



**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS  
CUBIERTAS DE INMUEBLES PATRIMONIALES DEL  
CENTRO HISTÓRICO DE QUITO ANTE LA CAÍDA DE  
CENIZAS DEL VOLCÁN PICHINCHA, 2024**

**Paula Denise Burbano Rojas**

Burbano, P. (2024).

Evaluación de la vulnerabilidad de las cubiertas de inmuebles patrimoniales del centro histórico de Quito ante la caída de cenizas del volcán Pichincha, 2024.

Universidad Tecnológica Indomérica - Quito



**Universidad  
Indoamérica**

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

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS CUBIERTAS DE INMUEBLES  
PATRIMONIALES DEL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO ANTE LA CAÍDA DE  
CENIZAS DEL VOLCÁN PICHINCHA ,2024**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de  
Arquitecto

Autor(a)

**Burbano Rojas Paula Denise**

Tutor(a)

Arq. Frank Bernal

**QUITO - ECUADOR  
2024**

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

Yo, BURBANO ROJAS PAULA DENISE, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS CUBIERTAS DE INMUEBLES PATRIMONIALES DEL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO ANTE LA CAÍDA DE CENIZAS DEL VOLCÁN PICHINCHA, 2024”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorico 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 29 días del mes de Enero de 2024, firmo conforme:



.....  
BURBANO ROJAS PAULA DENISE

C.I. 0401698741

Dirección: Calle Alfredo Carpio y Av. de los Pinos, La Kennedy

Correo: pauladbr30@gmail.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, 29 de enero de 2024



.....  
BURBANO ROJAS PAULA DENISE  
C.I. 0401698741

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS CUBIERTAS DE INMUEBLES PATRIMONIALES DEL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO ANTE LA CAÍDA DE CENIZAS DEL VOLCÁN PICHINCHA, 2024” presentado por BURBANO ROJAS PAULA DENISE 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, 29 de mes de 2024

.....  
FRANK YLIHE BERNAL TURIÑO  
C.I. 1756895171

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS CUBIERTAS DE INMUEBLES PATRIMONIALES DEL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO ANTE LA CAÍDA DE CENIZAS DEL VOLCÁN PICHINCHA, 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, 29 de enero de 2021

.....  
Ing. Ponce Tamayo Jorge  
C.I. 1757008436

.....  
Arq. Castro Ruiz Juan José  
C.I. 1719954354

## DEDICATORIA

En este momento trascendental de mi vida, quiero expresar mi profunda gratitud hacia mi madre, mi fuente inagotable de inspiración y apoyo. Tú has sido mi roca, mi guía y mi luz a lo largo de este arduo viaje académico.

Gracias por tus sacrificios silenciosos y tu inquebrantable fé en mis capacidades. Tus palabras alentadoras y tus abrazos reconfortantes han sido mi impulso en los momentos de duda y fatiga.

Hoy, al culminar esta etapa, quiero dedicarte este logro. Tu ejemplo de perseverancia y sacrificio ha sido mi mayor motivación para alcanzar mis metas.

Madre, este logro es tanto tuyo como mío. Tu amor incondicional ha sido el motor que me ha impulsado a superar obstáculos y a alcanzar nuevas alturas.

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al profesor Frank Bernal, cuya dedicación, sabiduría y guía han sido fundamentales en la realización de este trabajo. Su profundo conocimiento del campo de la arquitectura, combinado con su pasión por enseñar y cada interacción con él es una oportunidad para aprender y crecer, tanto a nivel profesional como personal.

Agradezco profundamente su tiempo, su dedicación y su apoyo incondicional a lo largo de este camino. Este logro no habría sido posible sin su invaluable contribución y orientación.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

# **EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD DE LAS CUBIERTAS DE INMUEBLES PATRIMONIALES DEL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO ANTE LA CAIDA DE CENIZAS DEL VOLCÁN PICHINCHA, 2024**

El trabajo de investigación que se presenta a continuación se centra en evaluar la vulnerabilidad de las cubiertas de los inmuebles patrimoniales del Centro Histórico de Quito, ante la caída de ceniza del volcán Pichincha, dada la importancia de preservar el patrimonio arquitectónico en esta zona, considerada como un sitio de gran valor cultural e histórico. Este trabajo parte de una investigación anterior titulada “Valoración de la eficacia de los planes de contingencia ante erupciones volcánicas para edificios patrimoniales en el centro de Quito” que determina las probabilidades de caída de cenizas volcánicas en las áreas del Centro Histórico de Quito y evalúa la eficiencia de los planes de contingencia ante este tipo de fenómenos naturales.

La investigación se divide en tres etapas: Conocimiento Previo, donde se analizan estos fenómenos naturales a nivel macro, meso y micro, enfatizando su impacto en las edificaciones. Esto para proporcionar los conceptos y el contexto necesario para entender los riesgos a los que se exponen los inmuebles patrimoniales del centro histórico urbano de la ciudad de Quito. Una segunda etapa: Aplicación metodológica, donde se explica el tipo de metodología aplicada en el trabajo, de enfoque mixto y se investigan datos técnicos de los inmuebles casos de estudios, se realizan entrevistas a expertos, y se definen los indicadores a emplear en la evaluación de vulnerabilidad. La tercera etapa: Difusión de resultados, está enfocada en aplicación de la metodología de evaluación de vulnerabilidades basada en indicadores y se calcula el índice de vulnerabilidad en los inmuebles analizados.

Este estudio no solo contribuye al conocimiento científico sobre la preservación del patrimonio arquitectónico en áreas históricas amenazadas por fenómenos naturales, sino que también ofrece herramientas prácticas para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones ante este tipo peligros naturales y tomar las acciones pertinentes para evitar su deterioro.

**DESCRIPTORES:** Patrimonio, centro histórico, ceniza volcánica, vulnerabilidad

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF THE VULNERABILITY OF THE ROOFS OF HERITAGE BUILDINGS IN THE HISTORIC CENTER OF QUITO TO THE FALL OF ASH FROM THE PICHINCHA VOLCANO, 2024**

The research work presented below focuses on evaluating the vulnerability of the roofs of the heritage buildings in the Historic Center of Quito, to the fall of ash from the Pichincha volcano, given the importance of preserving the architectural heritage in this area, considered as a site of great cultural and historical value. This work is based on a previous one titled "Assessment of the effectiveness of contingency plans against volcanic eruptions for heritage buildings in the center of Quito" which determines the probabilities of volcanic ash fall in the areas of the Historic Center of Quito and evaluates the efficiency of contingency plans for this type of natural phenomena.

The research is divided into three stages: Prior Knowledge, where these natural phenomena are analyzed at the macro, meso and micro level, emphasizing their impact on buildings. This is to provide the concepts and the necessary context to understand the risks to which heritage buildings in the historic urban center of the city of Quito are exposed. A second stage: Methodological application, where the type of methodology applied in the work is explained, a mixed approach and technical data of the case study buildings are investigated, interviews with experts are conducted, and the indicators to be used in the vulnerability assessment are defined. The third stage: Dissemination of results, is focused on the application of the vulnerability assessment methodology based on indicators and the calculation of the vulnerability index in the analyzed properties.

This study not only contributes to scientific knowledge on the preservation of architectural heritage in historic areas threatened by natural phenomena, but also offers practical tools to assess the vulnerability of buildings to this type of natural hazards and to take appropriate actions to prevent their deterioration.

**KEYWORDS:** Heritage, historic center, volcanic ash, vulnerability



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	4
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	5
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	5
APROBACIÓN TRIBUNAL .....	6
DEDICATORIA .....	7
AGRADECIMIENTO .....	7
RESUMEN EJECUTIVO .....	8
ABSTRACT .....	9
<b>ETAPA 1. Conocimiento previo .....</b>	<b>19</b>
1. Conocimiento previo .....	21
1.1 Introducción .....	21
1.2 América Latina: Riesgos Volcánicos Y Centro Histórico Edificado .....	21
1.2.1. Colima, México.....	22
1.3 ECUADOR: patrimonio entre volcanes .....	23
1.3.1. Volcán Tungurahua, erupción 2006 .....	24
1.4 QUITO: Centro Histórico bajo amenaza .....	26
1.4.1. Centro Histórico y sus amenazas volcánicas .....	27
2. Fundamentación Teórica.....	31
2.1 Marco Conceptual .....	32
2.1.1. Patrimonio .....	32
El patrimonio cultural tangible o intangible.....	32
El patrimonio cultural intangible.....	32
El patrimonio inmueble .....	33
El patrimonio mueble .....	33
El inventario Patrimonial .....	33
Tipos de Inventario.....	34

Tipos de Fichas . . . . .	34
2.1.2. Gestión de riesgos en patrimonios . . . . .	34
Tipos de Amenazas Naturales . . . . .	34
Gestión de Riesgos . . . . .	35
Flujo piroclástico . . . . .	36
Tipos de cubiertas . . . . .	36
Vulnerabilidades físicas en cubiertas . . . . .	37
Planes de contingencia . . . . .	37
Estrategias de afrontamiento . . . . .	38
2.2 Estado del Arte . . . . .	38
2.2.1. Investigación, caída de ceniza del volcán Galera . . . . .	38
2.2.2. Investigación, caída de ceniza del volcán Galera Daños en edificios causados por la erupción del Monte Pinatubo del 15 de junio de 1991 . . . . .	39
<b>ETAPA 2. Aplicación metodológica . . . . .</b>	<b>43</b>
3. Materiales y métodos . . . . .	45
3.1 Metodología de trabajo . . . . .	45
3.1.1. Fase 1 Identificación de inmuebles patrimoniales . . . . .	46
3.1.2. Fase 2 Construcción De Indicadores De Vulnerabilidad En Edificaciones Frente A Caída De Ceniza . . . . .	46
3.1.3. Fase 3 Aplicación De Indicadores En Inmuebles Patrimoniales . . . . .	46
3.1.4. Fase 4 Discusión E Interpretación De Resultados . . . . .	47
<b>ETAPA 3. Difusión de resultados . . . . .</b>	<b>53</b>
4. Difusión de resultados. . . . .	55
4.1 Fase 1 Identificación De Inmuebles Patrimoniales . . . . .	55
4.2 Fase 2 Construcción De Indicadores De Vulnerabilidad En Edificaciones Frente A Caída De Ceniza . . . . .	60
4.3 Fase 3 Aplicación De Indicadores En Inmuebles Patrimoniales . . . . .	61
4.3.1. Tipo de cubierta . . . . .	61
4.3.2. Grado de inclinación . . . . .	62

4.3.3. Materiales. . . . .	62
4.3.4. Mayor área de cubierta . . . . .	63
4.3.5. Estado técnico . . . . .	63
4.3.6. Área de mayor riesgo. . . . .	63
4.4 Fase 4 Discusión E Interpretación De Resultados . . . . .	66
4.4.1. Ex Penal García Moreno . . . . .	66
4.4.1.1. Cálculo de daño. . . . .	66
4.4.1.2. Desarrollo . . . . .	67
4.4.1.3. Índice de vulnerabilidad ( Iv ). . . . .	67
4.4.1.4. Rangos de daño. . . . .	67
4.4.1.5. Rango de vulnerabilidad asignado. . . . .	67
4.4.1.6. Conclusión . . . . .	67
4.4.2. Centro Popular de Artes y Oficios. . . . .	68
4.4.2.1. Cálculo de daño. . . . .	68
4.4.2.2. Desarrollo . . . . .	69
4.4.2.3. Índice de vulnerabilidad ( Iv ). . . . .	69
4.4.2.4. Rangos de daño. . . . .	69
4.4.2.5. Rango de vulnerabilidad asignado. . . . .	69
4.4.2.6. Conclusión . . . . .	69
5. Reflexiones finales. . . . .	72
6. Recomendaciones . . . . .	73
7. Referentes Bibliográficos. . . . .	74
8. Anexos . . . . .	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temas a estudiar . . . . .	31
Tabla 2. Relación de la amenaza volcánica natural y las derivadas de la actividad humana. . .	35
Tabla 3. Nomenclatura de los Sistemas Estructurales que considera HAZUS 99 . . . . .	36
Tabla 4. Viviendas afectadas según tipo de cubierta . . . . .	39
Tabla 5. Comparación metodológica entre investigaciones referentes . . . . .	41
Tabla 6. Inmuebles Patrimoniales en mayor riesgo. . . . .	48
Tabla 7. Indicadores iniciales para la investigación . . . . .	49
Tabla 8. Indicadores aprobados tras el foro a expertos . . . . .	49
Tabla 9. Indicadores aprobados y su ponderación tras el foro a expertos . . . . .	50
Tabla 10. Tipo de cubierta vs resistencia . . . . .	50
Tabla 11. Tipo de cubierta a evaluar vs resistencia . . . . .	51
Tabla 12. Edificaciones existentes en la zona de mayor riesgo. . . . .	56
Tabla 13. Respuestas resumen del foro a expertos. . . . .	61
Tabla 14. Inmuebles estudiados y su área de cubierta . . . . .	63
Tabla 15. Comparación de Indicadores de cada Inmueble . . . . .	64
Tabla 16. Comparación de Indicadores entre los dos inmuebles a evaluar. . . . .	65
Tabla 17. Rangos de Daño en cubiertas . . . . .	67
Tabla 18. Rango de vulnerabilidad del Ex Penal García Moreno . . . . .	67
Tabla 19. Rangos de Daño en cubiertas . . . . .	69
Tabla 20. Rango de vulnerabilidad del Centro Popular de Artes y Oficios . . . . .	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de volcanes monitoreados en Latinoamérica . . . . .	21
Figura 2. Erupción provocada por el volcán de fuego en Colima, México. . . . .	22
Figura 3. Mapa con la distribución de volcanes activos en el Ecuador . . . . .	23
Figura 4. Evidencia de amenazas en inmuebles patrimoniales por erupciones volcánicas con porcentajes en el Ecuador. . . . .	24
Figura 5. Evidencia de afectaciones en cubiertas por caída de ceniza volcánica proveniente del volcán Tungurahua . . . . .	24
Figura 6. Evidencia de acumulación de ceniza volcánica del volcán Tungurahua en cubiertas, desde San Juan de Pillate . . . . .	25
Figura 7. Afectaciones provocadas por acumulación de ceniza volcánica proveniente del volcán Tungurahua con un espesor de 7cm acumulados en las cubiertas . . . . .	25
Figura 8. Erupción de 1660 del volcán Pichincha sobre la ciudad de Quito . . . . .	26
Figura 9. CHQ y su amenaza volcánica . . . . .	28
Figura 10. Tipologías de cubiertas en el Centro Histórico de Quito. . . . .	37
Figura 11. Principales componentes de un plan de gestión del riesgo de desastres . . . . .	38
Figura 12. Cuadro Conceptual para Desarrollo de la Metodología. . . . .	45
Figura 13. Mapa base para la Investigación . . . . .	47
Figura 14. Zona de mayor riesgo en el CHQ ante caída de ceniza volcánica . . . . .	55
Figura 15. Evidencia de la visita a inmuebles. . . . .	56
Figura 16. Visita al Ex Penal García Moreno . . . . .	56
Figura 17. Inmuebles Patrimoniales en mayor riesgo en el CHQ. . . . .	57
Figura 18. Cubierta Ex Penal García Moreno . . . . .	61
Figura 19. Cubierta del Centro Popular de Artes y Oficios . . . . .	62
Figura 20. Cubierta del Ex penal García Moreno . . . . .	62
Figura 21. Grado de Inclinación del Centro Popular de Artes y Oficios . . . . .	62
Figura 22. Cubierta del Ex penal García Moreno . . . . .	62
Figura 23. Cubierta del Edificio Administartivo del Ex penal García Moreno . . . . .	63
Figura 24. Mal estado técnico Inmueble Ex Penal García Moreno. . . . .	63
Figura 25. Zona de mayor riesgo en el CHQ. . . . .	63

Figura 26. Cubierta de losa del Ex Penal García Moreno ..... 65

Figura 27. Cubierta de teja del Centro de Artes y Oficios ..... 65

Figura 28. Inmuebles dentro de la zona a estudiar ..... 70

Figura 29. Porcentaje de Inmuebles Evaluados en la zona ..... 70

Figura 30. Inmuebles dentro de la zona a estudiar ..... 70

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica Convento Mercedario de el Tejar . . . . .	72
Anexo 2. Ficha técnica Hospedería Campesina y Capilla de San José de el Tejar . . . . .	73
Anexo 3. Ficha técnica Escuela Leopoldo N Chavez . . . . .	74
Anexo 4. Ficha técnica Escuela Leopoldo N Chavez . . . . .	75
Anexo 5. Ficha técnica Casa del Penalillo . . . . .	76
Anexo 6. Código QR. Fichas técnicas de los Inmuebles Patrimoniales . . . . .	77
Anexo 7. Código QR. Levantamiento fotográfico, visita a Inmuebles Patrimoniales . . . . .	78



## **ETAPA 1**

**Conocimiento previo**



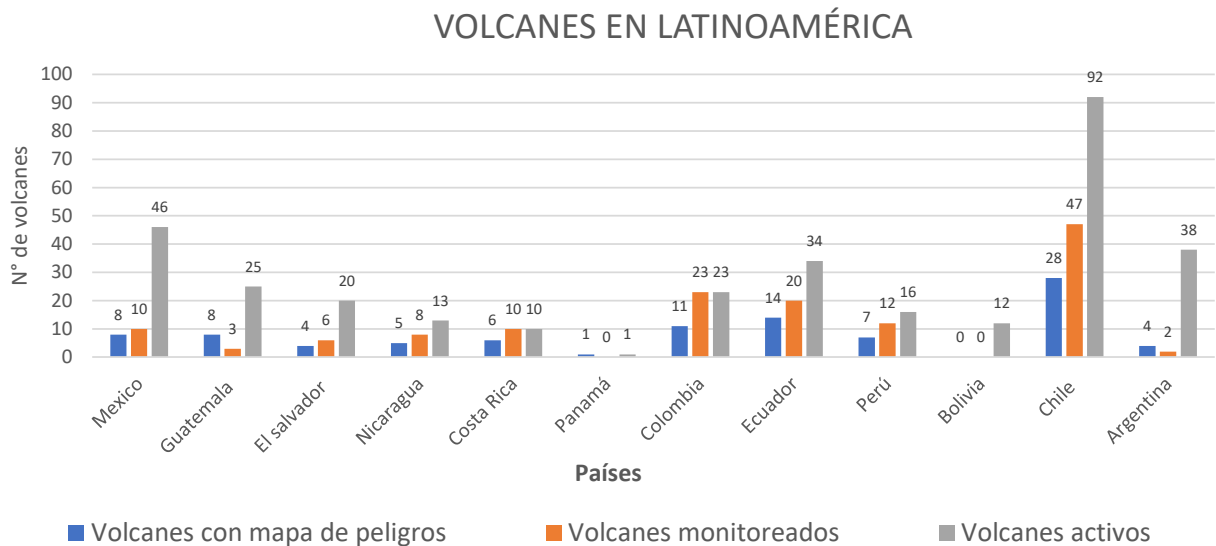
## Conocimiento previo

### 1.1 Introducción

Esta investigación abarca un estudio sobre el impacto que puede tener el fenómeno de caída de ceniza en los centros históricos, donde la historia se entrelaza con una arquitectura ancestral, y surge la necesidad de evaluar la vulnerabilidad de invaluables inmuebles patrimoniales ante caída de ceniza volcánica, explorando los riesgos que enfrentan las cubiertas de estas estructuras ante este tipo de eventos naturales.

### 1.2 América Latina: Riesgos volcánicos y centro histórico edificado

En América Latina, es muy común que los riesgos volcánicos representen una preocupación significativa para las comunidades que habitan en áreas cercanas a volcanes activos. Estos riesgos no solo afectan la seguridad y el bienestar de la población, sino también el patrimonio cultural y arquitectónico, especialmente en los centros históricos edificados (Sigurdsson, 1999).



**Figura 1.** Número de volcanes monitoreados en Latinoamérica  
**Fuente:** (Forte et al., 2021)

Los volcanes, con su impredecible actividad eruptiva, pueden desencadenar una serie de riesgos naturales, los cuales incluyen: flujos de lava, cenizas volcánicas, lahares y gases tóxicos (Felpeto et al., 2001). Estos eventos pueden causar daños estructurales a edificios históricos, poner en peligro la integridad de las infraestructuras urbanas y una amenaza a la vida de los residentes y visitantes (Lavigne & De Coster, 2010).

El desafío para las autoridades locales y los expertos en gestión de riesgos en América Latina radica en la implementación de medidas de prevención, preparación y mitigación que protejan tanto a las personas como al patrimonio cultural (Cardona et al., 2012).

Esto implica la elaboración de planes de emergencia, la creación de zonas de exclusión alrededor de los volcanes, el fortalecimiento de las estructuras vulnerables y la sensibilización pública sobre los riesgos volcánicos (Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, 2017).

Además, es fundamental considerar los métodos de construcción del centro histórico edificado frente a los riesgos naturales. Esto implica no solo la preservación de la arquitectura y la historia, sino también la adaptación de las estructuras y el entorno urbano para resistir y recuperarse de los impactos adversos de las erupciones volcánicas.

En resumen, los riesgos volcánicos y los centros históricos edificados en América Latina son un campo de estudios multidisciplinarios que requieren la colaboración entre científicos, urbanistas, arquitectos, autoridades gubernamentales y la comunidad para garantizar la seguridad y la sostenibilidad de nuestras ciudades ante la actividad volcánica.

### 1.2.1. Colima, México

La región de Colima, México, ha sido testigo de varias erupciones volcánicas a lo largo de su historia, siendo el Volcán de Colima uno de los más activos de América Latina (Gavilanes-Ruiz et al., 2012). Estas erupciones representan una amenaza constante para las comunidades que residen en sus cercanías y para el centro histórico edificado en la ciudad.

La actividad volcánica en el Volcán de Colima ha generado diversos riesgos naturales, incluyendo flujos piroclásticos, lahares, caída de ceniza y explosiones de gran magnitud (Suárez-Plascencia et al., 2008). Estos eventos pueden provocar daños estructurales en los edificios históricos y poner en riesgo la seguridad de los habitantes y visitantes del área.

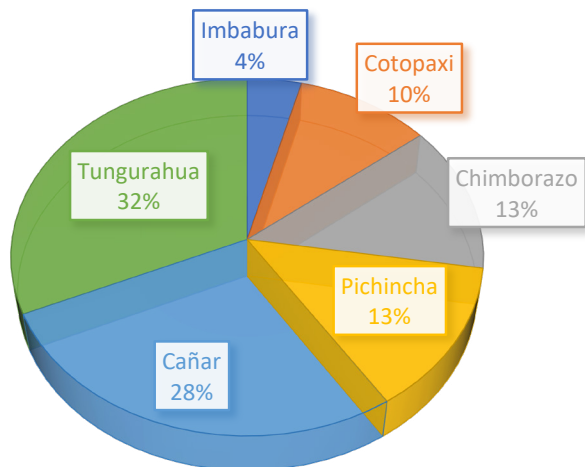


**Figura 2.** Erupción provocada por el volcán de fuego en Colima, México

**Fuente:** (Efeméride: Erupción Del Volcán Fuego de Colima, 2020)



## INMUEBLES PATRIMONIALES CON RIESGOS VOLCÁNICOS



**Figura 4.** Evidencia de amenazas en inmuebles patrimoniales por erupciones volcánicas con porcentajes en el Ecuador

**Fuente:** Autoría propia, 2023

La gestión de riesgos volcánicos en Ecuador es una tarea multidisciplinaria que involucra a varios sectores de la sociedad civil, gubernamental y científica. El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional se encarga de investigar, informar y prevenir sobre posibles riesgos que puede haber en el caso de una erupción volcánica.

### 1.3.1. Volcán Tungurahua, erupción 2006

La erupción del Volcán Tungurahua en el año 2006 que sucedió entre el 14 de Julio al 16 de agosto tuvo un impacto significativo en la historia reciente de Ecuador

y tuvo consecuencias importantes en las comunidades cercanas al volcán. Durante esta erupción, la expulsión de ceniza volcánica cubrió vastas áreas del paisaje ecuatoriano, incluyendo pueblos y ciudades aledañas al volcán.

La presencia de ceniza volcánica provocó graves daños en las estructuras de inmuebles en las zonas afectadas como en Cusúa y Bilbao. La acumulación de ceniza sobre techos, ventanas y estructuras exteriores generó un peso adicional sobre los edificios, comprometiendo su estabilidad y resistencia (Molina et al., 2012). Además, la infiltración de ceniza en sistemas de drenaje y techos causó obstrucciones y filtraciones, aumentando el riesgo de daños estructurales y colapsos parciales (Vargas et al., 2009).



**Figura 5.** Evidencia de afectaciones en cubiertas por caída de ceniza volcánica proveniente del volcán Tungurahua  
**Fuente:** Instituto geofísico (EPN), 2023



**Figura 6.** Evidencia de acumulación de ceniza volcánica del volcán Tungurahua en cubiertas, desde San Juan de Pillate

**Fuente:** Instituto geofísico (EPN),2023

Los efectos de la erupción del Tungurahua en 2006 no solo se limitaron a los daños físicos en las estructuras de los inmuebles, y se registró la muerte de seis personas. En general hubo consecuencias socioeconómicas y psicológicas para las comunidades afectadas. La pérdida de vidas humanas, viviendas, servicios básicos y la sensación de inseguridad generaron un impacto duradero en la calidad de vida de las personas (León-Velarde et al., 2015).



**Figura 7.** Afectaciones provocadas por acumulación de ceniza volcánica proveniente del volcán Tungurahua con un espesor de 7cm acumulados en las cubiertas

**Fuente:** Instituto geofísico (EPN),2023

La gestión de los riesgos volcánicos y la mitigación de los impactos de las erupciones son aspectos cruciales para proteger la seguridad y el bienestar de las comunidades expuestas a la actividad volcánica. La implementación de sistemas de alerta temprana, la planificación urbana resiliente y la educación pública sobre medidas de preparación son estrategias fundamentales para reducir la vulnerabilidad de las estructuras de inmuebles y la población en general ante eventos volcánicos futuros (Molina & García, 2017).

En resumen, la erupción del Volcán Tungurahua en 2006 dejó una profunda huella en las comunidades afectadas, y en las estructuras de los inmuebles destacando la importancia de la preparación y la respuesta efectiva ante los riesgos volcánicos en Ecuador.

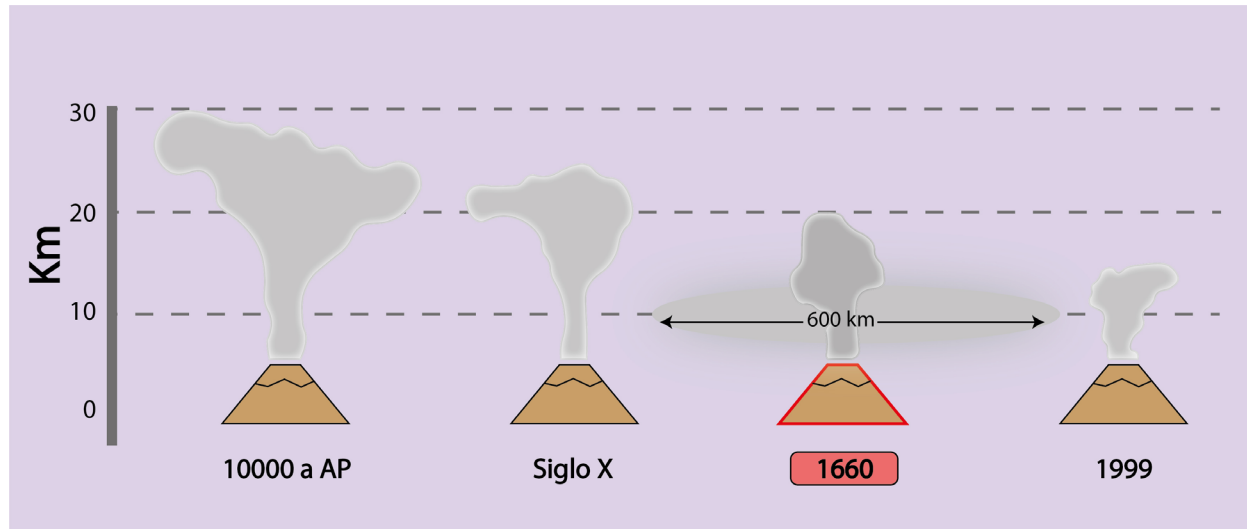
## 1.4 QUITO: Centro Histórico bajo amenaza

La ciudad de Quito, capital de Ecuador y declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, se encuentra bajo la constante amenaza de la ceniza volcánica proveniente del cercano volcán Pichincha. Ubicado a las afueras de la ciudad, el volcán Pichincha ha mostrado actividad eruptiva en el pasado, generando preocupación por la seguridad y preservación del centro histórico de Quito.

Esta ciudad, reconocida por su magnífico centro histórico, enfrenta una constante amenaza por la actividad volcánica del cercano volcán Pichincha. La erupción más notable que afectó la ciudad ocurrió en 1660, dejando una huella indeleble en la memoria histórica y arquitectónica de Quito.

Durante la erupción de 1660, el volcán Pichincha arrojó una gran cantidad de ceniza volcánica que cubrió extensas áreas de la ciudad, incluyendo su centro histórico. Esta ceniza, al acumularse sobre los techos, calles y edificaciones coloniales, causó daños significativos en la infraestructura urbana y en el patrimonio arquitectónico de la ciudad (Pérez & Gutiérrez, 2008).

Los registros históricos y crónicas de la época documentan los estragos causados por la erupción de 1660 en el centro histórico de Quito. Se evidencia que la ceniza en esta ocasión tuvo una dispersión de 600 km o más. Se relatan escenas de destrucción, desplazamiento de la población y esfuerzos de limpieza y reconstrucción en medio de la devastación provocada por la ceniza volcánica (López & Martínez, 2015).



**Figura 8.** Erupción de 1660 del volcán Pichincha sobre la ciudad de Quito

**Fuente:** Instituto geofísico, EPN.2000

La erupción de 1660 sirve como recordatorio del constante riesgo que enfrenta el centro histórico de Quito debido a la actividad del volcán Pichincha. Esta evidencia histórica subraya la importancia de la preparación y la planificación urbana para mitigar los impactos de futuras erupciones volcánicas en la ciudad (Herrera & Sánchez, 2019).

En conclusión, la erupción de 1660 del volcán Pichincha dejó una marca indeleble en la historia de Quito, destacando la vulnerabilidad del centro histórico ante la amenaza constante de la ceniza volcánica.

#### **1.4.1. Centro Histórico y sus amenazas volcánicas**

El Centro Histórico de Quito, capital de Ecuador y declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1978, se ubica en medio de la cordillera de los Andes. Sin embargo, este sector reconocido por su gran arquitectura no está exenta de peligros, especialmente por su proximidad al volcán Pichincha, una imponente montaña que está ubicada al oeste de la ciudad.

El volcán Pichincha ha sido una presencia constante en la historia de Quito, con su última erupción significativa registrada el 7 de octubre de 1999. Sin embargo, su actividad volcánica representa una amenaza latente para el Centro Histórico y sus habitantes. Las erupciones pasadas han generado flujos piroclásticos, lahares y lluvias de ceniza que podrían afectar gravemente las estructuras históricas y la vida cotidiana en el centro urbano (Gómez & Pérez, 2018).

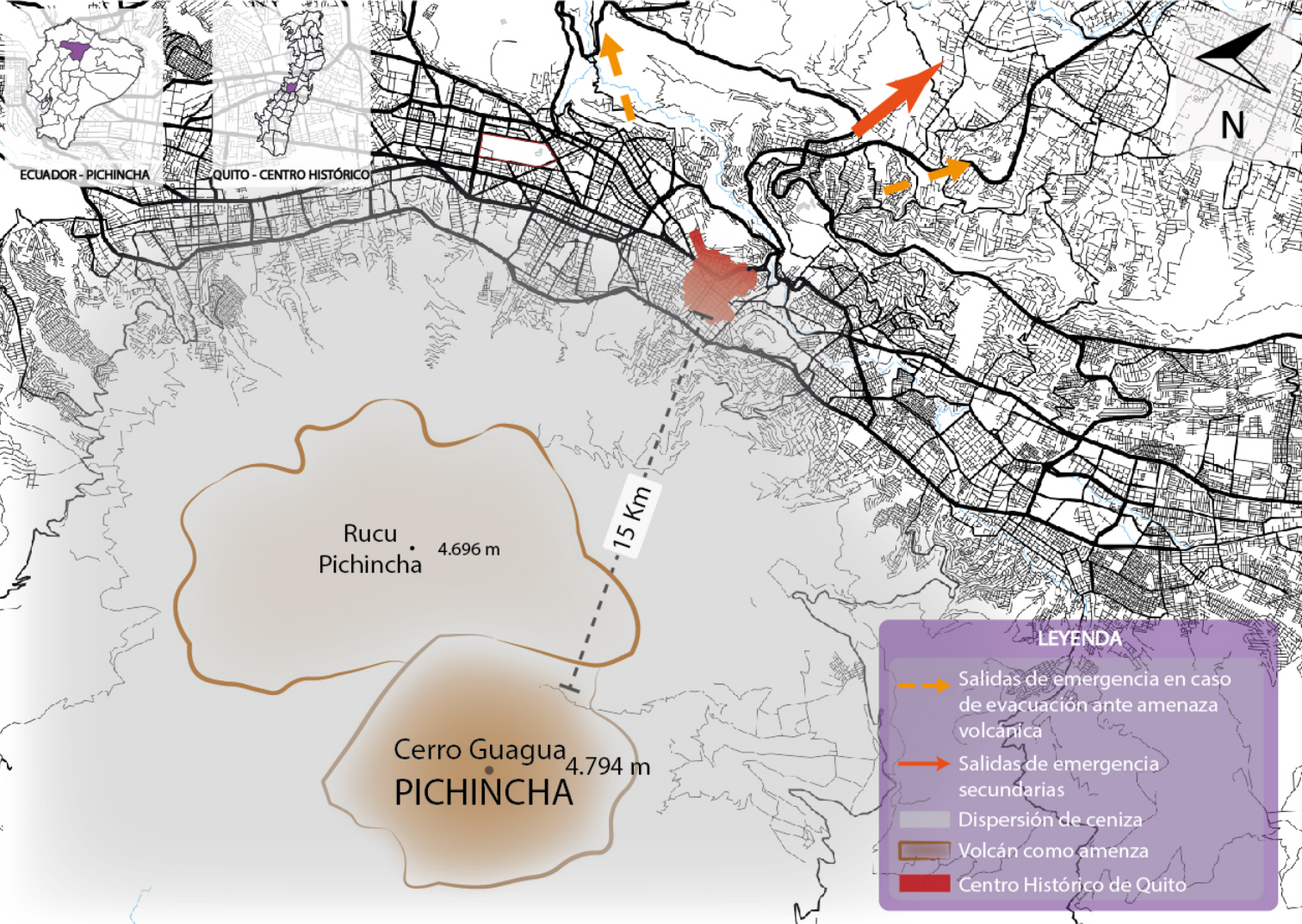
La gestión del riesgo volcánico en Quito es un desafío constante para las autoridades locales y los expertos en

geociencias. La clave para proteger el Centro Histórico radica en la comprensión profunda de la actividad volcánica del Pichincha y la implementación de medidas preventivas y de respuesta efectivas.

El monitoreo continuo del volcán es esencial para detectar signos tempranos de actividad y emitir alertas a la población. La instalación de sismógrafos, estaciones de monitoreo de gases y observatorios volcánicos en las laderas del Pichincha proporciona datos valiosos para evaluar el nivel de riesgo y tomar decisiones informadas (Martínez & Rodríguez, 2019).

Además del monitoreo, la planificación de emergencia y la educación pública son pilares fundamentales en la gestión del riesgo volcánico. Los simulacros de evacuación, la divulgación de mapas de zonas de peligro y la capacitación de la población sobre los protocolos de seguridad son medidas vitales para preparar a la comunidad ante una posible erupción (López & Sánchez, 2020).

El desafío reside en equilibrar la conservación del patrimonio cultural con la seguridad de sus habitantes. La vulnerabilidad del Centro Histórico ante las amenazas volcánicas es innegable, pero la conciencia pública y la acción coordinada pueden mitigar significativamente los riesgos y proteger este tesoro cultural para las generaciones venideras.



**Figura 9.** CHQ y su amenaza volcánica

**Fuente:** Autoría Propia, 2024

Si este volcán vuelve a expulsar ceniza, su caída provocará un aumento de peso en los techos y cubiertas de estos inmuebles generando un colapso de los techos más vulnerables. Evidenciando estos eventos anteriores, esta investigación llega a tener una fuerte importancia

para poder prevenir afectaciones generadas por este volcán cercano al centro histórico de Quito en el que se encuentran varios Patrimonios Inmuebles (D'Ercole et al., 2009)

Esta investigación, que valora la eficacia de los planes de contingencia ante erupciones volcánicas, permitirá evitar los riesgos de amenazas de ceniza en el Centro Histórico de Quito para salvaguardar el patrimonio inmueble y tomar medidas que permitan que los inmuebles no sufran afectaciones estructurales durante la caída de ceniza (Ponce et al., 2022).

Esto debido a que Quito es una ciudad que se encuentra rodeada de volcanes y su centro histórico y patrimonios inmuebles se encuentran expuestos a fenómenos naturales como en este caso la ceniza volcánica tras una futura explosión provocada por el volcán Pichincha (Herrera, 2000).

Es importante preservar y salvaguardar el valioso patrimonio arquitectónico de esta histórica ciudad. Hay una alta probabilidad se produzcan desastres naturales de esta magnitud, y por ello conviene hacer planes de contingencia para hacerles frente. Al abordar específicamente la amenaza de la caída de ceniza, el estudio ofrece una comprensión detallada de los riesgos potenciales que enfrentan las cubiertas de los inmuebles. Los resultados de la evaluación no solo permiten identificar áreas críticas y vulnerables, sino que también proporcionan resultados valiosos para la preparación de diferentes medidas de mitigación.

En esta investigación el objetivo es evaluar la vulnerabilidad en las cubiertas de los inmuebles patrimoniales del centro del histórico, mediante un estudio con la herramienta del SIPCE, observación visual, levantamiento fotográfico y fichas técnicas, ante un posible evento volcánico que genere caída de ceniza producida por volcán Pichincha en el Centro Histórico de Quito.

Analizar los inmuebles con mayor valor patrimonial del Centro Histórico de Quito dentro de la zona con mayor riesgo de caída de ceniza, mediante un levantamiento visual, fichas técnicas de los inmuebles y uso de la plataforma SIPCE para seleccionar los inmuebles.

Examinar las edificaciones seleccionadas atendiendo a: que se encuentren dentro de zona de mayor riesgo, tipologías de cubierta, mayor área de cubierta, valor patrimonial y estado técnico mediante un análisis comparativo para determinar cuáles de estos llegan a ser más vulnerables.

Elaborar lineamientos para la evaluación mediante el análisis de los resultados obtenidos que permitan la protección de los inmuebles vulnerables a este fenómeno en el CHQ.

El objetivo de esta Investigación es evaluar la vulnerabilidad en las cubiertas de los inmuebles patrimoniales del centro del histórico, mediante un estudio con la herramienta del SIPCE, observación visual, levantamiento fotográfico y fichas técnicas, ante la caída de ceniza producida por una posible erupción del volcán Pichincha en Centro Histórico de Quito.

Analizar los inmuebles con mayor valor patrimonial del Centro Histórico de Quito dentro de la zona con mayor riesgo de caída de ceniza, mediante un levantamiento visual, fichas técnicas de los inmuebles y uso de la plataforma SIPCE para seleccionar los inmuebles.

Examinar las edificaciones seleccionadas atendiendo a: que se encuentren dentro de zona de mayor riesgo, tipologías de cubierta, mayor área de cubierta, valor patrimonial y estado técnico mediante un análisis comparativo para determinar cuáles de estos llegan a ser más vulnerables.

Elaborar lineamientos para la evaluación mediante el análisis de los resultados obtenidos que permitan la protección de los inmuebles vulnerables a este fenómeno en el CHQ.



TEMAS	SUBTEMAS	CONTENIDO	AUTOR	AÑO
PATRIMONIO	Concepto	Concepto	García & Pérez Martínez & Gómez	2017 2018
	Tipos	Inmueble, Mueble, Intangible	Martínez & Rodríguez López & Sánchez Gómez & Pérez	2018 2019
	Inventario Patrimonial	Importancia, Tipos, Instrumentos, Tipos de Fichas	García & Pérez Bossio Silvia	2008 2019
GESTIÓN DE RIESGOS EN PATRIMONIOS	Amenazas Naturales	Concepto Tipos	García & Rodríguez	2018
	Riesgos	Flujos piroclásticos Daños provocados por la ceniza	López & Martínez Hernández & Pérez López & Sánchez	2019 2020
	Vulnerabilidades en Edificaciones	Tipos de cubiertas Vulnerabilidad física de cubiertas	Ruales Jairo Gómez Diego Ponce Patricia Torres Roberto	2017
	Planes de contingencia	Estrategias de afrontamiento	Martínez & Rodríguez López & Sánchez	2018 2020
REFERENTES	La vulnerabilidad física de cubiertas ante caída de ceniza del volcán Galeras	Análisis Metodología Evaluación conclusiones	Ruales Jairo	2009
	Daños en edificios causados por la erupción del Monte Pinatubo del 15 de junio de 1991	Análisis Metodología Evaluación conclusiones	Robin Spence Antonios Pomonis Peter Baxter Andrew Coburn Mark White Manuel Dayrit	2022

**Tabla 1.** Temas a estudiar

**Fuente:** Autoría Propia, 2023

## 2.1 Marco Conceptual

### 2.1.1. Patrimonio

El patrimonio se refiere al conjunto de bienes culturales, naturales e históricos que posee una sociedad y que son heredados de generación en generación. Estos bienes representan la identidad, la historia y la memoria colectiva de una comunidad o nación (García & Pérez, 2017).

Existen varios tipos de patrimonio, cada uno con características y valores específicos. El patrimonio cultural incluye monumentos, sitios arqueológicos, obras de arte, tradiciones, expresiones culturales y documentos históricos que tienen un significado cultural y artístico para una sociedad (Martínez & Gómez, 2018).

En resumen, el patrimonio en sus diversas manifestaciones es un legado invaluable que enriquece la identidad cultural y la diversidad del mundo, y su preservación y promoción son responsabilidades compartidas por toda la sociedad.

### El patrimonio cultural tangible o intangible

El patrimonio cultural tangible comprende objetos físicos, monumentos y sitios arqueológicos que reflejan la historia y la cultura de una comunidad. Por otro lado, el patrimonio cultural intangible incluye expresiones artísticas, tradiciones orales, música, danzas y rituales que transmiten el conocimiento y los valores de generación en generación (Gómez & Rodríguez, 2017). Ambos tipos de patrimonio son muy fundamentales para el desarrollo de una identidad cultural y el sentido de pertenencia de

una sociedad, y la preservación de estos para la salvaguardar de la diversidad cultural y el enriquecimiento de las futuras generaciones (Martínez & López, 2018).

La conservación y protección del patrimonio cultural tangible es crucial para preservar la memoria colectiva y promover el entendimiento intercultural. La UNESCO, a través de su Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, ha desempeñado un papel fundamental en la identificación y preservación de sitios y monumentos de valor universal excepcional, como el Taj Mahal en India y la Gran Muralla China.

### El patrimonio cultural intangible

El patrimonio cultural intangible, por otro lado, se refiere a las prácticas, representaciones, expresiones, conocimientos y habilidades transmitidas entre generaciones dentro de una comunidad en particular. Según García (2019), el folclore, las tradiciones culinarias, las artes escénicas y los rituales religiosos son ejemplos de este tipo de patrimonio.

A diferencia del patrimonio tangible, el patrimonio cultural intangible es dinámico y se encuentra en constante evolución, reflejando la diversidad cultural y la adaptación a los cambios sociales. La UNESCO, a través de su Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad, reconoce y promueve la diversidad cultural y la importancia de salvaguardar las prácticas y conocimientos tradicionales de las comunidades en todo el mundo.

## El patrimonio inmueble

El patrimonio inmueble comprende un conjunto de edificaciones, estructuras y espacios que poseen un valor cultural, histórico, arquitectónico o simbólico para una comunidad o sociedad. Estas construcciones, que abarcan desde palacios y iglesias hasta casas antiguas y plazas históricas, son testigos vivos del pasado y elementos fundamentales de la identidad cultural de un lugar (Gómez & Pérez, 2018).

La conservación y preservación del patrimonio inmueble son aspectos cruciales para mantener viva la memoria colectiva y transmitirla a las generaciones futuras. Los esfuerzos de restauración, rehabilitación y mantenimiento de estos edificios históricos son indispensables para proteger su integridad y autenticidad (Martínez & Rodríguez, 2019).

Los sitios del patrimonio inmueble son también motores importantes para el turismo cultural y el desarrollo económico local. La valoración y promoción de estos lugares históricos no solo contribuyen a la revitalización de las áreas urbanas, sino que también fomentan el orgullo y la identidad de las comunidades locales (López & Sánchez, 2020).

Sin embargo, el patrimonio inmueble enfrenta numerosas amenazas, como el deterioro natural, la urbanización no planificada, los desastres naturales y la falta de conciencia sobre su valor histórico y cultural. Es necesario implementar políticas de protección, incentivos fiscales y programas de educación pública para salvaguardar estos tesoros arquitectónicos (Hernández & Gómez, 2021).

En conclusión, el patrimonio inmueble es un legado invaluable que enriquece la identidad y la historia de una

comunidad. Su conservación y gestión responsables son imperativos para garantizar su permanencia y disfrute por las generaciones venideras.

## El patrimonio mueble

El patrimonio mueble constituye una parte invaluable del legado cultural de una sociedad, abarcando una amplia gama de objetos y artefactos que reflejan la historia, la identidad y las tradiciones de una comunidad. Estos elementos incluyen obras de arte, esculturas, muebles antiguos, textiles, instrumentos musicales, documentos históricos, entre otros (Gómez & Pérez, 2017).

La preservación del patrimonio mueble es fundamental para conservar la memoria colectiva y transmitir el conocimiento a las generaciones futuras. Los museos, archivos históricos y colecciones privadas juegan un papel crucial en la salvaguarda y exhibición de estos objetos, proporcionando un espacio para su estudio, apreciación y difusión pública (Martínez & Rodríguez, 2018).

La conservación del patrimonio mueble implica una serie de técnicas especializadas, como la restauración, la catalogación, la investigación histórica y la gestión de riesgos. Es importante garantizar condiciones adecuadas de almacenamiento, manipulación y exhibición para prevenir daños y asegurar la integridad de los objetos a lo largo del tiempo (López & Sánchez, 2019).

## El inventario Patrimonial

El inventario patrimonial en Ecuador es un proceso crucial para identificar, catalogar y proteger los bienes

culturales y naturales del país. Este inventario se realiza a través de metodologías específicas que permiten recopilar información detallada sobre los diferentes tipos de patrimonio. Entre los tipos de inventario más comunes se encuentran el inventario arqueológico, que registra sitios y vestigios prehispánicos; el inventario arquitectónico, que documenta edificaciones históricas y urbanas; y el inventario natural, que identifica áreas protegidas, ecosistemas y especies en peligro (García & Pérez, 2019).

## Tipos de Inventario

Según Bossio Silvia (2008), hay varios tipos de inventarios, cada uno dependiendo de las necesidades del proyecto:

**Inventario global:** Reconoce los datos que se recopilan de carácter general y permiten dar un panorama del caso de estudio, para luego darles un uso específico.

**Inventario de protección:** Delimita la información relevante y precisa, para un uso determinado.

**Inventario detallado:** Es una investigación que se realiza para conocer los bienes estudiados históricamente; por su uso o las características técnicas.

**Inventario de emergencia:** Se usa en el posible caso de una catástrofe para conocer de una forma inmediata su estado y las medidas a tomar.

## Tipos de Fichas

Bossio Silvia, (2008), también propone tipos de fichas

que puedan ser diseñadas y utilizadas, dependiendo del caso y el objetivo que se quiera cumplir. Estos están divididos en:

**Ficha tipológica:** Son estudios tipológicos que permiten la verificación de datos dentro de ellos. Se pueden agregar imágenes, y datos de diferente relevancia.

**Ficha de áreas urbanas:** Dentro de esta ficha se requiere una mayor cobertura tratándose de una investigación más amplia.

**Ficha de reseña histórica:** Se ingresa información de tipo histórico sobre el inmueble y sus autores tratando de buscar valores históricos.

## 2.1.2. Gestión de riesgos en patrimonios

### Tipos de Amenazas Naturales

Las amenazas naturales representan eventos o fenómenos que tienen el potencial de causar daños significativos a la vida, la propiedad y el medio ambiente. Entre los principales tipos de amenazas naturales se encuentran los terremotos, las erupciones volcánicas, los huracanes, las inundaciones, los deslizamientos de tierra y las sequías (Martínez & Gómez, 2016).

Los terremotos son sacudidas repentinas y violentas de la corteza terrestre que pueden provocar colapsos de edificios, daños estructurales y tsunamis en áreas costeras. Las erupciones volcánicas, por su parte, liberan magma, ceniza y gases tóxicos, afectando las zonas cercanas al volcán y generando riesgos para la salud y la seguridad pública (García & Rodríguez, 2018).

Los huracanes son ciclones tropicales caracterizados por vientos de alta velocidad y fuertes lluvias, que pueden causar inundaciones, destrucción de infraestructuras y pérdidas humanas. Las inundaciones, ya sean provocadas por lluvias intensas, desbordamiento de ríos o marejadas ciclónicas, representan una amenaza significativa para las zonas urbanas y rurales (López & Pérez, 2020).

La comprensión de los tipos de amenazas naturales y sus efectos potenciales es fundamental para la planificación y la gestión del riesgo de desastres. La identificación de vulnerabilidades y la adopción de medidas de prevención, preparación y respuesta son clave para reducir el impacto de estos eventos en la sociedad y el medio ambiente.

Las amenazas naturales volcánicas son fenómenos geológicos que representan un riesgo significativo para las poblaciones cercanas a volcanes activos. Estas amenazas incluyen erupciones explosivas, flujos piroclásticos, lahares, lluvias de ceniza y gases volcánicos, entre otros (Gómez & Rodríguez, 2017).

Las unidades especializadas del MCYP y el INPC en el tema de gestión de riesgos, han elaborado los siguientes instrumentos para la protección de bienes patrimoniales en caso de desastres naturales: Guía de medidas preventivas para los bienes culturales patrimoniales ante la amenaza sísmica. Guía de medidas preventivas para los bienes patrimoniales ante las erupciones volcánicas. Guía de medidas preventivas para la seguridad y la protección de los bienes culturales patrimoniales (Plan de Gestión Del Riesgo de Desastres Del Centro Histórico de Quito, 2017).

Amenaza	Natural	Derivada de la actividad humana	Indirecta/ Secundaria
Volcánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Flujo de lava</li> <li>•Flujo piroclástico</li> <li>•Caída de ceniza y bloques</li> <li>• Gases</li> </ul>	Derivada de la minería (por ejemplo, volcán de lodo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Lahar (colada de lodo)</li> <li>• Deslizamiento de tierras</li> <li>•Tsunami</li> <li>• Incendio</li> </ul>

**Tabla 2.** Relación de la amenaza volcánica natural y las derivadas de la actividad humana.

**Fuente:** (Plan de Gestión Del Riesgo de Desastres Del Centro Histórico de Quito, 2017)

La lluvia de ceniza volcánica, por otro lado, puede cubrir extensas áreas, afectando la salud humana, dañando cultivos, infraestructuras y causando problemas en la aviación y el suministro de agua potable (Martínez & Pérez, 2016).

## Gestión de Riesgos

La Gestión de Riesgos en los Patrimonios Inmuebles en Ecuador es de vital importancia debido a la riqueza cultural y arquitectónica del país, que incluye sitios declarados como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. La protección de estos inmuebles históricos frente a amenazas naturales y antropogénicas es fundamental para su preservación a largo plazo (Gómez & Rodríguez, 2018).

La vulnerabilidad de los patrimonios inmuebles en Ecuador se ve afectada por la ubicación geográfica del país,

que está expuesta a una variedad de riesgos naturales, incluidos terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones y deslizamientos de tierra. La exposición a estos peligros requiere estrategias integrales de gestión de riesgos que aborden la prevención, preparación, respuesta y recuperación (López & Martínez, 2019).

La colaboración entre instituciones públicas, privadas y la sociedad para gestionar los posibles riesgos en los patrimonios inmuebles. La participación activa de la comunidad en la planificación y ejecución de medidas de protección aumenta la conciencia sobre la importancia de preservar el patrimonio cultural y fortalece la resiliencia ante desastres (González et al., 2017).

## Flujo piroclástico

El flujo piroclástico es uno de los fenómenos más destructivos asociados a las erupciones volcánicas. Consiste en una mezcla caliente de gases, ceniza volcánica y fragmentos de roca que desciende rápidamente por las laderas de un volcán a velocidades extremadamente altas, arrasando todo a su paso (Rodríguez & Martínez, 2018).

Estos flujos pueden alcanzar temperaturas superiores a los 500°C y velocidades que superan los 100 km/h, lo que los convierte en eventos altamente letales y devastadores (García et al., 2015).

La densidad y la energía cinética de los flujos piroclásticos les permiten transportar grandes cantidades de material piroclástico, desde ceniza fina hasta bloques de varios metros de diámetro, lo que amplifica su capacidad destructiva (Hernández & Pérez, 2020).

Los flujos piroclásticos se generan principalmente durante las erupciones de tipo explosivo, cuando columnas eruptivas colapsan y desencadenan avalanchas de material incandescente por las laderas del volcán. Su alcance puede variar desde unos pocos kilómetros hasta decenas de kilómetros desde el cráter del volcán, lo que puede afectar áreas extensas y pobladas (López & Sánchez, 2017).

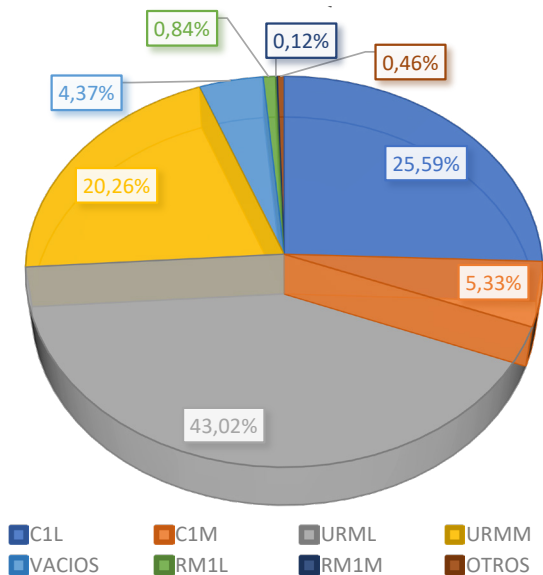
## Tipos de cubiertas

Tipologías constructivas del centro histórico:

CODIGO	DESCRIPCIÓN
C1L	Pórticos de vigas y columnas de hormigón armado. Se incluye edificios antiguos y modernos.
C1M	
URML	Estructuras con mampostería no reforzada.
URMM	
RM1L	Mampostería Reforzada confinada con elementos de madera o metal.
RM1M	

**Tabla 3.** Nomenclatura de los Sistemas Estructurales que considera HAZUS 99

**Fuente:** (Rivas, 2016)



**Figura 10.** Tipologías de cubiertas en el Centro Histórico de Quito.

**Fuente:** (Rivas, 2016)

## Vulnerabilidades físicas en cubiertas

La acumulación de ceniza volcánica en los techos de las edificaciones representa una amenaza significativa para la integridad estructural de las cubiertas. La carga adicional de la ceniza puede sobrecargar los sistemas de techado, provocando hundimientos, filtraciones y colapsos parciales o totales de los techos (Gómez & Martínez, 2017).

Los estudios han demostrado que la presencia prolongada de ceniza volcánica en las cubiertas

puede comprometer la capacidad de drenaje de los sistemas de techado, lo que aumenta el riesgo de filtraciones de agua y daños por humedad en el interior de los edificios (González et al., 2019).

Además, la ceniza volcánica puede ser abrasiva y corrosiva, deteriorando gradualmente los materiales de las cubiertas, como tejas, láminas metálicas y membranas impermeabilizantes. Este proceso de deterioro debilita la resistencia estructural de las cubiertas y reducir su vida útil, aumentando los costos de mantenimiento y reparación a largo plazo (Hernández & Díaz, 2015).

La implementación de medidas preventivas, como la limpieza periódica de techos, el refuerzo de estructuras y la utilización de materiales resistentes a la corrosión, puede ayudar a reducir los impactos de la ceniza volcánica en las cubiertas de las edificaciones (López & Sánchez, 2020).

En resumen, la comprensión de las vulnerabilidades físicas en las cubiertas frente a la caída de ceniza volcánica es fundamental para mejorar la durabilidad de las edificaciones y proteger la seguridad y el bienestar de las comunidades expuestas a la actividad volcánica.

## Planes de contingencia

Los planes de contingencia son documentos estratégicos que delinean las acciones a seguir antes, durante y después de una erupción volcánica. Estos planes incluyen la identificación de zonas de riesgo, la definición de rutas de evacuación, la asignación de responsabilidades a las autoridades locales y la implementación de sistemas de alerta temprana (Martínez & Rodríguez, 2019).

## Estrategias de afrontamiento

Una de las estrategias primordiales es la planificación y preparación previa ante la posible ocurrencia de una erupción volcánica. Esto incluye la elaboración de planes de evacuación, la identificación de rutas seguras y la creación de refugios temporales en caso de una afectación a la comunidad (Martínez & Rodríguez, 2018).

La educación y la sensibilización pública son fundamentales para promover una respuesta efectiva ante una erupción volcánica. Las campañas de información sobre los riesgos volcánicos, los síntomas de una erupción inminente y las medidas de seguridad a seguir pueden ayudar a reducir el pánico y la confusión durante una crisis (López & Sánchez, 2020).



**Figura 11.** Principales componentes de un plan de gestión del riesgo de desastres

**Fuente:** (Gestión Del Riesgo de Desastres Para El Patrimonio Mundial, 2014.)

## 2.2 Estado del Arte

### 2.2.1. Investigación, caída de ceniza del volcán Galera

La metodología de trabajo empleada en esta investigación se basó en un enfoque multidisciplinario que integró la geología, la ingeniería estructural, la evaluación de riesgos y la participación comunitaria. En primer lugar, se llevó a cabo un análisis detallado de la actividad volcánica del Galeras, incluyendo la frecuencia y magnitud de las erupciones pasadas, la dirección de los flujos piroclásticos y la cantidad de ceniza generada (Gómez & Pérez, 2010).

Posteriormente, se realizó un levantamiento y mapeo de las edificaciones en los municipios seleccionados, identificando su ubicación, tipo de construcción, materiales utilizados y estado de conservación. Se recopilieron datos sobre la resistencia estructural de los edificios y su capacidad para soportar la carga de la ceniza volcánica (Martínez & Rodríguez, 2011).

Además, se llevaron a cabo entrevistas y encuestas con los habitantes de las comunidades afectadas para recabar información sobre sus percepciones de riesgo, nivel de preparación y medidas de mitigación implementadas. La participación activa de la comunidad fue fundamental para comprender mejor las necesidades y preocupaciones locales y diseñar estrategias efectivas de respuesta y recuperación (López & Sánchez, 2012).

Los resultados de esta investigación proporcionaron datos valiosos para las autoridades locales, los planificadores urbanos y los equipos de gestión de desastres, permitiendo la identificación de áreas prioritarias de in-

tervención, la mejora de los planes de emergencia y la implementación de medidas de prevención y mitigación de riesgos en las comunidades vulnerables.

ANCUYA					
DAÑO	PESADA	LIVIANA	MODERADA	LOSAS	TOTAL
COLAPSO	0	1	101	0	102
GRAVE	0	0	0	0	0
MODERADO	33	0	0	0	33
PARCIAL	64	0	0	271	335
LEVE	0	0	0	0	0

**Tabla 4.** Viviendas afectadas según tipo de cubierta

**Fuente:** (Estrada, 2009)

### 2.2.2. Investigación, caída de ceniza del volcán Galera Daños en edificios causados por la erupción del Monte Pinatubo del 15 de junio de 1991

Este artículo presenta los resultados de un estudio sobre los daños a las edificaciones causados por la ceniza caída de la catastrófica erupción del Monte Pinatubo. El estudio realizó evaluaciones de daños basadas en niveles de daño derivados de métodos de estudio de daños sísmicos, el daño está relacionado con la forma del edificio y la técnica de construcción. El techo falló porque la carga de cenizas era mayor que su capacidad de carga vertical, y la estructura de soporte del techo fue un factor importante que afectó la magnitud del daño; Otros factores importantes incluyeron el tipo general de edificio y la inclinación del techo (Pomonis et al., 2022).

A pesar de que se evitó una gran pérdida de vidas por los flujos piroclásticos mediante una evacuación exitosa y oportuna de unas 60.000 personas que vivían a menos de 30 km del volcán, al 17 de julio de 1991, las cifras oficiales de víctimas fueron de 320 muertos y 279 heridos, y se cree que la mayoría de estas víctimas se debieron a la caída de las cubiertas por el peso de la ceniza húmeda el 15 de junio (Pomonis et al., 2022).

Se analizó el espesor de la ceniza, imágenes y otra información fue enviada a Cambridge para su análisis, donde se evalúa la construcción de todos los edificios y la magnitud de los daños. El análisis de tipos de edificios incluye:

- Principales materiales de construcción utilizados
- Informes técnicos
- Construcción
- Forma e inclinación del tejado
- Uso del edificio (residencial o no residencial)

La evaluación de daños requiere un nivel de clasificación de daños apropiado para los daños por caída de cenizas. La escala de intensidad sísmica MSK, que define seis niveles de daño, ha demostrado ser simple y confiable para evaluar el daño después de un terremoto, por lo que se decidió utilizar esta escala en este estudio. El daño de nivel seis se define como:

- D0: Sin daños (Pomonis et al., 2022).
- D1: Daños leves en el techo. Daños en las canaletas; pocas tejas dislocadas (Pomonis et al., 2022).

- D2: Daño moderado al techo. Flexión o deflexión excesiva de las láminas o correas del techo; no hay daño a los soportes principales del techo (Pomonis et al., 2022).
- D3: Daños severos en el techo. Como deformación severa de las láminas del techo principal; algunos daños a la estructura de soporte del techo, columnas, cerchas (Pomonis et al., 2022).
- D4: Colapso parcial del techo y daño moderado al resto del edificio. Colapso de la lámina, pero no de la armadura; colapso parcial de la lámina y alguna falla de la armadura; falla de la estructura de soporte; daño moderado a otras partes del edificio como resultado del colapso del techo (Pomonis et al., 2022).
- D5: Colapso completo del techo y daños severos al resto del edificio (Pomonis et al., 2022).

Las edificaciones tienden a sufrir daños más graves si se tienen luces largas (luces que superan los 5 m), cuando su estructura es de madera sufre más daños que una estructura de hormigón armado, el grado de inclinación del techo es más alta que baja, La causa principal del daño es una carga de cenizas en el techo que excede la resistencia de las tejas o de la estructura de soporte del techo, o ambas (Pomonis et al., 2022).

“Esto es de esperarse ya que la carga sobre 15 a 20 cm de ceniza saturada de agua en el techo puede exceder los 2,0 kN/m<sup>2</sup> (aproximadamente 200 kg/m<sup>2</sup>) y las cargas de diseño típicas para techos inclinados en áreas de ciclones tropicales excederán los 2,0 kN/m<sup>2</sup>.(aprox. 200 kg/m<sup>2</sup>)” (Pomonis et al., 2022).

Variables	Volcán Galeras Edificaciones de Ancuya, chanchagui, Linares, El Tambo y Tangua	Daños en edificios causados por la erupción del Monte Pinatubo del 15 de junio de 1991
<p>PROCESO RECOLECCIÓN DE DATOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilar información de los elementos expuestos</li> <li>• Recorridos de campo para recolección de datos</li> <li>• Analizan tipologías de cubiertas en la zona de estudio.</li> <li>• Hacen un estudio según tipologías de cubiertas, materiales y resistencia, y peso de ceniza.</li> <li>• Determinaron los componentes vulnerables</li> <li>• Definen rango de riesgo y elaboraron recomendaciones para reducir la vulnerabilidad de los elementos en amenaza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de eventos que ocurrieron anteriormente</li> <li>• Estudio de campo y recolección fotográfica</li> <li>• Definieron 6 grados de daño basándose en la escala de intensidad sísmica MSK</li> <li>• Aplicaron los 6 grados y evaluaron la vulnerabilidad en cubiertas de los inmuebles de su zona de estudio</li> <li>• Generaron recomendaciones para futuras erupciones</li> </ul>
<p>INDICADORES ANALIZADOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipologías de cubiertas</li> <li>• Materiales de construcción de los inmuebles</li> <li>• Resistencia de los materiales de las cubiertas</li> <li>• Peso de ceniza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principales materiales de construcción utilizados</li> <li>• Numero de informes</li> <li>• Estructura, forma e inclinación del techo</li> <li>• Uso del edificio (residencial o no residencial)</li> </ul>
<p>CONCLUSIONES Y DETERMINACIÓN DE GRADOS DE VULNERABILIDAD</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D0, Leve</li> <li>• D1, Parcial</li> <li>• D2, Moderado</li> <li>• D3, Grave</li> <li>• D4, Colapso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D0, sin daños</li> <li>• D1, daños en el techo ligero</li> <li>• D2, daños moderados en el techo</li> <li>• D3, daños severos en el techo y algunos daños en la estructura vertical</li> <li>• D4, colapso parcial del techo y daños moderados en el resto del edificio</li> <li>• D5, colapso total del techo y daños severos en el resto del edificio</li> </ul>

**Tabla 5.** Comparación metodológica entre investigaciones referentes

**Fuente:** Autoría Propia,2024



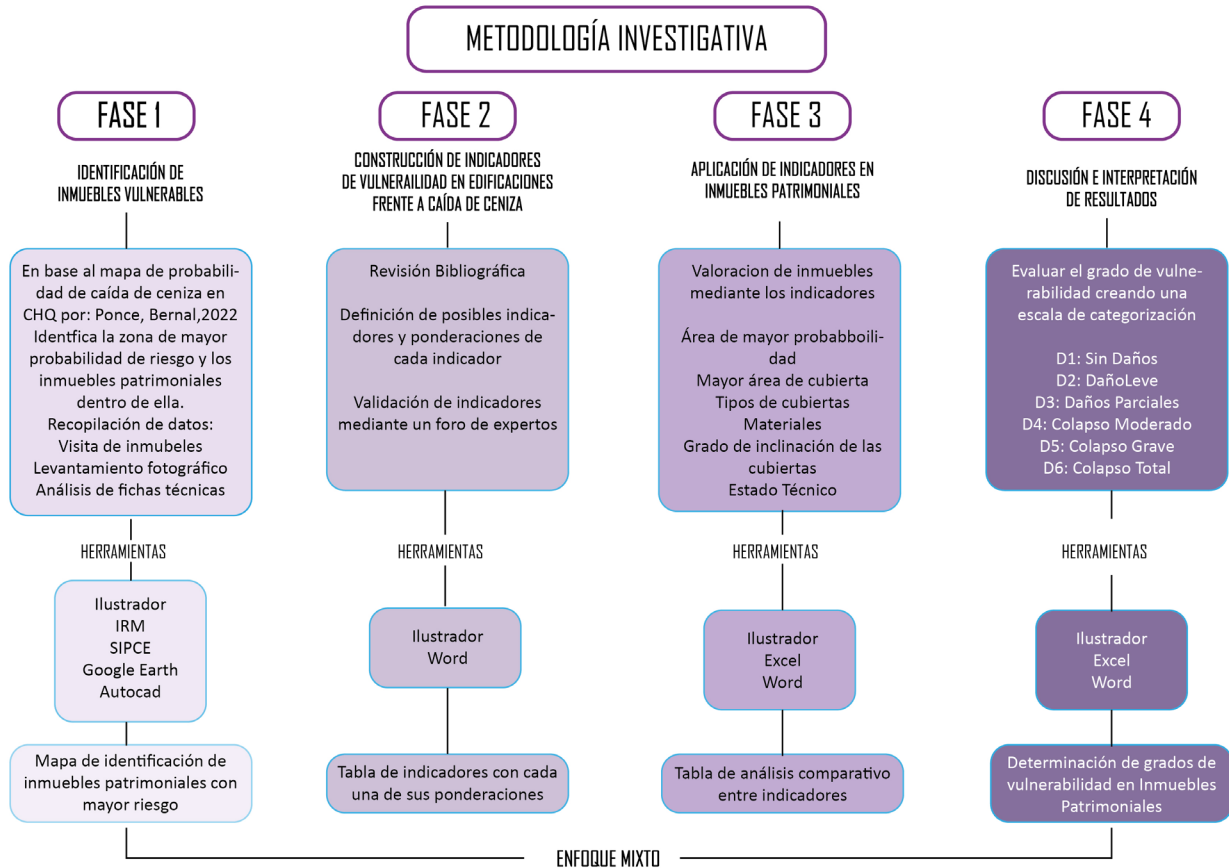
## **ETAPA 2**

### **Aplicación metodológica**



# Materiales y métodos

## 3.1 Metodología de trabajo



**Figura 12.** Cuadro Conceptual para Desarrollo de la Metodología.  
**Fuente:** Autoría Propia, 2023

La presente investigación tiene un enfoque mixto, ya que se emplean métodos cualitativos y analíticos. El cualitativo para que el proceso inicial sea sencillo y el analítico que consiste en un análisis de las cubiertas y su estructura para determinar el comportamiento del peso de la ceniza sobre las cubiertas. Para la aplicación de esta metodología se tomaron en cuenta 4 fases:

- a. **Fase 1** Identificación de inmuebles patrimoniales.
- b. **Fase 2** Construcción de indicadores de vulnerabilidad en edificaciones frente a caída de ceniza.
- c. **Fase 3** Aplicación de indicadores en inmuebles patrimoniales.
- d. **Fase 4** Discusión e interpretación de resultados.

### **3.1.1. Fase 1 Identificación de inmuebles patrimoniales**

La primera fase de la metodología es un tipo de análisis cuantitativo, está destinada a la identificación de inmuebles patrimoniales, en base a mapas ya generados a partir de una investigación anterior que se titula “Valoración de la eficacia de los planes de contingencia ante erupciones volcánicas para edificios patrimoniales en el centro de Quito (Ponce, Bernal,2022).

Con este se mapean, identifican y cuantifican los inmuebles patrimoniales que se encuentran dentro de esta área. Se recopilan datos de estos como: inspecciones visuales, levantamientos fotográficos y análisis de fichas técnicas. Esto se va a hacer usando herramientas como Ilustrador, Autocad, Google Earth, IRM, IMP, STHV.

En consecuencia, se obtendrá un mapa con el número de inmuebles patrimoniales en la zona, cuáles son los inmuebles en mayor riesgo y mayor incidencia de ceniza en las cubiertas de estas (Ortega, 2016a).

### **3.1.2. Fase 2 Construcción De Indicadores De Vulnerabilidad En Edificaciones Frente A Caída De Ceniza**

Dentro de esta fase se realiza un análisis cualitativo con el objetivo de la construcción de indicadores específicos destinados a evaluar la vulnerabilidad en edificaciones frente a la caída de ceniza volcánica, en ella se desarrollan exhaustivas revisiones bibliográficas científica como técnica, incluirá investigaciones previas, estudios de casos similares, conversatorios con expertos para llegar a definir que indicadores se irán a analizar, los cuales influyen a la hora que se genera este fenómeno de la caída de ceniza, y la validación de los mismos. Esto se realiza con las herramientas de Ilustrador y Word (Torres et al., 2017).

Como resultados se obtendrá una tabla con los indicadores que permitirán evaluar de manera efectiva la vulnerabilidad de las edificaciones. Estos elementos constituirán la base para la posterior aplicación de estos en los inmuebles a analizar.

### **3.1.3. Fase 3 Aplicación De Indicadores En Inmuebles Patrimoniales**

En esta tercera se aplica un enfoque cualitativo, se llevará a cabo la aplicación práctica de los indicadores de vulnerabilidad desarrollados en la Fase 2, centrándose específicamente en los inmuebles patrimoniales

analizados previamente, estos son enlistados y estudiados en una tabla, son comparados y valorados según las siguientes características: área de mayor probabilidad, mayor área de cubierta, que sean de valor patrimonial, tipo de cubierta, materiales y estado técnico. Esta tabla se la realiza utilizando los siguientes programas para procesar la información, son: Excel, Word e Ilustrador (Estrada, 2009).

Se obtiene una tabla comparativa de indicadores para cada una de las edificaciones de la zona, de ella se recopilarán datos específicos para evaluar un rango de vulnerabilidad de estas estructuras frente a escenarios de caída de ceniza volcánica.

### 3.1.4. Fase 4 Discusión E Interpretación De Resultados

Por último, se llevará a cabo un análisis profundo con enfoque cuantitativo de los resultados obtenidos en las fases anteriores, con el objetivo de interpretar la vulnerabilidad de las edificaciones y formular un nivel de riesgo en los inmuebles, A partir de una discusión y análisis de los resultados, se formula una escala de categorización calificándolos según los siguientes grados: D1 Daños ligeros, D2 Daño moderado, D3 Daño severo, D4 Daño parcial, D5 Daño total. Utilizando las herramientas de Word, Excel e ilustrador para registrar los datos e interpretarlos (Estrada, 2009).

Con la conclusión de la Fase 4, se obtiene una determinación de grado de riesgo en las cubiertas de cada uno de los inmuebles patrimoniales, se proporcionará una visión integral de la vulnerabilidad de las construcciones ante la caída de ceniza, permitiendo la toma de decisiones informadas, implementado

estrategias efectivas de mitigación y preservación.

## Desarrollo

Se parte del mapa de probabilidad de ceniza (fig.12) realizado en una investigación anterior, “Valoración de la eficacia de los planes de contingencia ante erupciones volcánicas para edificios patrimoniales en el centro de Quito” tras identificar la zona de mayor riesgo, con ayuda del IMP, Secretaría de territorio habitad y vivienda, se recolecta información existente y disponible de los patrimonios que se encuentran en el escenario seleccionado (Ponce et al., 2022).

A continuación, se presenta el mapa base para la investigación:

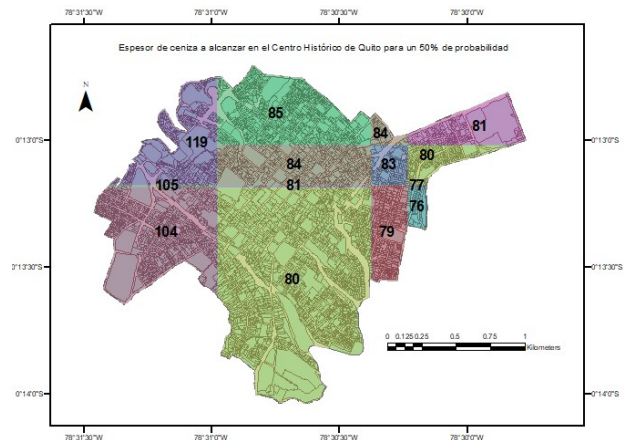


Figura 13. Mapa base para la Investigación

Fuente: (Ponce et al., 2022)

El fenómeno de caída de ceniza analizado y presente para un posible evento en la ciudad de Quito demostró que en esta área estudiada se contará con un espeso de 119 mm o 11,9 cm por la presencia del volcán Pichincha que se encuentra a 15 km del centro histórico (Ponce et al., 2022).

Los datos recolectados fueron catalogados, sistematizados e inventariados, se crearon formatos para integrar todo el levantamiento de datos iniciales y relevantes de estas edificaciones para la fase inicial de este estudio.

Se analizó el centro histórico y sus diferentes zonas, con diferentes niveles de caída de ceniza, analizadas y estudiadas en el mapa base para esta investigación, esto fue mapeado para la localización y georreferenciación.

Las herramientas de software que se utilizaron son las siguientes:

- Autocad
- Adobe Illustrator
- Google Earth
- Microsoft Excel
- Microsoft Word

Dentro del trabajo de campo se hizo una visita a cada una de las edificaciones, con la finalidad de obtener un levantamiento fotográfico, notas importantes y observación tanto de materiales, como estado técnico para constatar datos obtenidos de fichas técnicas y algunos de ser necesarios comparar la información y actualizarla.

Los inmuebles encontrados y analizados fueron ocho y fueron los siguientes:

PATRIMONIOS EN LA ZONA DE MAYOR RIESGO	
1	Penal García Moreno
2	Convento Mercedario de el Tejar
3	Hospedería Campesina y Capilla de San José de el Tejar
4	Escuela Leopoldo N Chavez
5	Escuela de el Cebollar
6	Centro Popular de Artes y Oficios
7	Casa del Penalillo
8	Cementerio de el Tejar

**Tabla 6.** Inmuebles Patrimoniales en mayor riesgo

**Fuente:** Autoría Propia, 2024

En el Centro Histórico de Quito dentro de la zona de mayor riesgo se encuentran barrios como: El Tejar, San Roque y La Ermita, El Placer. Los patrimonios antes mencionados se ubican en las siguientes direcciones:

**El primer:** calle Rocafuerte 27-76 (Oe9-876)

**El segundo:** El Retiro N5-153

**El tercero:** El Retiro 2-98 (N5-51)

**El cuarto:** Chile 1-09 (Oe9-251) y El Placer

**El Quinto:** José López 1-60 (N4-76) y Chile

**El sexto:** Chile 19-47 (Oe6-211) entre Cuenca e Imbabura

**El séptimo:** Rocafuerte 24-62 (Oe9-198) y Bolívar

**El octavo:** Calle El Retiro y Baños

Dentro del trabajo de campo se hizo una visita a cada una de las edificaciones, con la finalidad de obtener un levantamiento fotográfico, notas importantes y observación tanto de materiales, como estado técnico para constatar datos obtenidos de fichas técnicas y algunos de ser necesarios comparar la información y actualizarla.

Para una segunda etapa se continuo con un análisis de revisiones bibliográficas para un mejor entendimiento sobre los factores que influyen y afectan a la hora de un seceso como es este fenómeno natural de caída de ceniza.

Se llevó a cabo el diseño de un cuestionario tras haber investigado previamente elementos que influyen y son importantes analizar y comprender, este se llevó a un foro que se realizó con expertos en Arquitectura e Ingeniería, se tenían como base cinco indicadores principales, los cuales después del foro aumentaron a seis por los aportes y recomendaciones de los expertos, a cada uno de ellos también se le asignó una ponderación correspondiente a su importancia a la hora de suceder estos fenómenos naturales.

Preguntas planteadas tras revisar minuciosamente estudios como referentes, casos de estudio, diseñando preguntas sencillas y concretas fáciles de entender al exponer el foro a los expertos entrevistados.

Los indicadores iniciales fueron 5, estos fueron tomados en cuenta después de analizar el fenómeno y sus afectaciones posibles en cubiertas, y fueron los siguientes:

INDICADORES INICIALES	
1	Tipo de Cubierta
2	Materiales
3	Mayor área de cubiertas
4	Estado Técnico
5	Mayor área de probabilidad de caída de ceniza

**Tabla 7.** Indicadores iniciales para la investigación  
**Fuente:** Autoría Propia,2024

Las preguntas del foro fueron las siguientes:

Encuesta para el foro con expertos		
1	TIPO DE CUBIERTA	¿Cómo cree que deberíamos ponderar este factor al evaluar la vulnerabilidad de una estructura ante la carga de ceniza volcánica? Y su justificación
2	GRADO DE INCLINACIÓN DE LA CUBIERTA	¿Cómo afecta la elección de materiales a la resistencia de la cubierta ante la carga de ceniza? Y su justificación
3	MATERIALES	¿Cómo deberíamos ponderar la condición actual de la cubierta en relación con los posibles daños por ceniza volcánica? Y su justificación
4	MAYOR ÁREA DE CUBIERTA	¿Cómo deberíamos asignar ponderaciones a diferentes grados de inclinación al evaluar el riesgo? Y su justificación
5	ESTADO TÉCNICO	¿Cuál es tu opinión sobre la ponderación de este indicador en la evaluación general de riesgos? Y su justificación
6	ÁREA DE PROBABILIDAD	¿Cómo deberíamos considerar la extensión total de la cubierta en la evaluación de riesgos? Y su justificación

**Tabla 8.** Indicadores aprobados tras el foro a expertos  
**Fuente:** Autoría Propia,2024

Los indicadores principales aumentaron y se corrigieron a seis tras el análisis y conversatorio y obtener conclusiones sobre la influencia de estos.

INDICADORES VALIDADOS POR EXPERTOS		PONDERACIÓN SEGÚN EXPERTOS (0-5)
1	Tipo de Cubierta	5
2	Grado de inclinación	5
3	Materiales	4
4	Mayor área de cubiertas	3
5	Estado Técnico	2
6	Mayor área de probabilidad de caída de ceniza	1

**Tabla 9.** Indicadores aprobados y su ponderación tras el foro a expertos

**Fuente:** Autoría Propia, 2024

Como resultado, se evaluarán y analizarán 6 indicadores para poder depurar la cantidad de inmuebles en la zona para evaluar los patrimonios que queden más vulnerables tras el estudio.

Estos seis indicadores son los de mayor relevancia que influyen en las edificaciones en el momento que se

presenta una de estas amenazas naturales, para realizar la digitalización y registro de información se diseñó igualmente un diseño de tabla donde estos serían digitalizados y comparados llegando así a obtener una visión clara de cuáles serían los patrimonios con mayor riesgo dependiendo del resultado tras el análisis de los seis indicadores.

Tras depurar cantidad de patrimonios para evaluarlos, se termina obteniendo de los ocho inmuebles iniciales, dos inmuebles, estos se seleccionaron para hacer un análisis comparativo por diferenciación de tipologías en cubiertas, uno con cubierta plana y maciza y otro con cubierta inclinada de teja y evidenciar la diferencia de rango de vulnerabilidad en cada uno.

Estos dos inmuebles llevan a la fase final donde se realiza una evaluación de su índice de vulnerabilidad en sus cubiertas, a cada uno se le termina asignando un grado de vulnerabilidad según sus resultados en los cálculos realizados.

Para los cálculos fueron necesarios los siguientes datos:

Tipo de Cubierta	Espesor ceniza ( cm )	Resistencia ( Kpa )
Liviana	2,5	0,307
Moderada	4,5	0,552
Pesada de Teja	23	2,82
Losa maciza	45	5,52

**Tabla 10.** Tipo de cubierta vs resistencia

**Fuente:** (Estrada, 2009)

De esta tabla se utilizaron los siguientes dos datos para evaluación de vulnerabilidad en cubiertas en los dos patrimonios de caso estudio.

#	Tipo de Cubierta	Espesor ceniza ( cm )	Resistencia ( Kpa )
1	Pesada de Teja	23	2,82
2	Losa maciza	45	5,52

**Tabla 11.** Tipo de cubierta a evaluar vs resistencia

**Fuente:** (Estrada, 2009)



**ETAPA 3**  
**Difusión de resultados**



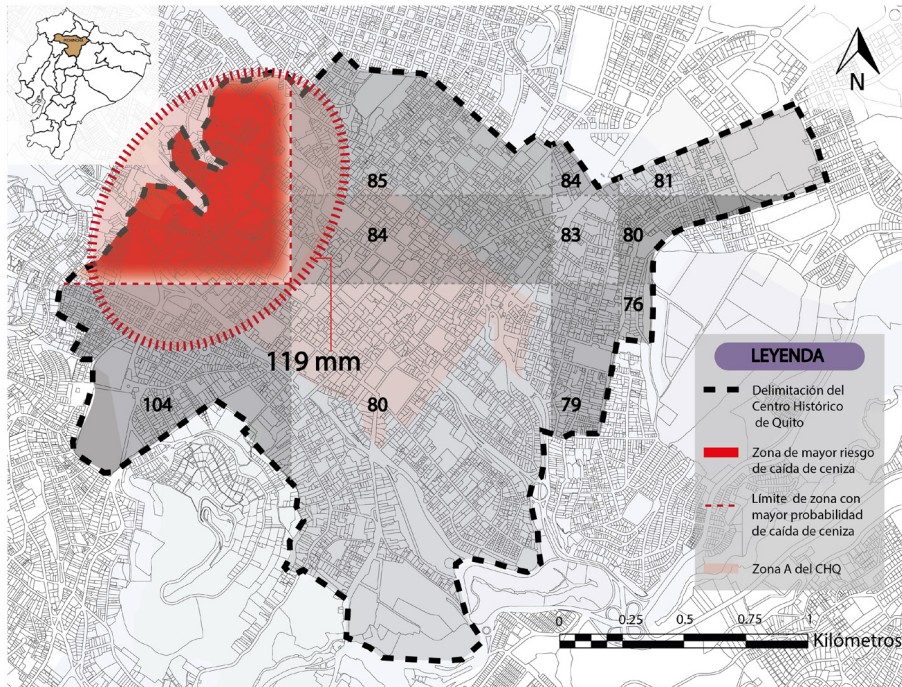
## Difusión de resultados

### 4.1 Fase 1 IDENTIFICACIÓN DE INMUEBLES PATRIMONIALES

En esta fase se toma como referencia un mapa del Centro histórico que indica las probabilidades de caída de ceniza en la zona, de la investigación “Valoración de la eficacia de los planes de contingencia ante erupciones volcánicas para edificios patrimoniales en el centro de Quito” (Ponce et al., 2022).

Se detecta el área de mayor riesgo, para en ella ubicar y contabilizar los inmuebles de valor patrimonial que se podrían ver afectados por esta amenaza natural, en este caso una posible expulsión de ceniza del volcán Pichincha.

Tras identificar el área de mayor riesgo de caída de ceniza, se hace una búsqueda de los patrimonios existentes dentro de la zona, esto mediante una revisión del SIPCE, guía de arquitectura de Quito, IMP, STHV.



**Figura 14.** Zona de mayor riesgo en el CHQ ante caída de ceniza volcánica  
**Fuente:** Autoría Propia, 2024

Se evidencia que en total existen ocho edificaciones patrimoniales, se hace una recolección de datos de los patrimonios, como visitas a estos inmuebles, un levantamiento fotográfico de ellos (ver anexo 7) y fichas técnicas de cada uno ellos (ver anexo 6).

INMUEBLE PATRIMONIAL	FECHA DE CONSTRUCCIÓN	DIRECCIÓN
Ex Penal García Moreno	1869-1874	Rocafuerte 27-76 (Oe9-876)
Convento Mercedario de el Tejar	1750	El Retiro N5-153
Cementerio de el Tejar	inicio siglo XIX	Antigua recoleta de el Tejar
Hospedería Campesina y Capilla de San José de el Tejar	Último tercio del siglo XVIII	El Retiro 2-98 (N5-51)
Escuela Leopoldo N Chavez	1919-1924	Chile 1-09 (Oe9-251) y El Placer
Escuela de el Ce-bollar	1890-2000	José López 1-60 (N4-76) y Chile
Centro Popular de Artes y Oficios	1872	Chile 19-47 (Oe6-211) entre Cuenca e Imbabura
Casa del Penalillo	1900-1910	Rocafuerte 24-62 (Oe9-198) y Bolívar

**Tabla 12.** Edificaciones existentes en la zona de mayor riesgo

**Fuente:** Autoría Propia, 2024

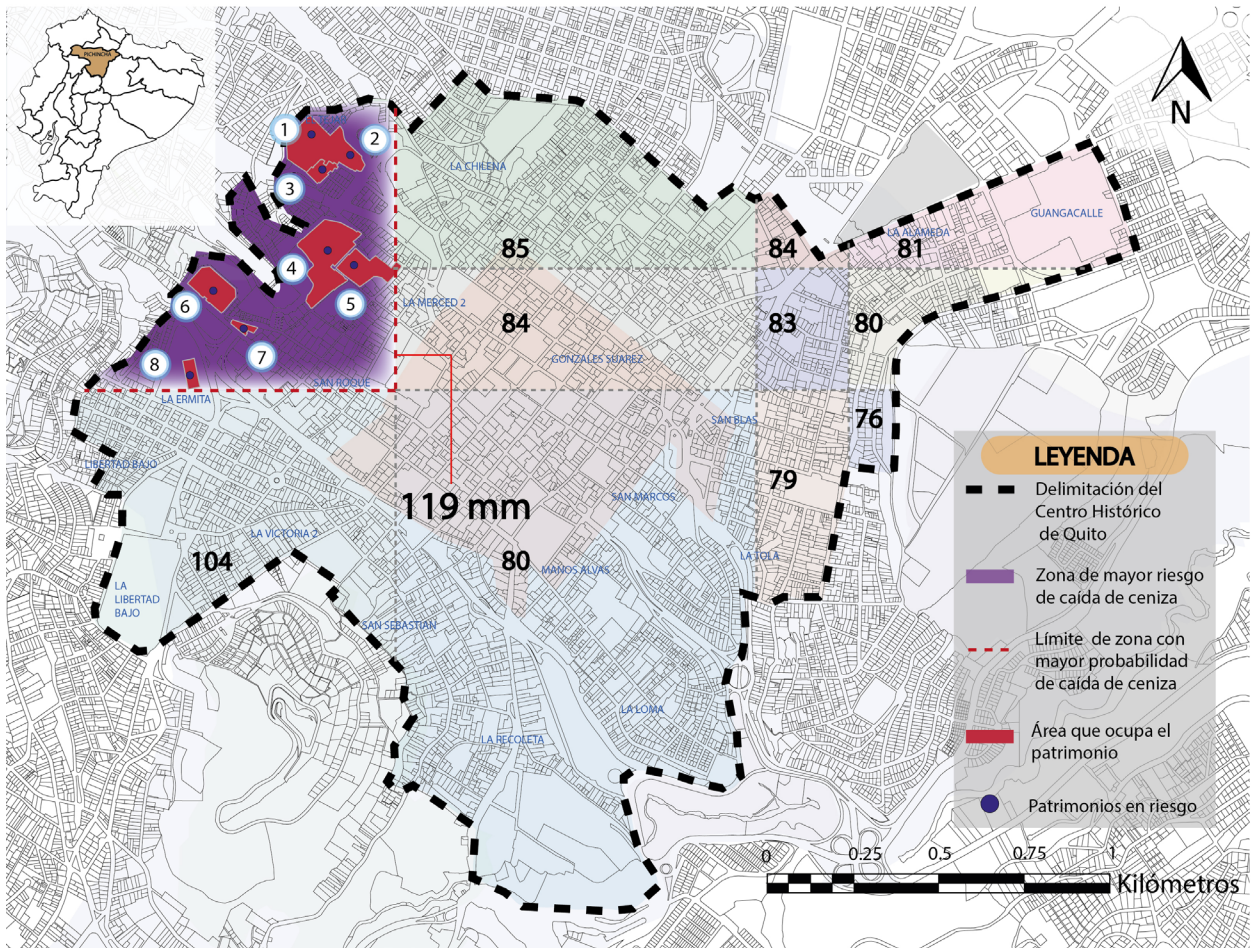
De los ocho patrimonios identificados en la zona de mayor riesgo se realizó una visita a cada uno, para así realizar un levantamiento fotográfico y analizar la estructura y cubiertas de estos.



**Figura 15.** Evidencia de la visita a inmuebles  
**Fuente:** Autoría Propia, 2024



**Figura 16.** Visita al Ex Penal García Moreno  
**Fuente:** Autoría Propia, 2024



**Figura 17.** Inmuebles Patrimoniales en mayor riesgo en el CHQ  
**Fuente:** Autoría Propia, 2024

INMUEBLES  
PATRIMONIALES  
EN LA ZONA DE  
MAYOR RIESGO





ECUADOR - PICHINCHA



QUITO - CENTRO HISTÓRICO

### LEYENDA

- Borde límite del CHQ
- Borde límite zona de mayor riesgo
- Predios aledaños
- Vías vehiculares
- Inmuebles Patrimoniales



9274.26 m<sup>2</sup>

1

EL TEJAR

2604.57 m<sup>2</sup>

2

3

4608.82 m<sup>2</sup>

Av. Mariscal Sucre

4

13379.03 m<sup>2</sup>

5

6325.33 m<sup>2</sup>

José López Chile

12099.06 m<sup>2</sup>

6



51018.00 m<sup>2</sup>

8

1804.57 m<sup>2</sup>

7

Rocafuerte

Simon Bolivar

Chimborazo

SAN ROQUE



## 4.2 Fase 2 CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES DE VULNERABILIDAD EN EDIFICACIONES FRENTE A CAÍDA DE CENIZA

Esta etapa se realizó mediante revisiones bibliográficas de referentes útiles, para constatar indicadores de suma relevancia e influyentes en los inmuebles al momento de caer ceniza. Se desarrolló un foro con expertos, en este sentido, cada pregunta se dividió y organizó para un análisis más efectivo, para que la información proporcionada por los encuestados pudiera analizarse y compararse para llegar a un juicio de valor adecuado.

Dentro de esta categoría se encuestó a expertos con una serie de preguntas sobre su experiencia laboral en la construcción, si han trabajado con cubiertas y su estructura en proyectos previos, su nivel de conocimiento sobre cargas en ellas y sus resistencias, si han tenido capacitaciones en construcción sobre el tema. Para luego definir los indicadores que influirían en las edificaciones tras esta amenaza natural. Y así asignar una ponderación a cada uno. A continuación, se presentan un resumen de las respuestas emitidas por los encuestados:

Para calificar estos indicadores se ha asignado una ponderación de 0 a 5, siendo (0) para una importancia nula, a (5) con una importancia muy alta.

Tipo de cubierta y grado de inclinación obteniendo un puntaje de 5, los materiales un puntaje de 4, mayor área de cubierta un puntaje de 3, el estado técnico un puntaje de 3, y área de probabilidad con un punta

INDICADORES	RESPUESTA	PUNTAJE
<b>TIPO DE CUBIERTA</b>	El tipo de cubierta es crucial. En mi opinión, deberíamos asignar una ponderación significativa, ya que determina la forma en que la ceniza se acumula y afecta la estabilidad. Las cubiertas inclinadas pueden ser menos propensas a retener ceniza, pero pueden experimentar deslizamientos, mientras que las cubiertas planas pueden acumular más peso.	5
<b>MATERIALES</b>	Deberíamos asignar una ponderación alta a este indicador, ya que los materiales afectan la capacidad de carga y resistencia a la corrosión. Materiales más resistentes y duraderos deben recibir mayor consideración en la evaluación. Si son lisos mejor posibilidad de que resbale la ceniza, si son ásperos como ladrillos, tejas, etc dan paso a una mayor acumulación de ceniza, más carga	4
<b>MAYOR ÁREA DE CUBIERTA</b>	Según la forma de la estructura, si es alargada en dirección a la caída mayor acumulación de ceniza y demora en caer, si alargada a lo ancho de la estructura en relación a la caída mas corta, menos acumulación de ceniza y cae más rápido. Es importante tomar en cuenta que la ceniza es adherente semejante al cemento. una mayor área significa una mayor carga potencial de ceniza. Sin embargo, esto debe evaluarse en conjunto con otros factores para obtener una perspectiva holística.	3

<p><b>ESTADO TÉCNICO</b></p>	<p>La situación actual en la estructural su deterioro de las vigas, uniones, columnas etcétera. Sugiero una ponderación alta, ya que una cubierta en mal estado puede tener debilidades estructurales que se agravarían con la carga adicional de ceniza. Inspecciones regulares y mantenimiento preventivo son esenciales.</p>	<p>2</p>
<p><b>ÁREA DE PROBABILIDAD</b></p>	<p>Identificar las áreas más propensas a la caída de ceniza es crítico. Sugiero una ponderación significativa, ya que las zonas vulnerables pueden requerir medidas preventivas específicas. La cercanía del lugar de origen, y la dirección del viento también debe tenerse en cuenta.</p>	<p>1</p>

**Tabla 13.** Respuestas resumen del foro a expertos  
**Fuente:** Autoría Propia,2024

### 4.3 Fase 3 APLICACIÓN DE INDICADORES EN INMUEBLES PATRIMONIALES

En esta etapa se usan las respuestas obtenidas previamente, la información de la tabla de indicadores a evaluar y sus ponderaciones asignadas correctamente, se verificará cada indicador validado por los expertos.

Estos indicadores llegan a ser: tipo de cubierta, grado de inclinación de la cubierta, materiales, mayor área de cubierta, estado técnico y área de probabilidad. Cada uno de estos se analiza minuciosamente en fichas técnicas obtenidas previamente, se recolecta toda la información de ellos.

#### 4.3.1. Tipo de cubierta



**Figura 18.** Cubierta Ex Penal García Moreno  
**Fuente:** Google Earth, 2023

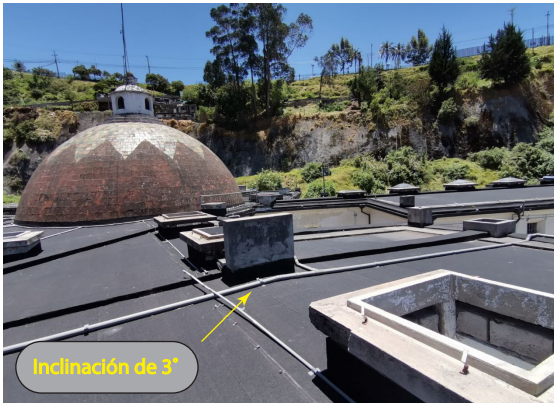


**Figura 19.** Cubierta del Centro Popular de Artes y Oficios  
**Fuente:** Google Earth,2023



**Figura 21.** Grado de Inclinación del Centro Popular de Artes y Oficios  
**Fuente:** Autoría Propia,2023

#### 4.3.2. Grado de inclinación



**Figura 20.** Cubierta del Ex penal García Moreno  
**Fuente:** Autoria Propia,2023

#### 4.3.3. Materiales



**Figura 22.** Cubierta del Ex penal García Moreno  
**Fuente:** Autoría Propia,2023



**Figura 23.** Cubierta del Edificio Administrativo del Ex penal García Moreno

**Fuente:** Autoría Propia, 2023

#### 4.3.5. Estado técnico



**Figura 24.** Mal estado técnico Inmueble Ex Penal García Moreno

**Fuente:** Autoría Propia, 2023

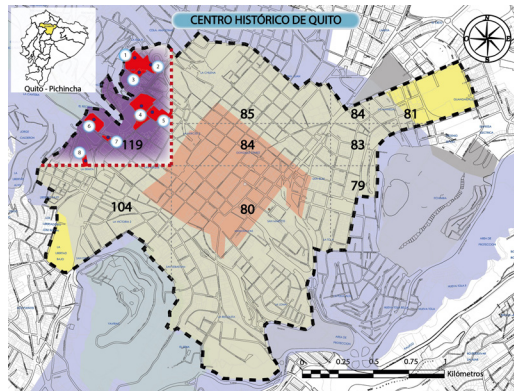
#### 4.3.4. Mayor área de cubierta

ÁREA DE CUBIERTA	
Ex Penal García Moreno	12099.06 m <sup>2</sup>
Convento Mercedario de el Tejar	2604.57 m <sup>2</sup>
Cementerio de el Tejar	9274.26 m <sup>2</sup>
Hospedería Campesina y Capilla de San José de el Tejar	4608.82 m <sup>2</sup>
Escuela Leopoldo N Chavez	13379.03 m <sup>2</sup>
Escuela de el Cebollar	6325.33 m <sup>2</sup>
Centro Popular de Artes y Oficios	51018.00 m <sup>2</sup>
Casa del Penalillo	1804.57 m <sup>2</sup>

**Tabla 14.** Inmuebles estudiados y su área de cubierta

**Fuente:** Autoría Propia, 2023

#### 4.3.6. Área de mayor riesgo



**Figura 25.** Zona de mayor riesgo en el CHQ

**Fuente:** Autoría Propia, 2023





## 4.4 Fase 4 DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se evidencia el procedimiento realizado para el identificar el grado de vulnerabilidad de los inmuebles caso estudio.

### 4.4.1. EX PENAL GARCÍA MORENO

Área de Cubierta: 12099.06 m<sup>2</sup>

Espesor de ceniza: 11,9 cm

Tipo de Cubierta: Cubierta esada maciza ( PLANA )

### 4.4.1.1. Cálculo de daño

Datos:

Número de cubiertas macizas en la zona: 2

Ángulo de inclinación de la cubierta pesada maciza: 3°

Resistencia cubierta pesada maciza (Rm): 45 cm (tabla 10)

Espesor de ceniza en zona más vulnerable (Scf): 11,9 cm (tabla 16)



#### 4.4.1.2. Desarrollo

( FRP )

Factor de reducción por pendiente

$$FRP = \text{Cos } \alpha_m$$

$$FRP = \text{Cos } 0^\circ$$

$$FRP = 1$$

( Scf )

Solicitud por carga de ceniza afectada por el FRP

$$Scf = Sc * FRP$$

$$Scf = 11,9 \text{ cm} * 1$$

$$Scf = 11,9 \text{ cm}$$

#### 4.4.1.3. Índice de vulnerabilidad ( Iv )

$$Iv = Scf/Rm$$

$$Iv = 11,9/45$$

$$Iv = 0,26$$

#### 4.4.1.4. Rangos de daño

DAÑO	RANGOS
SIN DAÑO	0
LEVE	0 - 0,2
PARCIAL	0,2 - 0,5
MODERADO	0,50 - 0,75
GRAVE	0,75 - 1
COLAPSO TOTAL	> 1

Tabla 17. Rangos de Daño en cubiertas

Fuente: Autoría Propia, 2024

#### 4.4.1.5. Rango de vulnerabilidad asignado

Inmueble Patrimonial Cubierta Plana	
DAÑO	
SIN DAÑO	
LEVE	
PARCIAL	X
MODERADO	
GRAVE	
COLAPSO TOTAL	

Tabla 18. Rango de vulnerabilidad del Ex Penal García Moreno

Fuente: Autoría Propia, 2024

#### 4.4.1.6. Conclusión

El Iv para esta cubierta INCLINADA ubicada en la zona estudiada es de 0,26, que está en el rango de 0,2 - 0,5, el daño esperado es: PARCIAL

## 4.4.2. Centro Popular de Artes y Oficios

A continuación se evidencia el procedimineto realizado para el identificar el grado de vulnerabilidad del segundo caso estudio del inmueble patrimonial.

**Área de Cubierta:** 51018.00 m<sup>2</sup>

**Espesor de ceniza:** 11,9 cm

**Tipo de Cubierta:** Cubierta de teja pesada ( INCLINADA )

### 4.4.2.1. Cálculo de daño

**Datos:**

**Número de cubiertas macizas en la zona:** 6

**Ángulo de inclinación de la cubierta pesada de teja:** 35 °

**Resistencia cubierta pesada (Rt):** 23 cm (tabla 10)

**Espesor de ceniza en zona más vulnerable (Scf):** 11,9 cm (tabla 16)



#### 4.4.2.2. Desarrollo

( FRP )

Factor de reducción por pendiente

$$FRP = \text{Cos } \alpha_p$$

$$FRP = \text{Cos } 30^\circ$$

$$FRP = 0,866$$

( Scf )

Solicitud por carga de ceniza afectada por el FRP

$$Scf = Sc * FRP$$

$$Scf = 11,9 \text{ cm} * 0,866$$

$$Scf = 10,31 \text{ cm}$$

#### 4.4.2.3. Índice de vulnerabilidad ( Iv )

$$Iv = Scf/Rt$$

$$Iv = 10,31/23$$

$$Iv = 0,42$$

#### 4.4.2.4. Rangos de daño

DAÑO	RANGOS
SIN DAÑO	0
LEVE	0 - 0,2
PARCIAL	0,2 - 0,5
MODERADO	0,50 - 0,75
GRAVE	0,75 - 1
COLAPSO TOTAL	> 1

Tabla 19. Rangos de Daño en cubiertas

Fuente: Autoría Propia,2024

#### 4.4.2.5. Rango de vulnerabilidad asignado

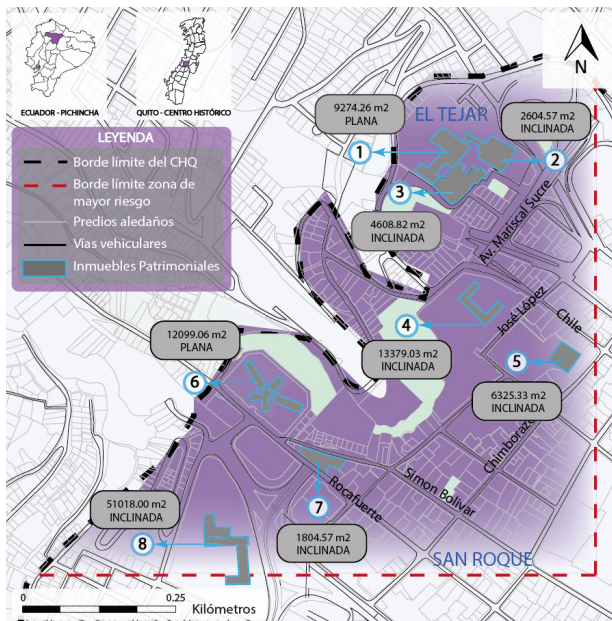
Inmueble Patrimonial Cubierta Inclinada	
DAÑO	
SIN DAÑO	
LEVE	
PARCIAL	X
MODERADO	
GRAVE	
COLAPSO TOTAL	

Tabla 20. Rango de vulnerabilidad del Centro Popular de Artes y Oficios

Fuente: Autoría Propia, 2024

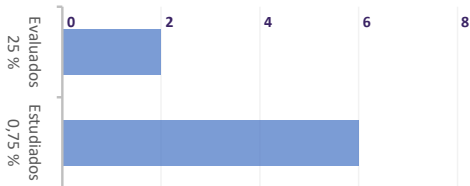
#### 4.4.2.6. Conclusión

El Iv para esta cubierta INCLINADA ubicada en la zona estudiada es de 0,42, que está en el rango de 0,2 - 0,5, el daño esperado es: PARCIAL

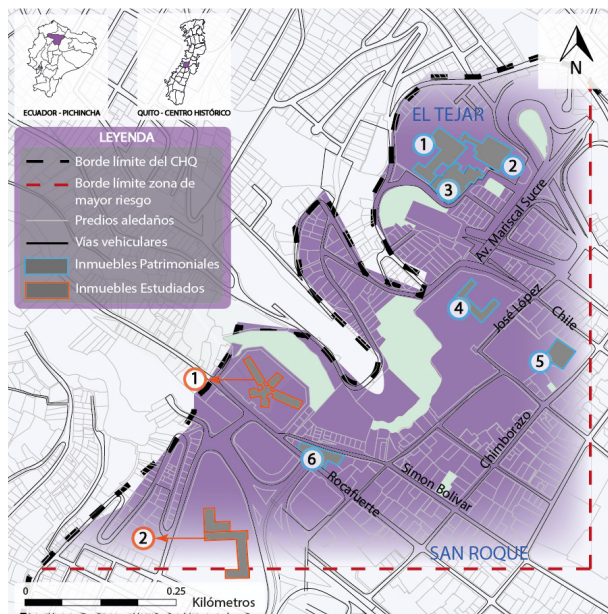


**Figura 28.** Inmuebles dentro de la zona a estudiar  
**Fuente:** Autoría Propia, 2024

Para evaluar el rango de vulnerabilidad de las cubiertas de los patrimonios se consideraron solo algunos de los patrimonios, tras la depuración con un análisis de indicadores solo dos de los ocho inmuebles de la zona de mayor riesgo del Centro Histórico de Quito.



**Figura 29.** Porcentaje de Inmuebles Evaluados en la zona  
**Fuente:** Autoría Propia, 2023



**Figura 30.** Inmuebles dentro de la zona a estudiar  
**Fuente:** Autoría Propia, 2024

Los resultados de la evaluación permitieron conseguir un rango de daño y un índice de vulnerabilidad de las cubiertas de estas dos edificaciones patrimoniales que se tomaron como caso de estudio.

La zona de estudio del CHQ con mayor riesgo ante amenazas de flujos piroclástico tiene un espesor de ceniza de 11,9 cm, el rango de daño esperado es de grado PARCIAL, tanto para el inmueble Ex Penal García Moreno, de cubierta PLANA y maciza con un índice de vulnerabilidad en ella de 0,26. Como para el inmueble Centro Popular de Artes y Oficios de cubierta INCLINADA de 35° y con un índice de vulnerabilidad de 0,42.

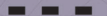
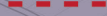






ECUADOR - PICHINCHA



QUITO - CENTRO HISTÓRICO

### LEYENDA

-  Borde límite del CHQ
-  Borde límite zona de mayor riesgo
-  Vías vehiculares
-  Predios aledaños
-  Patrimonios aledaños
-  Patrimonios Evaluados



EL TEJAR

Av. Mariscal Sucre

López

Chile

1

#### EX PENAL GARCÍA MORENO

Área de cubierta: 12099.06 m<sup>2</sup>  
 Tipo de cubierta: PLANA  
 Índice de vulnerabilidad: 0,42  
 Rango de daño: PARCIAL

2

#### CENTRO POULAR DE ARTES Y OFICOS

Área de cubierta: 12099.06 m<sup>2</sup>  
 Tipo de cubierta: INCLINADA  
 Índice de vulnerabilidad: 0,26  
 Rango de daño: PARCIAL

1

2

SAN ROQUE



## Reflexiones finales

La investigación destaca que la ceniza volcánica representa una amenaza significativa para las cubiertas de los inmuebles patrimoniales en el Centro Histórico de Quito. La carga adicional de ceniza puede comprometer la integridad estructural y estética de estos valiosos edificios históricos.

Es evidente la necesidad de comprender los peligros naturales y desarrollar estrategias de mitigación efectivas para proteger no solo las estructuras físicas, sino también la memoria colectiva de una sociedad.

Se demostró que el tipo de cubierta desempeña un papel crucial en la vulnerabilidad de los inmuebles ante la caída de cenizas. Las cubiertas inclinadas, aunque pueden facilitar el deslizamiento de la ceniza, también pueden acumular grandes cantidades, aumentando la carga sobre la estructura. Las cubiertas planas, por otro lado, pueden retener más ceniza, aumentando la carga considerablemente.

La investigación también corroboró la importancia de los materiales de construcción, en la durabilidad de las cubiertas de los inmuebles ante el aumento del peso por la acumulación de ceniza volcánica. La utilización de materiales resistentes en las estructuras de los inmuebles puede disminuir las posibilidades de colapsos estructurales o afectaciones parciales en las edificaciones.

Se demostró que el estado técnico de las cubiertas influye directamente en su capacidad para resistir la carga adicional de ceniza. La implementación de programas regulares de mantenimiento preventivo

llega a ser necesaria para reducir la vulnerabilidad de los inmuebles patrimoniales ante este fenómeno y garantizar su conservación.

El grado de inclinación de las cubiertas afecta la forma en que la ceniza se acumula y se desplaza. La evaluación de este factor debe ser integral, considerando tanto los riesgos de acumulación como los de deslizamiento de la ceniza. Identificar las áreas críticas en las cubiertas con mayor probabilidad de caída de ceniza es un paso fundamental, las zonas cercanas a aberturas y en la dirección predominante del viento requieren una atención especial y medidas preventivas específicas para minimizar los riesgos.

La superficie total de la cubierta está directamente relacionada con la carga de ceniza que puede acumularse, mientras mayor sea el área de cubierta, mayor será la carga acumulada. Por lo que se debe priorizar la evaluación de las edificaciones con mayor área de cubierta, en conjunto con los otros indicadores, que permita obtener una visión del comportamiento estructural de los inmuebles ante este fenómeno.

## Recomendaciones

Se recomienda realizar investigaciones adicionales para comprender mejor las propiedades específicas de los materiales utilizados en las cubiertas de los inmuebles patrimoniales. Esto incluiría análisis detallados de resistencia, durabilidad y comportamiento frente a la carga de ceniza.

Se aconseja establecer colaboraciones con expertos en conservación del patrimonio arquitectónico y geólogos especializados en vulcanología. Esta colaboración interdisciplinaria enriquecerá la investigación al incorporar perspectivas especializadas y garantizar una evaluación completa de los riesgos.

Se sugiere explorar la posibilidad de desarrollar modelos de simulación que puedan prever el comportamiento de la ceniza en diferentes tipos de cubiertas. Estos modelos podrían ayudar a anticipar áreas críticas y evaluar la efectividad de posibles medidas de mitigación.

Es importante incorporar una evaluación de impacto cultural y patrimonial en la investigación. Se recomienda analizar cómo los daños en las cubiertas afectarían la integridad estética y la autenticidad de los inmuebles patrimoniales, considerando la importancia cultural de estos edificios.

Se aconseja desarrollar protocolos de monitoreo continuo para evaluar la condición de las cubiertas a lo largo del tiempo. La implementación de sistemas de monitoreo permitirá detectar cambios en la vulnerabilidad y tomar medidas preventivas de manera proactiva.

Se sugiere la elaboración de planes de emergencia específicos para la caída de ceniza en el Centro Histórico de Quito. Estos planes deben incluir medidas detalladas para la protección de las cubiertas, así como la seguridad de los ocupantes y la preservación del patrimonio arquitectónico.

Se recomienda difundir los resultados y recomendaciones de la investigación a las autoridades locales, propietarios de inmuebles, y la comunidad en general. La concientización sobre los riesgos y las medidas de mitigación propuestas es esencial para la protección efectiva del patrimonio arquitectónico.

La investigación no debe considerarse como un evento aislado. Se sugiere establecer la base para la continuidad de la investigación, en las demás zonas del CHQ, permitiendo actualizaciones regulares y la adaptación de estrategias de mitigación en respuesta a cambios en la carga de ceniza o avances tecnológicos.

Estas recomendaciones buscan fortalecer la investigación y asegurar la implementación efectiva de medidas para preservar las cubiertas de los inmuebles patrimoniales en el Centro Histórico de Quito frente a la caída de ceniza.

## Referentes Bibliográficos

Almeida, M. A., Bonadonna, C., Cristiani, C., Cuoco, E., Garcia-Aristizabal, A., & Le Pennec, J. L. (2015). Riesgo e impacto de la ceniza volcánica en infraestructuras críticas en la región de Cotopaxi, Ecuador. *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*

Cardona, O. D., Barbat, A. H. e Ismael, M. A. (2012). Metodologías de evaluación de riesgos. *Ingeniería sísmica: de la sismología de la ingeniería al diseño sísmico óptimo de estructuras de ingeniería*

Estrada, J. (2009). Apoyo técnico en la evaluación de la vulnerabilidad física y funcional de las edificaciones de ocupación normal a la caída de ceniza del volcán Galeras, ubicadas en los municipios de Ancuya, Chachagüí, Linares, El Tambo y Tangua. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Felpeto, A., Astiz, M., López, D. L., & Dóniz, J. (2001). Un ejemplo de vulnerabilidad ante los peligros volcánicos: La ciudad de León (NO de España). *Peligros naturales*

Fonseca, E., Schreider, S. Y., & Cordovez, J. (2019). Volcanes ecuatorianos: el laboratorio natural de la Tierra. *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*

García, A. (2019). El Patrimonio Cultural Intangible: Tradiciones y Prácticas de las Comunidades. *Revista de Antropología Cultural*

García, A., & Pérez, M. (2017). El concepto de patrimonio cultural: definiciones y enfoques. *Revista de Patrimonio Cultural*

García, A., & Pérez, M. (2018). El valor del patrimonio inmueble en la identidad cultural. *Revista de Patrimonio Cultural*

García, A., & Pérez, M. (2019). Proceso de inventario patrimonial en Ecuador: metodologías y desafíos. *Revista de Patrimonio Cultural*

García, J., & Rodríguez, M. (2018). Impacto de las erupciones volcánicas en zonas urbanas: lecciones aprendidas de casos históricos. *Revista de Vulcanología y Geofísica*

Gavilanes-Ruiz, J. C., Roberge, J., Varley, N., Reyes-Dávila, G. A. y Navarro-Ochoa, C. (2012). El lahar de 1913 en el Volcán de Colima (México): documentos históricos y registros estratigráficos. *Revista de vulcanología e*

investigación geotérmica

Gavilanes-Ruiz, J. C., Roberge, J., Varley, N., Reyes-Dávila, G. A., & Navarro-Ochoa, C. (2012). La lahar de 1913 en el Volcán de Colima (México): Documentos históricos y registros estratigráficos. *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*

Gómez, A., & Pérez, M. (2010). Análisis de la actividad volcánica del volcán Galeras: implicaciones para la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones. *Revista de Geología Aplicada*

Gómez, A., & Pérez, M. (2018). Amenazas volcánicas al Centro Histórico de Quito: Evaluación y gestión del riesgo. *Revista de Patrimonio Cultural*

Gómez, A., & Pérez, M. (2018). Importancia y valoración del patrimonio inmueble en la identidad cultural. *Revista de Patrimonio Cultural*

Gómez, A., & Rodríguez, E. (2017). El patrimonio cultural tangible e intangible: definiciones y perspectivas. *Revista de Patrimonio Cultural*

Gómez, J., & Martínez, E. (2017). Impacto de la acumulación de ceniza volcánica en la integridad estructural de las cubiertas de edificaciones. *Revista de Ingeniería Civil*

González, A., Fernández, M., & Pérez, L. (2019). Evaluación del riesgo de filtraciones de agua en techos de edificaciones debido a la acumulación de ceniza volcánica. *Revista de Arquitectura y Urbanismo*

González, F., Fernández, M., & Pérez, J. (2017). Colaboración comunitaria en la gestión de riesgos para la protección del patrimonio inmueble en Ecuador. *Revista de Estudios Sociales*

González, G. y Robin, C. (2017). Entendiendo el riesgo volcánico en la región de Cotopaxi, Ecuador: un estudio del conocimiento y percepción de la población sobre los peligros volcánicos. *Revista de vulcanología aplicada*

Hall, M. (2018). Paisaje, patrimonio y riesgo: Perspectivas indígenas y paisajes culturales en Ecuador. *Revista Internacional de Estudios del Patrimonio*

Hernández, R., & Díaz, F. (2015). Degradación de materiales de cubiertas de edificaciones expuestas a la ceniza volcánica: estudio de casos en zonas volcánicas. *Revista de Materiales de Construcción*

Hernández, R., & Gómez, J. (2021). Amenazas y desafíos en la conservación del patrimonio inmueble. *Revista*

## de Antropología Cultural

Hernández, R., & Pérez, M. (2020). Dinámica y distribución espacial de los flujos piroclásticos: implicaciones para la gestión del riesgo volcánico. *Revista de Gestión de Riesgos Naturales*

Herrera, R., & Pérez, L. (2020). Políticas y normativas para la protección del patrimonio inmueble en Ecuador. *Revista de Planificación Urbana*

Herrera, R., & Sánchez, C. (2019). Gestión del riesgo volcánico y protección del centro histórico de Quito: lecciones de la erupción de 1660. *Revista de Geografía Aplicada*

Lavigne, F., & De Coster, B. (2010). Lahar histórico y peligro volcánico en los volcanes Cotopaxi y Tungurahua, Ecuador: implicaciones para la gestión del riesgo volcánico. *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*

León-Velarde, F., Moraga, M. C., & De la Cruz-Reyna, S. (2015). Impacto socioeconómico de la erupción del Volcán Tungurahua en 2006: lecciones aprendidas para la gestión del riesgo volcánico en Ecuador. *Revista de Estudios Sociales*

León-Velarde, F., Moraga, M. C., & De la Cruz-Reyna, S. (2019). Volcán Cotopaxi: situación actual y riesgos. *Revista de Ciencias de la Tierra Sudamericana*

León-Velarde, F., Moraga, M. C., & De la Cruz-Reyna, S. (2019). Volcán Cotopaxi: situación actual y riesgos. *Revista Sudamericana de Ciencias de la Tierra*

López, J., & Martínez, E. (2015). Consecuencias de la erupción del volcán Pichincha de 1660 en la estructura urbana de Quito. *Revista de Estudios Urbanos*

López, J., & Martínez, M. (2019). Estrategias de gestión de riesgos aplicadas a patrimonios inmuebles en zonas de alto riesgo en Ecuador. *Revista de Gestión de Riesgos Naturales*

López, J., & Sánchez, M. (2017). Evaluación de la amenaza de flujos piroclásticos en áreas urbanas: estudio de caso del volcán X en Ecuador. *Revista de Riesgos Volcánicos*

López, R., & Pérez, L. (2020). Análisis de riesgos y vulnerabilidades asociadas a huracanes en zonas costeras de América Latina. *Revista de Riesgos Naturales*

López, R., & Rodríguez, F. (2020). Conservación del Patrimonio Inmueble: Estrategias y desafíos. *Revista de*

## Conservación Ambiental

López, R., & Sánchez, F. (2012). Participación comunitaria en la evaluación de la vulnerabilidad ante riesgos volcánicos: lecciones aprendidas del volcán Galeras. *Revista de Planificación Urbana*

López, R., & Sánchez, F. (2020). Planificación de medidas de respuesta ante riesgos volcánicos en zonas urbanas: estudio de caso del Centro Histórico de Quito. *Revista de Planificación Urbana*

López, R., & Sánchez, F. (2020). Turismo cultural y desarrollo local en áreas de patrimonio inmueble. *Revista de Planificación Urbana*

López, R., & Sánchez, F. (2021). Participación comunitaria en la elaboración de planes de contingencia frente a erupciones volcánicas. *Revista de Participación Ciudadana*

López, S., & Sánchez, M. (2020). Estrategias de mitigación de daños en cubiertas de edificaciones ante la caída de ceniza volcánica. *Revista de Gestión de Riesgos*

Martínez, A., & Gómez, E. (2016). Tipos de amenazas naturales y su impacto en el Ecuador. *Revista de Gestión de Riesgos Naturales*

Martínez, E., & Gómez, J. (2018). Patrimonio Cultural: Tipos y características. *Revista de Antropología Cultural*

Martínez, E., & Gómez, J. (2019). Gestión del Patrimonio Inmueble: Principios y prácticas. *Revista de Gestión Cultural*

Martínez, E., & López, J. (2018). Importancia y gestión del patrimonio cultural tangible e intangible. *Revista de Gestión Cultural*

Martínez, E., & Rodríguez, J. (2011). Evaluación de la resistencia estructural de las edificaciones ante la caída de ceniza volcánica: estudio de caso del volcán Galeras. *Revista de Ingeniería Civil*

Martínez, E., & Rodríguez, J. (2018). Conservación y gestión del patrimonio mueble: principios y prácticas. *Revista de Gestión Cultural*

Martínez, E., & Rodríguez, J. (2019). Conservación y gestión del patrimonio inmueble: principios y prácticas. *Revista de Gestión Cultural*

Martínez, E., & Rodríguez, J. (2019). Elaboración de planes de contingencia ante riesgos volcánicos: estudio de caso de la región Andina. *Revista de Planificación Urbana*

Martínez, E., & Rodríguez, J. (2019). Impacto de las erupciones del volcán Pichincha en el Centro Histórico de Quito: lecciones aprendidas y perspectivas futuras. *Revista de Gestión de Riesgos Naturales*

Molina, M., & García, P. (2017). Gestión de riesgos volcánicos: lecciones de la erupción del Volcán Tungurahua en 2006. *Revista de Geografía*

Molina, M., Soto, G., & García, P. (2012). Impacto de la caída de ceniza volcánica en las estructuras de los techos de viviendas en la zona de influencia del Volcán Tungurahua, Ecuador. *Revista del Instituto Nacional de Preinversión*

Ortiz, J. L., Nocquet, J. M., & Mothes, P. A. (2020). Evaluación de la vulnerabilidad ante la caída de ceniza volcánica utilizando un enfoque semi-cuantitativo: estudio de caso de Quito, Ecuador. *Riesgos Naturales*

Pérez, A., & Gutiérrez, M. (2008). Impacto de la erupción del volcán Pichincha en 1660 en el centro histórico de Quito. *Revista de Historia y Arqueología*

Planes de Contingencia Volcánica. (2017). Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda. Gobierno de Ecuador.

Pomonis, A., Baxter, P., Coburn, A., White, M., Dayrit, M., & Spence, R. (2022). Daños en edificios causados por la erupción del Monte Pinatubo del 15 de junio de 1991.

Ponce-Tamayo, J., Turiño, F. Y. B., & Grugiel, S. A. (2022). Valoración de la eficacia de los planes de contingencia ante erupciones volcánicas para edificios patrimoniales en el centro de Quito.

Ramos, E. G., Breton-Garcia, M. C., Kuentzel, W. F., & Bretón-González, M. A. (2019). El Volcán de Colima y su influencia significativa en la población regional: crisis volcánicas actuales y pasadas. *GSA Hoy*


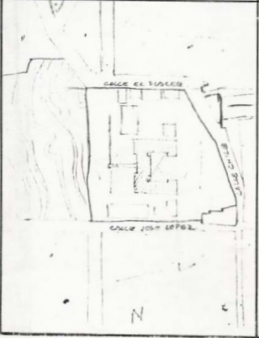
Ruiz, P., Estrella, J., & Hernández, P. (2018). Vulnerabilidad socioeconómica asociada a la actividad volcánica del Tungurahua: estudio de caso de la provincia de Chimborazo, Ecuador. *Revista de vulcanología aplicada*

Ruiz, P., Figueroa, D., & Calderón, S. (2017). Rutas de evacuación y áreas de riesgo para peligros volcánico-tectónicos: estudio de caso del volcán Tungurahua, Ecuador. *Geomática, Peligros Naturales y Riesgo*

- Salón, M. (2010). Volcanes, patrimonio y riesgo: Evaluación de los valores culturales de los geotopos volcánicos. *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*
- Sigurdsson, H. (1999). Volcanes y vulcanología en las obras de arte del Renacimiento y Barroco. En: *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*
- Smith, J. (2017). *Patrimonio Cultural Tangible: Monumentos y Artefactos de la Humanidad*. Madrid: Ediciones UNESCO.
- Soria, E., García-Navarro, M. J., & Gavilanes-Ruiz, J. C. (2018). Percepción del riesgo volcánico en Quito, Ecuador: influencia de factores sociales, demográficos y experienciales. *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*
- Suárez-Plascencia, C., Mora, J. C., & De la Cruz-Reyna, S. (2008). Características de la actividad volcánica del Volcán de Colima, México, durante 1999-2005. *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*
- UNESCO. (1972). *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural*. París: UNESCO.
- UNESCO. (2003). *Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial*. París: UNESCO.
- Vargas, F., Carrasco, J., & Pérez, E. (2009). Efectos de la ceniza volcánica en las estructuras de inmuebles durante la erupción del Volcán Tungurahua en el 2006. *Revista de Investigación Científica*





I MUNICIPIO DE QUITO - DIRECCION DE PLANIFICACION					ARQUITECTURA MONUMENTAL DE QUITO		
PLAN MAESTRO DE REHABILITACION DE LAS AREAS HIST. DE QUITO					CIVIL	RELIGIOSA	DE INTERES
CLAVE CATASTRAL			CLAVE A.I.Q.			NOMBRE DEL PREDIO	
Nº HOJA	Mz	Lote	Nº HOJA	Mz	Lote	EX. COLEGIO JOAQUIN MONTALVO	
4	0	1	0	2	1	0	0
NOMBRE DEL PROPIETARIO			CALLE: CHAVEZ			Nº	ENCUESTADOR
MINISTERIO DE EDUCACION			TENC:Relig			Munic	Estat
						Paric	Nº FECHA
							1970
<b>SINOPSIS HISTORICA</b>					CODIGO	P.V.	
<p>EL COLEGIO NORMAL JOAQUIN MONTALVO, FUNDADO EN 1901 POR ORDEN DEL PRESIDENTE SEÑAL ELOY ALFARO, FUE CONFORMADO CON LA AYUDA DE DOS HEREDAS ANTIQUAS CELEBRADAS POR EL GOBIERNO EN 1914. FUNDADO EN LA CASA DE LA CALLE VARGAS Y ORIOPE, SECTOR DE LA GUARASIA, LUEGO SE TRASLADO A LA QUINTA VERDE DONDE DESPUES FUNCIONO EL JARDIN DE INFANTES JOSE LUIS RONAN, PERO REGRESO A SU ANTIQUO LOCAL POR LA LEGANIA DEL CIUD. LUEGO SE TRASLADO A LA QUINTA DE LA MARQUESA DE SOLANDA (SECTOR EL PLAZON) LEVANTADA EN EL S. XIX EN LADRILLO Y ADOSADO EN ELA. FUNICIONARA EL COLEGIO JOAQUIN MONTALVO, QUI JUNTAMENTE FUNCIONARA LA ESCUELA DE PRACTICA LEOPOLDO CHAVEZ. ACTUALMENTE OCUPAN EL LOCAL LA ESCUELA LEOPOLDO CHAVEZ, LAS OTRAS OBTENIENDOS OBTIENAS OBTIENAS LOS COLEGIOS (SISTE) FACUNEL LARREA Y CARLOS ZAMBRANO, EN EL TULO OESTE EL JARDIN DE INFANTES FEDERICA HERBERT Y EN LA TARDE LA ESCUELA MEXICO. ESTO OBTIENAS DESDE HACE 10-12 AÑOS EN QUE EL NORMAL CE TRASLADO A SU NUEVO LOCAL EN LA CERRANIA A LA VIA OROCENTRAL.</p>							
<p><b>DATACION:</b> SIGLO XIX</p>							
<p><b>OBSERVACIONES:</b> HISTORIA RECONSTRUCION DEL FUNDACION DE ESTE MONTALVO EN 1901 EN EL LUGAR DE LA CIUDAD DE QUITO. HISTORIA RECONSTRUCION DEL FUNDACION DE ESTE MONTALVO EN 1901 EN EL LUGAR DE LA CIUDAD DE QUITO.</p>							
<b>CROQUIS DE UBICACION</b>			CODIGO	P.V.			
							

Anexo 3. Ficha técnica Escuela Leopoldo N Chavez  
Fuente: STHV, 2023

I. MUNICIPIO DE QUITO — DIRECCION DE PLANIFICACION						ARQUITECTURA MONUMENTAL DE QUITO		
PLAN MAESTRO DE REHABILITACION DE LAS AREAS HISTORICAS DE QUITO						CIVIL	RELIGIOSA	DE INTERES
CLAVE CATASTRAL			CLAVE A.I.Q.			NOMBRE DEL PREDIO		
Nº HOJA	Mz	Lote	Nº HOJA	Mz	Lote	Colegio El Ceboillar		
40002	0805		32050818			ENCUESTADOR		
NOMBRE DEL PROPIETARIO			CALLE: JOSE LOPEZ - N°160			Nº FECHA		
COMUNIDAD LASA ANA			TENC.: Relig. <input checked="" type="checkbox"/> Munic. <input type="checkbox"/> Esnt. <input type="checkbox"/> Partic. <input type="checkbox"/>			WALTER PAREDES 3-IV-91		
SINOPSIS HISTORICA						CODIGO		
<p>LOS HERMANOS CEBALLOS (SALAS) LLEGARON A ECUADOR EN 2 DE FEBRERO 1863 A GUAYACIL E INMEDIATAMENTE VINERON A QUITO. EN IX DE 1863 HUBIERON LA ESCUELA "EL BEATICO" EN DONDE FUNCIONA ACTUALMENTE EL COLEGIO SIMON BOLIVAR, CON LA REVOLUCION DE ALFARO EN 1896 SE TRASLADARON A LA CARRERA CHILE EN LA QUE ACTUALMENTE FUNCIONA LA ESCUELA "EL CEBOILLAR".</p> <p>LA CONSTRUCCION DE LA CAPILLA SE REMONTA A PERIUDOS DE 1900 (1900), SE DICE ESTO PORQUE SE OBSERVA EN FOTOGRAFIA TOMADA EN EL AÑO 1907 EL FECHIS DE LA CAPILLA, Y ADEMAS UNOS GAJONES QUE SERVIAN DE AJUAS.</p> <p>LA CAPILLA EN SU 1º PRO (ACTUAL) SE CONSTUYO DE 1912 A 1920, LA CONSTRUCCION DE BLOQUE DE AJUAS Y LAS ESCALERAS QUE CONDUEN A ESTAS AJUAS SE LO REALIZO DESDE 1925 A 1930. POSTERIORMENTE SE CONSTRUYO EL SALON DE USO MULTIPLE EN 1935.</p> <p>DESPUES DEL ÚLTIMO TERREMOTO EN 1987, EL I.M.D. DESARROLLO UNO MONTAJE PARA UNA RESTAURACION Y CONSTRUCCION DE NUEVOS BLOQUES DE AJUAS Y TAJERES.</p>						410049/71-4 P.V.		
<p>DATAION: 1900 - 1907</p> <p>OBSERVACIONES: DATOS OBTENIDOS POR REAJUSTOS DE HERMANO CEBALLO LASA ANA</p>						CODIGO		
CROQUIS DE UBICACION						410049/71-33 P.V.		

Anexo 4. Ficha técnica Escuela Leopoldo N Chavez  
Fuente: STHV, 2023

MUNICIPIO DE QUITO DIRECCION DE PLANIFICACION										FOTOS	3	CODIGOS	INV. CONT. D-3/D-4						
PLAN MAESTRO DE REHABILITACION DE LAS AREAS HISTORICAS DE QUITO					CLAVE CATASTRAL					CLAVE A.I.O.									
INVENTARIO DE ARQUITECTURA CIVIL DEL C.H.Q.					N° HOJA					Mz. Lote									
CALLE V. ROCAFUERTE Y CALLECITA N° 713					INFORMACION EXISTEN					FECHA									
1. DATOS GENERALES					1.1.3 OCUPACION DE PATIO%														
1.1. USOS DEL SUELO %					TEMPORAL PERMANENTE														
1.1.2. TIPO					1.1.4 USO DE AREAS LIBRES														
ADMINISTRAC.					JARDINES BODEGAS														
BODEGA					ESTACIONA MIXTOS														
CAFETERIA					1.1.5 OCUPACION DE ZAGUAN CULTO														
COMERCIO					TEMPORAL PERMANENTE														
EDUCACION					N° DE PREDIOS POR CASA														
HOTEL/REST.					1.1.6. AGRUPACION ORIG. PREDIOS														
RECREACION					DERECHA IZQUIERDA														
SALUD					PROPIO REGULADO MIXTO														
TALLER					1.1.7. N° DE COMERCIOS														
VIVIENDA					1.2. NIVEL DE SERVICIOS														
OTROS					TIENE AGUA DE LA RED PUBLICA SIEMPRE <input checked="" type="checkbox"/> POR HORAS DE REPENTE														
					EL DESAGUE A LAS CALLES: NORMAL <input checked="" type="checkbox"/> SE TAPA SIN SIFON														
					LOS SERVICIOS HIGIENICOS SON PRIVADOS <input checked="" type="checkbox"/> COMUNAL NO TIENE														
					LAVANDERIAS PRIVADAS <input checked="" type="checkbox"/> COMUNAL NO TIENE														
					SERVICIO DE LUZ NORMAL <input checked="" type="checkbox"/> BAJATIENS NO TIENE														
					SUS HIJOS ESTUDIAN EN: BARRIO <input checked="" type="checkbox"/> OTRO BARRIO FUERA CH.														
					LOS DOMINGOS SE RECREAN EN: BARRIO <input checked="" type="checkbox"/> OTRO BARRIO FUERA CH.														
					LE GUSTA SU BARRIO SI <input checked="" type="checkbox"/> MEDIANO <input checked="" type="checkbox"/> NO														
					PIENSA CAMBIARSE BARRIO <input checked="" type="checkbox"/> OTRO BARRIO FUERA CH.														
					PORQUE RAZON: FEO <input checked="" type="checkbox"/> PELIGROSO <input checked="" type="checkbox"/> FALTA EQU.														
					TIENE: TIENDA <input checked="" type="checkbox"/> FARMACIA <input checked="" type="checkbox"/> VACIA														
					VIVE EN CASA SU PROPIETARIO SI <input checked="" type="checkbox"/> NO														
1.3. FORMA DE OCUPACION					1.4. ESTADO DE LA EDIFICACION														
					ACTUAL RECOMENDABLE														
GDO. INTERVEN.					RIESG. OCUP.					POSIB. INTER.					PROTEC. PROP.				
NINGUNA					NULO <input checked="" type="checkbox"/>					NINGUNA <input checked="" type="checkbox"/>					DEMOLICION				
MEDIANA					LEVE					LEVE					REPARABIL.				
ALTA					MEDIANA					ALTA					NUEV. EDIF. O				
TIPO MANTEN					CATALOGACION					4					LOCALIZACION				
NO MANTEN					PROPUESTA														
EN INTERVEN.																			
										OBSERVACIONES: EL PLAZO				NO TUVO ACCESO					

Anexo 5. Ficha técnica Casa del Penalillo  
Fuente: STHV, 2023



**Anexo 6.** Código QR. Fichas técnicas de los Inmuebles Patrimoniales  
**Fuente:** STHV, 2023



**Anexo 7.** Código QR. Levantamiento fotográfico, visita a  
Inmuebles Patrimoniales

**Fuente:** Autoría Propia, 2024





Universidad  
Indoamérica

Arquitectura  
2024

