Tabla 30. Niveles de edificaciones (Pisos).....	87
Tabla 31. Resultado de la evaluación sísmica de 349 edificaciones.....	88
Tabla 32. Configuración estructural de 340 de edificaciones.	89
Tabla 33. Irregularidades estructurales.	89
Tabla 34. Tramo 2 (Eje B-D;1-2) – método manual.....	90
Tabla 35. Tramo 2 (Eje B-D;1-2) – método automatizado en Excel.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cinturón de fuego: Actividad sísmica.	25
Figura 2. Terremoto en Perú de magnitud 8.8.....	26
Figura 3. Terremoto en Chile de magnitud 7.1.	26
Figura 4. Terremoto en México de magnitud 7.1.	26
Figura 5. Magnitudes de eventos sísmicos.	27
Figura 6. Eventos sísmicos en Ecuador.	28
Figura 7. Tipologías constructivas.....	28
Figura 8. Estadística de tipologías estructurales.....	28
Figura 9. Terremoto del 2016 de magnitud 7.8.	29
Figura 10. C Plano urbano de las principales centralidades de Quito y zona de estudio.	30
Figura 11. Plano general de ejes de Carcelén de la supermanzana C.	32
Figura 12. Elevación de niveles de edificación calle Hernando de Veas.	33
Figura 13. Elevación de niveles de edificaciones calle Bartolomé de la Rosa.....	33
Figura 14. Vulnerabilidad sísmica y su impacto.	36
Figura 15. Tipos de movimientos de placas tectónicas.....	36
Figura 16. Sismo en una zona de subducción	37
Figura 17. Vulnerabilidad de edificaciones ante eventos sísmicos - Manabí 2016.....	37
Figura 18. Estrategias para mitigación ante eventualidades sísmicas.	39
Figura 19. Métodos de evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica.	39
Figura 20. C Matriz de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones.....	40
Figura 21. Guía de referencia rápida para usar el formulario de recopilación de datos.	40
Figura 22. C Guía de referencia rápida para usar el formulario de recopilación de datos.	41
Figura 23. Metodología de evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica	41
Figura 24. Metodología de evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica.....	42
Figura 25. Red Acelerográfica, Universidad Nacional de Ingeniería, Centro Regional de Sismología para América del Sur:, 2019.	42
Figura 26. Procedimiento de evaluación de daño por sismo en edificios, método.	43
Figura 27. Proceso de evaluación de seguridad de edificios, método ATC- 20.....	43
Figura 28. Evaluación del riesgo sísmico en edificios.	44

Figura 29. Cinturón de fuego: Actividad sísmica.	44
Figura 30. Factibilidad de la implementación de sistemas automatizado.	45
Figura 31. Metodología de investigación.	49
Figura 32. Cronograma de la matriz previa a la evaluación de vulnerabilidad sísmica... 50	50
Figura 34. Métodos de levantamiento de datos.	51
Figura 35. CInterfaz del programa Access.....	52
Figura 36. Volumetría del sector de Carcelén de la supermanzana C.	53
Figura 37. Tipologías de sistema estructural	54
Figura 38. Irregularidades verticales	54
Figura 39. Irregularidades en planta	55
Figura 40. Formato 1 de captura de datos para evaluación estructural - Uso de la edificación, cimentación, características de la estructura.	56
Figura 41. Formato 2 de captura de datos para evaluación estructural - Características de tipología constructiva y características de vulnerabilidad.	57
Figura 42. Formato 3 de captura de datos para evaluación estructural - Croquis y registro fotográfico de la edificación.	58
Figura 43. Formato 4 de captura de datos para evaluación estructural - Puntuación de vulnerabilidad.....	59
Figura 44. Zona de estudio 3D- Supermanzana C.	60
Figura 45. Sistema automatizado Excel - Interfaz de control.....	60
Figura 46. Zona de estudio 2D- Supermanzana C.	61
Figura 47. Subdivisiones de tramos de la Supermanzana C.	65
Figura 48. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).	67
Figura 49. Irregularidad en planta - Configuraciones irregulares en “L”.	67
Figura 50. Irregularidad en elevación - Configuración escalonada.	68
Figura 51. Irregularidad en elevación - Configuración escalonada.	68
Figura 52. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica)	69
Figura 53. Irregularidad en elevación - Arreglo irregular de ventanas en fachada.....	70
Figura 54. Irregularidad en planta - Configuraciones irregulares en “L” u otra geometría irregular.	71
Figura 55. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	71

Figura 56. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	72
Figura 57. Irregularidad en planta - Salientes excesivos (volados).	73
Figura 58. Irregularidad en planta - Configuraciones irregulares en “L” u otra geometría irregular.....	73
Figura 59. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	74
Figura 60. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	75
Figura 61. Irregularidad en planta - Configuración escalonada.	75
Figura 62. Irregularidad en elevación - Configuración escalonada.	76
Figura 63. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	77
Figura 64. Irregularidad en elevación - Arreglo irregular de ventanas en fachada.	77
Figura 65. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	78
Figura 66. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	79
Figura 67. Irregularidad en elevación - Distribución irregular de masa.....	79
Figura 68. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	80
Figura 69. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	81
Figura 70. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).	82
Figura 71. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	82
Figura 72. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	82
Figura 73. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).....	83
Figura 74. Mapeo de resultados de vulnerabilidad Carcelén de la supermanzana C. ...	84
Figura 75. Uso de las edificaciones.	85
Figura 76. Modificaciones en edificaciones de la Supermanzana C.	86
Figura 77. Tipo de cimentaciones.	86
Figura 78. Tipología constructiva	87
Figura 79. Niveles de edificaciones (Pisos).	88
Figura 80. Resultado de la evaluación sísmica de 349 edificaciones.	88
Figura 81. Configuración estructural de 340 de edificaciones.....	89
Figura 82. Separación inadecuada (juntas sísmicas).	91
Figura 83. Losas planas y vigas banda.	91
Figura 84. Configuración en “L” u otra geometría irregular.	92
Figura 85. Planta baja flexible..	92

Figura 86. Grandes masas en pisos superiores.....	93
Figura 87. Salientes excesivos (volados).....	93
Figura 88. Principales irregularidades de vulnerabilidad sísmica de 349 edificaciones evaluadas.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato del formulario	102
Anexo 2. Encuesta por tramos.....	102
Anexo 3. Sistema automatizado	102
Anexo 4. Plano de La supermanzana C.....	102
Anexo 5. Código QR	102

ETAPA 1

Conocimiento previo



Conocimiento previo

1.1 Introducción

El alto índice de afectaciones de edificaciones durante eventos sísmicos es un problema de gran envergadura en América Latina ya que enfrenta una amplia gama de riesgos sísmicos. La falta de implementación de normas de construcción resistentes a terremotos, la urbanización rápida en áreas de alto riesgo y la insuficiente educación sobre preparación ante sismos contribuyen a la vulnerabilidad en las edificaciones. (Domínguez Gutiérrez & López Ramírez, 2021)

El tema de vulnerabilidad en edificaciones ha tomado mayor incidencia durante los últimos años, es por eso por lo que la seguridad y el bienestar de las comunidades en zonas sísmicas son cuestiones de interés. (Domínguez Gutiérrez & López Ramírez, 2021)

América Latina se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, como consecuencia de estar en el cinturón de fuego Océano Pacífico, donde la subducción entre placas tectónicas es responsable del 80% de terremoto en el planeta. (Abella, 2017, p. 20)

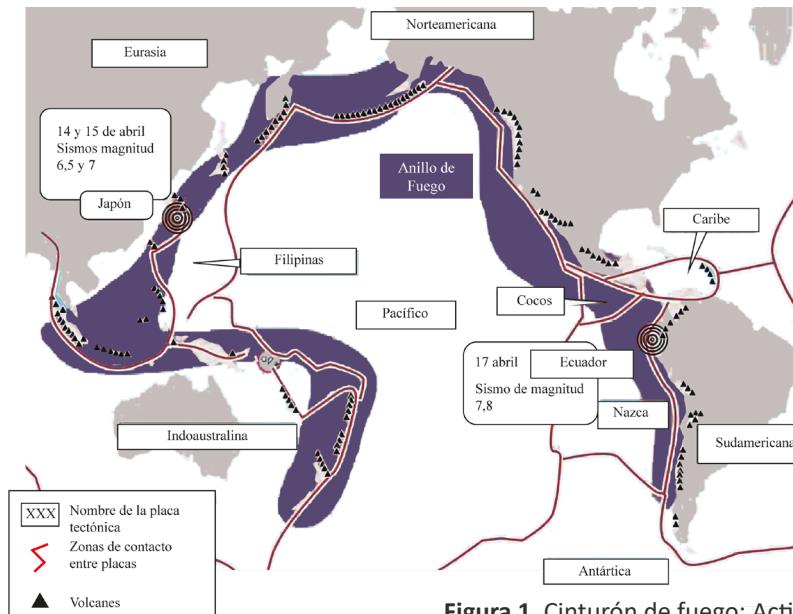


Figura 1. Cinturón de fuego: Actividad sísmica.
Fuente: Johnson, 2016.

El Cinturón de fuego es un conjunto de límites de placas tectónicas ubicado en el Océano Pacífico. En esta región, las placas de la corteza terrestre colapsan a un ritmo alarmante (varios centímetros por año) y acumulando enormes tensiones que deben liberarse en forma de terremotos. La ruta del peligroso “Cinturón de Fuego del Pacífico” incluye a Chile, Perú, Ecuador, Colombia y otros países. Los terremotos más poderosos registrados en toda la historia humana. (Abella, 2017, p. 23)

1.2 Cinturón de fuego y su incidencia en América latina

Terremoto de 2007 en Perú: En agosto de 2007, un terremoto de magnitud de 7,9 en escala de richter golpeó las costas, edificaciones colapsaron y dejó víctimas humanas.



Figura 2. Terremoto en Perú de magnitud 8.8.
Fuente: El Comercio Perú, 2019.

Terremoto de 2010 en Chile: En febrero de 2010, un terremoto de magnitud 8.8 en escala de richter tuvo gran impacto afectando obras civiles y edificaciones.



Figura 3. Terremoto en Chile de magnitud 7.1.
Fuente: Basulto, 2010.

Terremoto de 2017 en México: En septiembre de 2017, México presenció un terremoto de 7.1 en escala de richter en plena urbe causando daños irreparables en edificaciones, pérdidas humanas y personas atrapadas entre los escombros.



Figura 4. Terremoto en México de magnitud 7.1.
Fuente: SJV, 2017.

La región de América Latina es conocida por su alta actividad sísmica, los terremotos pueden tener impactos devastadores en las viviendas y sus sistemas estructurales. La forma en que las viviendas se ven afectadas depende de múltiples factores, como la intensidad del terremoto, la ubicación geográfica, la calidad de la construcción y las regulaciones de seguridad sísmica. Las viviendas pueden sufrir daños en diferentes grados. Las estructuras mal diseñadas o construidas con materiales de baja calidad pueden colapsar, causando pérdida de vidas y daños materiales significativos incluso las edificaciones aparentemente sólidas pueden experimentar fisuras en muros y techos, lo que afecta su integridad a largo plazo. (Abella, 2017, p. 26)

Para abordar estos desafíos, países que conforman América han implementado medidas para mejorar la resistencia de las viviendas frente a los terremotos. Se han promulgado regulaciones y códigos de construcción que establecen estándares para diseñar estructuras capaces de resistir las fuerzas sísmicas. Estos códigos incluyen pautas específicas para la ubicación de edificaciones, el uso de materiales apropiados y la incorporación de sistemas de refuerzo estructural. (Flores, 2021, p. 11)

1.3 Incidencia de sismos en Ecuador.

Ecuador es conocido por ser uno de los países más sísmicamente activos del mundo. Esta región es propensa a la interacción de placas tectónicas, lo que resulta en una elevada actividad sísmica y volcánica. Rodeado por el Océano Pacífico al oeste y por los Andes al este, el país está ubicado en una zona de subducción, donde la Placa de Nazca se desliza por debajo de la Placa Sudamericana. (Yepes et al., 1994)

La interacción de placas es responsable de la generación de terremotos de magnitudes significativas. Como consecuencia, las edificaciones y la infraestructura en general enfrentan un riesgo significativo, por lo tanto, es esencial evaluar su vulnerabilidad para reducir los posibles impactos de los terremotos (Johnson, 2016)

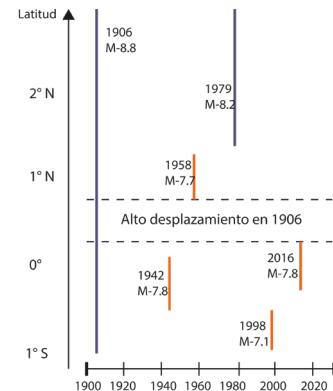


Figura 5. Magnitudes de eventos sísmicos.
Fuente: Temblor, 2016.

La historia sísmica de Ecuador ha dejado una huella indeleble en la sociedad y ha generado una conciencia generalizada sobre la importancia de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones. Terremotos devastadores, como el de provincia de Manabí en 2016, han dejado en evidencia la necesidad de contar con infraestructuras seguras y resistentes a los sismos. Las edificaciones en Ecuador se ven afectadas por múltiples factores, incluyendo la calidad de la construcción, la geología local y la ubicación de las edificaciones. En áreas urbanas y rurales, se han registrado daños en viviendas mal diseñadas o construidas con materiales inadecuados. Las construcciones informales, presentan un mayor riesgo debido a su falta de regulaciones de seguridad sísmica.

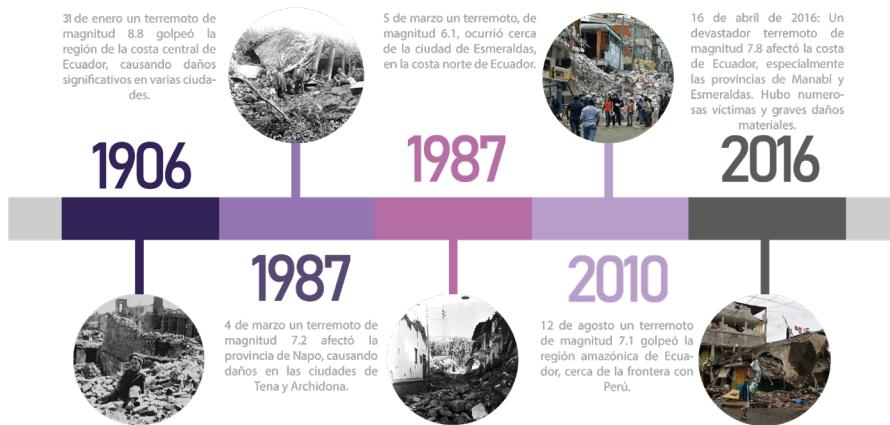


Figura 6. Eventos sísmicos en Ecuador.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Según la información basada en el Censo Poblacional del año 2010 llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). Los materiales que más se utilizan a la hora de construir las edificaciones son: mampostería, hormigón armado, adobe, madera, bahareque, caña. (Silva, 2017)

En Ecuador existe cerca de 29 tipologías de vivienda, las más preponderantes son de tipología de mampostería, mampostería no reforzadas y estructuras a porticadas de concreto con un 27%, 26% y 19% como se muestra a la figura 2. Se puede deducir que la estructura a porticada corresponde a la tercera opción elegida por la población. (Silva, 2017)

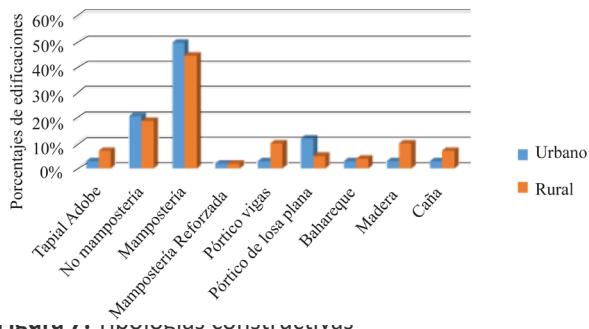


Figura 7. Tipologías constructivas

Fuente: Cunalata Vásquez y Caiza Sánchez, 2022.

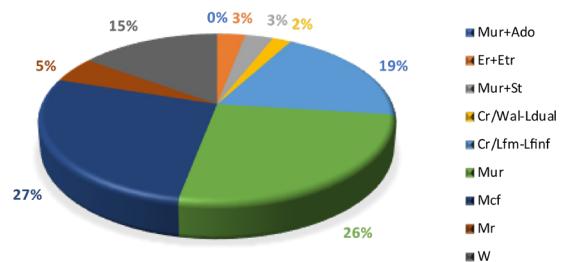


Figura 8. Estadística de tipologías estructurales.

Fuente: Cunalata Vásquez y Caiza Sánchez (2022)

En el año del 2015 se realizó un levantamiento de datos en relación con la configuración estructural de la ciudad de Quito, se tomó una muestra de 11556 edificaciones hasta 4 pisos para emplear un análisis de vulnerabilidad sísmica. En la obtención de resultados se concluyó que en todas las tipologías frente a parámetros establecidos de tipo de suelo C, existe un colapso estructural igual al 80 % que significa daños moderados y graves. (Celi et al., 2016).

Para abordar estos desafíos, Ecuador ha implementado medidas para fortalecer la resiliencia de las viviendas frente a los terremotos. Se han establecido códigos de construcción sísmica que requieren que las edificaciones cumplan con ciertos estándares de diseño y materiales para resistir las fuerzas sísmicas. Estos códigos incluyen pautas para la ubicación, los sistemas de refuerzo y la implementación de sistemas de aislamiento sísmico. (Moireira Denis Xavier et al., 2023)



Figura 9. Terremoto del 2016 de magnitud 7.8.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

1.4 Afectaciones sísmicas en el distrito metropolitano de Quito

En la provincia Pichincha se encuentra la ciudad de Quito, la capital del país. Quito, situada en el corazón de los Andes ecuatorianos, presenta características geográficas y geológicas particulares que influyen en su vulnerabilidad sísmica. La estructura geológica de Quito presenta una falla inversa, el bloque de (Quito se eleva por fuerzas de compresión a unos 400 metros a nivel del bloque del Valle. La ciudad de Quito presenta un alto grado de desarrollo urbano de forma longitudinal en las faldas de montañas presenta una problemática relacionada al alto índice de afectaciones de edificaciones debido a los asentamientos de hecho en zonas periféricas. A pesar de los avances constructivos y la preparación ante desastres, las edificaciones siguen presentando debilidades estructurales que las hace vulnerables ante eventos sísmicos. Entre las principales causas la deficiencia en regular y supervisar las construcciones ante el desarrollo de la urbe y la informalidad de condiciones precarias de nuevos barrios emergentes.

La falta de interés por priorizar las normativas de construcción favorece a los resultados negativos en la economía local y la susceptibilidad de las edificaciones en los distintos barrios que conforman Quito. La implementación de regulaciones más estrictas, apoyo financiero y planificación urbana sostenible son cruciales para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones.

Barrio de Carcelén – zona de estudio.

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica del caso de estudio radica en la localidad de las edificaciones de la Supermanzana “C” en el barrio de Carcelén. El barrio de Carcelén fue fundado en el año de 1970, responde a

plan de resolución de demanda emergente de viviendas por temas de migración de distintas provincias de aquel tiempo, el barrio ha presentado un crecimiento demográfico a comienzos del siglo XXI y cuenta un óptimo desarrollo en equipamientos y servicios.

El barrio se divide en Carcelén Alto y Bajo, las construcciones en la zona en su mayoría son edificaciones de uso residencial existe una variedad de tipo tipología constructiva que es favorable para conocer el grado de vulnerabilidad de las edificaciones.

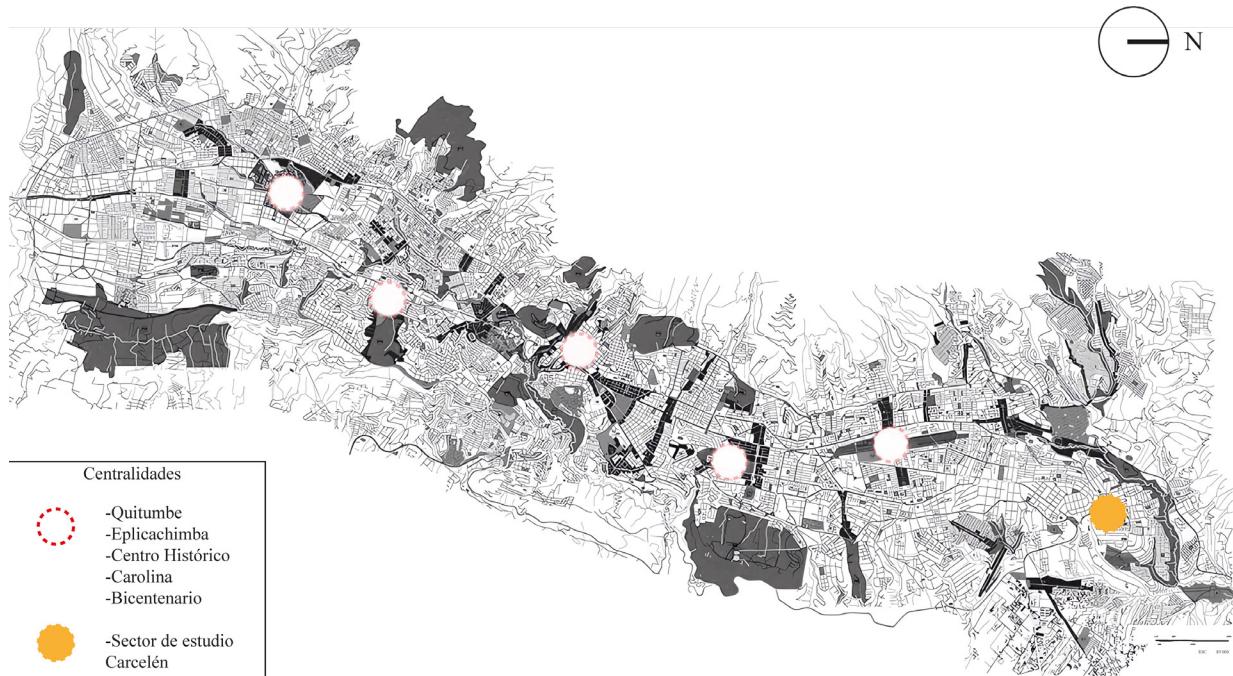


Figura 10. C Plano urbano de las principales centralidades de Quito y zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones es de gran importancia debido al riesgo que los terremotos representan para la vida, la propiedad y la infraestructura. Primero, al identificar las vulnerabilidades sísmicas, se pueden tomar precauciones para disminuir la posibilidad de daños significativos o colapso de los edificios durante un terremoto, no sólo protege la vida humana, sino que también protege el patrimonio y la inversión económica en infraestructura. En segundo lugar, esta determinación es importante para la planificación urbana y el diseño de edificios sismo resistentes. Conocer la sensibilidad sísmica del área ayuda a establecer estándares para una construcción más segura, códigos de construcción actualizados y regulaciones más estrictas, lo que a su vez conduce a la construcción de estructuras más fuertes, más seguras, protegidas para garantizar un entorno construido más seguro y sostenible en las zonas propensas a terremotos.

El área de estudio para la evaluación de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en Carcelén la super manzana C al norte de Quito, un barrio popular de gran tránsela en su desarrollo, tiene un área de 74104.0807 m² con un total de 349 edificaciones. Se presenta una medida de gestión integral de riesgos y la seguridad de la población de la zona. Es fundamental resaltar la importancia de aplicar evaluaciones detalladas y focalizadas como:

Vinculación con el barrio: La Facultad de Arquitectura y Construcción de la Universidad Tecnológica Indoamérica llevó a cabo una colaboración significativa con la Directiva Barrial, durante la cual se evidenció la participación de los estudiantes de Octavo Semestre. En esta fase, se realizó un exhaustivo diagnóstico del barrio, validando así la solicitud de los residentes para la evaluación de las edificaciones en la zona. La necesidad de este análisis se

fundamentó en las afectaciones registradas en algunos inmuebles debido a eventualidades sísmicas. Este trabajo conjunto refleja el compromiso de la institución académica con la comunidad, así como la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos por los estudiantes en el ámbito de la arquitectura y la construcción.

Riesgo Sísmico - Crecimiento en Altura: El barrio de Carcelén inicio como un plan de vivienda, presencio una planificación organizacional en cuanto a la regulación de calles, aceras y predios. Con el paso del tiempo el barrio creció en altura de una manera no planificada y regulada. La informalidad de viviendas presento un mayor impacto debido a la calidad del sistema construcciones, falta de control y el cumplimiento respectivo de las normativas. (Burbano Tumipampa, 2017)

Población Vulnerable: El barrio de Carcelén alberga una población de economía media cuyas edificaciones en la zona pueden no haber sido construidas con estándares adecuados de calidad ante sismos, lo que es necesario evaluar las condiciones de las viviendas de la super manzana C.

Impacto en la Sociedad y Económica: En los últimos 10 años Ecuador ha presentado movimientos sísmicos significativos causando un impacto devastador, como resultado se ha lamentado pérdidas humanas y daños materiales afectando a la calidad de vida.

Planificación y Mitigación: La iniciativa de evaluar las edificaciones proporciona información vital para la planificación. Los resultados de evaluación sísmica permiten priorizar la intervención previa a eventualidades generando estrategia de mitigación integral de algún problema con la edificación.

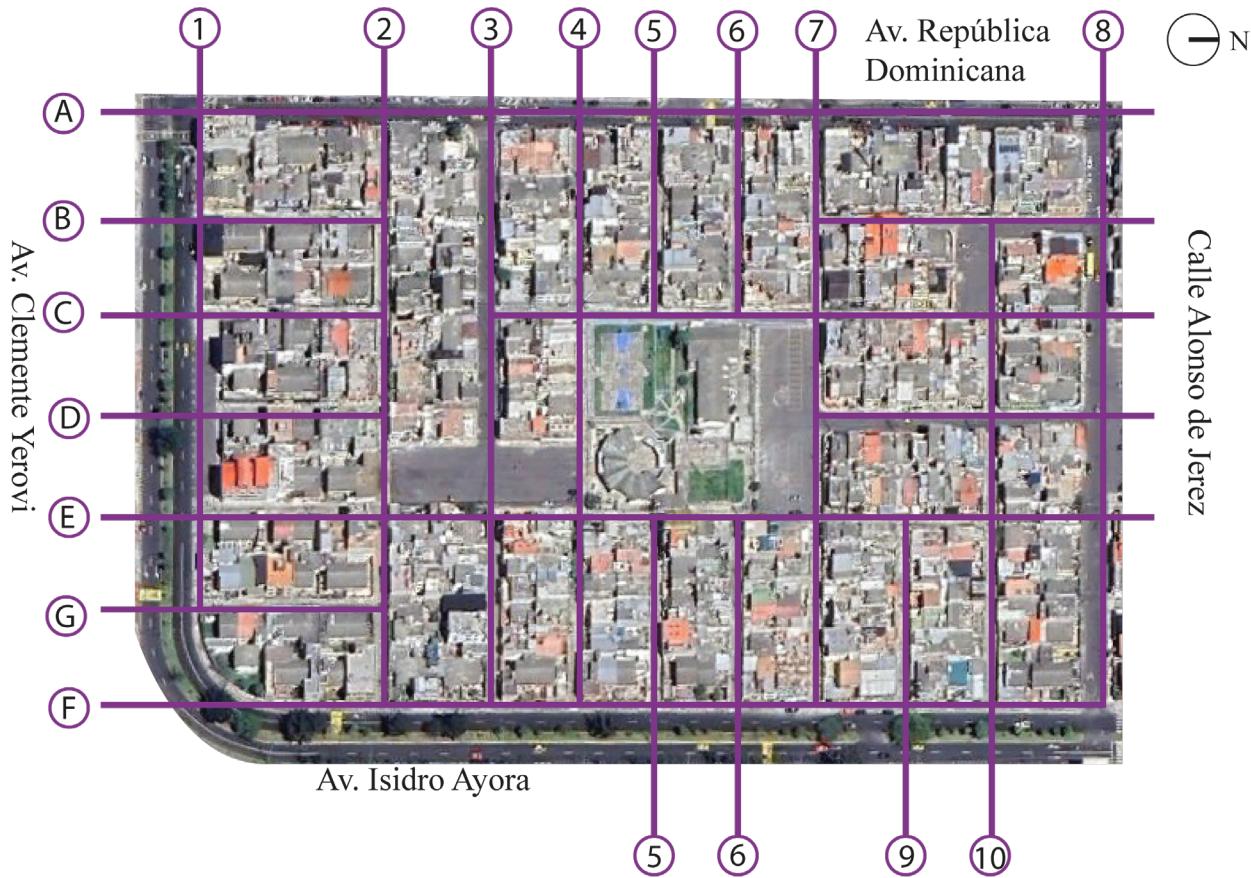


Figura 11. Plano general de ejes de Carcelén de la supermanzana C.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Realizar una evaluación de las vulnerabilidades sísmicas de las edificaciones de la supermanzana C de Carcelén, mediante la implementación de un sistema automatizado de evaluación sísmica que permita determinar los inmuebles de media y alta vulnerabilidad frente a eventos sísmicos, para establecer estrategias de intervención integral.

- Investigar los diferentes métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica que existen mediante una revisión bibliográfica para poder determinar cuál sería el más favorable aplicar.
- Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Supermanzana “C” de Carcelén aplicando el método de evaluación seleccionado para conocer los datos cuantitativos del sector de estudio.
- Analizar los resultados obtenidos del sector de estudio mediante un sistema automatizado que permita establecer estrategias de intervención integral.

Fundamentación Teórica

- Tectónicas de placas, Subducción, Sismicidad y terremotos.
- Vulnerabilidad., Mitigación de riesgos.
- Método visual rápidos de evaluación sísmico, automatización.

2.1 Estado del Arte/Estado de la Cuestión

En 2020, un estudio comparativo mostró la eficiencia de los métodos de evaluación visual rápida frente a los daños reales del terremoto de Gorkha en Nepal en 2015 y los daños del terremoto de Imphal en India en 2016 (Das et al., 2020). Utilizando un formato desarrollado por el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) de México y el Formulario de Evaluación Rápida de Seguridad (ATC 20-2), Fabiana Cunalata y Pablo Caiza pudieron evaluar rápidamente visualmente la vulnerabilidad de las viviendas en Quito. Según su estudio, el 84% de las estructuras fueron categorizadas como Vulnerabilidad B, que corresponde a mampostería y hormigón armado en zonas de menor nivel socioeconómico (Cunalata y Caiza, 2022).

En el sureste asiático en la república de Myanmar ha experimentado terremotos destructivos en el pasado, los recientes terremotos de Tarlay (2011) y Thabeikkyin (2012) pusieron de relieve la vulnerabilidad de las edificaciones. El cálculo sísmico de edificios existentes exige un progreso de tres niveles: Fase de detección (Nivel 1), Fase de cálculo (Nivel 2) y Fase de cálculo detallada (Nivel 3) para estimar la altura de desempeño de validación humana ya de oficio inmediata del edificio.

El examen visual rápido (RVS) es una forma rápida de evaluar la vulnerabilidad del edificio basándose en la inspección visual. El procedimiento RVS puede ser implementado de manera relativamente rápida y económicamente bajo en costos de inversión, para desarrollar una lista de edificios potencialmente peligrosos sin el alto costo de un análisis sísmico detallado de edificios individuales. La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) ha actualizado el Detección visual rápida de edificios para detectar posibles riesgos sísmicos: un manual (tercera edición) FEMA P-154/enero de 2015. La faceta de detección (Nivel 1) utiliza una metodología de detección óptico-rápida (RVS), mientras tanto que los niveles 2 y 3 necesitan un disección más pulido y sofisticado. (Machine Translated by Google, 2018)

Los diferentes métodos de identificación de vulnerabilidad han sido desarrollados subsiguientemente a la ocurrencia de eventos sísmicos y evaluados para que los resultados sean correctos, hay métodos que se pueden utilizar antes y otros son usados después de un evento. Una de las ventajas del método de inspección visual es la capacidad de predecir el resultado de un evento sísmico en un edificio mediante la realización de una inspección visual rápida y el uso de parámetros de evaluación modificadores. (Kassem et al., 2020)

Las técnicas de evaluación visual rápida en los estudios pueden producir resultados prácticos muy valiosos al permitir la planificación temprana de medidas de mitigación y ayudar en la identificación de estructuras que necesitan una evaluación de segunda etapa o incluso un fortalecimiento estructural si es necesario. Según un estudio realizado en el municipio de Santa Clara de San

Millán 1, se evaluaron 97 viviendas mediante el método RVS, y en el 91,8% de ellas se encontró alto traslape estructural, estructuras de armazón de hormigón armado y alta vulnerabilidad sísmica. Muro (Fernández y Gómez García, 2018).

El método (RVS) es viable para realizar un diagnóstico en zonas vulnerables y proponer medidas de intervención integrales que favorezcan a la zona y eviten pérdidas humanas y altos costos de rehabilitaciones.



Figura 14. Vulnerabilidad sísmica y su impacto.
Fuente: UP Relaciones Publicas, 2023.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Tectónica de placas.

El movimiento horizontal independiente de las placas litosféricas a través de la superficie de la Tierra es la característica definitoria de la tectónica de placas. Esto se logra mediante la expansión del fondo marino en los límites de placas divergentes y la subducción unilateral del manto en los límites de placas convergentes. Por lo tanto, las diversas fortalezas y debilidades de la evidencia que apunta a la operación del ciclo de Wilson están indisolublemente ligadas a las variaciones reportadas en el momento del inicio de la tectónica de placas. (Palin, Richard M; Santosh, M;, 2021). Este fenómeno involucra interacciones entre placas que posteriormente se libera energía en forma de terremotos debido a la acumulación de tensión, el desplazamiento de placas tiene un impacto negativo en las edificaciones ya que en su mayoría se ve afectada la estructura, cimentación, paredes, techos y accesos verticales debido al desplazamiento de la superficie terrestre.

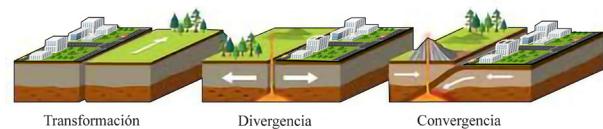


Figura 15. Tipos de movimientos de placas tectónicas.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.2.2 Subducción.

La subducción es una actividad convergente que se manifiesta cuando existe una colisión entre placas, la placa oceánica se hunde por debajo de la placa continental. (Stern, 2018, pág. 2) En las zonas de convergencia existe gran acumulación de energía cuyos esfuerzos son liberados sobrepasando la resistencia de los mantos hasta llegar a la superficie. (Cisneros & Nocque, 2017, pág. 42). Ecuador se encuentra en una zona convergente entre la placa de Nazca y la placa sudamericana, la fosa de subducción se encuentra a una distancia de -80 km de la costa continental ecuatoriana, la zona ha presentado numerosos terremotos, iniciando en el año de 1906 que se extendió a lo largo de 500 km, hasta el 16 de abril 2016 que tuvo una magnitud de 7,8. (Haro et al., 2019)

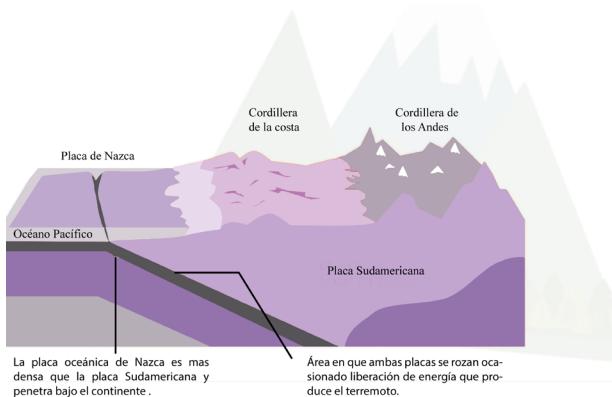


Figura 16. Sismo en una zona de subducción
Fuente: NODIUN, 2020.

2.2.3 Sismicidad y terremotos.

Los terremotos se forman a partir del movimiento, fricción y deformación de las placas tectónicas. Dado que un sismo es el efecto de una perturbación que ocurre en la superficie o en el interior de la tierra a este evento se lo conoce como fuente sísmica, foco o hipocentro. (Espíndola Castro y Pérez Campos, 2018, pág. 11) Ecuador presenta una geología diversa, lo que determina la caracterización del suelo en diferentes zonas, Ecuador cuenta con áreas costeras, zonas montañosas y regiones amazónicas cada una con específicas caracterizaciones geotécnicas. La prevención en el diseño en edificaciones debe responder a las características específicas de cada zona del Ecuador al igual que fortalecer el cumplimiento del código de construcción para mitigar los daños ante eventualidades sísmicas.



Figura 17. Vulnerabilidad de edificaciones ante eventos sísmicos - Manabí 2016.
Fuente: Foto de AP, 2016.

2.2.4 Vulnerabilidad.

El desarrollo urbanístico en América latina ha sido realizado en formas precarias, el desarrollo dentro de cualquier localidad establece estrategias y planificación urbana local y regional que se relacionan a la seguridad de la vida de las personas y sus bienes materiales. En la actualidad más del 70% de la población mundial residen en zonas de alto riesgo sísmico, el grado de informalidad en viviendas es alto. Tal situación es determinante para exigir las autoridades locales de cada región maximicen el grado de interés en evaluar las condiciones de riesgo ante eventos sísmicos y la vulnerabilidad estructural de los distintos barrios. (Montilla Moreno y Castillo Gandica, 2012)

La mayoría de centros que presentan una gran avance a nivel urbano el desarrollo poblacional y habitacional se asocian a directrices socioeconómico que establece gran variedad de tipologías constructivas y en algunos casos mixtura. Debido a sistemas constructivos no formalizados se presentan grados de vulnerabilidad de edificaciones mayores debido a calidad de materiales y nivel de diseño. La estimación de vulnerabilidad en centros de urbanización a gran escala permite identificar el impacto que ocasionará los terremotos de diferente magnitud sobre las edificaciones comunes. La combinación de tipologías constructivas aumenta el nivel de vulnerabilidad ante eventos sísmicos comprometiendo seriamente a la estabilidad estructural. Se recomienda que a las entidades que regulan las construcciones a nivel regional impulsen a cumplir las normativas.

2.2.5 Mitigación de riesgos.

La forma eficaz de reducir el riesgo sísmico esta es la esencia de los códigos de construcción que existen en la mayoría de los países desarrollados. La función de los códigos es garantizar la seguridad de las personas y la integridad de las estructuras durante eventos sísmicos, los códigos de construcción son evaluados y reglamentados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y el servicio Nacional de Riesgos y Emergencias (SNGRE). (Benito, 2013).

Ecuador emplea el código de construcción “Reglamento Ecuatoriano de la Construcción” (NEC) el código establece aspectos clave para la resistencia sísmica de las edificaciones. Por ejemplo:

Zonificación Sísmica: Los códigos divide específicamente por áreas que relegan riesgos sísmicos de tal manera que determina las bases para el diseño pertinentes para cada zona.

Requisitos de diseño: Los códigos establecen los requisitos necesarios para el desarrollo estructural de las edificaciones como, sistemas de cimentación y sistema estructural de tal manera que garantice la resistencia.

Materiales de construcción: Los códigos establecen normas para el cumplimiento de calidad de los materiales de construcción y la materia propia para cada área.

Documentación y permisos: Para obtener el permiso de construcción se debe presentar documentación que garantice los requisitos del código.

Otra forma de mitigar los eventos sísmicos es mediante la educación y capacitación que permita a la población

acceder a recursos de conocimiento de tal manera que e permita optimizar en periodos futuros el mejoramiento de nuevas formas de mitigación de eventos sísmicos y al cumplimiento de las normativas para evitar informalidades en la construcción, así las edificaciones futuras responderán de manera positiva a eventos sísmicos. Como tercer y última forma de mitigación se debe enfatizar las políticas del uso de suelo que regulen la planificación territorial para evitar la construcción informal de edificaciones en áreas de alto riesgo sísmico.



Figura 18. Estrategias para mitigación ante eventualidades sísmicas.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.2.6 Métodos visuales rápidos de evaluación sísmico



Figura 19. Métodos de evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.2.6.1 Procedimiento de Inspección Visual Rápido (PIVR) - Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA P-154 2015) – Método usado por el país de Estados Unidos por la autoría del Ingeniero Ronald T. Eguchi.

En la actualidad existe diversos métodos de evaluación rápida el primer método es el procedimiento de inspección visual rápido (PIVR por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias FEMA P-154 2015, diseñado

para no implementar cálculos de análisis estructural. El método básicamente pretende mostrar el grado de daño de un edificio y en qué medida afecta a su funcionalidad. Se puede determinar si es necesario un análisis más profundo utilizando los parámetros para determinar la puntuación final de la estructura. Las estructuras con puntuaciones más altas son menos susceptibles a eventos sísmicos. (Red Acelerográfica; Universidad Nacional de Ingeniería; Centro Regional de Sismología para América

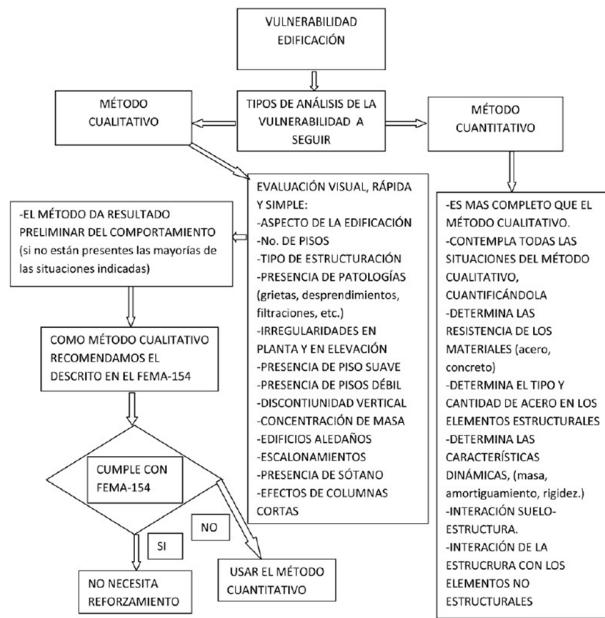


Figura 20. C Matriz de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

El método (EVR) usado por los Estados Unidos, por el Federal Emergency Management Agency (FEMA-154),

es un método cualitativo que analiza si la edificación necesita ser reforzada si el resultado obtenido es igual o menor a dos se deberá hacer un análisis más detallado. El método emplea un formulario descriptivo sobre características específicas como, año de construcción, número de niveles, localización, número de personas que ocupan los niveles, fotos, cuadros de identificación de irregularidades.

1. Model Building Types and Critical Code Adoption and Enforcement Dates		Year Seismic Codes Initially Adopted and Enforced*	Benchmark Year when Codes Improved
Structural Types			
W1	Light wood frame, residential or commercial, ≤ 5000 square feet	1933	1976
W2	Wood frame buildings, > 5000 square feet.	1933	1976
S1	Steel moment-resisting frame	1933	1976
S2	Steel braced frame	1941	1976
S3	Light metal frame	1941	None
S4	Steel frame with cast-in-place concrete shear walls	1941	1976
S5	Steel frame with unreinforced masonry infill	1933	None
C1	Concrete moment-resisting frame	1933	1976
C2	Concrete shear wall	1941	1976
C3	Concrete frame with unreinforced masonry infill	1933	None
PC1	Tilt-up construction	1973	1997
PC2	Precast concrete frame	1941	None
RM1	Reinforced masonry with flexible floor and roof diaphragms	1933	1976
RM2	Reinforced masonry with rigid diaphragms	1933	1976
URM	Unreinforced masonry bearing-wall buildings	1933	N/A
*Not applicable in regions of low seismicity			
2. Anchorage of Heavy Cladding		Year in which seismic anchorage requirements were adopted: 1967	
3. Occupancy Loads		Square Feet, Per Person	Use
Assembly	varies, 10 minimum	Industrial	200-500
Commercial	50-200	Office	100-200
Emergency Services	100	Residential	100-300
Government	100-200	School	50-100
4. Score Modifier Definitions			
Mid-Rise:	4 to 7 stories		
High-Rise:	8 or more stories		
Vertical Irregularity:	Steps in elevation view; inclined walls; building on hill; soft story (e.g., house over garage); building with short columns; unbraced cripple walls.		
Plan Irregularity	Buildings with re-entrant corners (L, T, U, E, + or other irregular building plan); buildings with good lateral resistance in one direction but not in the other direction; eccentric stiffness in plan, (e.g. corner building, or wedge-shaped building, with one or two solid walls and all other walls open).		
Pre-Code:	Building designed and constructed prior to the year in which seismic codes were first adopted and enforced in the jurisdiction; use years specified above in Item 1; default is 1941, except for PC1, which is 1973.		
Post-Benchmark:	Building designed and constructed after significant improvements in seismic code requirements (e.g., ductile detailing) were adopted and enforced; the benchmark year when codes improved may be different for each building type and jurisdiction; use years specified above in Item 1 (see Table 2-2 of FEMA 154 Handbook for additional information).		
Soil Type C:	Soft rock or very dense soil; S-wave velocity: 1200 – 2500 ft/s; blow count > 50; or undrained shear strength > 2000 psf.		
Soil Type D:	Stiff soil; S-wave velocity: 600 – 1200 ft/s; blow count: 15 – 50; or undrained shear strength: 1000 – 2000 psf.		
Soil Type E:	Soft soil; S-wave velocity < 600 ft/s; or more than 100 ft of soil with plasticity index > 20, water content > 40%, and undrained shear strength < 500 psf.		

Figura 21. Guía de referencia rápida para usar el formulario de recopilación de datos.

Fuente: JBenjamín Hernández et al., 2011.

Address: AV. LOS PRECARIOS Zip _____

Other Identifiers _____

No. Stories 3 Year Built 1981

Screened José Benjamín Date _____

Total Floor Area (sq. ft.) _____

Building Name _____

Use Escuela

PHOTOGRAPH

Scale: _____

OCCUPANCY		SOIL		TYPE						FALLING HAZARDS			
Assembly	Govt. Office	Residential	Number of Persons	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Commercial	Historic	1-100	11-100	Hard Rock	Very Hard Rock	Dense Soil	Soft Soil	Poor Soil	Other	Unreinforced	Precast	Ceiling	Other
Emer. Services	Industrial	1001-1000	1000+							Chimneys			

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S

BUILDING TYPE	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
Basic Score	4.4	3.8	3.8	3.0	3.2	2.8	3.0	2.5	2.8	1.8	3.2	2.6	2.4	2.8	1.8
Mid Rise (4 to 7 stories)	NA	NA	+0.2	+0.4	NA	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	NA	+0.2	+0.4	+0.4	0.0
High Rise (> 7 stories)	NA	NA	+0.6	+0.8	NA	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	NA	+0.4	NA	+0.6	NA
Vertical Irregularity	-2.3	-0.0	-1.0	-1.5	NA	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	(0.3)	NA	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Para-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Para-Benchmark	-2.4	-2.4	+1.4	NA	+1.8	NA	+1.4	-0.4	NA	-0.4	NA	-0.4	+2.8	-2.8	NA
Soil Type C	0.0	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.8	-0.8

FINAL SCORE, S 2.0

COMMENTS: Basic score para Modificación sismológica para C3 as 32

Detailed Evaluation Required: YES NO

* = Estimated, subjective, or unreliable data
DKS = Do Not Know
BF = Braced Frame
FD = Flexible diaphragm
LM = Light metal
MRF = Moment-resisting frame
RC = Reinforced concrete
RD = Rigid diaphragm
SW = Shear wall
TU = Tie-up
URM = Unreinforced masonry with

Figura 22. C Guía de referencia rápida para usar el formulario de recopilación de datos.

Fuente: JBenjamín Hernández et al., 2011.

La edificación analizada como referente en la figura 17 y 18 presenta regularidad en planta y en circulaciones verticales presenta una irregularidad en elevación, efectos de columna corta, columnas con cambio de rigidez, para lo que se ha determinado que es necesario intervenir para reforzar la edificación, mediante este ejemplo se puede evidenciar de qué manera se realiza una evaluación de vulnerabilidad ante eventos sísmicos. (Benjamín et al., 2011)

2.2.6.2 Bendetti y Petrini 1982 - Método usado por país de Italia por la autoridad de los ingenieros Davide Benedetti y Giuseppe Petrini.

En Italia el objetivo principal de la evaluación tras el terremoto de Friuli en 1976 fue cuantificar pérdidas económicas poco después se implementó el índice de vulnerabilidad Bendetti y Petrini 1982, idéntica parámetros importantes que controlan el daño de las edificaciones causador por eventos sísmicos. El método califica el tipo de estructura para evaluar los once parámetros que son relacionados al sistema constructivo. (Red Acelerográfica; Universidad Nacional de Ingeniería; Centro Regional de Sismología para América del Sur, 2019)

La inspección de edificaciones se realiza por solicitudes que son emitidas por los ciudadanos los daños son evaluados por el gobierno cuando son apoyados financieramente por dependencia del nivel de daño y la necesidad de intervención.



Figura 23. Metodología de evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica

Fuente: Carreño Tibaduiza, 2014.

2.2.6.3 Sistema de evaluación de daño por sismo en edificios, usado por el país de japonés por la autoría del Ingeniero Arnaldo Pinto.

Tras el terremoto de Miyagike en 1978 Japón estableció la importancia de contar con una metodología propia de evaluación de vulnerabilidad. La metodología fue validada en el año de 1989 por la Asociación Japonesa para la prevención de desastres en edificios. La metodología contiene dos etapas. La primera determina el grado del daño de cada concepto a analizar determinado por niveles de daños A-B-C. En la segunda etapa se obtiene el nivel de riesgo que permite realizar un diagnóstico sobre si

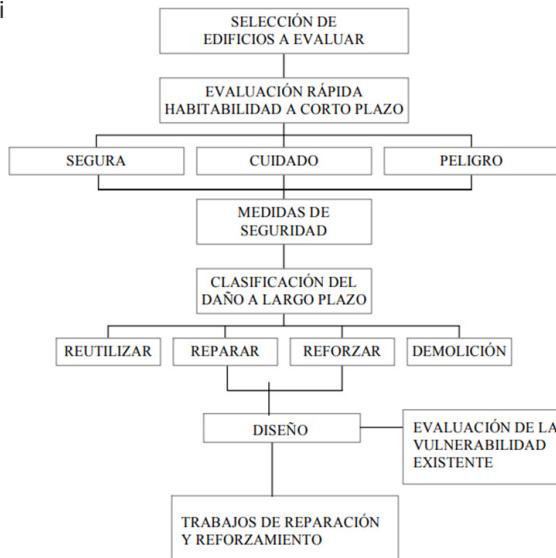


Figura 24. Metodología de evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Carreño Tibaduiza, 2014.

2.2.6.4 Sistema de puntuación del índice de vulnerabilidad sísmica de Chang - Método usado por el continente europeo por la autoría del Ingeniero Chang, Chia-Ming.

La Escala Macrosísmica Europea – 1998 (EMS 98) es un método que ha tenido varias modificaciones con la finalidad de minimizar los daños por eventos sísmicos es una actualización de la escala MSK-64, este método es utilizado con regularidad debido a su adaptación a diferentes tipos de construcciones. La metodología establece el tiempo de evaluación en extensas áreas urbanas, en la metodología se introducen índices de vulnerabilidad que se ven afectados por diferentes factores como: tipologías, modificaciones regionales y comportamientos que cuantifican la vulnerabilidad de las edificaciones. La escala está seccionada en seis niveles de vulnerabilidad de la A hasta la F siendo la más vulnerable la A y la menos vulnerable en orden consecutivo. (Neptali y AVECILLAS, 2016)

		Tipos de Estructura					
		A	B	C	D	E	F
MAMPUESTRA	Paredes de peña viva/roca de cantera	0					
	Adobe (adrito de tierra)	0	1				
	Roca simple	1	2	3			
	Roca masiva	1	2	3	4		
	Unidades de roca manufacturada	1	2	3	4		
	Ladrillo no reforzado, piso de HA	1	2	3	4	5	
	Reforzado o confinado	1	2	3	4	5	6
HORMIGÓN ARMADO	Armazón sin diseño sismorresistente (DSR)	1	2	3	4	5	6
	Armazón con un nivel moderado de DSR	1	2	3	4	5	6
	Armazón con alto nivel de DSR	1	2	3	4	5	6
	Paredes sin DSR	1	2	3	4	5	6
ACERO	Estructuras de acero	1	2	3	4	5	6
	Estructuras de madera	1	2	3	4	5	6

Figura 25. Red Acelerográfica, Universidad Nacional de Ingeniería, Centro Regional de Sismología para América del Sur, 2019.

Fuente: J Red Acelerográfica, Universidad Nacional de Ingeniería, Centro Regional de Sismología para América del Sur, 2019.

2.2.6.5 Evaluación estructural (CENAPRED). - Método usado por el país de México Ingeniero Osvaldo Contreras Reyes.

El método de evaluación tiene como finalidad recopilar información sobre características específicas de las edificaciones para determinar si se debe intervenir. La metodología utiliza un formato que reúne la información sobre el estado de la estructura de la edificación. El método contiene tres niveles, la primera evaluación es rápida de manera visual cuyo objetivo es determinar si se puede mantener el uso de la edificación o si se debe restringir su habitabilidad, la segunda es más detallada y la tercera es especializada debe ser hecha por un estudio de ingeniería.

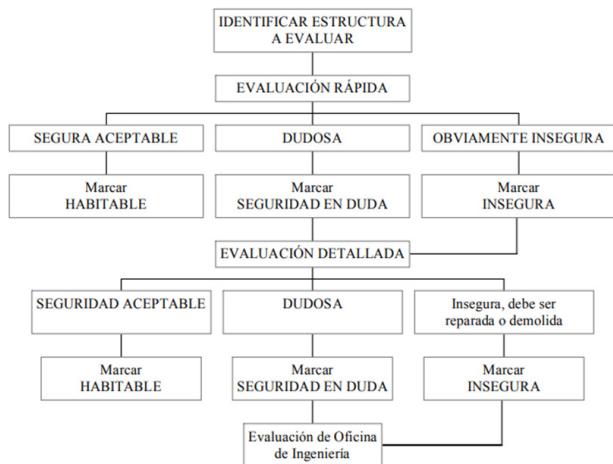


Figura 26. Procedimiento de evaluación de daño por sismo en edificios, método.
Fuente: Carreño Tibaduiza, 2014.

2.2.6.6 Metodología de análisis - Consejo de Tecnología Aplicada (ATC-20) - Método usado por el país de Estados Unidos por la autoría de los Ingenieros Christopher Rojahn y Ronald T. Eguchi.

El método Applied Technology Council (ATC 1989) contiene tres etapas. La primera etapa corresponde a una evaluación rápida. La segunda etapa corresponde a una evaluación más detallada por Ingenieros que analizan la estructura de la edificación y por último la tercera etapa es un estudio especializado en la vulnerabilidad.

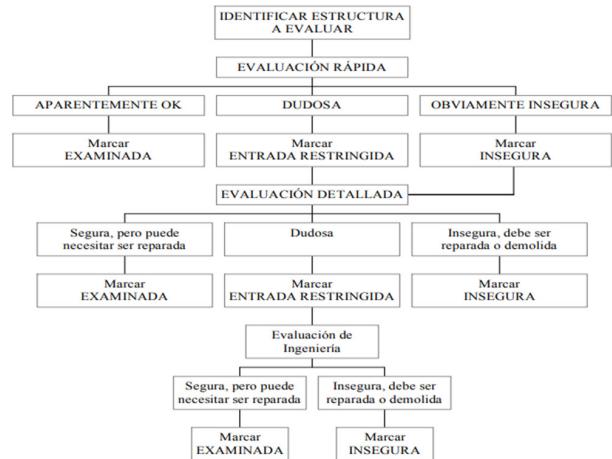


Figura 27. Proceso de evaluación de seguridad de edificios, método ATC- 20.
Fuente: Carreño Tibaduiza, 2014.

2.2.6.7 Metodología de análisis NEC 2023 - Método usado por el país de Ecuador por la autoría del Ingeniero Jorge Luis Cárdenas.

El método de análisis de la NEC 2015 establece una base de diseño y análisis estructural por una metodología para evaluar edificaciones con daños. El método analiza y estudia aspectos de diseño, periodo de la estructura, análisis de fuerzas laterales, momento torsor y derivadas del piso.

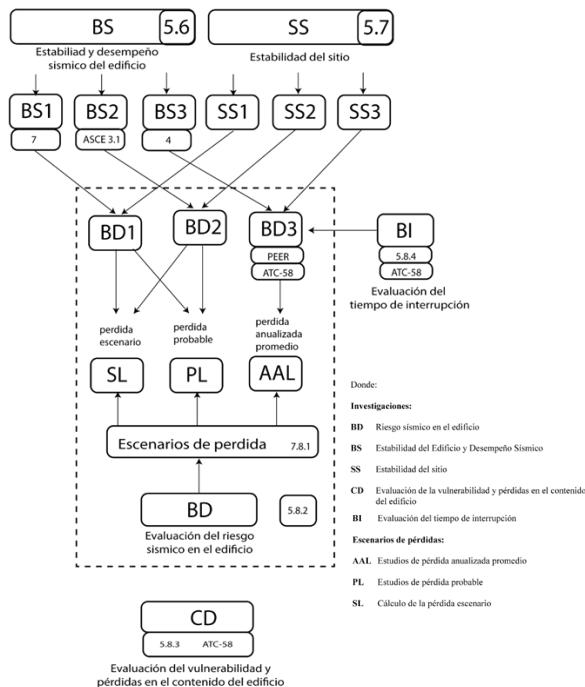


Figura 28. Evaluación del riesgo sísmico en edificios.
Fuente: Carreño Tibaduiza, 2014.

2.2.7 Automatización

El levantamiento de información de manera manual es un proceso que lleva tiempo, costo, y personal capacitado que realice evaluaciones y más si el área de estudio cubre grandes áreas, es por esto que la automatización es crucial para agilizar la obtención de información. El enfoque de este método implica un margen de trabajo por jerarquías para estructurar las imágenes obtenidas mediante la recopilación heterogénea a nivel de calle que se relaciona con la aplicación, se utiliza DCNN para explorar la inferencia automatizada de tipos estructurales de edificaciones, al evaluar la recuperación independiente de dos parámetros estructurales es decir la resistencia a cargas laterales y el edificio. En Chile específicamente en la capital de Santiago se ha implementado este método para la obtención de resultados a grandes escalas espaciales con el objetivo de realizar evaluaciones de riesgo ante fenómenos naturales. (Aravena Pelizari et al., 2021)



Figura 29. Factibilidad de la implementación de sistema automatizado.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.2.8 Elección de métodos de evaluación y formularios.

El método y formulario que se tomaran en cuenta para elaborar del formulario de evaluación de vulnerabilidad sísmica son, la Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de acuerdo con la norma Ecuatoriana de Construcción (NEC -2015) y el formulario de recolección de datos para el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Se realizará modificaciones del formulario de CENAPRED para evaluar características de la zona de estudio que no se aprecian en el formulario original como: Croquis del tramo a evaluar, registro fotográfico de la edificación, medidas principales de las edificaciones e irregularidad.

Procedimiento de Inspección Visual Rápido (PIVR)			
Tipos de metodología - Autor	País	Descripción	Fases de evaluación
(FEMA P-154 2015) - Ing. Ronald T. Eguchi.	Estados Unidos	Directrices para evaluar daños estructurales informando decisiones de ocupación y reparación.	Fase I - Evaluación Inmediata Fase II - Evaluación Detallada Fase III - Rehabilitación y Reparación
Benedetti y Petrini 1982 - Ing. Davide Benedetti y Giuseppe Petrini.	Italia	Proporcionando pautas para evaluar su capacidad y seguridad ante sismos.	Fase I - Evaluación visual
Sistema de evaluación de daño (SEV) - Ing. Arnaldo Pinto.	Japón	Analiza y clasifica los daños estructurales tras un sismo para informar decisiones de seguridad.	Fase I - Categorías de evaluación, como daño estructural
Sistema de puntuación del índice de vulnerabilidad sísmica de Chang - Ing. Chang, Chia-Ming	Continente Europeo	Asignando puntajes para informar sobre su resistencia estructural.	Fase I - Puntuación de vulnerabilidad de tipologías estructurales
Evaluación estructural (CENAPRED) - Ing. Osvaldo Contreras Reyes	México	Analiza la vulnerabilidad sísmica de estructuras para informar sobre su resistencia y seguridad.	Fase I - Evaluación Inmediata (visual)
Metodología de análisis ATC-20 - Ing. Christopher Rojahn y Ronald T. Eguchi.	Estados Unidos	Proporcionando pautas para analizar y clasificar los daños estructurales	Fase I - Evaluación Inmediata Fase II - Evaluación Detallada Fase III - Rehabilitación y Reparación
Metodología de análisis NEC 2015 - Ing. Jorge Luis Cárdenas.	Ecuador	Proporcionando pautas para la correcta utilización de materiales constructivos.	Fase I - Cumplimiento de la normativa de construcción. Fase II - Evaluación Visual

Figura 30. Cinturón de fuego: Actividad sísmica.

Fuente: Johnson, 2016.

ETAPA 2

Aplicación metodológica



● Materiales y métodos

3.1 Metodología de trabajo

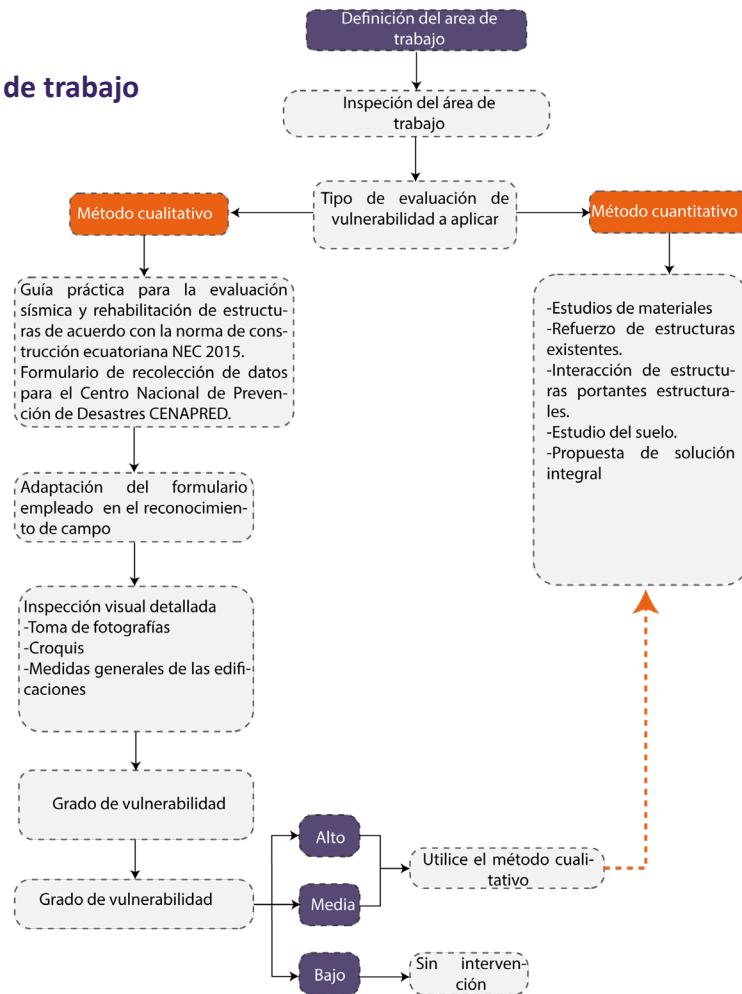


Figura 31. Metodología de investigación.

Fuente: Jorge Ponce et al., 2023.

El tipo de investigación cuantitativo que se emplea en el trabajo es utilizado para entender la relación que existe entre la causa y el efecto, que posibilita la validez del estudio mediante análisis estadísticos, los resultados obtenidos se expresen en número o gráficos. Se ha utilizado una metodología de enfoque cualitativo que describe la evaluación visual rápida de vulnerabilidad, utilizada para características específicas de edificaciones de estructuras con vulnerabilidad alta, media y baja.

Para la clasificación de las etapas se debe mencionar dos alcances con el mismo formato de evaluación de vulnerabilidad, un método de levantamiento de datos manual y el segundo que es el programa de automatización con la herramienta de Microsoft Excel que es para verificar la validez del programa en relación con el método

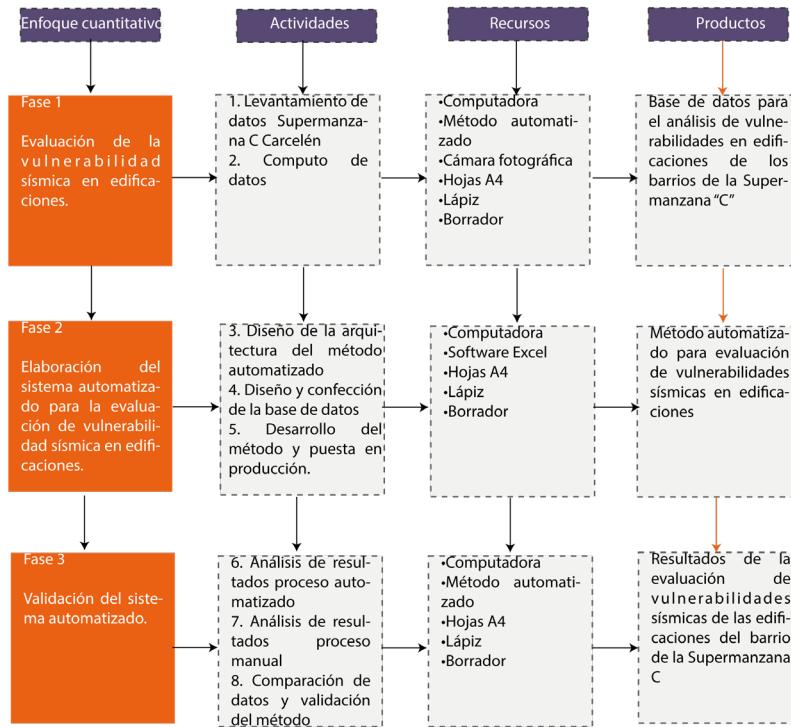


Figura 32. Cronograma de la matriz previa a la evaluación de vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.2 Fase 1: Evaluación de la vulnerabilidad

Como segunda fase se obtendrá el levantamiento y computo de datos relevantes sobre las edificaciones del sector de estudio de forma manual y con el programa automatizado. La preparación de datos implica la organización de la información para su análisis, una vez que los algoritmos del sistema automatizado clasifiquen por categorías de vulnerabilidad sísmica es esencial para la siguiente fase.

3.2.1 Área de estudio.

El sector en donde se realizará las evaluaciones de vulnerabilidad es en Carcelén Alto está ubicada al norte del distrito metropolitano de Quito, ha experimentado un crecimiento demográfico impulsando la expansión urbana y demanda de edificaciones, algunas edificaciones se han construido de manera informal debido al nivel socioeconómico que existe en la zona. La super manzana pertenece al sector de Carcelén alto, es un barrio que tuvo un desarrollo planificado para la edificación cuenta con 349 residencias, se ha producido una amplia gama de desarrollo residencial que incluyen viviendas unifamiliares, edificios de departamentos, la trama de la manzana se encuentra diferenciada por accesos secundarios que dividen los 26 tramos que conforman el sector. El desarrollo que tiene Carcelén ha obligado a autoridades locales a implementar planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano para guiar correctamente el crecimiento de la zona de manera sostenible.

3.2.2 Inspección visual y tipologías empleadas para la evaluación de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

La evaluación visual rápida general del área de estudio de la “super manzana C es esencial para comprender la arquitectura del entorno lo que permitirá definir el grado de complejidad y las características de cada edificación.

La categorización de edificaciones permitirá analizar las tipologías constructivas principales como características de fachada, cubiertas y entrepisos. Mediante una revisión visual minuciosa se identifica el tipo de construcción, materialidad, sistema estructural, daños preexistentes de las edificaciones.



Figura 33. Volumetría del sector de Carcelén de la supermanzana C.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.2.3 Variables de evaluación

TIPOLOGÍA DE SISTEMA ESTRUCTURAL	
<p>MADERA</p> <p>Cuando los elementos estructurales: vigas, columnas, bastidores, celosías, armaduras son de madera natural o laminadas.</p>  <p>W1</p>	<p>PÓRTICO DE HORMIGÓN ARMADO</p> <p>Elementos estructurales vigas y columnas de hormigón.</p>  <p>C1</p>
<p>MAMPOSTERÍA SIN REFUERZO</p> <p>Muros de paredes portantes de ladrillo, bloque adobe, bahareque, sin refuerzo de varillas de acero.</p>  <p>URM</p>	<p>PÓRTICO H. ARMADO CON MUROS ESTRUCTURALES</p> <p>Elementos estructurales vigas, columnas y muros estructurales de hormigón armado a todo lo alto de la edificación.</p>  <p>C2</p>
<p>MAMPOSTERÍA REFORZADA</p> <p>Muros de paredes portantes de bloque o ladrillo sin varilla de acero de refuerzo horizontal y vertical.</p>  <p>RM</p>	<p>PÓRTICO H. ARMADO CON MAMPOSTERÍA CONFINADA SIN REFUERZO</p> <p>Elementos estructurales vigas, columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero.</p>  <p>C3</p>
<p>MIXTA ACERO-HORMIGÓN O MIXTA MADERA HORMIGÓN</p> <p>Combinación de elementos estructurales, vigas y columnas de diferentes materiales.</p>  <p>MX</p>	<p>H. ARMADO PREFABRICADO</p> <p>Paneles portantes de hormigón armado prefabricado o elementos estructurales vigas, columnas de hormigón armado, prefabricadas y ensambladas en obra.</p>  <p>PC</p>
<p>PÓRTICO ACERO LAMINADO</p> <p>Pórticos de acero laminado caliente con muros estructurales de hormigón armado a todo lo alto de la edificación.</p>  <p>S1</p>	<p>PÓRTICO ACERO LAMINADO CON MUROS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO</p> <p>Pórticos de acero laminado caliente con muros estructurales de hormigón armado a todo lo alto de la edificación.</p>  <p>S4</p>
<p>PÓRTICO ACERO LAMINADO CON DIAGONAL</p> <p>Pórtico de acero laminado en caliente con paredes divisorias de mampostería de bloques de hormigón.</p>  <p>S2</p>	<p>PÓRTICO ACERO CON PAREDES MAMPOSTERÍA</p> <p>Pórtico de acero laminado en caliente con paredes divisorias de mampostería de bloques de hormigón.</p>  <p>S6</p>
<p>PÓRTICO ACERO DOBLADO EN FRÍO</p> <p>Elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero en lámina delgada doblada en frío.</p>  <p>S3</p>	

Figura 34. Tipologías de sistema estructural
Fuente: Elaboración propia, 2023.

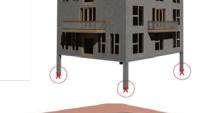
IRREGULARIDAD VERTICAL	
<p>Irregularidad geométrica: la edificación es irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en piso adyacente, excepto en el caso de los atlillos de un solo piso ($a > 1.3b$).</p> 	
<p>Irregularidad por ubicación: si la edificación se encuentra en una colina empinada, tal que a lo largo de la pendiente exista al menos en piso de altura.</p> 	
<p>Piso débil: si la rigidez de un piso es drásticamente menor que la mayoría de los demás piso. Disminución en mampostería portante a muros estructurales.</p> 	
<p>Columna corta o larga: si la edificación presenta columnas cortas o demasiado largas (comúnmente en mazzanines).</p> 	
<p>Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas: la estructura de la edificación es irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales y estos desplazamientos son más grandes que la dimensión horizontal del elemento.</p> 	
<p>Distribución de masa: la estructura de la edificación es irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p> 	
<p>Piso flexible: la estructura de la edificación es irregular cuando la rigidez lateral de piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menos que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p> 	
<p>Adiciones: la estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, de un piso o más.</p> 	

Figura 35. Irregularidades verticales
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Forma: la estructura de la edificación es irregular cuando su configuración en planta presenta las formas L, T, I, U, E, o forma de cruz, sin juntas de construcción.

Discontinuidades en el sistema de piso: la estructura de la edificación es irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, causadas por aberturas, entrantes o huecos con áreas mayores al 50% del área total del piso.

Ejes estructurales no paralelos: La estructura de la edificación es irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.

Torsional: la estructura de la edificación es irregular cuando presenta buena resistencia lateral en una dirección, pero en la otra no o si existe rigidez no coincide con su centro de masa.

Adiciones: la estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción.

Losas planas vigas banda: afectando la distribución de cargas y la estabilidad sísmica del edificio, generando desafíos en el diseño y la respuesta estructural.

Separación inadecuada (junta sísmica): puede comprometer la capacidad del edificio para disipar energía sísmica, aumentando el riesgo de daño estructural durante eventos sísmicos al limitar la movilidad y absorción de vibraciones.

Salientes excesivos (volados): Los volados puede provocar desequilibrios en la distribución de cargas y aumentar las tensiones en ciertas áreas, comprometiendo la estabilidad estructural y aumentando el riesgo de fallas.



3.2.4 Material de toma de datos en campo y recopilación de datos en formularios.

Para abordar los trabajos de obtención de datos se utilizó dos fichas de evolución la primera se utiliza el formato de levantamiento de riesgos sísmicos de Guía Práctica para la Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras GPESRE-2015, Figura 4 y el segundo formato es del Centro Nacional de Prevención de Desastres, Figura 23, 24 y 25. Para la obtención de datos en campo se asistirá la supervisión de Ingenieros quienes se encarguen de validar el trabajo. En esta sección se indica como llenar el formulario, el formulario ha sido modificado para que se llene de manera ordenada según su contenido. En el formulario se analizan puntos clave como:

- Datos de la edificación.
- Datos del profesional.
- Esquema estructural en planta y elevación de la edificación.
- Fotografía del edificio.
- Tipología del sistema estructural.
- Puntajes básicos, modificadores y puntaje final.
- Observaciones.

Figura 36. Irregularidades en planta

Fuente: Elaboración propia, 2023.

FORMATO PARA LEVANTAMIENTO DE RIESGO SÍSMICO					
DATOS GENERALES					
Nombre de la edificación: _____		Fecha: _____		Hora: _____	
Duración visita: _____					
Dirección: _____					
Nombres de evaluadores: _____				<input type="checkbox"/> Ingeniero Arquitecto	<input type="checkbox"/> Estudiante Ing Estudiante Arq
INFORMACION GENERAL DEL INMUEBLE					
Nombre del local/cuerpo/área: _____					
Persona contactada _____			Cargo o función: _____		
Teléfono: _____			Correo electrónico: _____		
USO					
1- Habitacional	<input type="checkbox"/> Dormitorio <input type="checkbox"/> Baños <input type="checkbox"/> Cocina <input type="checkbox"/> Otro _____	2- Educativo	<input type="checkbox"/> Preescolar <input type="checkbox"/> Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Bachiller <input type="checkbox"/> Biblioteca <input type="checkbox"/> Museo	3- Reunión	<input type="checkbox"/> Gimnasio <input type="checkbox"/> Salón reunión/baile/juego <input type="checkbox"/> Cine/teatro/auditorio <input type="checkbox"/> Piscina <input type="checkbox"/> Estadio <input type="checkbox"/> Otro _____
4- Oficinas/comercio	<input type="checkbox"/> Oficinas <input type="checkbox"/> Comedor <input type="checkbox"/> Otro _____	Observaciones: _____			
5- Salud/social	<input type="checkbox"/> Estancia infantil <input type="checkbox"/> Consultorio <input type="checkbox"/> Enfermería <input type="checkbox"/> Otro _____	6- Industrial	<input type="checkbox"/> Taller <input type="checkbox"/> Bodega <input type="checkbox"/> Generac. Eléctrica <input type="checkbox"/> Estacionamiento <input type="checkbox"/> Otro _____	7- Otros	<input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> _____
Ocupación: <input type="checkbox"/> Abandonada/desocupada <input type="checkbox"/> Desalojada por daños					
<input type="checkbox"/> Habitada/en uso <input type="checkbox"/> Número de ocupantes o capacidad de personas _____					
TERRENO Y CIMENTACION					
Topografía	<input type="checkbox"/> Planicie <input type="checkbox"/> Ladera de cerro <input type="checkbox"/> Rivera río/lago <input type="checkbox"/> Fondo de valle <input type="checkbox"/> Otro _____	Tipo de suelo	<input type="checkbox"/> Limo o arcilla <input type="checkbox"/> Granular suelto <input type="checkbox"/> Granular compacto <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otro _____	Suelo	<input type="checkbox"/> Blando <input type="checkbox"/> Transición <input type="checkbox"/> Firme
				Cim. Superficial	<input type="checkbox"/> Zapata aislada <input type="checkbox"/> Zapata corrida <input type="checkbox"/> Cimiento de piedra <input type="checkbox"/> Losa <input type="checkbox"/> Cajón
				Cim. profunda	<input type="checkbox"/> Pilotes <input type="checkbox"/> Otro _____
Nivel freático (m): _____		Pendiente del terreno (%): _____		Distancia a río/lago/mar (m): _____	
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA					
No. de niveles, n= _____		Año de construcción: _____		Área del terreno (m2): _____	
No. De sótanos: _____		Año de rehabilitación: _____		Área de la planta tipo (m2): _____	
<input type="checkbox"/> Apéndice en azotea (escaleras/elevador/cuarto azotea)		<input type="checkbox"/> Mezanine (Losa intermedia que no cubre toda la planta)		Dimensiones Generales: X = Frente (m): _____ Y = Fondo (m): _____	
<input type="checkbox"/> Piso a media altura		<input type="checkbox"/> Escalera externa		Altura planta baja (m): _____	
<input type="checkbox"/> Semisótano (a medio nivel de calle)		<input type="checkbox"/> No elevadores: _____		Altura entresijos (m): _____	
Instalaciones		<input type="checkbox"/> Eléctrica		No. Escaleras independientes: _____	
<input type="checkbox"/> Elevador		<input type="checkbox"/> Alcantarillado			
<input type="checkbox"/> Agua potable		<input type="checkbox"/> Otro _____			
<input type="checkbox"/> Gas					
<input type="checkbox"/> Extintores incendio					
Observaciones: _____					

Datos Generales

Uso de la edificación

Tipo de cimentación

Características de la estructura

a evaluación, ca-

Fuente: Elaboración propia, 2023.

FORMATO PARA LEVANTAMIENTO DE RIESGO SÍSMICO		
TIPOLOGIA CONSTRUCTIVA		
<input type="checkbox"/> Sistema aporticado <input type="checkbox"/> Metálico <input type="checkbox"/> Hormigón armado <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Mixto	<input type="checkbox"/> Sistema de paredes portantes <input type="checkbox"/> Bloques de hormigón <input type="checkbox"/> Ladrillos de barro <input type="checkbox"/> Adobe <input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Sistema mixto Observaciones:
Hacer referencias fotográficas:		
CARACTERÍSTICAS DE LAS FACHADAS		
<input type="checkbox"/> Paredes sin reforzar <input type="checkbox"/> Bloques de hormigón <input type="checkbox"/> Ladrillos de barro <input type="checkbox"/> Adobe <input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Paredes adosadas a columnas <input type="checkbox"/> Paredes separadas de columnas <input type="checkbox"/> Fachada prefabricada <input type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Hormigón armado <input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Elementos ornamentales sin fijar Terminación de las paredes <input type="checkbox"/> Pared sin revocar <input type="checkbox"/> Pared revocada con mortero <input type="checkbox"/> Recubrimiento de _____ <input type="checkbox"/> Recubrimientos muy frágiles <input type="checkbox"/> Elementos colgados
Observaciones:	<input type="checkbox"/> Carpintería <input type="checkbox"/> Falso techo	Hacer referencias fotográficas:
CARACTERÍSTICAS DE LAS PAREDES INTERIORES		
<input type="checkbox"/> Paredes sin reforzar <input type="checkbox"/> Bloques de hormigón <input type="checkbox"/> Ladrillos de barro <input type="checkbox"/> Adobe <input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Paredes adosadas a columnas <input type="checkbox"/> Paredes separadas de columnas <input type="checkbox"/> Prefabricada <input type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Hormigón armado <input type="checkbox"/> Otro	Terminación de las paredes <input type="checkbox"/> Pared sin revocar <input type="checkbox"/> Pared revocada con mortero <input type="checkbox"/> Recubrimiento de _____ <input type="checkbox"/> Recubrimientos muy frágiles <input type="checkbox"/> Elementos colgados
Observaciones:		Hacer referencias fotográficas:
CARACTERÍSTICAS DE LA CUBIERTA		
<input type="checkbox"/> Cubierta plana <input type="checkbox"/> Losa aligerada de hormigón armado <input type="checkbox"/> Losa prefabricada de hormigón armado <input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Cubierta inclinada <input type="checkbox"/> Losa aligerada de hormigón armado <input type="checkbox"/> Losa prefabricada de hormigón armado <input type="checkbox"/> Ligera <input type="checkbox"/> Otro	
Observaciones:		Hacer referencias fotográficas:
CARACTERÍSTICAS DE ENTREPISOS		
<input type="checkbox"/> Losa aligerada de hormigón armado <input type="checkbox"/> Losa prefabricada de hormigón armado <input type="checkbox"/> Ligera	<input type="checkbox"/> Otro	
Observaciones:		Hacer referencias fotográficas:
VULNERABILIDAD		
Posición en manzana: <input type="checkbox"/> Esquina <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Aislado		
Irregularidad en planta <input type="checkbox"/> Asimétrico (efectos de torsión) <input type="checkbox"/> Aberturas en planta > 20% (área o longitud) <input type="checkbox"/> Longitud entrantes/salientes > 15% <input type="checkbox"/> En "L" u otra geometría irregular <input type="checkbox"/> Separación inadecuada (junta sísmica) <input type="checkbox"/> Salientes excesivos (volados) <input type="checkbox"/> Diagrama discontinuo <input type="checkbox"/> Ejes no paralelos <input type="checkbox"/> Losa plana y vigas banda <input type="checkbox"/> Desplazamiento de planos <input type="checkbox"/> Otro	Irregularidad en elevación <input type="checkbox"/> Planta baja flexible <input type="checkbox"/> Marcos o paredes no llegan a la cimentación <input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Reducción de la planta en pisos superiores <input type="checkbox"/> Apoyos a diferente nivel (laderas) <input type="checkbox"/> Grandes masas en pisos superiores <input type="checkbox"/> Arreglo irregular de ventanas en fachada <input type="checkbox"/> Sistema de entrepisos inclinados <input type="checkbox"/> Ejes verticales discontinuos <input type="checkbox"/> Losas de piso que no coinciden <input type="checkbox"/> Configuración escalonada <input type="checkbox"/> Desplazamiento plano del pórtico (efecto dominó) <input type="checkbox"/> Edificio esbelto h > 5 veces el ancho menor en planta <input type="checkbox"/> Volados _____ m <input type="checkbox"/> Distribución irregular de masa	
Observaciones:		Referencias fotográficas:
Otras fuentes de vulnerabilidad <input type="checkbox"/> Conexión excéntrica viga-columna <input type="checkbox"/> Péndulo invertido/una sola hilera de columnas <input type="checkbox"/> Un elemento resiste más del 35% del sismo <input type="checkbox"/> Excavación adyacente al edificio <input type="checkbox"/> Columna débil-viga fuerte <input type="checkbox"/> Vigas banda	Edificio vecino crítico <input type="checkbox"/> No. de pisos: _____ <input type="checkbox"/> Separación (cm): _____ <input type="checkbox"/> Uso: _____ <input type="checkbox"/> Sin daño <input type="checkbox"/> Daño medio <input type="checkbox"/> Daño severo	<input type="checkbox"/> Marco/pórtico <input type="checkbox"/> Paredes portantes <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Piso a diferente altura
		Referencias fotográficas:

Características de tipología constructiva

Características de vulnerabilidad

Figura 38. Formato 2 de captura de datos para evaluación estructural - Características de tipología constructiva y características de vulnerabilidad.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

FORMATO PARA LEVANTAMIENTO DE RIESGO SÍSMICO	
CROQUIS DEL EDIFICIO (con medidas en m) O IMÁGENES FOTOGRÁFICAS	
Otros datos de interés	
Hoja 3 de 3	

→ Croquis y fotografías de la edificación

→ Observaciones

Figura 39. Formato 3 de captura de datos para evaluación estructural - Croquis y registro fotográfico de la edificación.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.3 Fase 2: Elaboración del sistema automatizado

En esta etapa se establece los alcances específicos del método automatizado y se establecen parámetros y aspectos que se analizarán en la obtención del levantamiento de información. La realización de la arquitectura del método automatizado consiste en la creación conceptual y técnica del método. Las bases para el desarrollo de evaluación de vulnerabilidad sísmica en edificaciones son esenciales para priorizar la siguiente fase.



Figura 41. Métodos de levantamiento de datos.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.3.1 Método cualitativo de evaluación.

Para realizar el estudio de vulnerabilidad del sector de estudio de “La supermanzana C”, se utilizó un diseño no experimental de tipo transeccional descriptivo que utiliza un método cualitativo para evaluaciones rápidas de vulnerabilidad en edificaciones, se utiliza la Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de acuerdo con la norma Ecuatoriana de Construcción (NEC -2015) y el formulario de recolección de datos para el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Se realizarán modificaciones del formulario de CENAPRED, el segundo formato se modificó con el objetivo de abordar las variables necesarias para la evaluación a estudios que no incluyen en el formato de

GPESRE-2015, donde se aplica una metodología simplificada para estructuras existentes, el objetivo principal de esta metodología es describir las edificaciones vulnerables frente a movimientos telúricos, que requieran estudios previos y a su vez sirvan para implementar programas de mitigación.

3.3.2 Programa empleado para la automatización - Microsoft Office.

Una vez seleccionado el formato de evaluación que agrupa los parámetros y características de análisis de las edificaciones, se seleccionará el programa que nos permita automatizar la información. Excel es una herramienta de Microsoft Office, es una herramienta que requiere poca experiencia en temas de programación para la creación y gestión de base de datos es un programa gratuito que ofrece Microsoft Office. Algunas características importantes del programa incluyen:

- **Macros y (VBA):** Permite crear macros a partir de una secuencia de comandos que permiten automatizar información respectiva.
- **Fórmulas y funciones:** Permite una amplia variedad de fórmulas y funciones que se pueden utilizar para un tema en específico.
- **Tablas dinámicas:** El uso de tablas dinámicas permite una fácil organización de información en relación con el conjunto de datos que se almacenan. Permite realizar actualizaciones continuas mientras se hacen modificaciones en las hojas de cálculo.
- **Automatización de flujo de trabajo:** Permite a los usuarios configurar una secuencia de comandos

para automatizar las instalaciones existentes.

- **Conectividad de datos externos:** Permite una fácil importación automática de datos SQL que favorece a la recuperación sencilla de información.

Excel Microsoft es una herramienta eficiente para almacenar y gestionar información es un método de automatización que requiere una complejidad básica, además ofrece un lenguaje fácil para los usuarios que requieran utilizar el programa de acuerdo con su necesidad específica.

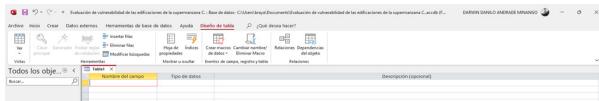


Figura 42. Interfaz del programa Excel.

Fuente: Johnson (2016)

Nota: Para realizar el sistema de automatización en el programa Microsoft Excel se procederá a tomar el formato de la Guía Práctica para la Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras GPESRE-2015 y el formato del Centro Nacional de Prevención de Desastres.

3.4 Fase3: Validación del sistema automatizado.

La fase de validez de un sistema es crítica ya que se verifica el grado de eficacia y se asegura que se pueda obtener resultados confiables, es por eso que se analizará los resultados del proceso automatizado y del proceso manual. Una vez realizado el análisis de resultados se comparará los resultados para establecer una validación cruzada es decir confirmar la precisión del método automatizado. Al determinar que el método automatizado sea eficaz se podrá certificar y aprobar para su aplicación

en cualquier campo de estudio en la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones. En esta etapa se analiza el sistema de puntuación de vulnerabilidad obtenido, la clasificación de tipologías constructiva y las características más comunes de vulnerabilidad en planta y elevación.

3.4.1 Evaluación de las edificaciones

Se realizará la inspección visual de cada edificación, se llenará los formularios de evaluación y los formatos para levantamientos de riesgo sísmico, se elaborará planos de la zona (croquis), lavaciones, plano volumétrico por último y no menos impórtate se realizará un registro fotográfico para solventar cualquier error en la toma de datos. Se procederá a determinar el grado de vulnerabilidad de riesgo sisimicos de acuerdo con cada puntaje de cada edificación del formulario llenado. Se cuantificará los datos obtenidos según los formatos de las evaluaciones de cada área de estudio y se determinará las principales características de vulnerabilidad más comunes en la zona de estudio. El grado de vulnerabilidad se determina según la puntuación obtenida de cada edificación, se identifican los errores de las edificaciones en términos de configuración estructural y según su tipología.



Figura 43. Zona de estudio 3D- Supermanzana C.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.4.2 Instrumentos de toma de datos automatizados

Posterior a la obtención de desarrollo de las bases de datos y software en Excel se procederá a realizar la evaluación sísmica de las edificaciones y la obtención de los reportes del grado de vulnerabilidad de cada edificación, así como los errores estructurales en configuración a las edificaciones.

FICHA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA			
DATOS GENERALES DEL EVALUADOR Y DEL INMUEBLE			
DATOS GENERALES		USO	
BRE DE LA EDIFICACIÓN	A	HABITACIONAL	Vivienda unifamiliar 1 planta
DIRECCIÓN	A	EDUCATIVO	Vivienda unifamiliar 2 plantas Vivienda unifamiliar 3 plantas Vivienda unifamiliar 4 plantas
FECHA	00/01/1900	REUNIÓN	Vivienda multifamiliar 1 planta Vivienda multifamiliar 2 plantas Vivienda multifamiliar 3 plantas
HORA	10:30:00	OFICINAS / COMERCIO	

Figura 44. Sistema automatizado Excel - Interfaz de control

Fuente: Frank Bernal et al., 2023.

3.5 Diagnostico general

En general, un método de automatización exitoso incrementa las posibilidades de analizar las edificaciones en zonas vulnerables ante eventos sísmicos, lo que maximiza las ventajas en la obtención de resultados en relación con el tiempo. Fue necesario implementar una matriz de tres fases que potencie el grado de éxito del método automatizado y a su vez dictamine un orden de ejecución. En la figura 36 se puede apreciar las 349 edificaciones que serán evaluadas.



Figura 45. Zona de estudio 2D- Supermanzana C.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

ETAPA 3
Difusión de resultados



Resultados

Se realizó una evaluación detallada de las edificaciones dividiendo cuidadosamente en bloques a su vez se crea secciones estratégicamente divididas en 17 ejes. Estos ejes se dividen en 10 ejes horizontales identificados numéricamente y 7 ejes verticales identificados alfabéticamente. Este enfoque permite un análisis preciso y sistemático de cada uno del bloque y proporciona información precisa de las condiciones constructivas y operativas de las edificaciones que lo componen la manzana.

La subdivisión en ejes horizontales y verticales proporciona una estructura organizacional para la evaluación, facilitando la obtención de los resultados de vulnerabilidad de las edificaciones y la toma de propuestas integrales de forma general. La distribución de ejes numéricos y alfabético se convierte en un breviario que orienta el análisis, permitiendo una figura sistemática entre las diferentes secciones de la manzana.

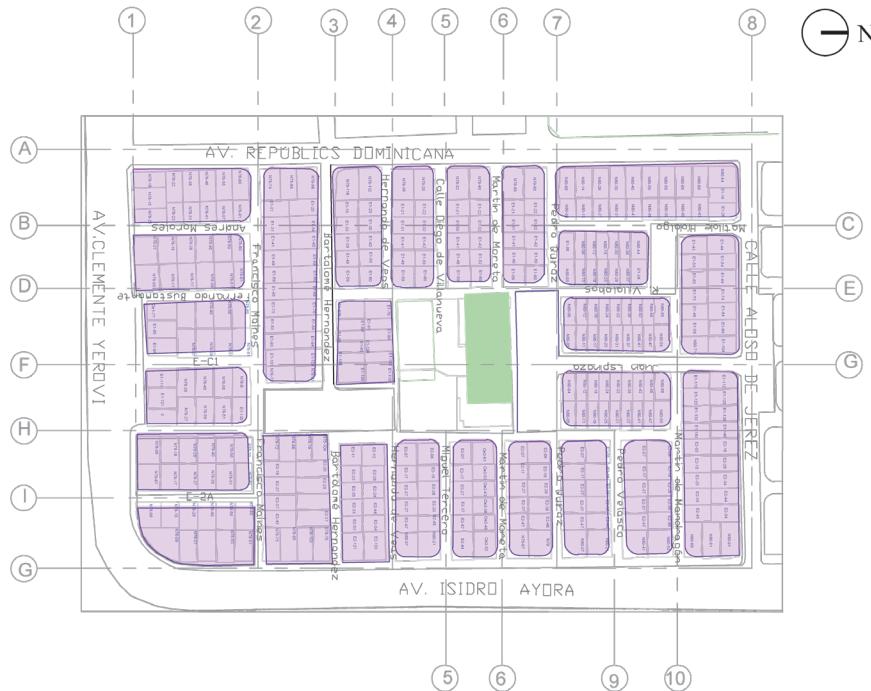


Figura 46. Subdivisiones de tramos de la Supermanzana C.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.1 Cuadro de Subdivisiones

Existen 25 subdivisiones que se ordenan por tramos en cada tramo existe un número de predios que posteriormente se evaluó las edificaciones existentes. Se asignó un color específico de acuerdo con el grado de vulnerabilidad del tramo, el color más oscuro se asocia a un grado de vulnerabilidad alto y el color claro se asocia a un grado de vulnerabilidad media.

Tabla de Subdivisiones		
N°	Tramos	Numero de predios
1	Tramo 1 (Eje A-B;1-2)	13
2	Tramo 2 (Eje B-D;1-2)	12
3	Tramo 3 (Eje D-F;1-2)	11
4	Tramo 4 (Eje F-H;1-2)	11
5	Tramo 5 (Eje H-I;1-2)	12
6	Tramo 6 (Eje I-G;1-2)	13
7	Tramo 7 (Eje A-F;2-3)	25
8	Tramo 8 (Eje H-G;2-3)	15
9	Tramo 9 (Eje A-D;3-4)	12
10	Tramo 10 (Eje D-F;3-4)	12
11	Tramo 11 (Eje H-G;3-4)	13
12	Tramo 12 (Eje A-D;4-5)	12
13	Tramo 13 (Eje H-G;4-5)	12
14	Tramo 14 (Eje A-D;5-6)	12
15	Tramo 15 (Eje H-G;5-6)	12
16	Tramo 16 (Eje A-D;6-7)	12
17	Tramo 17 (Eje H-G;6-7)	12
18	Tramo 18 (Eje A-B;7-8)	21
19	Tramo 19 (Eje H-G;7-9)	12
20	Tramo 20 (Eje C-E;7-10)	12
21	Tramo 21 (Eje E-G;7-10)	18
22	Tramo 22 (Eje G-H;7-10)	18
23	Tramo 23 (Eje H-G;9-10)	12
24	Tramo 24 (Eje C-G;8-10)	14

25	Tramo 25 (Eje F-G;8-10)	21
Total		349

Tabla 1. Subdivisiones de tramos de la Supermanzana C.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.2 Resultados por subdivisiones-ejes de forma manual(tabulaciones)

Tramo 1 (Eje A-B;1-2): Existen 13 lotes asignados por los siguientes números prediales N78-18, N78-22, N78-36, N78-46, N78-50, N78-60, N78-61, N78-57, N78-41, N78-31, N78-23, N78-25, N78-15 en los predios están construidas 13 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 1 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 84,62% corresponde a vulnerabilidad alta y 7,69% corresponde a vulnerabilidad media y baja en relación con la variante mencionada.

Tramo 1 (Eje A-B;1-2)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N78-18	3,3
N78-22	1,9
N78-36	1,9
N78-46	1,9
N78-50	1,9
N78-60	1,4
N78-61	1,9
N78-57	-0,1
N78-41	0,5
N78-31	2,8
N78-23	1,4
N78-25	1,4

N78-15	1,4
--------	-----

Tabla 2. Tramo 1 (Eje A-B;1-2)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

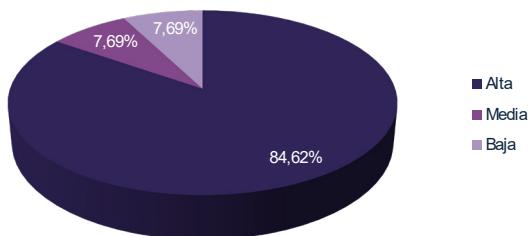


Figura 47. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 2 (Eje B-D;1-2): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales N78-06, N78-18, N78-28, N78-40, N78-50, N78-60, N78-61, N78-51, N78-39, N78-27, N78-17, N78-05 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 2 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan configuraciones irregulares en "L" u otra geometría irregular. El 100% corresponde a vulnerabilidad alta en relación con la variante mencionada.

Tramo 2 (Eje B-D;1-2)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N78-06	1,4
N78-18	1,4
N78-28	1,4
N78-40	1,4

N78-50	0,3
N78-60	1,4
N78-61	1,4
N78-51	1,4
N78-39	1,4
N78-27	1,4
N78-17	1,4
N78-05	1,4

Tabla 3. Tramo 2 (Eje B-D;1-2)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

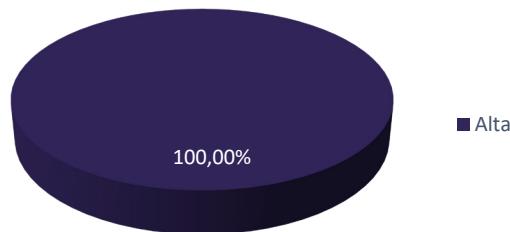


Figura 48. Irregularidad en planta - Configuraciones irregulares en "L".

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 3 (Eje D-F;1-2): Existen 10 lotes asignados por los siguientes números prediales E1-85, E1-95, N78-27, N78-39, N78-51, N78-61, N78-60, N78-50, N78-40, Oe1-77 en los predios están construidas 10 edificaciones. La problemática en relación con vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 3 es irregularidad en elevación ya que las edificaciones presentan una configuración escalonada. El 100% corresponde a vulnerabilidad alta en relación con la variante mencionada.

Tramo 3 (Eje D-F;1-2)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E1-85	-0,3
E1-95	1,4
N78-27	-0,1
N78-39	1,4
N78-51	1,4
N78-61	-0,1
N78-60	-0,1
N78-50	1,4
N78-40	-0,1
Oe1-77	-0,1

Tabla 4. Tramo 3 (Eje D-F;1-2)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

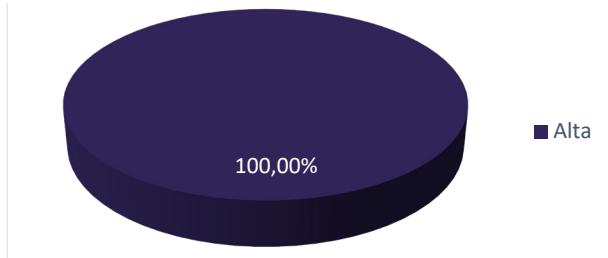


Figura 49. Irregularidad en elevación - Configuración escalonada.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 4 (Eje F-H;1-2): Existen 11 lotes asignados por los siguientes números prediales E1-111, N78-28, N78-40, N78-50, N78-B, E1-130, N78-51, N78-39, N78-27, 3, E1-121 en los predios están construidas 11 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 4 es irregularidad en elevación ya que las edificaciones

presentan una configuración escalonada. El 81,82% corresponde a vulnerabilidad alta y 9,09% corresponde a vulnerabilidad media y baja en relación con la variante mencionada.

Tramo 4 (Eje F-H;1-2)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E1-111	1,4
N78-28	1,3
N78-40	1,4
N78-50	1,4
N78-B	2,8
E1-130	-0,1
N78-51	1,4
N78-39	-0,1
N78-27	3,3
3	1,4
E1-121	1,4

Tabla 5. Tramo 4 (Eje F-H;1-2)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

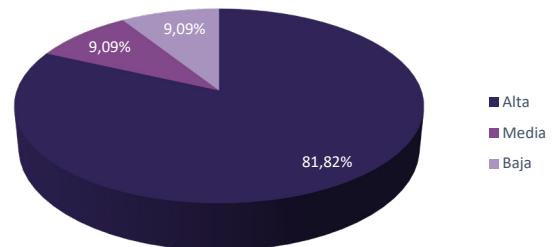


Figura 50. Irregularidad en elevación - Configuración escalonada.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 5 (Eje H-I;1-2): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales N78-06, N78-18, N78-28, N78-40, N78-50, N78-70, N78-61, N78-51, N78-39, N78-27, N78-17, N78-05 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 5 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 100% corresponde a vulnerabilidad alta en relación con la variante mencionada.

Tramo 5 (Eje H-I;1-2)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N78-06	1,7
N78-18	-0,1
N78-28	1,4
N78-40	0,2
N78-50	-0,1
N78-70	-0,1
N78-61	1,4
N78-51	1,4
N78-39	-0,1
N78-27	-0,8
N78-17	1,4
N78-05	1,4

Tabla 6. Tramo 5 (Eje H-I;1-2)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

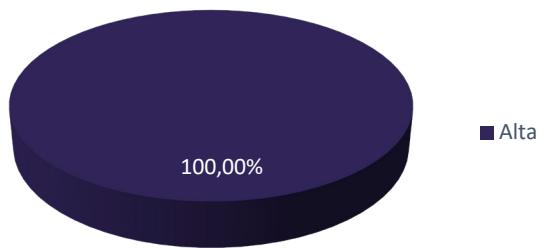


Figura 51. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 6 (Eje I-G;1-2): Existen 10 lotes asignados por los siguientes números prediales N78-60, N78-50, N78-40, N78-06, N78-09, N78-26, N78-18, N78-27, N78-51, N78-53 en los predios están construidas 10 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 6 es irregularidad en elevación ya que las edificaciones presentan Arreglo irregular de ventanas en fachada. El 100% corresponde a vulnerabilidad alta en relación con la variante mencionada.

Tramo 6 (Eje I-G;1-2)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N78-60	1,4
N78-50	1,4
N78-40	1,4
N78-06	1,4
N78-09	1,4
N78-26	-0,1
N78-18	-0,1
N78-27	1,4
N78-51	-0,1
N78-53	1,3

Tabla 7. Tramo 6 (Eje I-G;1-2)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

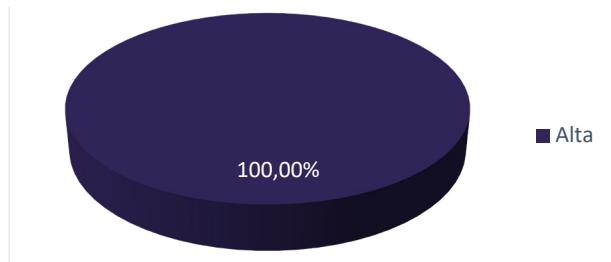


Figura 52. Irregularidad en elevación - Arreglo irregular de ventanas en fachada.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 7 (Eje A-F;2-3): Existen 25 lotes asignados por los siguientes números prediales N78-74, N78-86, N78-96, E1-20, E1-34, E1-40, E1-50, E1-60, E1-66, E1-76, E1-84, E1-94, E1-104, N78-73, N78-92, E1-101, E1-93, E1-83, E1-75, E1-65, E1-59, E1-49, E1-41, E1-31, E1-21 en los predios están construidas 25 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 7 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan configuraciones irregulares en “L” u otra geometría irregular. El 84% corresponde a vulnerabilidad alta, el 12% corresponde a vulnerabilidad media y el 4% corresponde a vulnerabilidad baja en relación con la variante mencionada.

Tramo 7 (Eje A-F;2-3)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N78-74	1,4
N78-86	3,3
N78-96	3,3
E1-20	-0,1

E1-34	1,4
E1-40	0,2
E1-50	1,9
E1-60	1,4
E1-66	0,4
E1-76	1,4
E1-84	1,4
E1-94	2,8
E1-104	1,4
N78-73	1,9
N78-92	1,4
E1-101	1,4
E1-93	-0,1
E1-83	-0,1
E1-75	3,3
E1-65	-0,1
E1-59	1,4
E1-49	1,4
E1-41	1,4
E1-31	1,9
E1-21	1,9

Tabla 8. Tramo 7 (Eje A-F;2-3)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

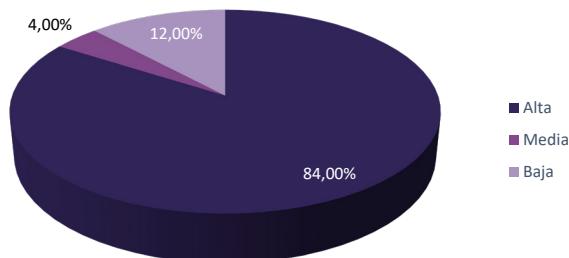


Figura 53. Irregularidad en planta - Configuraciones irregulares en “L” u otra geometría irregular.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 8 (Eje H-G;2-3): Existen 15 lotes asignados por los siguientes números prediales N78-72, N78-86, N78-79, N75-104, E2-20, E2-28, E2-37, E78-75, N78-103, N78-95, N78-75, E2-45, E2-37, E2-27, E2-19 en los predios están construidas 15 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 8 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 93,30% corresponde a vulnerabilidad alta y 7,70% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 8 (Eje H-G;2-3)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N78-72	1,3
N78-86	1,3
N78-79	1,4
N75-104	1,2
E2-20	1,4
E2-28	1,7
E2-37	2,8
E78-75	1,4
N78-103	1,4
N78-95	1,9

N78-75	3,3
E2-45	3,3
E2-37	1,9
E2-27	0,08
E2-19	1,9

Tabla 9. Tramo 8 (Eje H-G;2-3)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

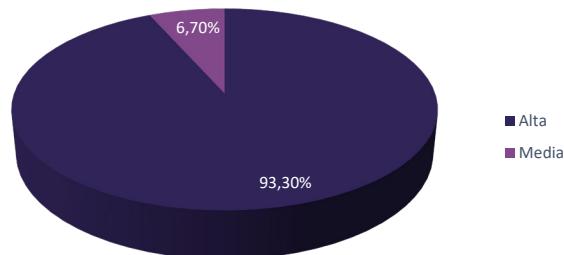


Figura 54. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 9 (Eje A-D;3-4): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales N78-116, N78-132, E1-20, E1-30, E1-40, E1-50, E1-60, E1-59, E1-49, E1-43, E1-33, E1-15 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 9 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 91,70% corresponde a vulnerabilidad alta y 8,30% corresponde a vulnerabilidad baja en relación con la variante mencionada.

Tramo 9 (Eje A-D;3-4)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N78-116	3,3
N78-132	1,4
E1-20	1,4
E1-30	1,4
E1-40	1,4
E1-50	1,9
E1-60	1,9
E1-59	1,4
E1-49	-0,1
E1-43	0,4
E1-33	0,4
E1-15	1,9

Tabla 10. Tramo 9 (Eje A-D;3-4)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

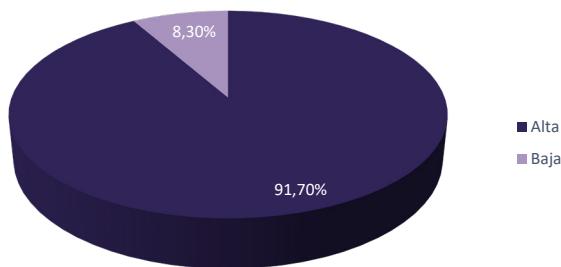


Figura 55. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 10 (Eje D-F;3-4): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales E1-109, E1-108, E1-95, E1-

88, E1-89, E1-975, E1-76, E1-91, E1-90, E1-196, E1-102, E1-110 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 10 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan salientes excesivos (volados). El 100% corresponde a vulnerabilidad alta en relación con la variante mencionada.

Tramo 10 (Eje D-F;3-4)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E1-109	-0,1
E1-108	-0,1
E1-95	1,9
E1-88	1,4
E1-89	-0,1
E1-975	0,5
E1-76	1,4
E1-91	1,4
E1-90	1,4
E1-196	1,9
E1-102	1,9
E1-110	-0,1

Tabla 11. Tramo 10 (Eje D-F;3-4)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

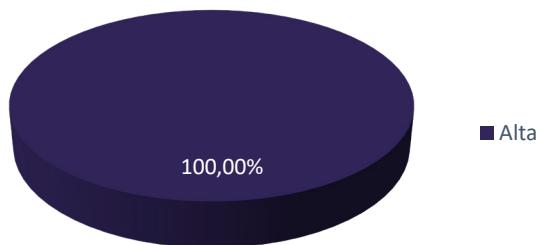


Figura 56. Irregularidad en planta - Salientes excesivos (volados).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 11 (Eje H-G;3-4): Existen 11 lotes asignados por los siguientes números prediales N78-121, E2-53, E2-43, E2-33, E2-23, E2-11, E2-12, E2-28, E2-24, E2-44, E2-133 en los predios están construidas 11 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 11 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan configuraciones irregulares en “L” u otra geometría irregular. El 90,90% corresponde a vulnerabilidad alta y 9,10% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 11 (Eje H-G;3-4)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N78-121	1,4
E2-53	2,8
E2-43	1,4
E2-33	1,4
E2-23	1,4
E2-11	1,4
E2-12	3,3
E2-28	3,3

E2-24	1,9
E2-44	0,08
E2-133	1,9

Tabla 12. Tramo 11 (Eje H-G;3-4)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

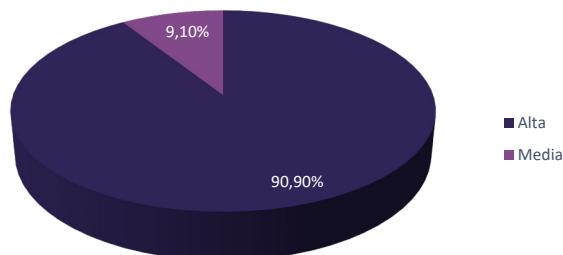


Figura 57. Irregularidad en planta - Configuraciones irregulares en “L” u otra geometría irregular.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 12 (Eje A-D;4-5): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales N79-36, N79-20, E1-22, E1-32, E1-42, E1-52, E1-60, E1-59, E1-49, E1-41, E1-50, E1-21 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 12 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 75% corresponde a vulnerabilidad alta, el 16,70% corresponde a vulnerabilidad media y el 8,30% corresponde a vulnerabilidad baja en relación con la variante mencionada.

Tramo 12 (Eje A-D;4-5)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N79-36	3,3
N79-20	1,4
E1-22	1,4
E1-32	1,4
E1-42	-0,1
E1-52	1,4
E1-60	3,3
E1-59	2,8
E1-49	0,4
E1-41	1,4
E1-50	1,4
E1-21	2,8

Tabla 13. Tramo 12 (Eje A-D;4-5)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

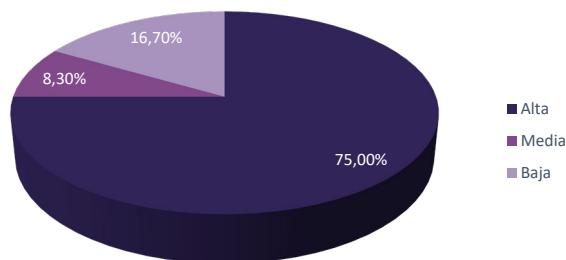


Figura 58. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 13 (Eje H-G;4-5): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales E2-07, E2-06, E2-18, E2-26, E2-36, E2-46, N80-53, N80-41, E2-47, E2-37, E2-27, E2-17 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 13 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan grandes masas en pisos superiores con relación a planta baja. El 91,70% corresponde a vulnerabilidad alta y 8,30% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 13 (Eje H-G;4-5)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E2-07	1,9
E2-06	1,4
E2-18	1,4
E2-26	1,4
E2-36	1,4
E2-46	1,4
N80-53	3,3
N80-41	1,9
E2-47	0,4
E2-37	1,4
E2-27	0,4
E2-17	1,9

Tabla 14. Tramo 13 (Eje H-G;4-5)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

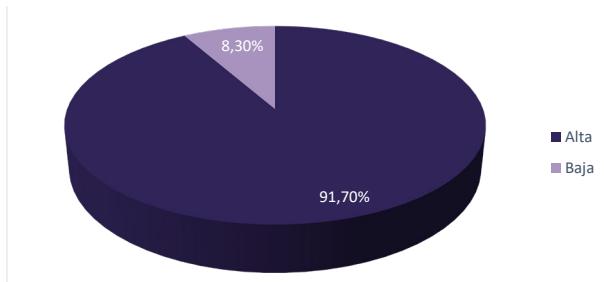


Figura 59. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 14 (Eje A-D;5-6): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales N79-32, N79-48, E1-22, E1-32, E1-42, E1-52, E1-60, E1-59, E1-49, E1-41, E1-50, E1-21 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 14 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 75% corresponde a vulnerabilidad alta y 25% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 14 (Eje A-D;5-6)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N79-32	1,4
N79-48	3,3
E1-22	-0,1
E1-32	-0,1
E1-42	1,9
E1-52	1,9
E1-60	3,3
E1-59	1,4
E1-49	-0,1

E1-41	1,4
E1-50	3,3
E1-21	1,4

Tabla 15. Tramo 14 (Eje A-D;5-6)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

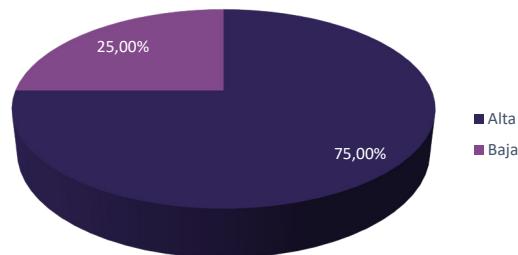


Figura 60. Irregularidad en planta - Configuración escalonada.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 15 (Eje H-G;5-6): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales E2-07, E2-17, E2-27, E2-37, E2-47, E2-44, Oe2-61, Oe2-53, Oe2-43, Oe2-36, Oe2-46, Oe2-52 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 15 es irregularidad en elevación ya que las edificaciones presentan configuración escalonada. El 100% corresponde a vulnerabilidad alta en relación con la variante mencionada.

Tramo 15 (Eje H-G;5-6):	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E2-07	-0,1
E2-17	1,4
E2-27	-0,1
E2-37	-0,1
E2-47	-0,1
E2-44	-0,1
Oe2-61	-0,1
Oe2-53	1,4
Oe2-43	-0,1
Oe2-36	-0,1
Oe2-46	0,4
Oe2-52	0,4

Tabla 16. Tramo 15 (Eje H-G;5-6)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

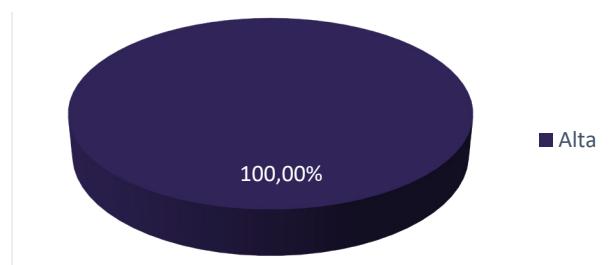


Figura 61. Irregularidad en elevación - Configuración escalonada.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 16 (Eje A-D;6-7): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales N79-68, N79-80, E1-22, E1-32, E1-42, E1-52, E1-60, E1-59, E1-49, E1-41, E1-50, E1-21 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 16 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 75% corresponde a vulnerabilidad alta, el 16,7% corresponde a vulnerabilidad media y el 8,3% corresponde a vulnerabilidad baja en relación con la variante mencionada.

Tramo 16 (Eje A-D;6-7)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N79-68	-0,1
N79-80	3,3
E1-22	1,4
E1-32	1,4
E1-42	1,4
E1-52	1,4
E1-60	2,8
E1-59	0,5
E1-49	-0,1
E1-41	1,4
E1-50	3,3
E1-21	1,4

Tabla 17. Tramo 16 (Eje A-D;6-7)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

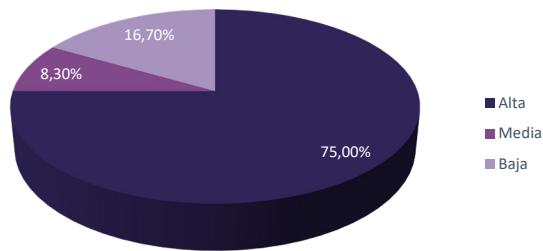


Figura 62. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 17 (Eje H-G;6-7): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales E2-07, E2-06, E2-18, E2-17, E2-27, E2-26, N79-67, N79, E2-36, E2-37, E2-46, E2-47 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 17 es irregularidad en elevación ya que las edificaciones presentan Arreglo irregular de ventanas en fachada. El 100% corresponde a vulnerabilidad alta en relación con la variante mencionada.

Tramo 17 (Eje H-G;6-7)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N79	-0,1
E2-46	0,2
E2-36	1,9
E2-26	0,7
E2-18	-0,8
E2-06	0,7
E2-07	1,4
E2-17	0,2
E2-27	0,7
E2-37	0,2
E2-47	0,7
N79-67	0,2

Tabla 18. Tramo 17 (Eje H-G;6-7)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

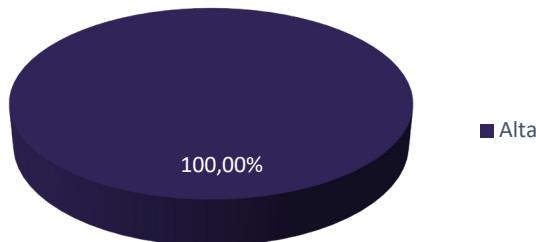


Figura 63. Irregularidad en elevación - Arreglo irregular de ventanas en fachada.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 18 (Eje A-B;7-8): Existen 21 lotes asignados por los siguientes números prediales N80-06, N80-14, N80-26, N80-30, N80-40, N80-50, N80-58, N80-66, N80-66, N80-84, E1-16, E1-26, N80-67, N80-69, N80-59, N80-49, N80-41, N80-31, N80-21, N80-13, N80-05 en los predios están construidas 21 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 1 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 76,20% corresponde a vulnerabilidad alta y 23,80% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 18 (Eje A-B;7-8)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N80-06	1,4
N80-14	3,3
N80-26	0,4
N80-30	1,9
N80-40	0,4

N80-50	1,4
N80-58	3,3
N80-64	1,4
N80-66	0,4
N80-84	3,3
E1-16	1,4
E1-26	3,3
N80-67	0,4
N80-69	1,4
N80-59	3,3
N80-49	0,4
N80-41	1,4
N80-31	-0,1
N80-21	1,4
N80-13	1,4
N80-05	1,4

Tabla 19. Tramo 18 (Eje A-B;7-8)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

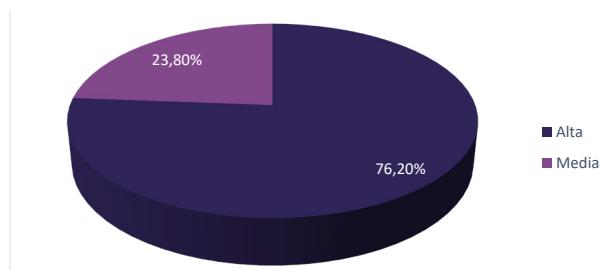


Figura 64. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 19 (Eje H-G;7-9): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales E2-07, E2-06, E2-18, E2-17, E2-27, E2-26, N80-07, N80-21, E2-36, E2-37, E2-46, E2-47 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 1 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 100% corresponde a vulnerabilidad alta en relación con la variante mencionada.

Tramo 19 (Eje H-G;7-9)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E2-07	-0,1
E2-06	1,4
E2-18	-0,1
E2-17	-0,1
E2-27	-0,1
E2-26	-0,1
N80-07	-0,1
N80-21	1,4
E2-36	-0,1
E2-37	-0,1
E2-46	0,4
E2-47	0,4

Tabla 20. Tramo 19 (Eje H-G;7-9)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

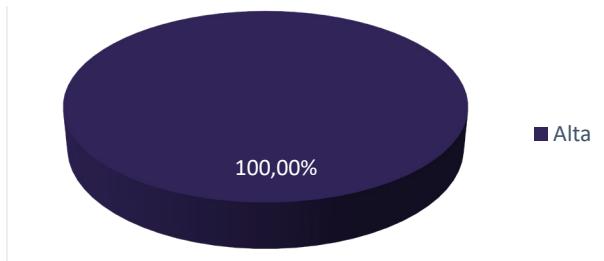


Figura 65. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 20 (Eje C-E;7-10): Existen 14 lotes asignados por los siguientes números prediales E1-06, N80-06, N80-12, N80-18, N80-30, N80-36, N80-44, E1-24, N80-37, N80-29, N80-23, N80-19, N80-13, N80-05 en los predios están construidas 14 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 1 es irregularidad en elevación ya que las edificaciones presentan distribución irregular de masa. El 84,62% corresponde a vulnerabilidad alta y 7,69% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 20 (Eje C-E;7-10)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E1-06	1,9
N80-06	1,9
N80-12	1,9
N80-18	3,3
N80-30	0,4
N80-36	-0,1
N80-44	1,4
E1-24	0,2
N80-37	0,2

N80-29	0,2
N80-23	1,4
N80-19	-0,1
N80-13	1,4
N80-05	1,4

Tabla 21. Tramo 20 (Eje C-E;7-10)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

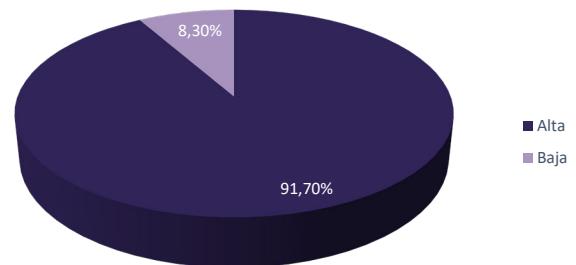


Figura 66. Irregularidad en elevación - Distribución irregular de masa.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 21 (Eje E-G;7-10): Existen 18 lotes asignados por los siguientes números prediales N78-06, N78-05, N78-12, N78-11, N78-18, N78-17, N78-24, N78-25, N78-32, N78-31, N78-38, N78-37, N78-42, N78-41, N78-48, N78-47, N78-55, N78-56 en los predios están construidas 18 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 1 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas

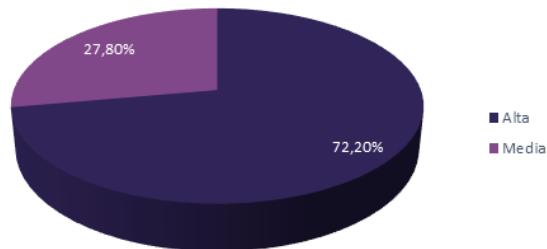
(junta sísmica). El 72,20% corresponde a vulnerabilidad alta y 27,80% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 21 (Eje E-G;7-10)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N80-06	1,4
N80-05	3,3
N80-12	0,4
N80-11	1,9
N80-18	0,4
N80-17	1,4
N80-24	3,3
N80-25	1,4
N80-32	0,4
N80-31	3,3
N80-38	1,4
N80-37	3,3
N80-42	0,4
N80-41	1,4
N80-48	3,3
N80-47	0,4
N80-55	1,4
N80-56	-0,1

Tabla 22. Tramo 21 (Eje E-G;7-10)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 22 (Eje G-H;7-10): Existen 18 lotes asignados por los siguientes números prediales N80-04, N80-05, N80-12, N80-11, N80-18, N80-19, N80-24, N80-25, N80-31, N80-32, N80-37, N80-38, N80-41, N80-42, N80-47, N80-48, N80-56, N80-55 en los predios están construidas 18 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 1 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 94,40% corresponde a vulnerabilidad alta y 5,60% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 22 (Eje G-H;7-10)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N80-04	1,4
N80-12	1,4
N80-18	1,9
N80-24	1,9
N80-32	1,9
N80-38	1,4
N80-42	0,4
N80-48	-0,1

N80-56	1,9
N80-55	1,4
N80-47	1,4
N80-41	1,4
N80-37	0,4
N80-31	1,9
N80-25	1,9
N80-19	0,1
N80-11	3,3
N80-05	-0,1

Tabla 23. Tramo 22 (Eje G-H;7-10).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

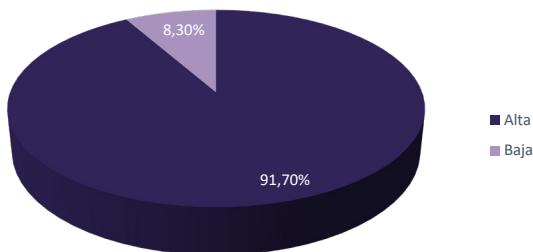


Figura 68. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 23 (Eje H-G;9-10): Existen 12 lotes asignados por los siguientes números prediales E2-07, E2-06, E2-18, E2-17, E2-27, E2-26, N80-41, N80-53, E2-36, E2-37, E2-46, E2-47 en los predios están construidas 12 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 1 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 100% corresponde a vulnerabilidad alta en relación con la variante mencionada.

Tramo 23 (Eje H-G;9-10)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E2-47	-0,8
E2-37	0,4
E2-27	0,4
E2-17	0,4
E2-07	1,4
N80-53	1,4
E2-06	1,4
E2-18	1,9
N80-41	1,9
E2-36	1,9
E2-46	3,3
E2-26	0,4

Tabla 24. Tramo 23 (Eje H-G;9-10).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

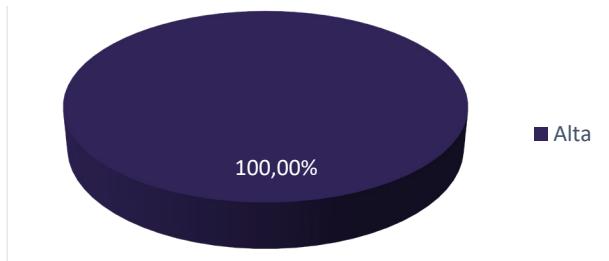


Figura 69. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 24 (Eje C-G;8-10): Existen 14 lotes asignados por los siguientes números prediales E1-43, E1-44, E1-54, E1-64, E1-74, E1-84, E1-94, E1-104, E1-71, E1-59, E1-49, E1-73, E1-63, E1-53 en los predios están construidas 14 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 1 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 50% corresponde a vulnerabilidad alta y 50% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 24 (Eje C-G;8-10)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E1-43	3,3
E1-44	0,7
E1-54	1,4
E1-64	3,3
E1-74	3,3
E1-84	1,4
E1-94	3,3
E1-104	1,4
E1-71	3,3

E1-59	1,4
E1-49	1,4
E1-73	3,3
E1-63	3,3
E1-53	1,4

Figura 70. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

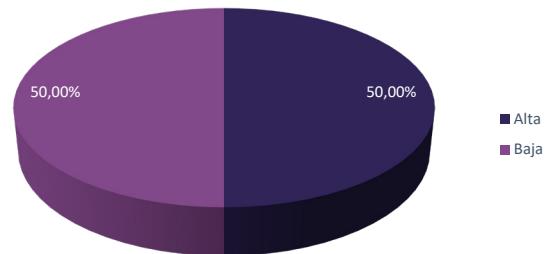


Figura 71. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tramo 25 (Eje F-G;8-10): Existen 21 lotes asignados por los siguientes números prediales E1-113, E1-112, E1-128, E1-138, E1-148, E1-16, E1-26, E1-34, E1-44, E1-54, N80-91, N80-81, N80-69, E1-45, E1-35, E1-25, E1-15, E1-05, E1-143, E1-133, E1-123 en los predios están construidas 21 edificaciones. La variable de vulnerabilidad con mayor incidencia del tramo 1 es irregularidad en planta ya que las edificaciones presentan separaciones inadecuadas (junta sísmica). El 90,50% corresponde a vulnerabilidad

alta y 9,50% corresponde a vulnerabilidad media en relación con la variante mencionada.

Tramo 25 (Eje F-G;8-10)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
E1-113	0,4
E1-112	1,4
E1-128	1,4
E1-138	1,4
E1-148	1,4
E1-16	3,3
E1-26	1,9
E1-34	1,9
E1-44	3,3
E1-54	1,9
N80-91	0,4
N80-81	1,9
N80-69	1,9
E1-45	1,9
E1-35	1,9
E1-25	1,9
E1-15	1,9
E1-05	0,4
E1-143	1,4
E1-133	1,4
E1-123	1,4

Tabla 25. Tramo 25 (Eje F-G;8-10)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

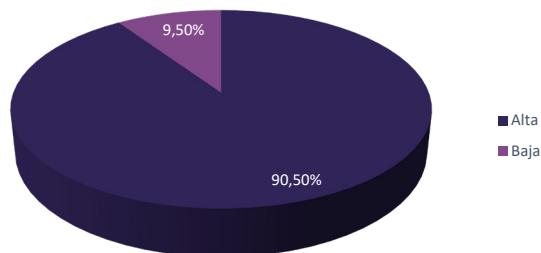


Figura 72. Irregularidad en planta - Separaciones inadecuadas (junta sísmica).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4 Graficas de resultados

4.4.1 Uso de las edificaciones.

En la Supermanzana C existe un mayor número de edificaciones de uso habitacional, espacios destinados a la vivienda de tipología unifamiliar y multifamiliar, edificaciones que son asignadas para departamentos, casas adosadas y edificaciones de uso mixto. En la manzana se pudo apreciar edificaciones de uso para salud social y de reunión.

Uso de la edificación	
Habitacional	271
Oficinas/Comercio	76
Educativo	0
Reunión	1
Salud social	1
Industrial	0
Otros	0
Total	349

Tabla 26. Uso de las edificaciones.
Fuente: Elaboración propia (2023).

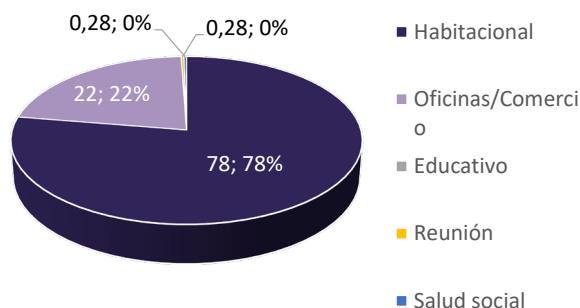


Figura 74. Uso de las edificaciones.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4.2 Modificaciones de edificaciones.

Las edificaciones de las Supermanzana C se han modificado un gran número, abarcan una gran variedad de cambios significativos desde lo simple hasta lo complejo. Las modificaciones en las edificaciones dependen del propósito asignado por los propietarios del inmueble. Las modificaciones más comunes que se puede apreciar en las edificaciones son ampliaciones (apéndices) agregan espacios nuevos como extensiones laterales modificando la construcción existente. La segunda modificación con mayor incidencia en las edificaciones son la implementación de espacios como terrazas, balcones y patios, por último el tercer caso de modificación el cambio de uso que se le da a la edificación, con el tiempo se han modificado en planta baja para el comercio que se ha generado en la zona, las principales edificaciones que se ven inmersas en el cambio de uso son edificaciones que se encuentran frente a las principales como la Avenida Isidro Ayora y Avenida República Dominicana. El cambio de uso de la edificación aumenta el grado de vulnerabilidad de la edificación ya se realizan modificaciones en fachadas para favorecer al servicio que se quiere dar al sector, lo más común es que se crean grandes ventanales y se procede a eliminar muros generando un problema habitual que son pisos flexibles o grandes masas en pisos superiores.

Modificaciones en edificaciones	
Ampliaciones	105
Creación de espacios sociales exteriores	33
Cambio de uso	76
Sin modificaciones	135
Total	349

Tabla 27. Modificaciones en edificaciones de la Supermanzana C.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

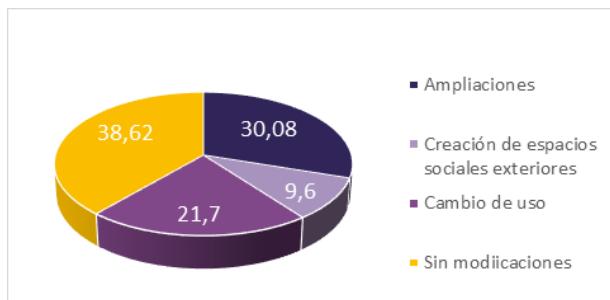


Figura 75. Modificaciones en edificaciones de la Supermanzana C.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: El 38,62% corresponde a edificaciones sin modificar y el 61,38% corresponde a edificaciones con alguna modificación.

4.4.3 Tipo de cimentaciones más comunes en edificaciones en la zona.

La cimentación con mayor incidencia en edificaciones en la Supermanzana C es de Zapata aislada, este tipo de cimentación se presenta en edificaciones unifamiliares y en pequeñas edificaciones comerciales o industriales. La segunda tipología de cimentación con mayor incidencia es zapatas corridas que se utiliza en edificaciones de grandes magnitudes y la tercera tipología de cimentación con menor incidencia es de Losa.

Cimentación	
Zapata aislada	316
Zapatas corridas	20
Losa	13
Cajón	0
Cimiento de piedra	0
Total	349

Tabla 28. Tipo de cimentaciones.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

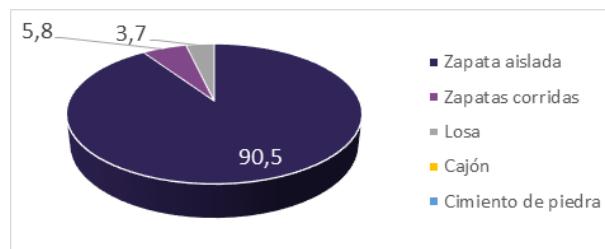


Figura 76. Tipo de cimentaciones.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4.4 Tipología constructiva

La tipología con mayor incidencia en la Supermanzana C es de sistema a porticado de hormigón armado con un 74,49%, la segunda tipología de construcción con mayor incidencia es el Sistema Mixto a porticado y paredes portantes con un 14,44% y la tercera tipología constructiva con mayor incidencia es el sistema de paredes portantes de bloque de hormigón. Las tipologías constructivas se dan por la preferencia de los residentes de la zona, se da por varias razones por lo general la elección se da por factores técnicos, económicos y de rendimiento.

Tipología constructiva	
Sistema a porticado de hormigón armado	260
Sistema a porticado mixto (madera, metálico, hormigón)	9
Sistema de paredes portantes de bloque de hormigón	20
Sistema de paredes portantes de bloque de hormigón	20
Sistema Mixto a porticado y paredes portantes	40
Total	349

Tabla 29. Tipología constructiva.
Fuente: Elaboración propia (2023).

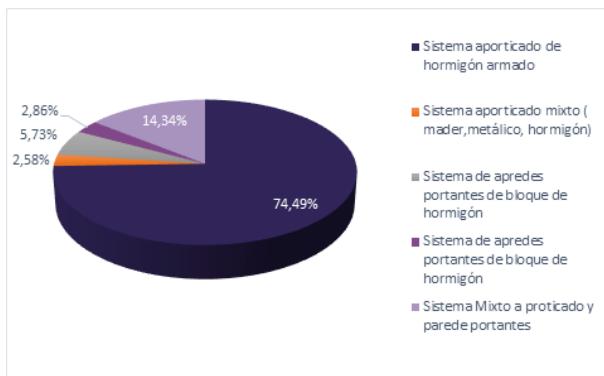


Figura 77. Tipología constructiva
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4.5 Niveles en pisos de edificaciones en la zona.

El crecimiento en altura de las edificaciones en la Supermanzana C es exponencial debido a un posible incremento en la población en el sector, la incidencia de vulnerabilidad aumenta debido al crecimiento en altura, falta de cumplimiento respectivo de la normativa de construcción y la implementación de materia no apropiado. La construcción en la zona no es regulada por entidades que supervisen el cumplimiento respectivo de las normas lo que incrementa el riesgo en las edificaciones debido a que no se toma en cuenta temas estructurales, diseños por lo general las construcciones se toman por decisiones de los propietarios y por el asesoramiento de un maestro mayor. Existe mayor incidencia de edificaciones de dos pisos.

Niveles de edificaciones (Pisos)	
1 Nivel	36
2 Nivel	184
3 Nivel	114
4 Nivel	15
Total	349

Tabla 30. Niveles de edificaciones (Pisos).
Fuente: Elaboración propia, 2023.

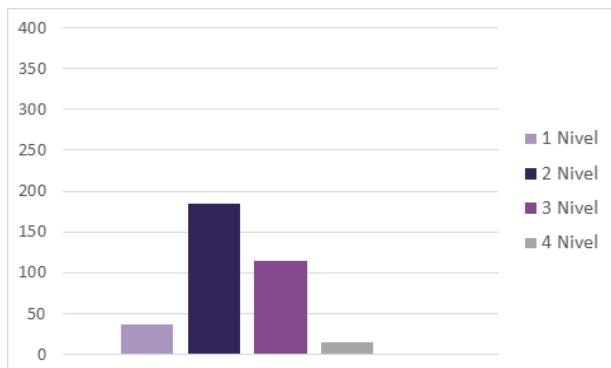


Figura 78. Niveles de edificaciones (Pisos).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4.6 Vulnerabilidad de las edificaciones

De 349 edificaciones Evaluadas, el 88,00% (n=308) presenta vulnerabilidad sísmica alta en términos de configuración estructural, el 10% (n=34) presenta vulnerabilidad media y el 2,00% (n=7) presenta vulnerabilidad baja.

	Fre- cuencia	Porcen- taje
Alta vulnerabilidad	308	88,00%
Media vulnerabilidad	34	10%
Baja vulnerabilidad	7	2,00%
Total	349	100%

Tabla 31. Resultado de la evaluación sísmica de 349 edificaciones.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

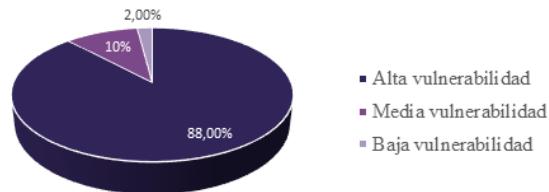


Figura 79. Resultado de la evaluación sísmica de 349 edificaciones.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4.7 Configuración estructural de las edificaciones.

La configuración estructural de las edificaciones evaluadas 260 edificaciones (74.49%) están construidas con un sistema de pórtico de hormigón armado con Muros reforzados, en 186 edificaciones (53.30%), se observó la presencia de losas planas y vigas banda, en 38 (10.89%) existe grandes masas en pisos superiores y finalmente 58 edificaciones (16.62%) presentan plantas bajas flexibles.

Irregularidades de configuración estructural	Incidencia	Carcelén "Supermanzana C"
Separación inadecuada (juntas sísmicas)	Alta incidencia	59.03%
Losas planas y vigas banda	Alta incidencia	53.30%
En "L" u otra geometría irregular	Media incidencia	24.93%

Planta baja flexible	Media incidencia	16.62%
Grandes masas en pisos superiores	Baja incidencia	10.89%
Salientes excesivos (volados)	Baja incidencia	5.73%

Tabla 32. Configuración estructural de 340 de edificaciones.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4.8 Irregularidades de configuración estructural.

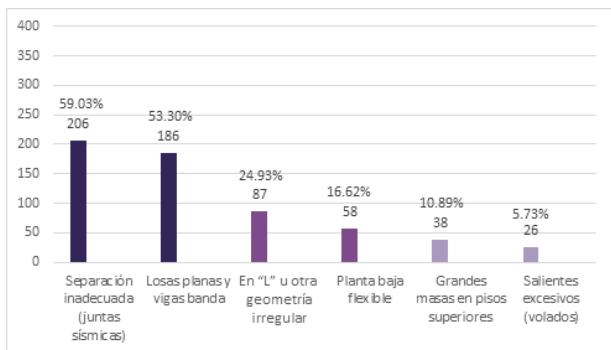


Figura 80. Configuración estructural de 340 de edificaciones.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4.9 Irregularidades estructurales

Tipología estructural	Alto (%n)	Medio (%n)	Bajo (%n)
Carga no reforzada muros de carga	13		7
Acero mixto – concreto reforzado	13		47
Pórtico de hormigón armado con paredes no reforzadas	98	120	51
Irregularidades en elevación			
Si	46		
No	98		29
Irregularidades en planta			
Si	115		
No		31	
Losas planas vigas banda			
Si	205	38	30
No	63	13	
Suelo débil			
Si	29		27
No	250		43

Tabla 33. Irregularidades estructurales.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6 Resultado del método automatizado previo a la selección de un bloque para verificar su validez.

Es necesario realizar la comparación de los datos obtenidos del sistema automatizado con los resultados de forma manual. Para la comparación de resultados y la validez de sistema se tomara como ejemplo el tramo 2 (Eje B-D;1-2).

Tramo 2 (Eje B-D;1-2)	
Predio	Puntaje de vulnerabilidad
N78-06	1,4
N78-18	1,4
N78-28	1,4
N78-40	1,4
N78-50	0,3
N78-60	1,4
N78-61	1,4
N78-51	1,4
N78-39	1,4
N78-27	-0,1
N78-17	1,4
N78-05	1,4

Tabla 34. Tramo 2 (Eje B-D;1-2) – método manual
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Nota: $S < 2$ Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial, $2 < S < 2,5$ Media vulnerabilidad $> 2,5$ Baja vulnerabilidad.

NÚMERO	NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN	PUNTAJE	PO DE VULNERABILIDAD
13	N78-05	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
12	N78-17	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
11	N78-27	1,2	ALTA VULNERABILIDAD
10	N78-39	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
9	N78-51	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
8	N78-61	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
7	N78-60	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
6	N78-50	1,2	ALTA VULNERABILIDAD
5	N78-40	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
4	N78-28	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
3	N78-18	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
2	Vivienda N78-06	16,4	BAJA VULNERABILIDAD

Tabla 35. Tramo 2 (Eje B-D;1-2) – método automatizado en Excel.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

El sistema automatizado desarrollado en Microsoft Office Excel ha comprobado ser una herramienta útil. El sistema diseñado para evaluar diferentes parámetros ha agilizado considerablemente la forma de evaluar de manera manual permite un rápido almacenamiento de datos que a la vez permite un procesamiento adecuado de la información. La estructura sintetizada del sistema favorece a un lenguaje fácil de comprender y utilizar lo que posibilita al correcto uso.

Los resultados obtenidos de las dos metodologías fueron sometidas a un análisis comparativo, los resultados favorecieron una relación de similitud entre los valores arrojados. La similitud de los resultados confirma la validez del sistema automatizado demostrando la eficacia a la hora de almacenar información. Los principales logros que se pueden contrastar al emplear el sistema automatizado del Tramo 2 (Eje B-D;1-2) fue su rapidez en temas de acelerar el proceso al igual que el alto nivel de presión en la obtención de resultados.

4.7 Soluciones Integrales de forma general

4.7.1 Separación inadecuada (juntas sísmicas).

Las juntas sísmicas permiten expansión y contracción de las estructuras debido al desplazamiento que existe ante eventos sísmicos. Las juntas sísmicas son elementos de diseño que su principal función es distanciar las edificaciones ante posibles deformaciones y evitar fuerzas adicionales que se transmitan a las estructuras. La implantación de juntas sísmicas posibilita que las edificaciones se muevan independientemente, la ubicación de las juntas sísmicas se ubica donde la rigidez de la estructura cambia. La separación inadecuada despliega una serie de problemáticas, las más comunes son problemas estructurales y afectación de revestimiento.

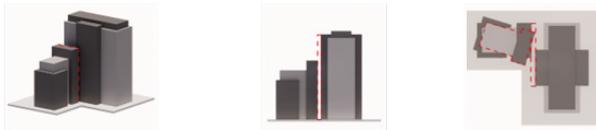


Figura 82. Separación inadecuada (juntas sísmicas).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La forma adecuada de intervenir en las edificaciones que presentan falencias en temas de separaciones inadecuadas de juntas sísmicas es realizar un reforzamiento estructural como:

- Encamisado de columnas.
- Eliminaciones de muros innecesarios.

4.7.2 Losas planas y vigas banda

Las losas planas y vigas banda son parte del sistema estructural que forma parte de los componentes estructurales comunes. Este tipo de losas se utiliza en edificaciones comunes de varios niveles, el principal problema que se ha identificado al utilizar este tipo de losa es la exposición ante un sismo, el punzonamiento que se crea en la losa y columna se da por las cargas concentradas y el fallo por corte en elementos estructurales. Este fenómeno puede resultar en colapso repentino.



Figura 83. Losas planas y vigas banda.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La intervención que se puede realizar ante esta problemática de vulnerabilidad es:

- Reforzamiento de vigas mediante técnicas de adición de refuerzo de acero para aumentar la resistencia sísmica.
- Mejorar las conexiones estructurales, implementar muros cortantes para mejorar la capacidad de la estructura para resistir fuerzas laterales.
- Refuerzo de losa especialmente en áreas críticas mediante mallas de refuerzo.

4.7.3 En “L” u otra geometría irregular

La configuración irregularidad puede ocasionar concentraciones de fuerzas y momentos, lo que aumenta la vulnerabilidad en la edificación ya que se ve involucrado de forma directa la estructura ante una respuesta sísmica. Las geometrías irregulares por lo general se asocian con la torsión en la estructura lo que agudiza la complicad en el análisis y en e diseño.

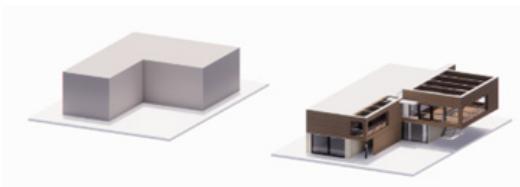


Figura 84. Configuración en “L” u otra geometría irregular.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Las formas irregulares inciden en la vulnerabilidad de las edificaciones ya que concentran esfuerzos de torsión durante sismos que afectan la resistencia lateral de la edificación para regular esta problemática se considera:

- Implementar refuerzos estructurales o implantación de materiales resistentes.
- Muros cortantes en sitios estratégicos de la edificación.
- Implementación de sistema diagonales para contrarrestar las fuerzas de torsión.
- Posibilitar un análisis para una posible regulación en la forma.
- Implementar sistemas de aislamiento sísmico

4.7.4 Planta baja flexible

La planta baja flexible posibilita adaptar o modificar el uso que se le da a un espacio según las necesidades actuales del propietario. Al tratar temas estructurales el uso de plantas bajas flexibles puede ser negativo ya que puede afectar la resistencia de la planta a comparación de las plantas superiores.



Figura 85. Planta baja flexible..

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La falta de rigidez es un tema principal de vulnerabilidad por ende se considera implementar:

- Refuerzos en planta baja como pre-diseñamiento de columnas y vidas.
- Muros cortantes.
- Conexiones reforzadas.
- Sistemas diagonales.
- Pórticos rígidos

4.7.5 Grandes masas en pisos superiores

Las grandes masas en pisos superiores ocasionan aumento en la inercia de la estructura, lo que significa que la estructura tendrá a resistir cambios en su estado de movimiento. La inercia que se crea por las masas adicionales favorece al desplazamiento mayor de deformaciones que afectan al sistema estructural. Las concentraciones de grandes masas afectan de forma directa a la estabilidad de la edificación ante eventos sísmicos.



Figura 86. Grandes masas en pisos superiores.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

El peso de masas superiores de acuerdo con cada planta incrementa la inercia afectando a la estabilidad y resistencia de la estructura, se puede adoptar algunas medidas constructivas como:

- Reducción de Masas mediante la optimización del diseño estructural y a previa elección de materiales ligeros.
- Reubicación de Masas mediante la reubicación de su distribución de cada planta.
- Sistemas de amortiguación
- Pórticos Rígidos
- Aisladores sísmicos

4.7.6 Salientes excesivos (volados)

Los salientes excesivos son partes de la edificación que sobresalen al perímetro de la base, son extensiones de la estructura que se ven suspendidas en el aire. Los volados aumentan el colapso de la edificación especialmente si los volados se encuentran ubicados en pisos superiores ya que causan fuerzas laterales adicionales a la estructura. El peso que generan los volados son adicionales haciendo que la estructura conlleve mayores cargas y trabaje la estructura aún más cuando se presente un sismo, si no se encuentran bien distribuidos en planta los volados adicionales causan un efecto de torsión en la estructura.



Figura 87. Salientes excesivos (volados).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se puede adoptar algunas medidas constructivas como:

- Los volados excesivos en edificaciones contribuyen a la vulnerabilidad de la edificación debido a la generación de fuerzas laterales para contrarrestar las problemáticas mencionadas se debe implementar
- Reducción de volados.
- Refuerzos estructurales en plantas que existan volados mayor a 2 metros.
- Uso de contrapesos como sistemas de diagonales que proporciona rigidez en la edificación.
- Sistemas de aislamientos sísmicos.
- Pórticos rígidos.

Reflexiones finales

Los resultados obtenidos de las evaluaciones de vulnerabilidad de las edificaciones del sector de Carcelén La Supermanzana C fue crucial para comprender de qué manera las estructuras de las edificaciones responden a un supuesto evento sísmico. Los resultados del estudio de investigación proporciono información útil en relación con las variables de vulnerabilidad por ende nos permitió generar hipótesis para una explicación en relación con el grado de afectación de las edificaciones, esta medida posibilito generar estrategias de intervención integrales de manera general, toma de decisiones en términos de seguridad estructural y planificación zonal. Los resultados obtenidos implican considera diversos aspectos:

5.1 Infraestructuras de alta vulnerabilidad en relación con su uso y modificación.

En la Supermanzana C existen edificaciones de diferente uso, los más habituales en la zona son de uso habitacional, comercial, reunión y salud. Las edificaciones como mayor vulnerabilidad sísmica en relación con su uso son habitacional que corresponden al 78%. Según los resultados obtenidos en relación con el uso en edificaciones se presentó modificaciones en su uso en planta baja. En los casos más comunes las modificaciones se dan de uso habitacional a comercial con un 21,7% y ampliaciones con un 30,08%, esto implica reajustes en distribución de espacios, instalaciones y sistemas acorde a lo requerido en el lugar. Las continuas modificaciones que se dan inmueble aumentan la vulnerabilidad en edificación debido a que no se hacen las modificaciones con profesionales en el área de la construcción que regulen, analicen el sistema estructural del inmueble. Las modificaciones

realizadas en las edificaciones de la zona fueron realizadas por preferencia de los residentes concluyendo que las previas modificaciones en las edificaciones se dan por la demanda del mercado y necesidad en la zona, estas modificaciones aseguran el funcionamiento a largo plazo del inmueble y se mantienen en continuo cambio.

5.2 Prioridad de intervención por tramos.

Según los resultados obtenidos los tramos con mayor vulnerabilidad son 9. Los tramos Tramo 2 (Eje B-D;1-2); Tramo 3 (Eje D-F;1-2); Tramo 5 (Eje H-I;1-2); Tramo 6 (Eje I-G;1-2); Tramo 10 (Eje D-F;3-4); Tramo 15 (Eje H-G;5-6); Tramo 17 (Eje H-G;6-7); Tramo 19 (Eje H-G;7-9); Tramo 23 (Eje H-G;9-10) presenta mayores irregularidades en planta y elevación. Las irregularidades más significativas son:

- Separación inadecuada de juntas sísmicas
- Losas planas vigas banda
- En L u otra geometría irregular
- Planta baja flexible
- Grandes masas en pisos superiores
- Salientes excesivos (volados)

Una vez identificado los tramos según su grado de vulnerabilidad es necesario asignar recursos y esfuerzos que mejoren la seguridad sísmica en el sector.

5.3 Planificación urbana en altura en relación con la tipología constructiva.

El grado de vulnerabilidad infiere en la tipología constructiva y el número de niveles de planta, ya que en la planificación de las edificaciones del sector de Canelen

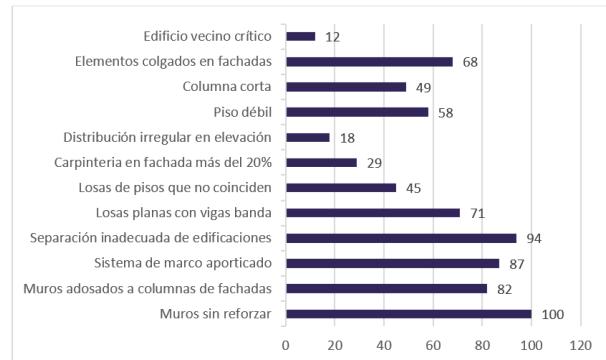
La Supermanzana C la mayoría constituye a una planificación de dos niveles. La posibilidad de realizar proyecciones mayores a dos niveles de planta es limitada, sin embargo, se hapreciado un crecimiento en altura en el sector de estudio con un 36.96% de edificaciones con niveles de plantas mayor a dos.

Las Edificaciones presentan un cambio significativo en el desarrollo en altura, el cambio se da por diferentes factores los más comunes son en relación con la demanda de espacios, el crecimiento en altura no es una problemática, es todo lo contrario es una presunta solución ya que se aprovecha al máximo el espacio y favorece a zonas donde la expansión horizontal es limitada. En conclusión, la relación que existe entre la vulnerabilidad sísmica y la altura de las edificaciones refleja la complejidad, calidad y el diseño de la edificación haciendo que restrinja el creciente en altura debido al tipo de tipología constructiva.

El porcentaje de vulnerabilidad de las edificaciones analizadas corresponde a un 87,95% vulnerabilidad alta, 10% vulnerabilidad media y un 2,06% vulnerabilidad baja en cuanto a tipología estructural, altura de la edificación, irregularidad, código de la construcción y tipo de suelo. De acuerdo es las variantes mencionadas estableció un puntaje que determina el grado de vulnerabilidad.

En conclusión, se puede decir que las edificaciones de Carcelén la supermanzana C ubicadas al norte del Distrito Metropolitano de Quito presentan un riesgo considerado de vulnerabilidad sísmica ya que el 88,25% de las edificaciones evaluadas presentan vulnerabilidad alta debido a su configuración estructural. Solo el 7% representa una vulnerabilidad baja que no requiere ser intervenida. Se da conocer que la tipología constructiva con mayor incidencia en la zona es de hormigón de hormigón armado,

irregularidad en elevación que se repite con mayor frecuencia es Planta baja flexible y irregularidad en planta es separación inadecuada (junta sísmica) en edificaciones en a la zona de estudio.



sísmica de 349 edificaciones evaluadas.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Recomendaciones

Dadas las circunstancias que presentan las edificaciones de La supermanzana C se prevé mitigar los resultados negativos tras efectos “Post-sismos” que afecten a su sistema estructural por ende se recomienda algunas posibles soluciones:

- Se recomienda hacer un análisis específico para la intervención de cada una de las edificaciones de alta vulnerabilidad.
 - Se recomienda realizar charlas sobre importancia del cumplimiento de la normativa en la construcción de tal manera permita una Concientización Comunitaria y se pueda abordar temas como la regularización de normas constructivas en crecimiento en altura.
 - Se recomienda generar una nueva planificación a corto y largo Plazo enfocada en el desarrollo de la Supermanzana.
 - Se recomienda a la directiva Barrial gestione fondos y se presente un plan de recursos y Financiamiento para intervención o evaluación del inmueble más detallada con entidades certificadas en temas estructurales que propongan medidas de mitigaciones integrales ante posibles eventualidades sísmicas.
 - Se recomienda en futuras construcciones en la zona certifiquen el cumplimiento de las normas constructivas NEC-2015-2023 y que el Municipio de Quito se vincule de manera rigurosa en el cumplimiento respectivo de la construcción y su sistema estructural con el apoyo de un fiscalizador.
 - Se recomienda que la supervisión del proceso constructivo (fiscalización) se haga hasta la conclusión de la obra.
- Se recomienda replicar este estudio en barrios informales del sector de Quito para evaluar la vulnerabilidad en edificaciones de tal manera permita intervenir si es necesario.
 - Se recomienda Actualizar el sistema automatizado en busca de mejoras continuas para favorecer la evaluación en edificaciones y lograr perfeccionar el sistema automatizado.

Referentes Bibliográficos

Celi, C., Pantoja, J., Sosa, D., & Ayala, C. (2018). Vulnerabilidad sísmica de Quito Ecuador, Fase 1: curvas de capacidad de las tipologías estructurales, proyecto GEM -SARA. . Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito, Ecuador: <file:///C:/Users/User/Downloads/130-Texto%20del%20art%C3%ADculo-369-1-10-20180421.pdf>

Espíndola Castro , V. H., & Pérez Campos, X. (Septiembre de 2018). ¿Qué son los SISMOS, dónde ocurren y cómo se miden? Edu.mx: http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/69_3/PDF/QueSonSismos.pdf

Abella, M. T. (2017). Universidad Nacional de Colombia. Estimación de la amenaza sísmica causada por el proceso de subducción y su impacto sobre los asentamientos humanos para la región de América Latina y el Caribe.: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/62099/MarilyTrivi%c3%b1oAbella.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Álvarez, Y., Bueno, C., Cepeda, J., Godoy, P., González, M., Jaramillo, E., Jiménez, G., Gómezjurado, C., Mogro, W., Vargas, O., & Yépez, Á. (2010). Plan estratégico de Quito. Borisalbornoz.com: <https://www.borisalbornoz.com/plan-estrategico-de-quito/>

Aravena Pelizari, P., Geiß, C., Aguirre, P., Santa María, H., Merino Peña, Y., & Taubenböck, H. (2021). Automated building characterization for seismic risk assessment using street-level imagery and deep learning . <http://file:///C:/Users/User/OneDrive/Escritorio/NOVENO/TESIS/FUENTES/Automated%20building%20characterization%20for%20seismic%20risk%20assessment%20using%20street-level%20imagery%20and%20deep%20learning.pdf>

Basulto, D. (28 de Febrero de 2010). ArchDaily. Terremoto en Chile (en actualización): <https://www.archdaily.cl/cl/02-37979/terremoto-en-chile>

Benito, B. (Diciembre de 2013). GEOLOGÍA, TERREMOTOS Y RIESGO SÍSMICO: AVANCES Y PERSPECTIVAS. Encuentros-multidisciplinares.org. Catedrática de Geología. Universidad Politécnica de Madrid. <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA45/Bel%C3%A9n%20Benito.pdf>

Benjamín Hernández, J. D., Antonio, S., & Castro, L. (2 de Abril de 2011). Redalyc.org. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE HORMIGÓN ARMADO EXISTENTE (Methodology for the evaluation of seismic vulnerability in reinforced concrete buildings): <https://www.redalyc.org/pdf/870/87019757004.pdf>

Benjamín, D., Castro, L., & Sidney, A. (2011). (Methodology for the evaluation of seismic vulnerability in reinforced concrete. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757004>

Bilek, S. L. (2010). Invited review paper: Seismicity along the South American subduction zone: Review of large earthquakes, tsunamis, and subduction zone complexity. *Tectonophysics*, 495(1-2), 2-14. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.02.037>

Burbano Tumipampa, A. A. (2017). *Vivienda Colectiva la Josefina*. Quito, Pichincha, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Retrieved 11 de 10 de 2023, from <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13621/Volumen%20I%20Vivienda%20colectiva%20La%20Josefina.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Carreño Tibaduiza, M. (2014). Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post. <http://hdl.handle.net/10803/6241>

Castro y Susana Roa, Mayuri. (23 de 11 de 21). ¿Qué es la falla geológica de Quito? GK: <https://gk.city/2021/11/23/falla-geologica-quito/>

Cisneros, D., & Nocque, J.-M. (12 de 2017). Vista de Actualización preliminar del Sistema Nacional de Referencia Espacial — SIRGAS-Ecuador, posterior al terremoto de Pedernales 7.8 Mw, 16 de abril de 2016. *Revistasipgh.org*. <https://www.revistasipgh.org/index.php/regeofi/article/view/161/168>

Cunalata Vásquez, F. E., & Caiza Sánchez, P. E. (2022). Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador. 50(1), 55-64. <https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>

Cunalata, F., & Caiza, P. (25 de Mayo de 2022). Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador. <https://doi.org/https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>

Das, P. K., Dutta, S. C., & Sengupta, P. (2020). Damage assessment of recent Indian earthquakes: Review of existing rapid visual screening schemes. *Current science*, 119(2), 352. <https://doi.org/10.18520/cs/v119/i2/352-363>

El Comercio Perú, N. (17 de Agosto de 2019). El Comercio Perú. Terremoto en Pisco: el testimonio de un fotógrafo que registró el desastre: <https://elcomercio.pe/peru/ica/terremoto-pisco-testimonio-fotografo-registro-desastre-fotos-noticia-ecpm-666023-noticia/>

Fernández, I., & Gómez García, A. R. (Junio de 2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de 97 edificaciones de la “Comuna Santa Clara de San Millán”, Quito. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29019/eidos.v0i11.417>

Flores, O. M. (12 de 2021). El paisaje como infraestructura para la resiliencia urbana frente a desastres. El caso de los parques de mitigación en la costa centro-sur de Chile post tsunami 2010. El paisaje como infraestructura para la resiliencia urbana frente a desastres. El caso de los parques de mitigación en la costa centro-sur de Chile post tsunami 2010.(139), 111. (M. C. González, Ed.) Universidad Nacional de La Plata, Argentina. <https://doi.org/10.20868/ciur.2021.139.4778>

Foto de AP. (17 de Abril de 2016). En fotos: la devastación que causó el terremoto en Ecuador. https://www.bbc.com/mundo/video_fotos/2016/04/160417_fotos_terremoto_ecuador_aw

Haro, A. G., Sinde, I., & Duran, R. (2019). Insights of the rapid vulnerability assessment of the city of Bahía de Caráquez in Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/338988671_Insights_of_the_rapid_vulnerability_assessment_of_the_city_of_Bahia_de_Caraquez_in_Ecuador

Hernández, J., & Lockhart Castro, S. (Abril de 2011). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón. XXXVI(2), 256-275. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/870/87019757004.pdf>

Jacqueline Domínguez Gutiérrez; Kléber Xavier López Ramírez. (12 de 2021). Vista de evaluación pos sismo de las edificaciones de la ciudad de manta luego del terremoto del 16A. (667-711). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manabí, Ecuador. Retrieved 8 de 10 de 2023, from <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/2636/2001>

Johnson, R. F. (17 de 4 de 2016). Al menos 214 réplicas de terremoto de 7,8 grados que sacudió a Ecuador. Retrieved 8 de 10 de 2023, from El Universo: <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/04/17/nota/5531391/menos-214-replicas-terremoto-78-grados-que-sacudio-ecuador/>

Kassem, M. M., Mohamed Nazri, F., & Noroozinejad Farsangi, E. (2020). The seismic vulnerability assessment methodologies: A state-of-the-art review. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 849-864. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.001>

Machine Translated by Google. (2018). Guía para inspección visual rápida de edificios para posibles riesgos sísmicos. file:///C:/Users/User/Downloads/31_guideline-for-rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards.pdf

Montilla Moreno, P., & Castillo Gandica, A. (2012). Vulnerabilidad sísmica de centros poblados. Un caso de estudio: sector Pan de Azúcar, Mérida. Estado Mérida-Venezuela. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347730393006>

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2010). Plan estratégico de Quito. <https://www.borisaiborno.com/>

plan-estrategico-de-quito/

Neptali, A., & Avecillas, Romero. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para la ciudad de Azogues. Tesis de grado previo a la obtención del grado magíster en estructuras: <file:///C:/Users/User/Downloads/CD-6934.pdf>

NODIUN. (2020). CIDHMA. ¿CÓMO SE PRODUCE UN SISMO EN UNA ZONA DE SUBDUCCIÓN DE PLACAS TECTÓNICAS?: <https://www.cidhma.edu.pe/como-se-produce-un-sismo-en-una-zona-de-subduccion-de-placas-tectonicas/>

Norma Ecuatoriana Construcción, L A. (2023). Riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/6.-NEC-SE-RE-Riesgo-sismico.pdf>

Palin, Richard M; Santosh, M;. (2021). Plate tectonics: What, where, why, and when? 100, 3-24. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2020.11.001>

Red Acelerográfica, Universidad Nacional de Ingeniería, Centro Regional de Sismología para América del Sur. (2019). Edu.pe. Metodologías para el análisis de vulnerabilidad sísmica: <https://vulnerabilidad-sismica.uni.edu.pe/Metodologia>

Red Acelerográfica; Universidad Nacional de Ingeniería; Centro Regional de Sismología para América del Sur. (2019). Metodología plataforma de vulnerabilidad sísmica UNI - CERESIS. Edu.pe: <https://vulnerabilidad-sismica.uni.edu.pe/Metodologia>

Silva, J. (1 de Junio de 2017). Guía de reforzamiento para estructuras informales aporricadas según estudio de vulnerabilidad en el Distrito Metropolitano. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13181>

SJV, C. (8 de Septiembre de 2017). CNN. El terremoto más fuerte en 100 años en México deja decenas de muertos: <https://cnnespanol.cnn.com/2017/09/08/sismo-de-magnitud-80-sacude-costa-sur-de-mexico/>

Stern, R. J. (2018). The evolution of plate tectonics. 376, pág. 20170406. <https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0406>

Temblor. (19 de Julio de 2016). Temblor.net. Terremotos en Ecuador: Que paso y que sigue?: <https://temblor.net/earthquake-insights/terremotos-en-ecuador-1009/>

UP Relaciones Publicas. (20 de Marzo de 2023). VULNERABILIDAD SÍSMICA E IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LOS TERREMOTOS EN GUATEMALA. <https://uprelacionespublicas.com/vulnerabilidad-sismica-e-impacto-socioeconomico-de-los-terremotos-en-guatemala/>

Wikipedia. (7 de Marzo de 2009). Mapa-manabi [Ilustración]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa-manabi.png>

Xavier, Alcivar Moreira Denis; Valentina, Naranjo Andrade Valeria; Alcívar, Stalin;. (3 de 6 de 2023). Análisis de medidas de regulación del GAD de Portoviejo ante desastres sísmicos luego del terremoto del 16-A. 84(7), 8, 44-66. Portoviejo, Ecuador. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i7>

Yepes, H; Chatelain, J-1; Yepes, B Guillier H. (1994). Estudio del riesgo sismico en el Ecuador. Estudio del riesgo sismico en el Ecuador. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Retrieved 8 de 10 de 2023, from https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers10-09/010006891.pdf

Anexos

Anexo 1. Formato del formulario

- https://indoamericaedu-my.sharepoint.com/personal/dandrade7_indoamerica_edu_ec/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fdandrade7%5Findoamerica%5Fedu%5Fec%2FDocuments%2FFORMULARIOS%20DE%20EDIFICACIONES%20EVALUADAS%2FFORMULARIO%2FFORMULARIO%20%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fdandrade7%5Findoamerica%5Fedu%5Fec%2FDocuments%2FFORMULARIOS%20DE%20EDIFICACIONES%20EVALUADAS%2FFORMULARIO&ga=1

Anexo 2. Encuesta por tramos

- https://indoamericaedu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/dandrade7_indoamerica_edu_ec/EpL-81YokjWlLok59lg4ipc4BdoK8UIQYzMWRpT0721Ey-9Q?e=oqyoc1

Anexo 3. Sistema automatizado

- https://indoamericaedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/dandrade7_indoamerica_edu_ec/EQiZ-tfB6681GnCm3-Hk02XkBC3iQfBUjFTd-le2RMxOy-qa?e=D7aCtl

Anexo 4. Plano de La supermanzana C

- https://indoamericaedu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/dandrade7_indoamerica_edu_ec/Eip-J7mXZRHJPlcU4zpXznsUBTcCqjlcM5Mw8UvEXDs-GUQQ?e=AlEg50

Anexo 5. Código QR





Universidad
Indoamérica

Arquitectura
2024