

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Investigación sobre las causas de colapsos de estructuras en
Ecuador**

Ian Jehyco Pinto Abril

Ingeniería Civil

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, 23 de 05 de 2024

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Título del Trabajo de la materia final de carrera

Ian Jehyco Pinto Abril

Nombre del profesor, Título académico

Estefania Cervantes, MEng, MDI

Quito, 23 de 05 de 2024

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Ian Jehyco Pinto Abril

Código: 00215298

Cédula de identidad: 1752378768

Lugar y fecha: Quito, 23 de 05 de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Durante el período comprendido entre 2013 y 2023, Ecuador ha sido testigo de un preocupante aumento en los colapsos de estructuras, que incluyen edificios, puentes y casas. Estos eventos no solo representan una amenaza para la seguridad pública, sino que también tienen un impacto devastador en términos de pérdidas humanas, económicas y sociales. En respuesta a esta tendencia alarmante, se ha llevado a cabo una investigación exhaustiva de las causas subyacentes de estos colapsos. La investigación ha revelado una serie de factores contribuyentes, que incluyen el incumplimiento de códigos de construcción, la construcción informal, la falta de supervisión y mantenimiento adecuados, y la calidad deficiente de los materiales de construcción. Estos hallazgos destacan la necesidad urgente de implementar medidas preventivas y correctivas, como el fortalecimiento de la aplicación de normativas de construcción, la promoción de prácticas de construcción seguras y la mejora de la supervisión y mantenimiento de las estructuras existentes. Solo mediante acciones concertadas y medidas efectivas se podrá garantizar la seguridad y la integridad de las estructuras en Ecuador en el futuro.

Palabras clave: Colapsos de estructuras en Ecuador, causas principales, sismos, inundaciones, socavamiento, deslizamientos, oleaje, explosivos, incendios, tormentas eléctricas, vientos, asentamientos.

ABSTRACT

During the period from 2013 to 2023, Ecuador has witnessed a concerning increase in structure collapses, including buildings, bridges, and houses. These events not only pose a threat to public safety but also have a devastating impact in terms of human, economic, and social losses. In response to this alarming trend, an exhaustive investigation into the underlying causes of these collapses has been conducted. The investigation has revealed a range of contributing factors, including non-compliance with building codes, informal construction, lack of adequate supervision and maintenance, and poor quality construction materials. These findings underscore the urgent need to implement preventive and corrective measures, such as strengthening enforcement of building regulations, promoting safe construction practices, and improving supervision and maintenance of existing structures. Only through concerted action and effective measures can the safety and integrity of structures in Ecuador be ensured in the future.

Key words: Structural collapses in Ecuador, main causes, earthquakes, floods, scouring, landslides, wave action, explosives, fires, electrical storms, winds, settlements.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	9
Desarrollo del Tema.....	10
1. Objetivos:	10
2. Metodología de investigación	10
2.1 Búsqueda de casos	10
2.2 Organización de casos	11
2.3 Tabulación	11
3. Causas de colapsos.....	12
3.1 Explosivos	12
3.2 Incendio	14
3.3 Sismo.....	15
3.4 Inundación.....	17
3.5 Socavación	18
3.6 Deslizamiento de tierra	19
3.7 Oleaje.....	20
3.8 Vientos	22
3.9 Asentamiento.....	23
4. Resultados	24
5. Análisis y recomendaciones	25
5.1 Explosivos	25
5.2 Incendio	26
5.3 Sismo.....	27
5.4 Inundación.....	29
5.5 Socavación	30
5.6 Deslizamiento de tierras	32
5.7 Oleaje.....	33
5.8 Vientos	33
5.9 Asentamiento.....	34
Conclusiones	36
Referencias bibliográficas	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1	Número de colapsos totales registrados (2013-2023)	12
Ilustración 2	Número de colapsos por año (Explosivos)	13
Ilustración 3	Número de colapsos por año (Incendio)	14
Ilustración 4	Número de colapsos por año (Sismo)	16
Ilustración 5	Número de colapsos por año (Inundación)	18
Ilustración 6	Número de colapsos por año (Socavación)	19
Ilustración 7	Número de colapsos por año (Deslizamiento de tierra)	20
Ilustración 8	Número de colapsos por año (Oleaje)	21
Ilustración 9	Número de colapsos por año (Vientos)	23
Ilustración 10	Número de colapsos por año (Asentamiento)	24
Ilustración 11	Causas de colapso en estructuras en Ecuador desde el año 2013-2023	24

INTRODUCCIÓN

Durante la última década, Ecuador ha experimentado diversos incidentes de colapsos de estructuras que han generado preocupación en la sociedad y han puesto de manifiesto la necesidad de comprender y abordar las causas subyacentes de estos eventos. Desde el año 2013 hasta el 2023, se ha observado la incidencia de colapsos de edificios, puentes, casas y otras estructuras en todo el país. Estos colapsos no solo representan una amenaza para la seguridad pública, sino que también tienen implicaciones significativas en términos de pérdidas humanas, económicas y sociales. Ante este panorama, surge la necesidad imperiosa de llevar a cabo una investigación exhaustiva de las causas que están contribuyendo a estos colapsos, con el objetivo de identificar patrones, factores comunes y posibles deficiencias en la construcción, diseño, mantenimiento y supervisión de las estructuras. Esta investigación no solo permitirá comprender mejor las razones detrás de los colapsos, sino que también sentará las bases para la implementación de medidas preventivas y correctivas que ayuden a mejorar la seguridad y la resiliencia de las estructuras en Ecuador en el futuro.

DESARROLLO DEL TEMA

1. Objetivos:

- Identificar las causas principales de los colapsos de estructuras en Ecuador entre los años 2013 y 2023, incluyendo fenómenos naturales y factores humanos.
- Proponer medidas de prevención y mitigación para reducir el riesgo de futuros colapsos, basadas en los hallazgos de la investigación y en las mejores prácticas internacionales
- Sensibilizar a los actores clave, incluyendo autoridades gubernamentales, profesionales de la construcción y la comunidad en general, sobre la importancia de adherirse a las normativas y adoptar prácticas constructivas seguras.

2. Metodología de investigación

La búsqueda de casos para la investigación de las causas de los colapsos de estructuras en Ecuador entre los años 2013 y 2023 ha sido intensa y exhaustiva.

2.1 Búsqueda de casos

Los periódicos locales han informado regularmente sobre incidentes de colapsos, proporcionando detalles sobre las ubicaciones, tipos de estructuras afectadas, posibles causas y consecuencias. Además, los informes de situación de desastres emitidos por las autoridades gubernamentales y organizaciones de respuesta a emergencias han documentado casos de colapsos y han destacado la importancia de comprender las causas subyacentes para prevenir futuros eventos catastróficos. Estos recursos han sido fundamentales para identificar y recopilar casos relevantes que servirán como base para la investigación y el análisis de los factores que contribuyen a los colapsos de estructuras en Ecuador.

2.2 Organización de casos

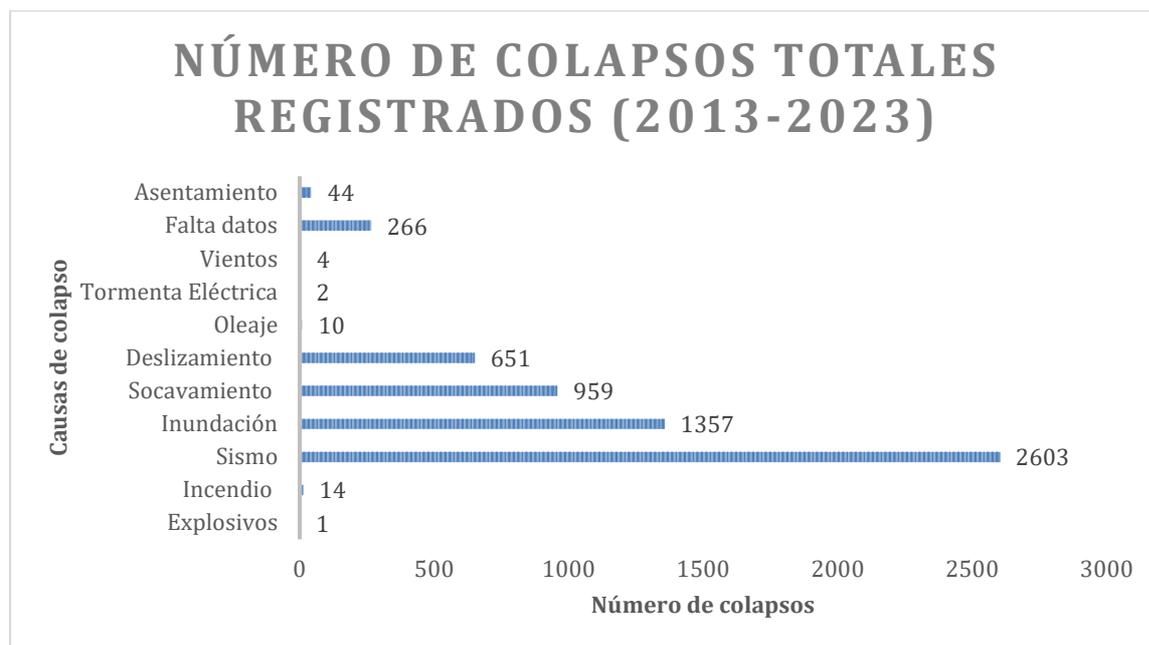
Para organizar los casos en la investigación de las causas de los colapsos de estructuras en Ecuador entre 2013 y 2023, se han creado carpetas independientes para cada incidente. Cada carpeta contiene información detallada sobre el lugar del incidente, la fecha del colapso y las posibles causas identificadas preliminarmente. Además, se incluyen informes de campo, fotografías, testimonios de testigos y cualquier otra documentación relevante recopilada durante las investigaciones en el terreno.

2.3 Tabulación

En la investigación de las causas de los colapsos de estructuras en Ecuador entre 2013 y 2023, la tabulación de datos en Excel juega un papel fundamental para organizar y analizar la información recopilada. Se ha creado una hoja de cálculo en Excel con columnas que incluyen la fecha del colapso, la causa identificada y la provincia donde ocurrió el incidente. Cada fila representa un caso individual, con detalles específicos sobre cada colapso. La información se ingresa cuidadosamente en la hoja de cálculo para garantizar la precisión y la integridad de los datos. Posteriormente, se utilizan funciones y herramientas de Excel para realizar análisis estadísticos, como la creación de gráficos y tablas dinámicas, que ayudan a identificar patrones, tendencias y relaciones entre los colapsos de estructuras y los factores asociados.

Con esto se presenta en inventario de colapsos en Ecuador

Ilustración 1 Número de colapsos totales registrados (2013-2023)



3. Causas de colapsos

Después de la tabulación de los casos, se han identificado las principales causas de colapsos de estructuras en Ecuador, estas son explosivos, incendios, sismos, inundaciones, socavamiento, deslizamientos, oleaje, tormentas eléctricas, vientos y asentamientos. Cada uno de estos factores ha contribuido de manera significativa a la incidencia de colapsos estructurales en el país, revelando la necesidad urgente de abordar cada una de estas amenazas mediante medidas preventivas, mejoras en la normativa de construcción y una supervisión más estricta de las prácticas constructivas, a continuación se hará una explicación de cada fenómeno.

3.1 Explosivos

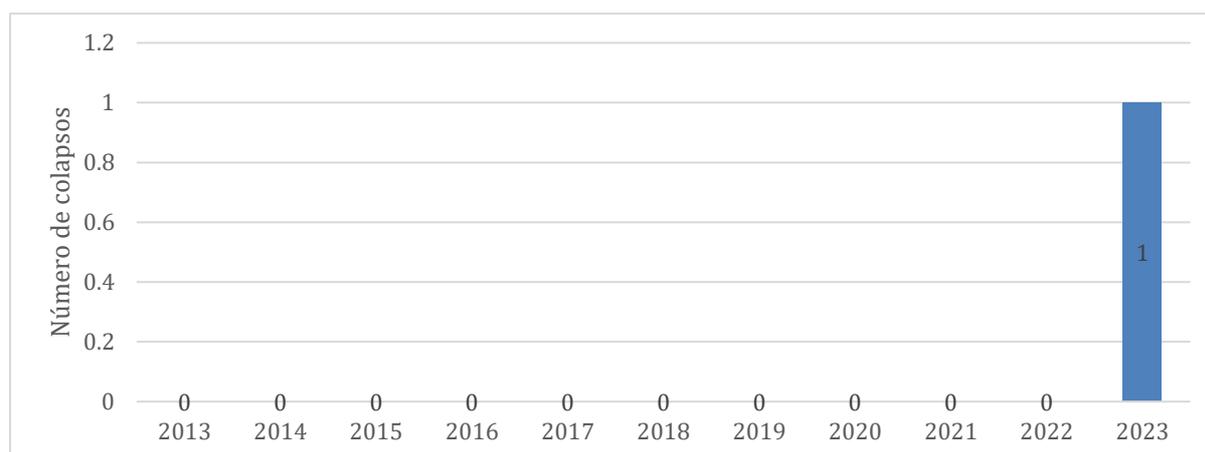
Los explosivos “Son compuestos químicos o mezclas que, al reaccionar, liberan grandes cantidades de gas y calor, generando así una onda expansiva de alta presión. Los explosivos no se encuentran naturalmente; son sustancias sintéticas.”. (Valladares Da Silva et al., 2017),

estos poseen una capacidad destructiva notable debido a sus ondas expansivas, cuando detonan en un edificio o casa, causan roturas de cristales y muros pero dependiendo de la potencia del explosivo, pueden incluso provocar el colapso de la estructura al destruir elementos estructurales vitales.

Estas ondas penetrantes ejercen cargas significativas sobre la estructura, las cuales solo pueden ser soportadas por edificios diseñados específicamente para tales fines. Esto incluye áreas que albergan equipos sensibles como calderas de alta presión o maquinaria con transformadores poderosos. Además, se requiere que estas estructuras estén diseñadas para resistir posibles fallos de maquinaria, asegurando así la seguridad tanto de la infraestructura como de las personas que la ocupan. A lo largo de la historia Ecuador, en el periodo que analizamos (2013-2023), han existido algunas situaciones de conflicto armado y actividades ilícitas, esto también puede estar relacionado a los colapsos de estructuras por explosivos.

Los colapsos construcciones de casas o edificios por explosivos llegan a un 0.02% de todos los colapsos totales.

Ilustración 2 Número de colapsos por año (Explosivos)



3.2 Incendio

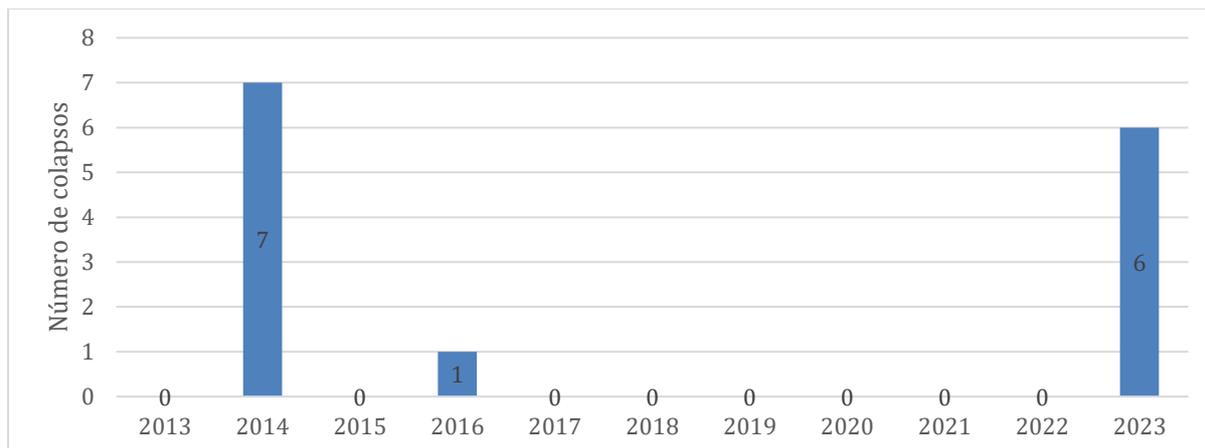
Los incendios se definen como:

El calor es el elemento utilizado para iniciar un incendio, mantenerlo y aumentar su propagación. El oxidante (oxígeno) es necesario para la combustión y está presente en el aire que nos rodea. El combustible es el elemento propagador del fuego y puede ser sólido, líquido o gaseoso. La reacción en cadena hace que el proceso de combustión sea autosostenible. Básicamente, el calor radiado de las llamas llega al combustible y lo descompone en partículas más pequeñas, que se combinan con el oxígeno y arden, irradiando calor de vuelta al combustible, formando así un ciclo constante (autosostenible). (Britez et al., 2020).

Estos pueden destruir construcciones ya que según Pavez (2011). “Con el fuego, los elementos se dilatan y generan esfuerzos excéntricos a los ejes de las piezas, (...) El incendio produce esfuerzos, y afecta las propiedades mecánicas de los materiales, disminuyendo la resistencia entre otros efectos. Si yo sólo cuento con un pequeño margen entre la carga de trabajo y la máxima resistible, los colapsos son casi inmediatos”, esto hace que el calor sea un factor a considerar al momento de construir, ya que las estructuras pierden sus propiedades mecánicas, aunque también depende de la temperatura y el tiempo al que están expuestas.

Los colapsos construcciones de casas o edificios por incendio llegan a un 0.24% de todos los colapsos totales.

Ilustración 3 Número de colapsos por año (Incendio)



3.3 Sismo

Los sismos son un fenómeno natural que sucede en gran parte del mundo, este trae consigo muertos, heridos, algunos derrumbes, de tierra e incluso de edificaciones o construcciones para las personas, esto por definición es:

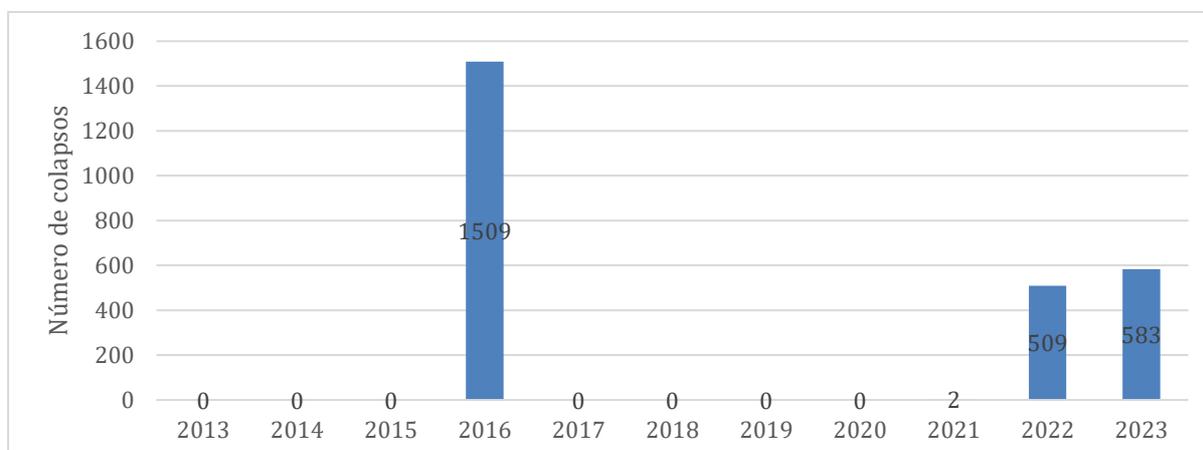
Un terremoto es un movimiento o vibración repentina causada por la relajación brusca y súbita de energía, acumulada por deformación de la Litosfera, que se propaga en forma de ondas sísmicas. Es por tanto un fenómeno transitorio. La mayoría de los terremotos son de origen tectónico; en éstos debido a que la fricción en las fallas es a menudo inestable, ocurren desplazamientos muy rápidos como una ruptura que se propaga dinámicamente sobre la superficie de la falla, estos movimientos generan las ondas sísmicas y estas, al llegar a la superficie, provocan las sacudidas sísmicas del terreno. (Sánchez, 1994).

Con estos indicios, se han realizado estudios que sitúan los sismos en el llamado anillo de fuego del pacífico, una zona que abarca las costas de todo el océano Pacífico. Esta región se caracteriza por ser una de las áreas más sísmicas del mundo, debido a la interacción de placas tectónicas, como la placa del Pacífico, la placa de Nazca y la placa de Cocos, que convergen en esta zona. Los sismos en el anillo de fuego del pacífico pueden ser de alta magnitud y frecuencia, Ecuador particularmente

Al ser el Ecuador un país ubicado en el borde noroccidental del continente sudamericano, este se halla sobre un límite activo de placas tectónicas; La placa oceánica de Nazca está introduciéndose por debajo de la placa Sudamericana, generando una liberación de esfuerzos, los cuales al ser liberados violentamente estos pueden generar movimientos sísmicos de gran magnitud. Debido a los importantes relieves topográficos de la corteza la subducción de placas tiene mayor dificultad lo cual ocasiona que en las costas ecuatorianas existe un mayor acoplamiento entre placas. En el Ecuador más del 80 % de la población está expuesta a sismos fuertes. (Guzmán Gómez de la Torre, 2015)

Estos sismos son impredecibles y a veces tan fuertes que pueden llegar a colapsar edificaciones, es fundamental comprender la geología y la sismología de esta región para implementar medidas de preparación y respuesta efectivas ante eventos sísmicos. En Ecuador, los sismos son una preocupación constante debido a su ubicación en esta zona altamente activa, lo que resalta la importancia de la investigación, la planificación y la infraestructura resiliente para reducir los riesgos asociados a este fenómeno natural después de analizar los datos la principal causa de colapso de casas o edificios en base a los datos se da por los sismos, con un impresionante 44.04%.

Ilustración 4 Número de colapsos por año (Sismo)



3.4 Inundación

En Ecuador, las inundaciones representan uno de los fenómenos naturales más recurrentes y significativos, con impactos importantes en términos de pérdidas económicas, daños a la infraestructura y riesgos para la población. Estas inundaciones pueden ser desencadenadas por una variedad de factores, que van desde eventos meteorológicos extremos como lluvias intensas. La vulnerabilidad geográfica de Ecuador, con una topografía diversa que incluye regiones montañosas, valles interandinos y extensas áreas costeras, aumenta la susceptibilidad del país a este tipo de eventos, con ello en Ecuador “Una inundación ocurre cuando el agua se desborda o empapa la tierra que normalmente está seca” (National Geographic Society, 2011).

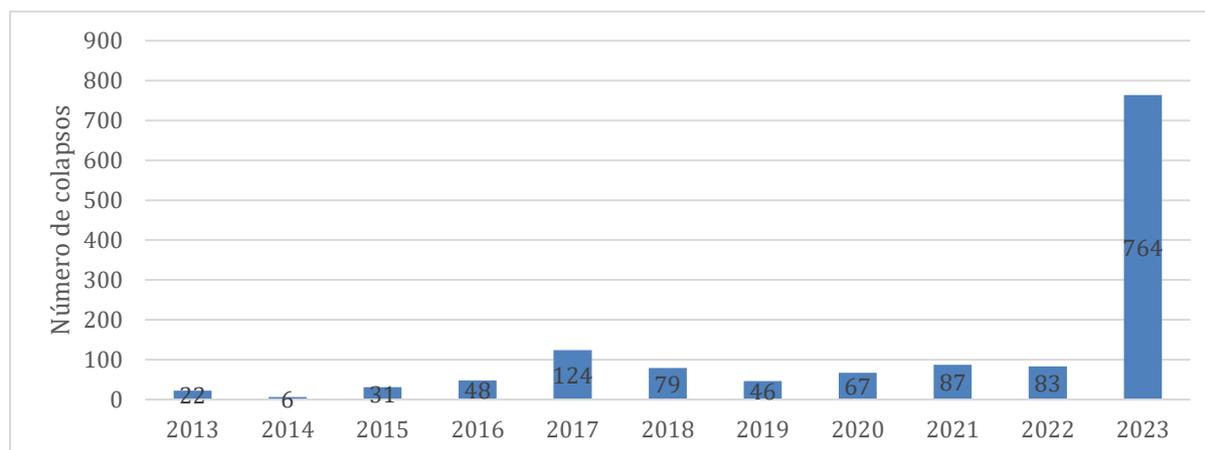
Uno de los principales factores que influyen en las inundaciones es el fenómeno del Niño, caracterizado por el calentamiento anómalo de las aguas superficiales del Océano Pacífico ecuatorial, ha desempeñado un papel significativo en las inundaciones en Ecuador durante el período comprendido entre 2013 y 2023. Durante los eventos del Niño, las temperaturas del mar elevadas pueden provocar un aumento en la evaporación y, por lo tanto, en la humedad atmosférica, lo que conduce a condiciones climáticas extremas, como lluvias intensas y prolongadas en varias regiones del país. Estas lluvias intensas pueden saturar los suelos y elevar el nivel de los ríos, lo que aumenta el riesgo de inundaciones repentinas y desbordamientos de ríos, exacerbando aún más el riesgo de inundaciones en Ecuador, pero ¿Como las inundaciones afectan a las estructuras?

“Las inundaciones erosionan el suelo, llevándoselo de debajo de los cimientos de un edificio, lo que causa grietas y derrumbes. (...) Cuando un río desborda sus márgenes o el mar avanza tierra adentro, muchas estructuras son incapaces de resistir la fuerza del agua.” (National Geographic Society, 2011). En Ecuador, durante el período de 2013 a 2023, el fenómeno del Niño provocó un aumento en la intensidad y frecuencia de las lluvias en ciertas

regiones del país. Esto provocó inundaciones repentinas y desbordamientos de ríos, donde el agua se acumuló rápidamente debido a la saturación del suelo, el exceso de agua puede ejercer una presión significativa sobre las paredes y cimientos de los edificios, puede infiltrarse en las estructuras a través de grietas o fisuras, provocando daños en los materiales de construcción y debilitando su integridad. La fuerza del agua en movimiento también puede arrastrar y desplazar objetos pesados, como vehículos o escombros, que pueden impactar contra las estructuras y causar daños adicionales.

Los colapsos construcciones de casas o edificios por Inundación llegan a un 22.94% de todos los colapsos totales.

Ilustración 5 Número de colapsos por año (Inundación)



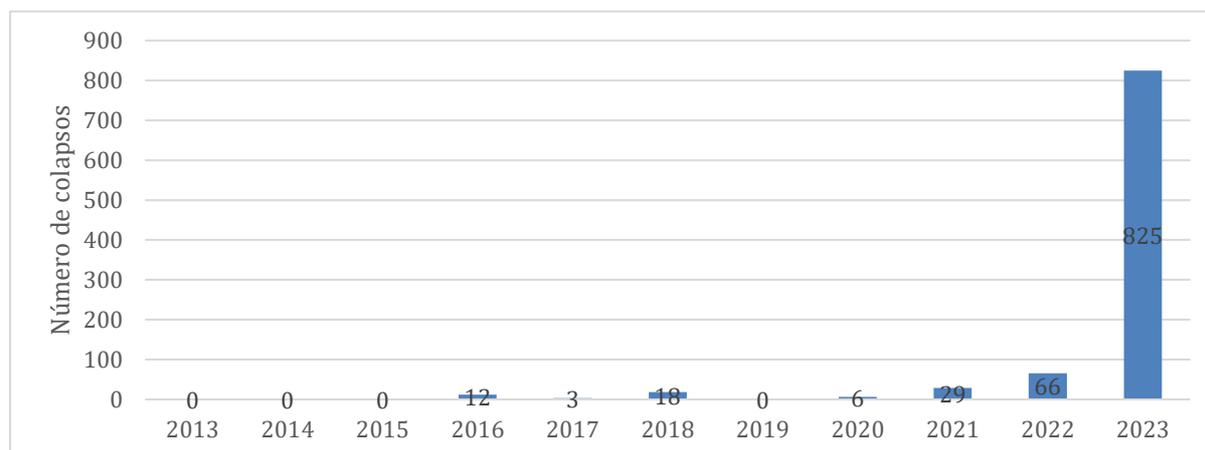
3.5 Socavación

La socavación es un fenómeno natural que puede tener consecuencias significativas en la estabilidad del suelo y la seguridad de las estructuras construidas sobre él, “A la socavación se la conoce como la disminución del nivel del lecho del río debido a la existencia del arrastre de los materiales causado por el agua. La cantidad de esta reducción medida desde el nivel inicial es denominada como la profundidad de socavación”(Galiano Ayala & Toapaxi Alvarez, 2010), este proceso, que implica el desgaste y la erosión del suelo o la roca debido a la acción del

agua, puede ocurrir de varias formas y en diferentes entornos, desde ríos y costas hasta debajo de edificios y carreteras.

Los colapsos construcciones de casas o edificios por socavación llegan a un 16.22% de todos los colapsos totales.

Ilustración 6 Número de colapsos por año (Socavación)



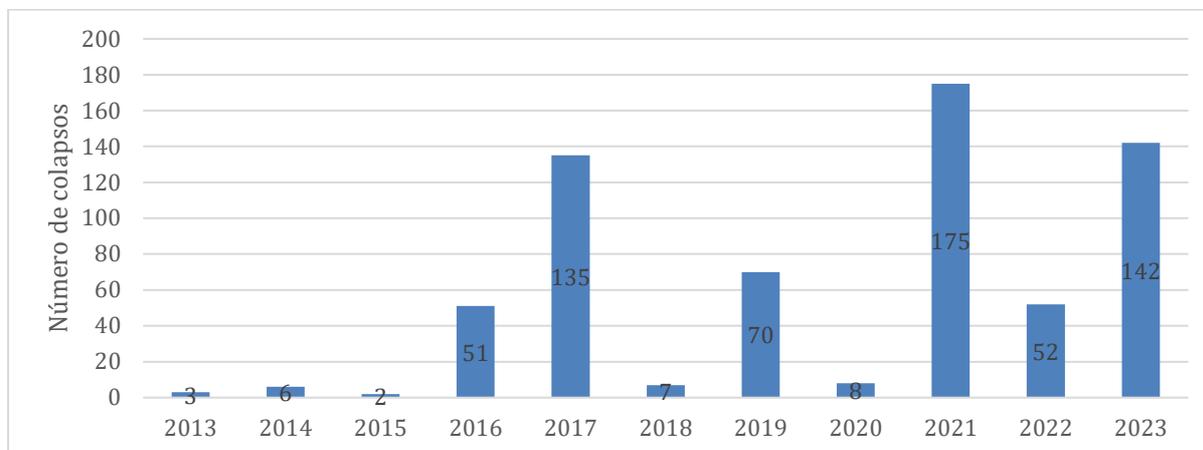
3.6 Deslizamiento de tierra

Los deslizamientos de tierra representan una amenaza significativa para la seguridad de las estructuras en Ecuador, con consecuencias devastadoras que van desde daños materiales hasta pérdidas de vidas humanas. Estos eventos naturales, provocados por una variedad de factores como la intensidad de las lluvias, la topografía del terreno y la actividad sísmica, pueden resultar en el colapso total o parcial de edificios, carreteras, puentes y otras infraestructuras vitales, más precisamente un deslizamiento es:

“Los deslizamientos de tierra son uno de los desastres más extendidos que causan pérdidas graves en varios aspectos de la vida. El término "deslizamiento de tierra" incluye todo tipo de movimiento en masa hacia abajo en una pendiente que puede consistir en suelo, roca, escombros, materia orgánica, relleno artificial o una combinación de estos.” (Alimohammadlou et al., 2013).

Los colapsos construcciones de casas o edificios por deslizamientos de tierra llegan a un 11.01% de todos los colapsos totales.

Ilustración 7 Número de colapsos por año (Deslizamiento de tierra)



3.7 Oleaje

El oleaje desempeña un papel crucial en la vida costera de Ecuador, pero también puede representar una amenaza significativa para la seguridad de las estructuras ubicadas en sus costas. Desde pequeñas viviendas hasta grandes infraestructuras como muelles y puentes, las estructuras a lo largo de la costa ecuatoriana están constantemente expuestas a la fuerza implacable del oleaje. Antes de explorar en detalle qué es el oleaje y cómo afecta a las estructuras, primeramente, el oleaje es:

" El oleaje es un conjunto de olas que llegan a una playa en un período determinado. Se produce por la fluctuación del nivel del mar, que cambia entre 2 y 25 segundos, según el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Esto quiere decir que un grupo de olas golpea con consistencia y mayor volumen una costa." (Castro, 2022).

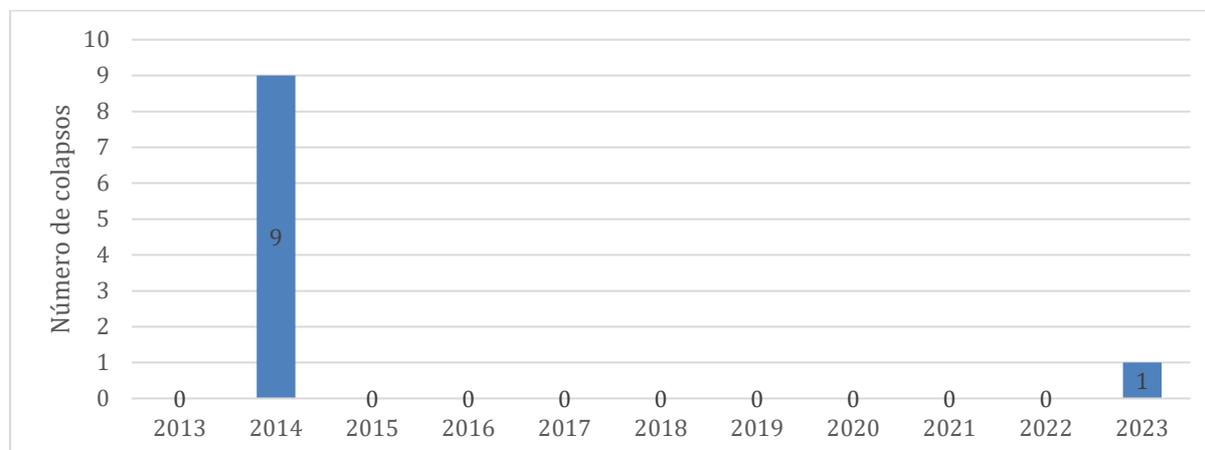
El Ecuador presenta una variedad de condiciones de oleaje a lo largo de su extensa costa en el océano Pacífico. En general, las condiciones del oleaje en Ecuador pueden variar según la ubicación geográfica, la temporada del año y los patrones climáticos. En algunas áreas, como

las costas norte y central, se pueden experimentar olas más grandes y poderosas, especialmente durante la temporada de oleaje más intenso. En otras partes de la costa ecuatoriana, el oleaje puede ser más suave y tranquilo, lo que brinda condiciones más seguras para nadar y disfrutar de las playas.

El oleaje puede destruir estructuras de varias maneras. Las olas pueden ejercer una gran presión sobre las superficies expuestas, como muros, pilotes o cimientos, causando daños estructurales o incluso su colapso. Además, la acción constante del oleaje puede erosionar gradualmente las bases de las estructuras, debilitando su estabilidad y eventualmente provocando su colapso. El impacto repetido de las olas también puede provocar la desintegración de materiales de construcción, como el concreto o la mampostería, haciendo que las estructuras se vuelvan inestables y vulnerables a la destrucción. Las inundaciones causadas por el oleaje también pueden comprometer la integridad de las estructuras, especialmente si el agua penetra en su interior y provoca daños estructurales o degradación de materiales.

Los colapsos construcciones de casas o edificios por oleaje llegan a un 0.17% de todos los colapsos totales.

Ilustración 8 Número de colapsos por año (Oleaje)



3.8 Vientos

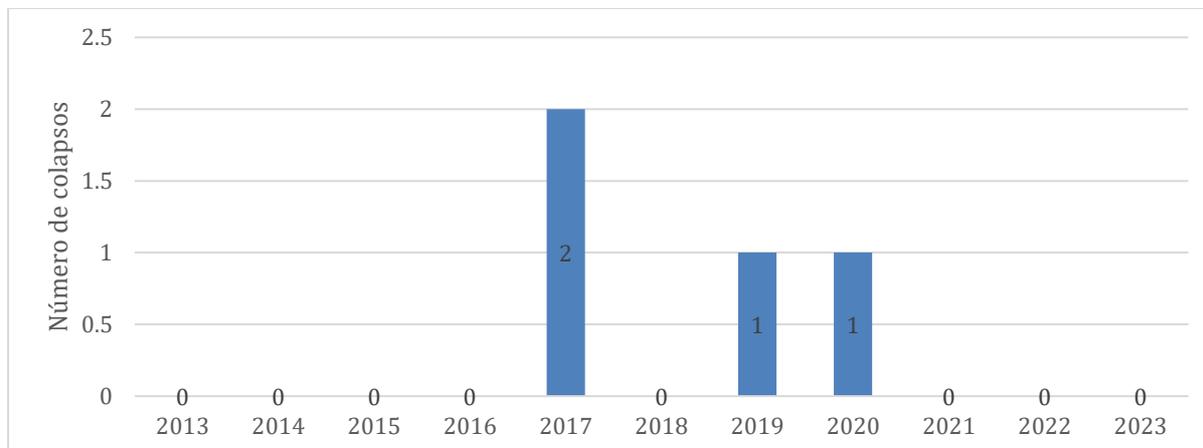
Ecuador experimenta una variedad de vientos que están influenciados por su ubicación geográfica y los patrones climáticos regionales, incluido el fenómeno del Niño. Uno de los vientos más prominentes en el país es el viento alisio, que sopla desde el este y sureste a lo largo de la costa del Pacífico ecuatoriano. Estos vientos alisios son frescos y húmedos, y desempeñan un papel importante en la regulación del clima costero, así como en la distribución de la humedad y las precipitaciones.

Durante el fenómeno del Niño, los vientos alisios pueden debilitarse o incluso revertirse, lo que puede tener importantes implicaciones climáticas en Ecuador y en toda la región. El fenómeno del Niño está asociado con un calentamiento anómalo de las aguas superficiales del océano Pacífico ecuatorial, lo que altera los patrones normales de circulación atmosférica y puede conducir a cambios significativos en el clima.

En Ecuador, las construcciones pueden colapsar debido a los vientos intensos, especialmente en áreas propensas a fenómenos climáticos extremos como el fenómeno del Niño. Las casas mal construidas, que carecen de un diseño estructural adecuado o que han sido construidas con materiales de baja calidad, son especialmente vulnerables a los daños causados por el viento.

Los colapsos construcciones de casas o edificios por vientos llegan a un 0.07% de todos los colapsos totales.

Ilustración 9 Número de colapsos por año (Vientos)

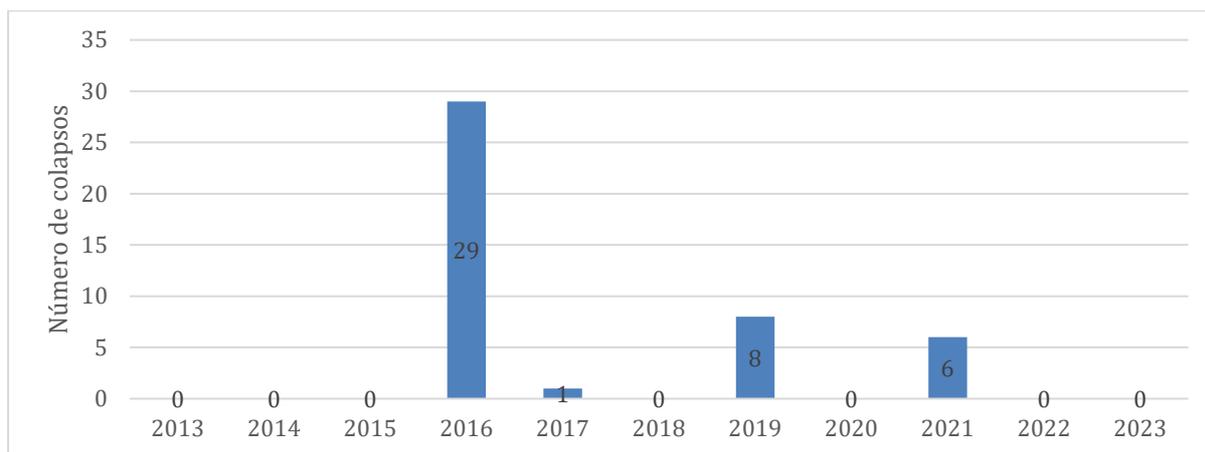


3.9 Asentamiento

El asentamiento de estructuras es un problema crítico que afecta la estabilidad y seguridad de las construcciones en Ecuador. Este fenómeno, que se manifiesta como "Es el movimiento descendente del suelo, generalmente debido a la extracción de humedad. El suelo se encoge cuando se le quita el agua y, debido a que los árboles (...) sumidero en desarrollo, cuando el agua que corre a través del suelo está erosionando la capa de roca kárstica." (Inspecasa, 2023), puede conducir eventualmente al colapso parcial o total de la misma. En Ecuador, un país que experimenta una actividad sísmica significativa y una variedad de condiciones geológicas, el asentamiento de las estructuras representa un desafío particularmente importante para la seguridad de las edificaciones, aunque también "es el movimiento hacia abajo del suelo de apoyo debajo de una casa debido a las cargas impuestas por la estructura que exceden la capacidad de carga del suelo." (Inspecasa, 2023)

Los colapsos construcciones de casas o edificios por asentamiento llegan a un 0.74% de todos los colapsos totales.

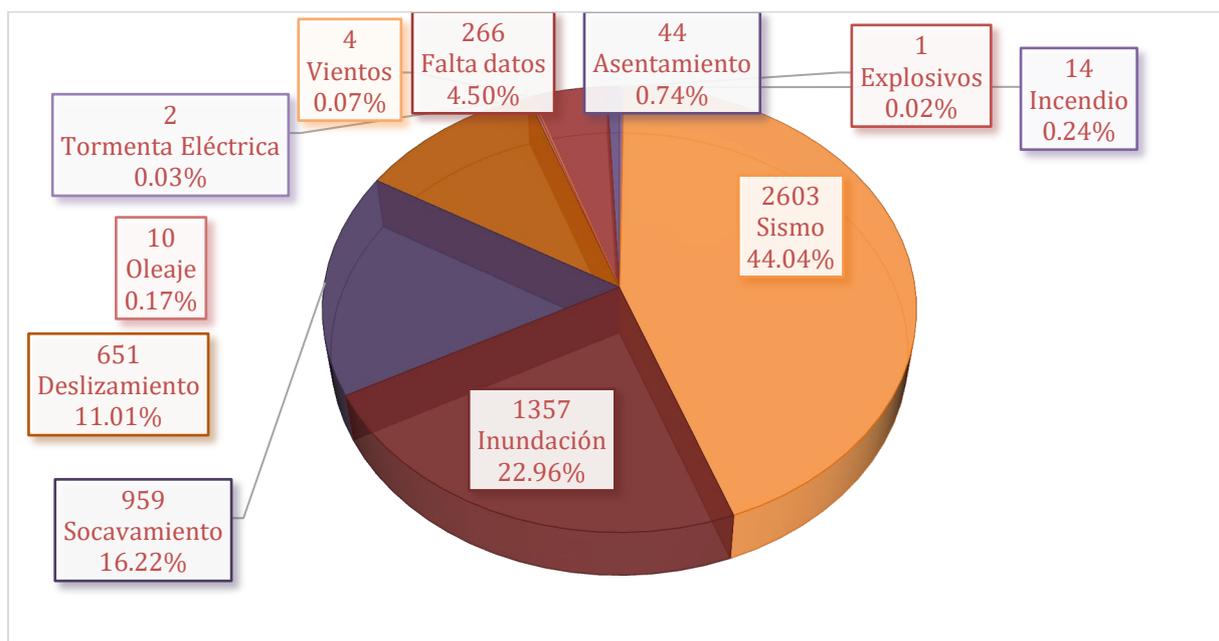
Ilustración 10 Número de colapsos por año (Asentamiento)



4. Resultados

Con todas las causas identificadas se obtuvo el siguiente gráfico con sus porcentajes:

Ilustración 11 Causas de colapso en estructuras en Ecuador desde el año 2013-2023



El gráfico de pastel adjunto ilustra los resultados de la investigación sobre las causas de colapsos de estructuras en Ecuador entre 2013 y 2023. Cada segmento del gráfico representa un porcentaje del total de casos, destacando las principales causas identificadas: sismos, inundaciones, socavamiento, deslizamientos, oleaje, tormentas eléctricas, vientos,

asentamientos, incendios y explosivos. La visualización muestra claramente que los sismos y las inundaciones son las causas predominantes, seguidas por deslizamientos y socavamiento. Este gráfico proporciona una representación visual efectiva de la distribución de las diferentes causas, subrayando la importancia de abordar cada una de ellas con estrategias específicas de mitigación y prevención que se abordara en el siguiente capítulo.

5. Analisis y recomendaciones

En este apartado se realizará un análisis detallado de cada una de las causas, incluyendo los estatutos legales y otros factores pertinentes, para posteriormente proporcionar recomendaciones.

5.1 Explosivos

En Ecuador se tiene el REGLAMENTO DE PREVENCION, MITIGACION Y PROTECCION CONTRA INCENDIOS Acuerdo Ministerial 1257, donde se detalla permisos de funcionamiento, asesoramiento y control de explosivos, Donde uno de los artículos de mucha importancia es:

Art. 1.- Las disposiciones del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, serán aplicadas en todo el territorio nacional, para los proyectos arquitectónicos y de ingeniería, en edificaciones a construirse, así como la modificación, ampliación, remodelación de las ya existentes, sean públicas, privadas o mixtas, y que su actividad sea de comercio, prestación de servicios, educativas, hospitalarias, alojamiento, concentración de público, industrias, transportes, almacenamiento y expendio de combustibles, explosivos, manejo de productos químicos peligrosos y de toda actividad que represente riesgo de siniestro. Adicionalmente esta norma se aplicará a aquellas actividades que por razones imprevistas, no consten en el presente reglamento, en cuyo caso se someterán al criterio técnico profesional

del Cuerpo de Bomberos de su jurisdicción en base a la Constitución Política del Estado, Normas INEN, Código Nacional de la Construcción, Código Eléctrico Ecuatoriano y demás normas y códigos conexos vigentes en nuestro país. Toda persona natural y/o jurídica, propietaria, usuaria o administrador, así como profesionales del diseño y construcción, están obligados a cumplir las disposiciones contempladas en el presente Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, basados en Normas Técnicas Ecuatorianas INEN.

Con el que solo se da apertura al uso en casos espaciales, sin dejar el uso en personas naturales de dicho material explosivo, donde también se exponen los reglamentos de ubicación de maquinaria explosiva, calderas y otras maquinarias, como los Artículos 205, 213, 260, 269, 272, 273, 277, 287, así como también reglamentos de manipulación de estos como el artículo 307.

5.2 Incendio

En Ecuador se tiene el REGLAMENTO DE PREVENCION, MITIGACION Y PROTECCION CONTRA INCENDIOS Acuerdo Ministerial 1257, donde se detalla los procedimientos contraincendios que se deben cumplir en el país, ya sea en construcciones y otros ámbitos, uno de los artículos mas importantes es el articulo 3

Art. 3.- Las precauciones estructurales proveen a una edificación de la resistencia necesaria contra un incendio, limitando la propagación del mismo y reduciendo al mínimo el riesgo personal y estructural.

Donde se toma en cuenta la accesibilidad de edificios, medios de egreso, salidas y muchos más artículos que explican las exigencias en estructuras para la prevención de incendios y protección en esos casos ya sea en edificios bajos, altos, dependiendo su uso, cabe resaltar el artículo 124.

Art. 124.- Si las obras aumentaren el riesgo de incendio por la nueva disposición funcional o formal, o por la utilización de materiales altamente inflamables, el Cuerpo de Bomberos de cada jurisdicción tendrá la potestad para prohibir y/o suspender su ejecución.

Que explica que el cuerpo de bomberos puede suspender en caso de riesgo por incendio una edificación hasta que se cumplan los requisitos, la clave para evitar estos colapsos está en el cálculo estructural que se haga con los requisitos de protección contra incendios estipulados y de las autoridades en tener un manejo de ellos.

5.3 Sismo

Se llevó a cabo un exhaustivo análisis en el año 2017, tras el devastador sismo que afectó a Ecuador en 2016. Este análisis se centró en las fallas que ocasionaron el colapso de las estructuras durante el terremoto, con el objetivo de identificar lecciones aprendidas y áreas de mejora en términos de diseño estructural, códigos de construcción y protocolos de respuesta ante desastres el cual concluyo que:

En este terremoto, las fallas fueron causadas por inconsistencias entre la estructura realmente construida y el modelo de diseño, y dejaron lecciones valiosas que no deben perderse. La falta de integralidad y coherencia entre el diseño de resistencia, deformación y estabilidad de elementos estructurales que tienen la misma función (columnas y muros) fue la causa del fracaso. La infracción de los códigos de diseño y conocimientos establecidos por nuestros antepasados, ya sea por ignorancia, falta de supervisión o malicia, no debería ser causa de que una sociedad pierda, en segundos, cientos de vidas y edificios, y sufra daños invaluable y permanentes en sus bienes. (Castañeda & Mieles Bravo, 2017)

Los hallazgos de este análisis fueron de suma importancia, ya que proporcionaron información crucial sobre las deficiencias en la infraestructura existente, con esto en mente se

puede inferir que se pueden evitar estos colapsos poniendo énfasis en la infracción en códigos de diseño sismorresistente, supervisión de estructuras, pero ¿Por qué se da esta mala gestión e infracción de códigos de construcción en esta causa tan devastadora?

Tras el análisis de todos los colapsos esta es la causa principal de la caída de construcciones en Ecuador, y aun que están los códigos sismorresistentes como la NEC que deben ser estrictamente cumplidos por cada constructor en el país, se incumplen regularmente, esto se puede deber a la informalidad en la construcción ya que, “La construcción informal en el país es casi del 70%” (Vizuete, 2011) y también se destaca “En Ecuador se carece de registros municipales de planos y licencias de construcción rígidos. Estos no pasaron por la revisión de un profesional y las edificaciones fueron construidas por maestros de obra con mucha o ninguna experiencia”(Vizuete, 2011), se puede afirmar que en estas construcciones carecen de diseño ya sea estructural o incluso malos tratos de hormigón con exceso de agua en mezcla o otros factores que afectan la calidad de mezcla, falta de acero, deficiente mecanismo de construcción de elementos estructurales y aun que la Norma Ecuatoriana de la construcción tiene una sección entera llena de capítulos del riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras, para evitar estos colapsos se puede empezar disminuyendo el índice de construcciones informales, hacer cumplir las ordenanzas y eso para las estructuras nuevas donde se exige el cumplimiento de todos los requisitos sismorresistentes de la NEC, mientras que para estructuras antiguas se deben encontrar las debilidades y si es necesario el reforzamiento, esta tarea es algo complicada ya que son un montón de edificaciones a revisar, en algunos países se ha optado por hacer revisiones en edificios como hospitales o ubicados en lugares muy concurridos y hacer su mantenimiento como un punto de partida para mitigar estos colapsos.

5.4 Inundación

Las inundaciones en el Ecuador son recurrentes en épocas de invierno y con el fenómeno del niño en alza pues las lluvias aumentan considerablemente, dado el número de casos en Ecuador se han lanzado varias campañas de prevención de inundaciones y deslizamientos uno de estas expuesta por La Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), esta recomienda en caso de inundaciones, “Prefiera vivir en un lugar que no haya sido afectado por inundaciones; Proteja el suelo. Siembre plantas nativas para evitar la erosión (...) Retire el agua lluvia acumulada en recipientes; Abra canales para que el agua no se estanque” (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, s. f.), así también existe la ley orgánica de recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, donde se habla acerca de las inundaciones, en el artículo 18 Competencias y atribuciones de Autoridad Única del Agua, inciso r:

r) Formular, gestionar y supervisar el plan anual de prioridades de infraestructura hidráulica, equipamiento, drenaje e inundaciones y administrar la infraestructura hidráulica de propósito múltiple. (LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014)

También existen infracciones como la del título 5, capítulo 1, infracciones, inciso c, numero 11

11) Obstruir líneas de conducción de agua destinadas al riego y control de inundaciones, romper, alterar o destruir acueductos y alcantarillado. (LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014)

Aunque las leyes cuentan con estatutos para la gestión, supervisión e incluso sanciones relacionadas con las inundaciones, lamentablemente, en muchos lugares estas disposiciones no se aplican de manera efectiva. Además, se enfrenta a la realidad de una infraestructura

hidráulica ineficiente, obsoleta o incluso inexistente en gran parte de Ecuador. La falta de aplicación de las leyes y la deficiencia en la infraestructura hidráulica contribuyen significativamente a la vulnerabilidad del país frente a los riesgos de inundaciones. Esta situación resalta la necesidad urgente de una acción coordinada y efectiva por parte de las autoridades competentes para mejorar la gestión del agua, modernizar la infraestructura y fortalecer las medidas de prevención y respuesta ante inundaciones en Ecuador.

Esto se puede mitigar con buenos diseños hidrológicos de drenajes, ya que pueden hacerse malos diseños en los periodos de retorno de lluvias y tener más lluvia de lo esperado y no tener como evitarlo, causando en casos de aluviones inundaciones grandes, pérdida de casas, objetos y vidas. La implementación de sistemas de drenaje efectivos y bien planificados puede ayudar a gestionar de manera más eficiente el exceso de agua durante eventos de lluvia intensa, reduciendo así el riesgo de inundaciones repentinas y aluviones. Además, es fundamental llevar a cabo una planificación adecuada del uso del suelo y establecer zonas de exclusión o restricción en áreas de alto riesgo, para evitar la construcción de viviendas y estructuras en terrenos propensos a inundaciones. Estas medidas, junto con la educación y concienciación pública sobre la gestión del riesgo de inundaciones, pueden contribuir a minimizar los impactos negativos de estos eventos naturales en Ecuador.

5.5 Socavación

En la norma ecuatoriana vial Nevi 12- MTOP, del ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, se habla de la socavación en 6.103.4 Rejas para contención de derrumbes, específicamente en:

6.104.5. 1 Descripción y Alcances

La operación se refiere a la reconstrucción de secciones de la plataforma del camino que hubieren sufrido socavaciones o erosiones, que se encuentren destruidas o que presenten fallas que la hacen inadecuada para mantener la serviciabilidad general de la ruta. También se incluyen los rellenos necesarios para completar la plataforma en áreas donde se hubieren construido o reconstruido obras de arte, conforme a lo que señale el respectivo proyecto. (MTOPI, 2013)

Donde en las áreas dañadas por socavones o erosionado, para que la carretera pueda seguir siendo utilizada de forma segura. También implica rellenar áreas donde se han construido nuevas estructuras, según lo indique el proyecto correspondiente.

Las personas que residen en las cercanías de los cauces fluviales también enfrentan estos problemas de socavación. En ocasiones, la falta de cumplimiento de los límites de las riberas o la alteración del caudal del río puede dejar a estas comunidades vulnerables a los embates del agua, poniendo en riesgo sus vidas y con riesgo de un colapso total en sus viviendas.

Este tipo de situaciones se repite en diversos escenarios, como en los rompeolas, viviendas cercanas a la línea costera, a lo largo de los ríos, en las estructuras de puentes y en las carreteras adyacentes a los cuerpos de agua y playas.

Los gaviones amorfos son una solución efectiva para prevenir la socavación en colapsos de estructuras debido a su capacidad para estabilizar el suelo y controlar la erosión. Estos gaviones consisten en bolsas o contenedores rellenos de materiales como piedras, grava o arena, que se disponen estratégicamente en áreas vulnerables a la erosión. Al ser flexibles y adaptables, los gaviones amorfos se pueden instalar en terrenos irregulares o de difícil acceso, lo que los hace ideales para proteger áreas propensas a la socavación, contribuyendo así a la seguridad y estabilidad de las infraestructuras construidas en zonas vulnerables.

5.6 Deslizamiento de tierras

La mitigación de los deslizamientos de tierra es crucial para reducir los riesgos asociados con estos eventos naturales devastadores, así protegiendo propiedades e infraestructuras que a su vez protegen a las personas, y dado el número de casos en Ecuador se han lanzado varias campañas de prevención de deslaves una de estas expuesta por La Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), esta recomienda en estructuras:

Las personas que viven en laderas deben tomar las siguientes precauciones ante el riesgo de deslaves:

Evite que el agua se filtre en la tierra, abriendo canales y manteniéndolos limpios, para que el agua lluvia y las de uso doméstico corran libremente. La vegetación es la mejor manera de proteger el suelo contra los deslizamientos, pues cumple tres funciones básicas: sus raíces sirven de amarre a la tierra, regula la cantidad de agua en el suelo impidiendo que se ablande internamente y evita que el agua forme flujos de lodo.(Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, s. f.).

También se debe tomar en cuenta como se ha expuesto antes que Ecuador tiene un índice de viviendas autoconstruidas alto, que no se tiene mucho manejo de ello y

Según Marlon Caicedo, arquitecto y catedrático, en Quito un 60% de las viviendas son autoconstruidas. Es decir, no se levantan bajo estudios ni procesos técnicos. “Porque esto representa menos costos, pero pueden ser espacios peligrosos por muchos factores. Desde dónde se ubican (laderas, por ejemplo) hasta el material de construcción y estructura”(Diario La Hora, 2022).

Las personas a menudo eligen vivir en laderas debido a consideraciones económicas, ya que los terrenos en pendiente suelen ser más baratos en comparación con áreas llanas o

urbanizadas. Esta opción puede resultar atractiva para aquellos con recursos limitados que buscan acceder a la propiedad de vivienda a un costo más bajo. Sin embargo, esta decisión conlleva riesgos significativos, ya que las laderas son más susceptibles a deslizamientos de tierra y otros peligros naturales, lo que puede poner en peligro la seguridad y el bienestar de quienes residen en estas áreas.

5.7 Oleaje

Como se ha expuesto antes, los problemas de malos tratos de hormigón con exceso de agua en mezcla o otros factores que afectan la calidad de la construcción, el gobierno ante varios de estos reportes han puesto escolleras, estas son una medida de protección costera efectiva que ayuda a mitigar los efectos del oleaje en las estructuras y la infraestructura cercana, contribuyendo así a la seguridad y estabilidad de las áreas costeras, pero mientras haya estos problemas de construcción se tendrá que o construir mas escolleras cerca de los reportes o evaluar exhaustivamente las construcciones cercanas a las costas.

5.8 Vientos

Las casas construidas con materiales débiles o de mala calidad, como madera poco tratada o láminas delgadas de metal, también pueden sufrir graves daños por el viento. Estos materiales tienen una menor resistencia estructural y son más propensos a romperse o desprenderse cuando son sometidos a fuertes ráfagas de viento pueden colapsar debido al viento por una combinación de factores, que incluyen la calidad de la construcción, el diseño estructural, los materiales utilizados y la ubicación geográfica. Es fundamental que las construcciones estén diseñadas y construidas cumpliendo con los estándares de seguridad y resistencia para mitigar los riesgos de colapso durante eventos climáticos extremos. Además, es importante promover

la educación y concienciación sobre la importancia de la construcción segura y resistente a los fenómenos climáticos en todas las comunidades ecuatorianas.

5.9 Asentamiento

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) aborda los asentamientos de estructuras desde establecer criterios para la selección y preparación del terreno antes de la construcción, incluyendo estudios geotécnicos y análisis de suelo para evaluar la capacidad portante del terreno y prevenir asentamientos excesivos, como los capítulos 2.3 y 2.4 que hablan de la ejecución de estudios geotécnicos y la justificación técnica donde se ve la capacidad de carga bajo criterio de asentamiento también el capítulo 8. Cimentaciones profundas subtítulo 3. Estado límite de servicio: capacidad de carga bajo criterio de asentamiento y análisis lateral.

En Ecuador, los asentamientos de estructuras son regulados por normativas y códigos de construcción que establecen los estándares y requisitos para garantizar la seguridad y estabilidad de las edificaciones, donde una de las generalidades y metodología para el diseño de cimentaciones es “Un idóneo desempeño de la estructura para los asentamientos generados en el subsuelo” (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

Evitar que una estructura sufra asentamientos excesivos y colapse en Ecuador implica la implementación de medidas preventivas y de diseño adecuadas, así como una supervisión constante durante el proceso de construcción y mantenimiento, llevando a futuras estructuras estudios geotécnicos exhaustivos, un diseño estructural adecuado, selección de materiales y métodos de construcción apropiados y supervisión y control de calidad durante la construcción, en caso de construcciones existentes lo ideal es realizar inspecciones periódicas para monitorear su estado y detectar cualquier signo de deterioro o problemas de asentamiento. El

mantenimiento regular, que incluye reparaciones y refuerzos cuando sea necesario, es esencial para garantizar la seguridad y durabilidad a largo plazo de la estructura.

CONCLUSIONES

- Los colapsos de estructuras en Ecuador son ocasionados principalmente por fenómenos como sismos con un 44.04%, inundaciones con un 22.96%, socavamientos con un 16.22% y deslizamientos de tierras con un 11.01%.
- La construcción informal, el uso de materiales de construcción deficientes, el incumplimiento de los reglamentos, la falta de infraestructura adecuada y las malas prácticas constructivas son algunos de los principales problemas identificados.
- Solo a través de un enfoque integral y coordinado se podrá mitigar el riesgo de colapsos estructurales y garantizar la seguridad de las edificaciones y la población en general en Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alimohammadlou, Y., Najafi, A., & Yalcin, A. (2013). Landslide process and impacts: A proposed classification method. *Catena*, *104*, 219-232.
- Britez, C., Carvalho, M., & Helene, P. (2020). Fire impacts on concrete structures. A brief review. *Revistaalconpat*, *10*(1), 1-21.
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista peruana de Biología*, *12*(2), 203-216.
- Castañeda, A. E., & Mieles Bravo, Y. (2017). Una mirada al comportamiento estructural de columnas, vigas, entrepisos y edificaciones durante el sismo de Ecuador 2016. *Revista ingeniería de construcción*, *32*(3), 157-172.
- Castro, M. (2022, marzo 6). ¿Qué es un oleaje? *GK*. <https://gk.city/2022/03/06/que-es-un-oleaje/>
- Cusba Morales, D. S. (2011). *Estudio de las causas y soluciones estructurales del colapso total o parcial de los puentes vehiculares de Colombia desde 1986 al 2011, y la evaluación de las consecuencias del derrumbamiento de uno de ellos*.
- Diario La Hora. (2022). *1,5 millones de ecuatorianos viven hacinados y en casas 'autoconstruidas'* [Comercio]. www.lahora.com.ec. <https://www.lahora.com.ec/pais/15-millones-de-ecuatorianos-viven-hacinados-y-en-casas-autoconstruidas/>
- Ecoexploratorio. (s. f.). ¿Qué son las tormentas eléctricas? *EcoExploratorio: Museo de Ciencias de Puerto Rico*. Recuperado 21 de marzo de 2024, de <https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/tormentas-electricas/que-son-las-tormentas-electricas/>
- Espín Albán, B. L., & Tinoco Clavijo, R. A. (2020). *Análisis por desempeño en la ampliación de edificaciones construidas de manera informal en el barrio San Juan de la ciudad de Quito*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Galiano Ayala, L. M., & Toapaxi Alvarez, J. A. (2010). *Análisis de la socavación en cauces naturales*.
- Guzmán Gómez de la Torre, M. F. (2015). *Diseño sismo resistente de edificios de hormigón armado (cálculo de periodos de vibración y niveles de agrietamiento)*.
- Haczek, Á. R. (2024, abril 3). ¿Qué es el Cinturón de Fuego del Pacífico y cómo funciona? *CNN*. <https://cnnespanol.cnn.com/2024/04/02/cinturon-fuego-pacifico-explainer-orix/>
- Inspecasa. (2023, marzo 9). ¿Cuál es la diferencia entre el hundimiento, el levantamiento, la fluencia y el asentamiento del suelo? - *Inspe Casa*. <https://www.inspecasa.es/cual-es-la-diferencia-entre-el-hundimiento-el-levantamiento-la-fluencia-y-el-asentamiento-del-suelo/>
- LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, Of. No. SAN-2014-1178 (2014).
- Marín-Guzmán, C. R., & Maldonado-Noboa, J. S. (2022). Estudio de las causas del colapso de puentes en Ecuador (2000-2022). *MQRInvestigar*, *6*(4), 368-395.
- MTOP. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial Vol.2A (NEVI - 12)*. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- National Geographic Society. (2011). Flood. En *Society*.

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. (2015). [GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES].

Pavez, A. (2011). Comportamiento del hormigón ante incendio. *Revista Bit*, 79, 174161726165872419240-47.

PROTECCIÓN EFICIENTE CONTRA SOCAVACIÓN. (2022, julio 7).

<http://www.panawebse.com/proteccion-eficiente-contrasocavacion>

Ramis, C., Romero, R., Homar, V., & Alonso, S. (2001). Lluvias torrenciales. *Investig. Cienc*, 296, 60-68.

REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA

INCENDIOS Acuerdo Ministerial 1257, Pub. L. No. Acuerdo Ministerial 1257, 114 Registro Oficial Edición Especial 62 (2009).

Sánchez, F. V. (1994). *Los terremotos y sus causas*. 17-38.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (s. f.-a). *Deslaves*. Recuperado 5 de mayo de 2024, de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/>

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (s. f.-b). *Medidas preventivas frente a inundaciones y deslizamientos – Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*. Recuperado 2 de mayo de 2024, de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/medidas-preventivas-frente-a-inundaciones-y-deslizamientos/>

Valladares Da Silva, E. C., Vasquez Cuentas, K. N., & Gutierrez Neyra, V. S. (2017). *Artefactos explosivos improvisados y el empleo de ingeniería en los cadetes de IV año del arma de ingeniería de La Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”*. Lima, 2016.

Vizúete, V. (2011). *La informalidad en la construcción es el mayor riesgo en un terremoto— Instituto Geofísico—EPN*. <https://www.igeppn.edu.ec/servicios/noticias/381-la-informalidad-en-la-construccion-es-el-mayor-riesgo-en-un-terremoto>