



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Vulnerabilidad sísmica de casonas coloniales en el centro
histórico, Arequipa, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Mamani Norabuena, Alberto (orcid.org/0009-0001-2408-6852)

ASESOR:

Mg. Muñiz Paucarmayta, Marco Herber (orcid.org/0000-0002-6818-6097)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL Y UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Expreso mi agradecimiento al divino creador por permitirme seguir iluminando mi existencia. Agradezco por la moralidad, la disciplina y la fuerza para superar obstáculos y continuar con mis proyectos anhelados. Mi madre, Marleni Victoria Norabuena Nieves, quien es mi guía y fuente de inspiración. Sus enseñanzas y virtudes me acompañan en mi camino, y espero que mis hermanas también encuentren en ella un ejemplo de vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al divino creador por guiar mi camino y darme fortaleza. Agradezco a mi familia por su comprensión y apoyo incondicional durante mi proceso de realización profesional.

También quiero reconocer a la Universidad César Vallejo por brindarme la oportunidad de concretar mi formación profesional. A los docentes de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Arequipa, les estoy eternamente agradecido a pesar de las adversidades.

A mi asesor Mg. Muñiz Paucarmayta, Marco Herber, le agradezco por su guía y por compartir sus conocimientos; siempre los recordaré con gratitud.

Mi reconocimiento también va para los miembros del jurado calificador, quienes apoyaron y dedicaron tiempo al desarrollo de mi trabajo de investigación.

Asimismo, quiero agradecer a los propietarios de las casonas en el centro histórico de Arequipa por facilitarme la elaboración de este estudio, a pesar de las circunstancias en las que se encontraban.

Finalmente, mi sincero agradecimiento a mis estimados compañeros de la U.A.N.C.V. y a mi promoción del colegio, quienes me brindaron ánimos en los momentos más difíciles de mi formación profesional.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MUÑIZ PAUCARMAYTA MARCO HERBER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE CASONAS COLONIALES EN EL CENTRO HISTÓRICO, AREQUIPA, 2023", cuyo autor es MAMANI NORABUENA ALBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 23 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MUÑIZ PAUCARMAYTA MARCO HERBER DNI: 23956433 ORCID: 0000-0002-6818-6097	Firmado electrónicamente por: MMUNIZP el 23-03- 2024 22:47:27

Código documento Trilce: TRI - 0740954



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MAMANI NORABUENA ALBERTO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE CASONAS COLONIALES EN EL CENTRO HISTÓRICO, AREQUIPA, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ALBERTO MAMANI NORABUENA DNI: 46593454 ORCID: 0009-0001-2408-6852	Firmado electrónicamente por: ALMAMANINO el 23- 03-2024 07:47:51

Código documento Trilce: TRI - 0740958

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	28
3.1. Tipo y diseño de investigación	28
3.2. Variables y operacionalización	28
3.3. Población, muestra y muestreo	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.5. Procedimientos	32
3.6. Método de análisis de datos.....	60
3.7. Aspectos éticos	60
IV. RESULTADOS	61
V. DISCUSIÓN.....	84
VI. CONCLUSIONES.....	89
VII. RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS	93
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros del Índice de Vulnerabilidad	23
Tabla 2.	Niveles de Vulnerabilidad	24
Tabla 3.	Matriz de operacionalización de variables	30
Tabla 4.	Ubicación de las unidades de análisis	35
Tabla 5.	Características generales de la casona C1	36
Tabla 6.	Características generales de la casona C2	36
Tabla 7.	Características generales de la casona C3	37
Tabla 8.	Características generales de la casona C4	37
Tabla 9.	Resistencia a compresión de sillares de primera hilada (frágil)	41
Tabla 10.	Resistencia a compresión de sillares de segunda hilada (conservado) 41	
Tabla 11.	Resistencia a compresión de sillares actuales (2023)	42
Tabla 12.	Características del suelo del centro histórico de la ciudad de Arequipa 43	
Tabla 13.	Clasificación de la organización del sistema resistente de la casona C4 44	
Tabla 14.	Clasificación de la calidad del sistema resistente de la casona C4.....	45
Tabla 15.	Clasificación de diafragmas horizontales de la casona C4	46
Tabla 16.	Clasificación del estado de conservación de la casona C4.....	47
Tabla 17.	Clasificación del tipo de cubierta de la casona C4.....	48
Tabla 18.	Resumen de clasificación de parámetros de la configuración estructural 49	
Tabla 19.	Clasificación de la configuración en planta de la casona C4	50
Tabla 20.	Clasificación de la configuración en elevación de la casona C4	50
Tabla 21.	Clasificación de la separación máxima entre muros de la casona C4..	51

Tabla 22. Clasificación de elementos no estructurales de la casona C4	52
Tabla 23. Resumen de clasificación de parámetros de configuración geométrica 52	
Tabla 24. Características geológicas del Cercado de Arequipa	53
Tabla 25. Características geotécnicas del Cercado de Arequipa.....	53
Tabla 26. Clasificación de las características geotécnicas y topográficas (C4) ...	54
Tabla 27. Fuerza cortante resistente en dirección X de la casona C4	55
Tabla 28. Fuerza cortante resistente en dirección Y de la casona C4	55
Tabla 29. Clasificación de la resistencia convencional de la casona C4.....	56
Tabla 30. Resumen de clasificación de parámetros según la microzonificación sísmica (C4).....	57
Tabla 31. Resumen de clasificación de parámetros para la casona C4.....	57
Tabla 32. Determinación del Índice de Vulnerabilidad para la casona C4	58
Tabla 33. Categorización de la vulnerabilidad para la casona C4	58
Tabla 34. Ubicación política de la zona de estudio.....	61
Tabla 35. Resumen de los niveles de vulnerabilidad sísmica y vulnerabilidad global de las casonas.....	63
Tabla 36. Frecuencias de los niveles de vulnerabilidad global de las casonas	64
Tabla 37. Niveles de vulnerabilidad según la configuración estructural de casonas 67	
Tabla 38. Frecuencias de niveles de vulnerabilidad según la configuración estructural68	
Tabla 39. Clasificación de parámetros de la configuración estructural de casonas 69	
Tabla 40. Frecuencias de clasificación de la configuración estructural.....	69
Tabla 41. Niveles de vulnerabilidad según la configuración geométrica	71
Tabla 42. Frecuencias de vulnerabilidad según la configuración geométrica	72
Tabla 43. Clasificación de parámetros de la configuración geométrica	73

Tabla 44. Frecuencias de clasificación de parámetros de la configuración geométrica	73
Tabla 45. Niveles de vulnerabilidad según la microzonificación sísmica	75
Tabla 46. Frecuencias de niveles de vulnerabilidad según la microzonificación sísmica	76
Tabla 47. Clasificación de parámetros de microzonificación sísmica	77
Tabla 48. Frecuencias de clasificación de parámetros de microzonificación sísmica	77
Tabla 49. Correlación Rho de Spearman de la vulnerabilidad y las características de las casonas	79
Tabla 50. Correlación de la vulnerabilidad con la configuración estructural.....	80
Tabla 51. Correlación de la vulnerabilidad con la configuración geométrica.....	81
Tabla 52. Correlación de la vulnerabilidad con la microzonificación sísmica	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Casona colonial de Arequipa.....	15
Figura 2. Detalle de mampostería de sillar	16
Figura 3. Mapa de sismicidad global	17
Figura 4. Mapa de zonificación sísmica del Perú.....	18
Figura 5. Mapa de intensidades sísmicas en el sur del Perú	19
Figura 6. Mapa de microzonificación sísmica de la ciudad de Arequipa	20
Figura 7. Tipos de geometría en planta	26
Figura 8. Diferencias de masas en elevación	26
Figura 9. Esquema de indicadores de la vulnerabilidad de casonas.....	29
Figura 10. Diagrama del proceso de investigación	33
Figura 11. Diagrama de flujo de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica	34
Figura 12. Plano de planta de la casona C4.....	38
Figura 13. Plano de elevación de la casona C4.....	38
Figura 14. Esquema de una casona colonial típica de Arequipa	39
Figura 15. Extracción y elaboración de cubos de sillar	40
Figura 16. Ensayo de compresión del sillar	40
Figura 17. Muros de la casona C4 sin arriostramiento y conexión deficiente.....	44
Figura 18. Muros de la casona C4 con bloques de sillar no homogéneos	44
Figura 19. Desprendimiento de juntas de argamasa de la casona C4	45
Figura 20. Deformación de bóveda y deficiente conexión con muros de casona..	46
Figura 21. Estado de conservación de la bóveda de la casona C4.....	47
Figura 22. Estado deplorable de muros y parapetos de la casona C4	47
Figura 23. Inestabilidad de la cubierta (bóveda) de la casona C4.....	48
Figura 24. Geometría de planta de la casona C4	49
Figura 25. Geometría de elevación de la casona C4	50

Figura 26. Detalle de longitud más desfavorable y espesor de muros de la C4.....	51
Figura 27. Elementos no estructurales de la casona C4.....	52
Figura 28. Base de datos de Perú y región Arequipa	59
Figura 29. Centro histórico de la ciudad de Arequipa (UNESCO).....	61
Figura 30. Mapa de ubicación geográfica de la zona de estudio	62
Figura 31. Porcentajes de los niveles de vulnerabilidad global de las casonas	65
Figura 32. Mapa preliminar de los niveles de vulnerabilidad de las casonas coloniales	66
Figura 33. Porcentajes de vulnerabilidad según configuración estructural.....	68
Figura 34. Clasificación de parámetros de la configuración estructural	70
Figura 35. Porcentajes de niveles de vulnerabilidad según la configuración geométrica.....	72
Figura 36. Porcentajes de clasificación de parámetros de la configuración geométrica.....	74
Figura 37. Porcentajes de niveles de vulnerabilidad según microzonificación sísmica.....	76
Figura 38. Porcentajes de clasificación de parámetros de la microzonificación sísmica.....	78

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, determinar la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, para lo cual la metodología aplicada fue de tipo aplicado y descriptivo. La muestra fue de 24 casonas, las cuales fueron evaluadas mediante el Método Italiano, donde se determina la vulnerabilidad con base a 11 parámetros agrupados en configuración estructural, geométrica y microzonificación sísmica, y para reportar los resultados se elaboraron mapas temáticos correspondientes a los niveles de vulnerabilidad. Los resultados fueron los siguientes: los parámetros más influyentes en el incremento del nivel de vulnerabilidad son los correspondientes a la configuración estructural, ya que en gran parte llega a representar el 50% del total de la vulnerabilidad global. Esto debido principalmente por su mampostería de sillar, ya que perdió su capacidad resistente hasta en un 66% por el paso del tiempo. Además, según la prueba estadística el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor sustancial de 0.604, lo que indica una correlación positiva significativa. Asimismo, los parámetros de la microzonificación sísmica influyen en la vulnerabilidad, llegando a representar en algunos casos hasta un 18.63% del total de la vulnerabilidad global. En el caso de los parámetros de la configuración geométrica, influyen en menor medida, ya que en su condición más crítica apenas representa el 11.44% del total de la vulnerabilidad global. En ese sentido, se concluye que el 41.7% de las casonas están en situación de vulnerabilidad sísmica media, por lo que podrían sufrir daños en sus elementos estructurales durante un sismo, pero no necesariamente colapsarían. El 33.3% están en situación de vulnerabilidad sísmica alta, por lo que estos podrían sufrir daños graves en sus elementos lo que conllevaría a un posible colapso. Por otro lado, el 16.7% de casonas presentan vulnerabilidad baja y el 8.3% presentan vulnerabilidad nula, por lo que teóricamente estas edificaciones podrían mantenerse estables durante un sismo, sin embargo, si no se efectúan reforzamientos o restauraciones, todas las casonas podrían sufrir daños graves durante un sismo de gran magnitud, esto debido a su antigüedad.

Palabras clave: Casonas coloniales, vulnerabilidad, sismo, sillar.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the seismic vulnerability of the colonial mansions in the historic center of Arequipa, for which the methodology applied was applied and descriptive. The sample was 24 houses, which were evaluated using the Italian Method, where vulnerability is determined based on 11 parameters grouped in structural, geometric configuration and seismic microzonation, and to report the results thematic maps corresponding to the levels of vulnerability. The results were the following: the most influential parameters in the increase in the level of vulnerability are those corresponding to the structural configuration, since it largely represents 50% of the total global vulnerability. This is mainly due to its ashlar masonry, since it lost its resistant capacity by up to 66% over time. Furthermore, according to the statistical test, Spearman's Rho correlation coefficient has a substantial value of 0.604, which indicates a significant positive correlation. Likewise, the parameters of seismic microzoning influence vulnerability, representing in some cases up to 18.63% of the total global vulnerability. In the case of the geometric configuration parameters, they influence to a lesser extent, since in its most critical condition it barely represents 11.44% of the total global vulnerability. In this sense, it is concluded that 41.7% of the mansions are in a situation of medium seismic vulnerability, so they could suffer damage to their structural elements during an earthquake, but would not necessarily collapse. 33.3% are in a situation of high seismic vulnerability, so they could suffer serious damage to their elements, which would lead to a possible collapse. On the other hand, 16.7% of mansions have low vulnerability and 8.3% have zero vulnerability, so theoretically these buildings could remain stable during an earthquake; however, if reinforcements or restorations are not carried out, all the mansions could suffer damage. serious during a large earthquake, this due to its age.

Keywords: Colonial mansions, vulnerability, earthquake, ashlar.

I. INTRODUCCIÓN

Según Aguilar et al. (2020), el patrimonio de las construcciones históricas se refiere al conjunto de edificios, estructuras y monumentos que poseen un valor cultural, histórico, arquitectónico o artístico significativo. Estas construcciones representan la herencia de una determinada sociedad y son testigos de su historia y evolución a lo largo del tiempo. Por su parte Barci-Castriota (2021) afirma que dentro de las construcciones históricas se pueden incluir una amplia variedad de edificaciones, como catedrales, castillos, palacios, templos, casas señoriales, viviendas tradicionales, fortalezas, murallas, puentes, entre otros, por lo que también pueden enfrentar desafíos y problemas, como la degradación por el paso del tiempo, la exposición a fenómenos naturales, falta de mantenimiento, el deterioro causado por la contaminación, los desastres naturales y el crecimiento urbano.

En ese sentido, Barnaure et al. (2019), sostienen que es fundamental tomar medidas para preservar y proteger el patrimonio de las construcciones históricas. Esto implica la realización de investigaciones, implementación de planes de conservación, restauración y rehabilitación que incluyan medidas de mantenimiento adecuadas, intervenciones respetuosas con la integridad histórica y el uso de técnicas de refuerzo y restauración apropiadas. En el caso específico de las viviendas, Canbolat et al. (2021) mencionan que la vivienda también puede ser considerada como patrimonio histórico cuando posee un valor cultural, histórico o arquitectónico significativo, es decir si tiene una antigüedad considerable y representa un ejemplo importante de una época pasada.

Debido a la importancia histórica de estas edificaciones se realizan diferentes investigaciones de esa forma se tiene en el ámbito internacional, Zamora y Aguirre (2020) indican que, en el mundo sobre todo en ciudades capitales, las casonas históricas enfrentan diversas problemáticas que ponen en peligro su preservación y conservación. Algunos de los problemas más comunes son los siguientes: el deterioro estructural, falta de mantenimiento, cambio de uso o abandono y la ubicación geográfica. Por otra parte, en relación a la vulnerabilidad a los sismos de

las casonas históricas, Nikolić (2021) menciona que al ser construcciones antiguas son muy susceptibles a ser dañadas por los efectos de un sismo, ya que fueron diseñadas y construidas en una época en la que los estándares de construcción sísmica no eran tan avanzados. Por lo tanto, es común que presenten vulnerabilidades sísmicas significativas. Ante esta situación, es fundamental llevar a cabo evaluaciones sísmicas de estas casonas, implementar medidas de reforzamiento y debe ir de la mano con la seguridad estructural para garantizar su protección y conservación (Razak et al. 2021).

Del mismo modo, Fazzi et al. (2021) afirman que en Italia al igual que en otras regiones sísmicas de Europa, las casonas históricas son muy vulnerables a los sismos, ya que el país está ubicado en un área sísmica debido a su ubicación en la intersección de las placas euroasiática y africana. Por lo general, los factores que más contribuyen en el elevado nivel de vulnerabilidad es la antigüedad de la construcción, lo que implica el diseño, los materiales empleados y el estado de conservación. A pesar de que se realizaron esfuerzos significativos para preservar y proteger el patrimonio histórico en Italia, no es suficientemente efectiva debido a la gran cantidad de edificios históricos en Italia y la complejidad asociada con su conservación. De igual forma, Figueroa (2019) sostiene que en México las casonas históricas están muy deterioradas como producto del paso del tiempo y los daños ocasionados por los sismos. Aunado a esa situación, los mantenimientos y reforzamientos no son muy fomentadas, por lo que también es evidente la ausencia de normativas que regulen la intervención de estas construcciones históricas.

En el ámbito nacional, en Perú al igual que en México se cuenta con gran número de monumentos históricos construidas en la época colonial, dentro de ello se encuentran las casonas históricas de los centros históricos de Lima, Cusco y Arequipa (Mendes 2017). Estas edificaciones antiguas, son muy susceptibles a la amenaza sísmica, debido a la ubicación geográfica del país, ya que se encuentra en una región de fuerte actividad sísmica. Según Mendes (2017), estas construcciones antiguas en el Perú, en su gran mayoría están mal conservados por diversos factores, pero los más recurrentes son: la antigüedad y diseño. Otro de los factores determinantes son los materiales de construcción, ya que los más

tradicionales fueron el adobe, quincha y la piedra en sus distintas variedades. Por lo que es necesario realizar estudios que conlleven a diagnosticar su situación física y con base a esta información, las entidades correspondientes puedan ejecutar planes o acciones preventorias para su conservación y consecuentemente dejar el legado a futuras generaciones como testimonio físico de la historia del país.

En el ámbito regional, la ciudad de Arequipa es conocida por su impresionante arquitectura colonial en sus iglesias y sus casonas históricas situadas en el centro de la ciudad. Según el Informe: "Perú Sitios de Patrimonio Mundial" elaborado por el Ministerio de Cultura del Perú, indica que el centro histórico de Arequipa está protegido por la Ley N° 28296-2004, donde se declara como zona monumental, lo cual incluye también a sus edificios. Este espacio tiene una extensión de 166.52 hectáreas, donde alberga más de 500 residencias o viviendas de condición colonial.

En el caso de las casonas coloniales de Arequipa, Hanampa y Mamani (2018) afirman que representan un valioso patrimonio cultural y son testimonio de la rica historia y herencia arquitectónica de la región. Algunas de las más destacadas de la ciudad son: Casa del Moral, Casa Goyeneche, Casa del Fundador, Casa Ricketts entre otros. Estos monumentos históricos, son de los más conocidos y las más promocionadas a nivel turístico, por lo que su conservación está más que garantizada. Sin embargo, en el centro de la ciudad existen numerosas viviendas que aún conservan el diseño y materiales originales, los cuales datan antes de la época republicana entre los siglos 17 y 18, y están consideradas dentro del patrimonio cultural de la humanidad. Debido al paso del tiempo, los peligros de geodinámica interna y la ausencia de intervención para su conservación, muchas de estas edificaciones históricas se encuentran en estado deplorable o en el peor de los casos se encuentran en estado de abandono, situaciones que agravan más su estabilidad estructural y consecuentemente compromete su conservación. Actualmente, según reportes del Ministerio de cultura, tan solo el 20% de casonas históricas están restauradas y cerca del 80% se encuentra pendiente. En ese sentido, se hace necesario la evaluación de diagnóstico del nivel de vulnerabilidad que presentan estas edificaciones históricas, con base a esa información

recomendar las acciones preventivas para conservar el patrimonio físico para futuras generaciones.

En esa misma línea, se formula el **problema general**: ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?; del mismo modo, se formulan los **problemas específicos**: ¿Cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?; ¿Cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración geométrica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023? y ¿Cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la Microzonificación sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?

La **Justificación teórica** de este estudio, reside en la existencia de diversos trabajos relacionados con la determinación de la vulnerabilidad de estructuras históricas, sobre todo aquellas icónicas y muy conocidas como las iglesias, sin embargo las viviendas o casonas antiguas no han sido de mucho interés por parte de los investigadores, a pesar de que estas edificaciones también forman parte de la identidad cultural de la población y que aún conservan el diseño y materiales originales, los cuales datan antes de la época republicana y también están consideradas dentro del patrimonio cultural de la humanidad. Razones por las cuales, el presente estudio tiene justificación teórica, ya que se evaluará y determinará la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales de Arequipa y con ello aportar a la comunidad científica sobre la manera como deben evaluarse estas peculiares construcciones que son la herencia cultural y de esta manera sea un precedente y referente en futuros estudios relacionados con la evaluación de la vulnerabilidad de infraestructuras coloniales. Por otro lado la **justificación práctica** se basa en la determinación de la vulnerabilidad frente al sismo que presentan las infraestructuras históricas frente al sismo, lo cual permitirá conocer su situación física, creando así conciencia y alerta en las entidades competentes y así puedan tomar medidas para reducir la vulnerabilidad de estas casonas coloniales para la preservación y conservación de este patrimonio histórico cultural y al mismo tiempo sean seguras y resistentes ante los posibles eventos sísmicos, la **justificación**

metodológica: el presente estudio reside en el empleo de técnicas estandarizadas como la observación y la recopilación de datos, los cuales serán analizados mediante la estadística descriptiva, asimismo se contribuirán con instrumentos de recolección de datos (formato de muestreo de sillar colonial), los cuales podrían ser empleados para futuras investigaciones relacionados con la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales de todas partes del mundo. finalmente, **la justificación social**, es que, estas viviendas son una parte fundamental de la identidad cultural de la región. Son símbolos de la historia compartida y la rica herencia de la época colonial, por lo que su preservación y protección son imprescindibles para mantener viva la historia y la cultura de una región, consecuentemente los beneficiados será toda la población de la región Arequipa. Además, el turismo cultural generado por estas viviendas puede tener un impacto favorable en la economía de la sociedad local.

En ese sentido, se plantea como **Objetivo general:** Determinar la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023. Del mismo modo, se plantean los **Objetivos específicos:** Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023. Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración geométrica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023. Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la microzonificación sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023.

Como **Hipótesis general** se tiene: La vulnerabilidad de las casonas coloniales varía según sus características estructurales, geométricas y microzonificación sísmica. Asimismo, las **Hipótesis específicas:** El nivel de vulnerabilidad varia significativamente con la configuración estructural de las casonas coloniales. El nivel de vulnerabilidad sísmica varía según la configuración geométrica de las casonas coloniales. El nivel de vulnerabilidad varía según la Microzonificación sísmica de las casonas coloniales.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales del tema abordado:

González (2020), en su investigación indica que tiene como objetivo: la evaluación de la vulnerabilidad del patrimonio histórico cultural de la ciudad de Valparaíso frente a sismos. Para el desarrollo de la investigación el autor empleó un enfoque cuantitativo y descriptivo. La población y muestra fueron 5 infraestructuras religiosas, las cuales fueron evaluadas mediante el método Italiano. Los resultados de vulnerabilidad, concuerdan con la primera impresión que entregan las infraestructuras históricas al ser observadas, ya que la iglesia Sagrado Corazón, se encuentra operativa, sin daños visibles, es compacta y poco esbelta, lo que hace que tenga una respuesta buena frente al sismo, por lo que su vulnerabilidad es media (IV=15). La Matriz no presenta daños, por lo que su vulnerabilidad media (IV=31) es debido a sus grandes dimensiones. La mediana vulnerabilidad (IV=40) de Santa Ana, está relacionada a su estado de abandono y deterioro acumulado. Doce apóstoles, es una iglesia que presenta daños estructurales producidos por la acción sísmica y sus grandes dimensiones afectan fuertemente su vulnerabilidad media (IV=42). Caso particular es San Francisco. Si bien a simple vista prevé una alta vulnerabilidad, fue difícil aplicar la herramienta, ya que precisamente por su estado actual, se complica discriminar en algunos casos. Concluyendo así que estos resultados comprueban que el inmueble patrimonio histórico de Valparaíso se encuentra vulnerable al sismo principalmente por su configuración geométrica y su estado de conservación.

Karic, Atalic y Kolbitsch (2022), en su artículo: tiene como objetivo el análisis de la vulnerabilidad de edificios históricos de mampostería de ladrillo. Esto como respuesta al conocimiento relativamente limitado sobre la vulnerabilidad a sismos de este tipo de edificaciones en Viena. El estudio es aplicado, descriptivo y la muestra fue 35 edificios históricos de mampostería de ladrillo en el centro de la ciudad de Zagreb. Los resultados fueron los siguientes: el área estructural más vulnerable es el ático, principalmente debido al daño significativo a los elementos de construcción no estructurales específicos (chimeneas sin arriostramiento, parapetos, paredes a dos aguas, etc. En cuanto a las patologías, la concentración

de daños en la mampostería estructural y no estructural se encuentra principalmente en áreas de gran cambio de rigidez (áreas de conexión, aberturas de mampostería, etc. Estos daños favorecen el mecanismo de falla fuera del plano y en especial de los parapetos del lado de la calle. Además, se confirmó la capacidad de carga flexible de las estructuras de techo de viguetas de madera y las conexiones parciales insuficientes a los muros de mampostería, lo que aumentó el potencial de falla de la mampostería fuera del plano. En ese sentido, concluyen que la evaluación empírica de vulnerabilidad permitió la clara identificación y correlación de las tendencias de daño emergentes bajo características de construcción específicas del edificio. Sin embargo, la evaluación de estas edificaciones históricas estuvo basada solamente en la tipología sin tener en cuenta las características específicas del edificio, por lo que no siempre podría ser apropiada para la mitigación cualitativa de terremotos.

Como antecedentes nacionales se tiene a Noel (2019), quien en su estudio tuvo como objetivo analizar la vulnerabilidad de viviendas (adobe) de la quinta Los Virreyes en Lima, aplicando para ello una metodología descriptiva y transversal y la muestra estuvo conformada por 13 infraestructuras de adobe, los cuales fueron evaluados mediante el Método Italiano, el cual analiza 11 parámetros de condición estructural, geométrico y no estructural. Los resultados fueron: en cuanto a la configuración en planta las 13 viviendas que conforman la muestra clasifican como "A" (optimo) y "B" (regular), del mismo modo en la configuración en elevación el 100% clasifica como "A". En el 75% la separación de muros no es muy crítica (C). Con respecto a los elementos no estructurales, en el 100% clasifica como C (critica), ya que tienen balcones que están deteriorados por la antigüedad. En cuanto a los parámetros de condición estructural, en la gran mayoría (53.85%) la cubierta está en buenas condiciones (clasificación B), además la calidad del sistema resistente y el estado de conservación en su gran mayoría está en condición de optima a regular (clasificación A y B), por lo que concluye que el 100% de la infraestructuras están en situación de vulnerabilidad media, esto debido principalmente al tipo de suelo de la zona (rígido) y a las óptimas y regulares condiciones de los parámetros estructurales, sin embargo, al ser estructuras de adobe se preveía que el nivel de vulnerabilidad sísmica sea alto, pero las buenas

condiciones físicas en las que se encuentran las unidades de análisis como producto de refacciones y mantenimiento conllevaron a que su vulnerabilidad sea media.

Cáceres (2020), en su tesis donde el objetivo es analizar el comportamiento sísmico de bóvedas de sillar de monumentos históricos y propuesta de refuerzo de la iglesia de Santa Marta en Arequipa. Para lo cual empleó una investigación aplicada y de alcance explicativo. La muestra considerada como unidad de estudio fue la Iglesia en mención, la cual fue seleccionada por conveniencia. La investigación consistió en la realización de pruebas de carga lateral en bóvedas a escala, el cual permitió conocer la resistencia y el desplazamiento de dichas bóvedas sin ningún tipo de reforzamiento y con reforzamiento de elementos de concreto reforzado, para lo cual, previamente se realizaron pruebas de resistencia del material "sillar". Los resultados fueron las siguientes: la resistencia promedio del sillar fue de 12.54 MPa y su módulo de elasticidad fue de 3430 MPa. Según el autor, el sistema resistente frente a sollicitaciones de fuerzas sísmicas es el elemento estructural denominado "contrafuerte", los cuales según la investigación presentan daños significativos por la constante actividad sísmica y por el paso del tiempo. En tal sentido propone la técnica de reforzamiento "inserción de pórticos de concreto armado de tipo arco" en el extradós de la bóveda cañón. Esta propuesta de reforzamiento incrementa mínimamente un 600% la capacidad resistente lateral. En ese sentido concluye que, si es posible proponer reforzamientos partiendo de la determinación del comportamiento sísmico de la estructura, ya que el reforzamiento posibilita el control del daño ante un sismo severo y por consiguiente prolongaría la vida útil de estructura histórica.

Sangay (2020), en su tesis afirma que su objetivo es determinar la vulnerabilidad de la iglesia histórica San Juan bautista (Cajamarca), empleando los métodos propuestos por Marcial Blondet e Isabel Moromi. Para el desarrollo de la investigación la autora aplicó un tipo de investigación descriptiva y transversal. Consideró como población a las Iglesias construidas a base de adobe en el poblado de Llacanora y la muestra fue la Iglesia San Juan, la cual fue seleccionada por conveniencia. El instrumento de recopilación y análisis de datos empleó la ficha de

reporte. Los dos métodos (Blondet y Moromi) empleados para determinar la vulnerabilidad están basados principalmente en la observación y análisis visual, donde también se consideran factores como la topografía, la clase de suelo y las características mecánicas del adobe. Los resultados fueron los siguientes: el valor numérico de la vulnerabilidad (Blondet) fue de 2.9, lo cual resulta de la operación de la sumatoria de las calificaciones de parámetros estructurales y no estructurales, este valor fue categorizado en el rango de vulnerabilidades donde se estableció que la Iglesia en mención presenta una vulnerabilidad alta. El valor numérico de la vulnerabilidad (Moromi) fue de 2, producto de la sumatoria de calificaciones de los 8 factores que se consideran en este método y dentro del rango de vulnerabilidad se establece como vulnerabilidad muy alta. En ese sentido, concluye que: comparando ambos métodos, se estableció que el método de evaluación más tradicional es el propuesto por Blondet por la razón de que el método evalúa la estabilidad de la tabiquería y la densidad de muros resistentes. Todo esto aplicando los lineamientos de la normativa vigente.

Castro y Olarte (2015), en su estudio denominado “Vulnerabilidad sísmica del centro histórico de Jauja en Junín” indican que uno de sus objetivos específicos fue determinar los niveles de vulnerabilidad ante sismos de las estructuras de la mencionada ciudad. La metodología para evaluar fue el Índice de Vulnerabilidad propuesto por Benedetti y Petrini, el cual considera 11 condicionantes de la vulnerabilidad de una edificación. Fue aplicado a una muestra de 1017 edificaciones, obteniendo así los resultados fueron los siguientes: se identificaron tres tipologías de viviendas, edificaciones de adobe (69%), de albañilería (29.8%) y concreto armado (1.2%). Las viviendas de adobe en su totalidad presentan vulnerabilidad media alta, mientras que las de albañilería y concreto armado presentan vulnerabilidad media a baja. En ese sentido, en este aspecto concluyen que la vulnerabilidad está en función a las características de los materiales, mientras estos sean frágiles más incrementará su vulnerabilidad. Además, el Método aplicado permite evaluar la vulnerabilidad de manera general y rápida, por lo que es aplicable a gran cantidad de edificaciones.

Se tiene los siguientes artículos relacionados al tema de investigación:

Palazzi et al. (2020), en su artículo “Evaluación de vulnerabilidad sísmica de iglesias coloniales de mampostería no reforzada en la región central de Chile”, donde indica que su objetivo es evaluar las infraestructuras en mención, esto como respuesta a los daños que sufrieron en el terremoto del Maule (2010). Debido a que estas fueron construidas con la combinación de la cultura local de construcción con estilos Barroco y Gótico durante la dominación española (1536-1818). Razones por las cuales surge la necesidad de establecer un método para evaluar la vulnerabilidad de estas estructuras. En ese sentido, se tomaron como muestra a 40 infraestructuras de condición histórica y de mampostería no reforzada. La investigación estuvo basada en el registro de una base de datos de las características relacionadas con su geometría, técnica constructiva y características estructurales. Por lo que se proporcionó una evaluación de la vulnerabilidad a nivel cualitativo y preliminar (metodología italiana). Los daños observados se relacionaron con los mecanismos de fallas usuales de los edificios de mampostería, tomando en cuenta para ello a los 11 indicadores que condicionan la fragilidad de las edificaciones en mención. Obteniendo así los siguientes resultados: De la evaluación de 40 iglesias de condición histórica, más del 50% fueron diagnosticadas como muy vulnerables, esto debido a que están en el casco histórico de la ciudad de Santiago y Valparaíso, aunado a esta situación otro de los indicadores que influyeron en su grado de vulnerabilidad fue su cercanía a la interacción de placas. Por lo que concluyen que las fallas podrían presentarse principalmente en el aspecto geométrico constructivo y estructural. Estos resultados podrían servir para implementar un plan de prevención de riesgos.

Stefanini et al. (2021), en su artículo denominado “Evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificaciones históricas de mampostería, caso de Fes Medina en Marruecos. Don de mencionan que su objetivo principal fue determinar la vulnerabilidad sísmica de estas construcciones antiguas. Par lo cual emplearon una metodología basada en índice de vulnerabilidad, el cual fue aplicado a los edificios históricos en Fes Medina declarados como patrimonio cultural por la UNESCO. Los autores mencionan que los centros urbanos históricos han sido estudiados bajo muchos aspectos, sin embargo, obviaron la evaluación de la vulnerabilidad sísmica,

por lo que aún no se ha investigado a fondo. En ese sentido, propusieron un formulario de encuesta calibrada exclusivamente para estos edificios, ya que estos sufrieron severos daños por los terremotos ocurridos en la antigüedad. Los resultados indican que la gran mayoría está en condición de vulnerabilidad alta, debido principalmente a su tipo de material ya desgastado y su antigüedad, por lo que se hicieron simulaciones de intervención con reacondicionamiento, obtenido así reducciones en su vulnerabilidad. Por lo que concluyen que el estudio permitió evaluar la vulnerabilidad y con base a esos resultados proponer intervenciones que mejoren el comportamiento sísmico, por lo que el método del índice de vulnerabilidad global calibrado para este tipo de edificios puede ser aplicado en otras ciudades que presenten la misma problemática.

Salazar y Ferreira (2020), en su artículo científico: Evaluación de Vulnerabilidad de construcciones Históricas de México DF, manifiestan que debido a la ubicación geográfica del país, este se encuentra expuesto al peligro sísmico y con ello las ciudades que albergan gran cantidad de casonas coloniales no muy conocidas, estas estructuras no siempre fueron consideradas para su evaluación exhaustiva con respecto a su fragilidad ante sismos, ya que la mayoría de los métodos y estrategias aplicados para evaluar la vulnerabilidad de las construcciones históricas se especializan en edificios de mayor importancia, ya sean públicos o privados, relegando a un segundo plano las viviendas ordinarias. Por ello, el estudio tuvo como objetivo presentar una evaluación de la vulnerabilidad considerando un área urbana limitada del Centro Histórico de la Ciudad de México (Barrio La Merced), mostrando así el análisis de 166 edificios históricos. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica del área se realizó recurriendo a un método simplificado (Método Italiano), compuesto por parámetros tanto cualitativos como cuantitativos. Los resultados fueron los siguientes: La mayoría está en situación de vulnerabilidad media a alta, ya que se identificaron 31 tipologías de edificios con base a sus características geométricas y nueve tipos de materiales que componen la mampostería, muchos de estos materiales se combinan entre sí. Del análisis realizado se pudo observar que las características intrínsecas de las edificaciones, tales como su configuración estructural, su geometría en planta, su nivel de conservación y su ubicación influyen en su grado de vulnerabilidad a sismos.

Además, fue posible notar que, en varios casos, las intervenciones de rehabilitación incompatibles con la geometría y materiales originales también juegan un papel importante en el aumento de la vulnerabilidad de estos edificios. En ese sentido, concluyen que los resultados son valiosos para que las autoridades locales y nacionales pueden utilizar para apoyar el desarrollo de estrategias de mitigación.

The articles in another language that address the topic under investigation are the following:

Marius et al. (2021) in their research entitled "Simplified vulnerability assessment methodologies for historic structures in the Banat seismic area", where they indicate that Timisoara is the most populous city located in Banat, considered to be the second most intense seismic area in Romania. The area is characterized mainly by shallow earthquakes, with small focal depths. On the other hand, Timisoara was declared the capital of European culture in 2021, so it is essential to evaluate the seismic vulnerability of its oldest buildings, since these are precisely the ones that most influenced its declaration. In this sense, the main objective of the research was to evaluate the seismic vulnerability of the infrastructures considered historical in the central neighborhoods of the aforementioned city, using rapid evaluation methods that allow for massive evaluation. For which, the sample consisted of more than 100 historic buildings, obtaining the following results: the real damage state was observed in stone masonry buildings, where considerable cracks are evident, likewise, the irregularity in height stands out, since some buildings are 2-story, which overloads the first floor of the building, coupled with this situation, the geographical location of these constructions makes them more exposed to seismic hazard. In this sense, they conclude that the vast majority of historic buildings are vulnerable to large-magnitude earthquakes. Of the various methodologies to assess the vulnerability to seismic hazard of historic structures, the most appropriate method is the one proposed by Benedetti and Petrini in 1984, since it offers the possibility of massively evaluating historic structures, and the procedure is fast and reliable.

Onescu et al. (2022), in their article entitled "Case study of the seismic vulnerability of a historic building in Timisoara, Romania" which aimed to assess the seismic vulnerability of a representative historic building, since the authors state that

Timisoara is a city with a large number of historic buildings, mainly Baroque in style, which are scattered in the neighborhoods of Cetate, Iosefin and Fabric. These buildings are typical constructions of handcrafted brick and lime mortar, their geometry in plan is somewhat regular, while their configuration in height is irregular due to the fact that they have vaulted ceilings. In their entirety they were built without any technical direction and empirically with knowledge of medieval times, so the vast majority are in a poor state of conservation, so it is necessary to assess their seismic vulnerability. Regarding the unit of analysis of the study, it is a building with a combined architectural style, that is, Baroque and Classical, but its situation is the most critical, since it has two floors. The empirical methodology used is based on the vulnerability index of the Italian method, which assesses vulnerability in a global or generalized way, but with adaptations to current Romanian regulations. The results were as follows: The vulnerability index is 256, which indicates that the vulnerability of the historic building is very high. The most influencing factor is the resistant capacity of the historic building, since it has 2 floors and is located in a highly seismic zone. Therefore, they conclude that the empirical methodology is appropriate to use it on a large scale, for similar buildings in similar seismic areas. But if you want to analytically assess and determine the localized vulnerability of a single structure, it is preferable to use a pure quantitative method.

Para comprender de una manera más amplia, a continuación, se desarrolla las **bases teóricas**: La denominación de **casonas coloniales** está referida a casas o mansiones que datan de la época colonial en América Latina. Estas casonas fueron construidas durante la época colonial española, que abarcó varios siglos, desde el siglo XVI hasta principios del siglo XIX, dependiendo del país. Al respecto, Hanampa y Mamani (2018) sostienen que la vivienda también puede ser considerada como patrimonio cultural, sobre todo las viviendas antiguas, ya que tienen un valor significativo desde el punto de vista histórico, arquitectónico, social, cultural o ambiental. **El patrimonio cultural** se refiere a aquellos elementos, manifestaciones y expresiones que tienen una importancia especial para una comunidad o sociedad y que se consideran dignos de ser preservados y transmitidos a las generaciones futuras (Campos 2022).

En el caso específico de las **viviendas coloniales** son parte importante del patrimonio colonial en América Latina y otras regiones colonizadas por países europeos. Estas viviendas son un testimonio tangible del legado histórico, cultural y arquitectónico dejado por la época colonial. Son una valiosa representación de la forma en que se vivía durante ese período y muestran cómo se fusionaron las tradiciones constructivas europeas con las técnicas y estilos arquitectónicos locales. El patrimonio colonial en forma de viviendas abarca diversos tipos de construcciones, incluyendo casonas, casas, haciendas, yuxtapuestas con elementos arquitectónicos indígenas o locales (Barci-Castriota, 2021). Algunas características importantes de estas viviendas coloniales son: la arquitectura, ya que estas viviendas coloniales exhiben una arquitectura distintiva, que a menudo combina elementos europeos, como balcones de hierro forjado, arcadas y tejados de tejas, con características locales, como paredes de adobe o sillar y techos de paja (Peña, Chávez y García, 2021). Muchas de estas viviendas, sobre todo aquellas que pertenecieron a personajes importantes de su época han sido preservadas y restauradas para mantener su autenticidad y valor histórico. Por el contrario, muchas de las viviendas coloniales pertenecientes a las familias comunes de esas épocas no fueron conservadas, aunque algunos siguen en pie hasta la actualidad en un estado de conservación deplorable, no obstante, siguen conformando parte de ese legado cultura y sigue despertando interés a la sociedad actual.

Con respecto a las **viviendas coloniales en Arequipa**, Hanampa y Mamani (2018), mencionan que, en la colonia la construcción estuvo influenciada por los sismos, que obligó al empleo de materiales como la piedra labrada (sillar) en el material de construcción característico, que por su textura fue ideal para muros, fuertes y contrafuerte y hasta para los techos abovedados (p. 18).

Para el siglo XVIII se consolida el arte mestizo que se manifestó principalmente en la arquitectura de las construcciones civiles como las viviendas, los cuales eran de sillar con techos en forma de bóveda, como la Casa de Tristán del Pozo o la Casa del Moral (ver figura 1). Sin embargo, la construcción en esa época también respondía a cuestiones de salud, confort y seguridad, es decir: que una vivienda se

construía según el clima de la zona, ya que en zonas calurosas eran de techo alto, mientras que zonas frías el techo era bajo.



Figura 1. Casona colonial de Arequipa

En relación a la **vulnerabilidad de las casonas coloniales**, Juárez y Loayza (2015) sostienen que debido a su antigüedad y las técnicas con que fueron construidas, pueden ser muy vulnerables a los terremotos y eventos sísmicos. Algunos factores que influyen en su vulnerabilidad son: la idoneidad de materiales, ya que generalmente se construyeron con materiales locales, como adobe, ladrillo y piedra, que pueden ser menos resistentes a los movimientos sísmicos intensos en comparación con los materiales de construcción más modernos. También influyen el diseño geométrico y técnica constructiva. En muchos casos, las casonas coloniales no cuentan con refuerzos sísmicos, como vigas metálicas, columnas adicionales o conectores, que ayudarían a aumentar su resistencia frente a un terremoto.

Sin embargo, estas edificaciones históricas se mantenían y se mantienen aun estables debido a su propio peso y su configuración geométrica en elevación, ya que por lo general suelen ser de un solo piso. Otro de los factores más influyentes en su vulnerabilidad es el estado de conservación, ya que al ser estructuras con siglos de antigüedad su sistema resistente ya se encuentra debilitado, debido a al desgaste de los materiales, por lo que si no se realizan actividades de mantenimiento son más propensos a colapsar durante un evento sísmico. La

ubicación geográfica de la casona también puede influir en su vulnerabilidad sísmica ya que, si está ubicada en una zona de alta actividad sísmica, es más probable que esté expuesta a mayores riesgos.

El sillar como material de construcción: el sillar es una piedra volcánica de color blanco o gris claro que se utiliza como material de construcción en varias regiones de América Latina, especialmente en Perú y México. Durante la época colonial, el sillar fue ampliamente utilizado en la construcción de edificios y casonas (ver figura 2) en las áreas donde este material estaba disponible, especialmente en las regiones cercanas a volcanes (Caceres, 2020).

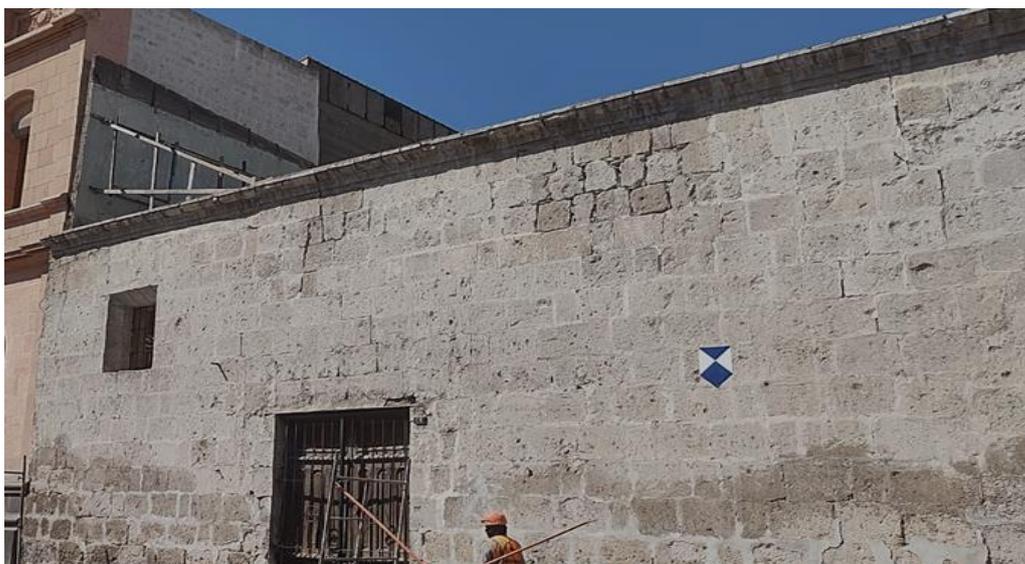


Figura 2. Detalle de mampostería de sillar

El **uso del sillar en la colonia** tuvo varias ventajas y razones, sobre todo la disponibilidad de este material, ya que era una piedra abundante en ciertas regiones, especialmente en el Perú, donde se encuentra en áreas cercanas a los volcanes, por lo que hicieron de este material puzolánico una opción de construcción popular. En cuanto a su resistencia y durabilidad, el sillar es una piedra de gran dureza y resistencia, lo que la hace adecuada para soportar cargas y movimientos sísmicos (Lara, 1988). Esto fue especialmente relevante en regiones propensas a terremotos, como Perú y México. Razones por las cuales, el uso del sillar en la colonia dejó un legado arquitectónico notable en ciudades como Arequipa (Perú) y diversas localidades de México, donde se pueden encontrar

impresionantes edificaciones coloniales hechas con este material. Muchas de estas estructuras todavía se conservan en la actualidad y son parte del patrimonio cultural e histórico de estos países.

El sismo: también conocido como terremoto o temblor, es un fenómeno natural que ocurre cuando se libera energía acumulada que se propagan en toda dirección (Ratiranjan et al. 2020). Esta liberación de energía suele ocurrir debido al movimiento de placas tectónicas que se desplazan lentamente.

Sismicidad en el mundo: Según los inventarios de ocurrencias de sismos a lo largo del tiempo, fue posible elaborar mapas de sismicidad a nivel global, estos mapas casi siempre mostraban a ciertas regiones con actividad sísmica constante (ver figura 3), en tal sentido, Guerrero y Puma (2018) afirman que la ocurrencia de sismos en cierta zona, no es aleatorio si no que corresponde a ciertos alineamientos definidos por las placas tectónicas. Es decir, que en las zonas donde convergen entre placas siempre ocurrirán movimientos sísmicos.

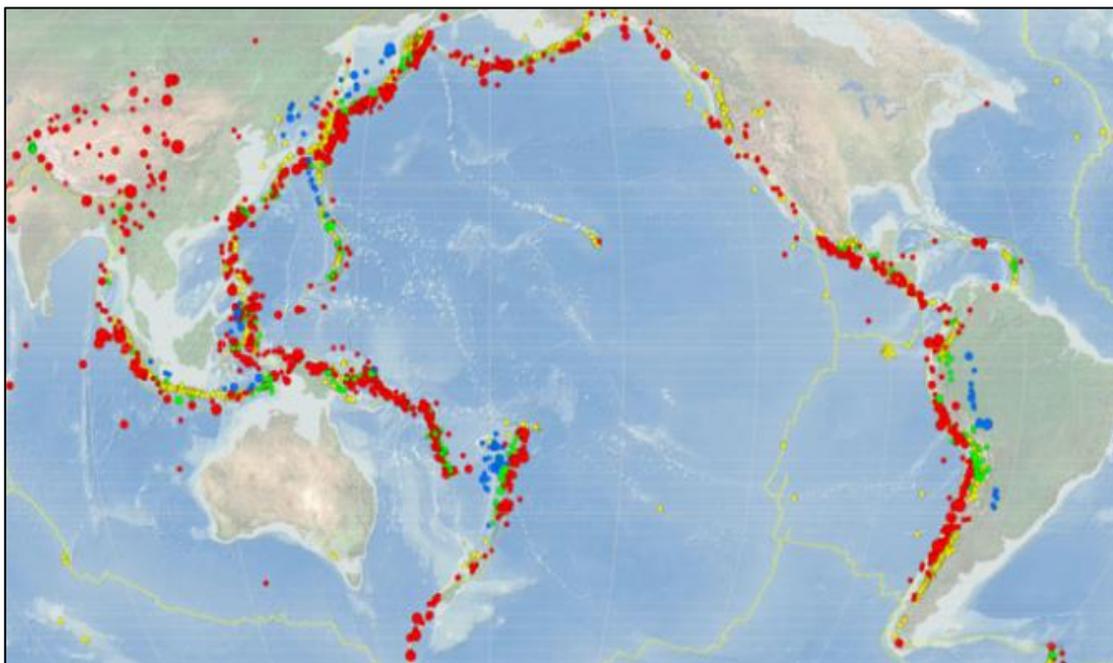


Figura 3. Mapa de sismicidad global
Fuente: Tomado de USGS (2013)

Sismicidad en el Perú, Una de estas zonas con considerable sismicidad es el llamado “Anillo del fuego del Pacífico”, donde precisamente se encuentra situado el Perú. En esta zona convergen las placas denominadas Placa de Nazca y Placa de América del Sur (Tavera et al., 2014). En tal sentido, el Perú es un país donde ocurren muchos sismos, ya que según el historial de los sismos más destructores elaborado por Montesinos (2019), fueron en gran medida en las zonas costeras y consecuentemente las ciudades más afectadas fueron las que se ubican en dicha zona. Además, la Norma E.030 (2018) del RNE establece que el territorio peruano cuenta con 4 zonas de sismicidad tal como se presenta en la figura 4.



Figura 4. Mapa de zonificación sísmica del Perú

Sismicidad en la región Arequipa: Según informaciones del catálogo sísmico del Perú, los sismos que causaron muchos daños a la región Arequipa ocurrieron en los años de 1868 y 2001 (Tavera, 2017). Según el mapa de intensidades máximas de la figura 5, nos demuestra que los sismos ocurridos en el periodo de 1961 al 2014 se generaron en las costas de las regiones de Arequipa y Moquegua con intensidades de hasta VIII, lo cual ocasionó graves pérdidas humanas y considerables pérdidas económicas.



Figura 5. Mapa de intensidades sísmicas en el sur del Perú
Fuente: (Tavera, 2017).

Microzonificación sísmica de Arequipa: Tavera (2017), afirma que es de suma importancia conocer la actividad sísmica en la región Arequipa, por lo que en su estudio denominado “zonificación sísmica - geotécnica de la ciudad de Arequipa – Cercado” infiere que toda la ciudad se encuentra sobre suelos Tipo S1 y S2, y según la Norma E.030 corresponden a las zonas 3 y 4. Asimismo, Aguilar y Alva (1991), en su estudio denominado “Microzonificación sísmica de la ciudad de Arequipa”, lograron obtener valores de períodos tomando en cuenta las características geotécnicas del suelo y así proponer las siguientes microzonas:

Zona A: Conformada por rocas ígneas y los valores de períodos predominantes varían entre 0.15 y 0.25 s. Los suelos presentan una capacidad portante mayores a 10 Kg/cm² (Aguilar y Alva, 1991).

Zona B: Conformada por sillar, puzolana y flujos de barro. Los valores de períodos varían de 0.20 a 0.30 s. Los suelos son buenos (capacidades portantes de 2.0 y 3.5 Kg/cm²).

Zona C: Los suelos tienen características bastante erráticas, de capacidad portante entre 1.0 y 2.5 Kg/cm². El nivel freático está a profundidades mayores a 5 m. Los períodos predominantes están entre 0.30 a 0.45 s.

Zona D: Compuesto por piroclastos, el nivel freático está cerca de la superficie. Presenta condiciones desfavorables, con capacidad portante igual o menores a 0.50 Kg/cm². Los períodos se encuentran entre 0.30 a 0.45 s.

Con base a estos resultados, los investigadores generaron un mapa preliminar de microzonificación sísmica de la ciudad de Arequipa (ver figura 6).

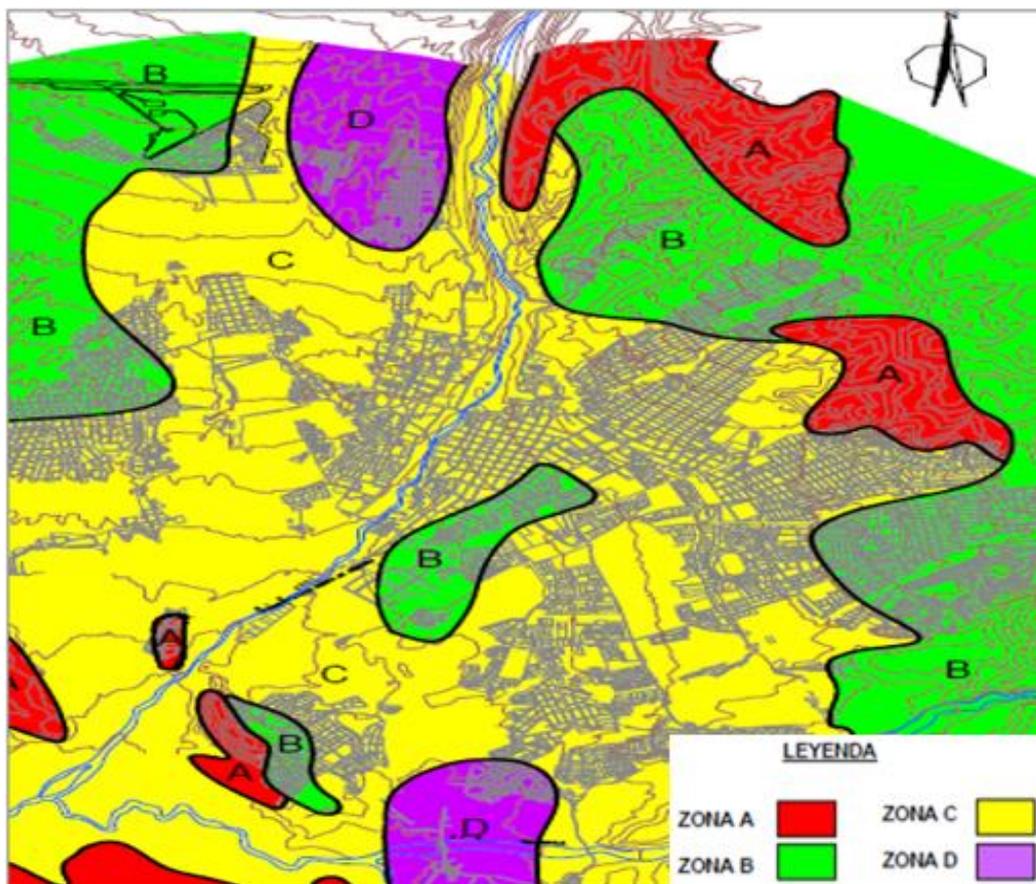


Figura 6. Mapa de microzonificación sísmica de la ciudad de Arequipa
Fuente: Aguilar y Alva (1991).

Vulnerabilidad sísmica: Esta referido a la susceptibilidad de una infraestructura a ser dañado o sufrir un colapso durante un movimiento telúrico. Depende de varios factores, incluyendo el diseño, la construcción, los materiales utilizados y la ubicación geográfica del edificio (Ghaychi Afrouz et al. 2021). Del mismo modo, Mosqueira y Tarque (2005), describen a la vulnerabilidad como la fragilidad de una infraestructura a ser afectado de acuerdo a su grado exposición frente al peligro sísmico.

Tipos de vulnerabilidad de una estructura: Cárdenas (2008), afirma que en una estructura se presenta dos tipos de vulnerabilidad: estructural y no estructural, los que se definen a continuación:

Vulnerabilidad estructural: Este tipo de vulnerabilidad está orientado a evaluar la susceptibilidad de todos los componentes de condición estructural de una edificación, es decir aquellos elementos que cumplen la función de resistir cargas como columnas, vigas, muros, losas, zapatas, etc. frente al peligro o amenaza sísmica, ya que, si la ocurrencia del sismo afecta a dichos elementos, estos se debilitaran y consecuentemente podrían inducir a la estructura al colapso (Cárdenas, 2008). Asimismo, Kuroiwa (2002) afirma que es el grado de fragilidad de los componentes de condición estructural, ya que, si alguno de ellos resulta dañado por una fuerza, este afectará a otros componentes, lo que conllevaría a que la estructura en conjunto pierda estabilidad y se produzca una falla

Vulnerabilidad no estructural: Según Cárdenas (2008), este tipo de vulnerabilidad está enfocado a evaluar la fragilidad de elementos de condición no estructurales, es decir: aquellos elementos de una edificación que solo cumplen la función arquitectónica o servicios, tales como tabiques, mamparas, baldosas, cubiertas, etc. e instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, gas, etc. Debido a que estos componentes representan una amenaza para los ocupantes durante un sismo. Asimismo, la falla o colapso de estos elementos también podría influir en el debilitamiento de un elemento estructural.

Con respecto a los **métodos para determinar la vulnerabilidad sísmica**, Martínez (2014), manifiesta que para evaluar y estimar la vulnerabilidad de una edificación a los sismos existen gran variedad de técnicas y métodos propuestos por distintos autores. La aplicación de estos métodos, depende de varios factores. A continuación, se menciona algunos de los factores como: la información disponible, las características físicas de la estructura a ser evaluada y resultados que se esperan, por lo que la elección de un determinado método también depende la escala de la evaluación, así como las características físicas de la estructura estudiada, la orientación que tendrán los resultados como estimar los daños en los pobladores, los posibles daños en las estructuras, afección económica etc. En cuanto a los tipos de metodologías, Dolce (1994), agrupó de acuerdo a la fuente de información en 3 tipos:

Métodos empíricos, los que se caracterizan por ser subjetivos y se basan en la experiencia del tipo de comportamiento que tuvieron las edificaciones durante un terremoto, lo cual permitió evidenciar las deficiencias de las estructuras. Se aplican cuando no se tiene información muy detallada o es muy limitada. Sus resultados se orientan a una evaluación preliminar, ya que su enfoque no es muy exigente, pero es menos costosa y se puede evaluar a grandes cantidades de edificaciones a la vez. Dentro de este se incluye a los Métodos de evaluación rápida como FEMA 154, donde se catalogan a las estructuras con base a su tipología y las evalúa de acuerdo con la experiencia del comportamiento sísmico que tuvieron estructuras similares en eventos sísmicos de gran magnitud. Sus resultados son subjetivos (basados en la experiencia del evaluador), razón por la cual su aplicación es recomendada para realizar evaluaciones de carácter preliminar.

Métodos de inspección y puntaje, los cuales posibilitan identificar las falencias en cuanto al comportamiento sísmico de una estructura durante un sismo severo. Se le atribuye un valor numérico como puntaje a las deficiencias identificadas en los elementos que componen la estructura. La sumatoria de estos puntajes indica un índice de vulnerabilidad, el cual es categorizado cualitativamente. El método más reconocido a nivel mundial es el Método Propuesto por los italianos Benedetti

y Petrini, quienes consideran once indicadores para evaluar y determinar la vulnerabilidad de una edificación.

Por otro lado, también existen los métodos analíticos, los cuales determinan y analizan el comportamiento de las infraestructuras ante las fuerzas sísmicas teniendo como referente modelos mecánicos de respuesta estructural. Tienen un tratamiento íntegro, bastante minucioso y muy oneroso. Por lo general es bastante laborioso y dependen de cierto nivel de sofisticación en la evaluación y análisis, además consideran realizar estudios de campo exhaustivos y laboratorio. Cabe recalcar también que se puede emplear softwares especializados en la materia.

Método Italiano: propuesto por los investigadores Benedetti & Petrini en 1984, quienes, a partir de la información recopilada sobre los daños ocasionados por terremoto relevantes desde el año de 1976 a edificaciones comunes, elaboraron un banco de datos con los daños en los componentes frecuentes de las edificaciones observadas. Teniendo esta información, identificaron once parámetros o indicadores que controlan los daños causados por los terremotos en las edificaciones de muros no reforzados. Los cuales son calificados con una puntuación numérica de 0 a 45, dependiendo de la clasificación al que fueron asignados cada parámetro de la infraestructura durante su inspección (clase A, optimo, clase B regular, clase C crítico y clase D muy crítico), tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. *Parámetros del Índice de Vulnerabilidad*

Parámetros	Coeficientes de calificación Ki				Peso (Wi)
	A	B	C	D	
1. Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1
2. Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3. Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
4. Características geotecnicas y topograficas	0	5	25	45	0.75
5. Diafragmas horizontales.	0	5	15	45	1
6. Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
7. Configuración en elevación	0	5	25	45	1
8. Distancia máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de cubierta	0	15	25	45	1
10. Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11. Estados de conservación	0	5	25	45	1

Fuente: (Benedetti y Petrini, 1984).

Los valores del producto de K_i y W_i se sustituyen en la ecuación 1 de vulnerabilidad y el valor obtenido será el índice de vulnerabilidad. Este valor será categorizado en uno de los rangos de los niveles de vulnerabilidad de la tabla 2.

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} K_i * W_i \dots\dots\dots 1$$

Donde:

Iv: Índice de vulnerabilidad

K_i : Coeficiente de calificación

W_i : Peso ponderado

Tabla 2. *Niveles de Vulnerabilidad*

Niveles de vulnerabilidad	Rangos
Vulnerabilidad nula	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 – 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 – 382.25

Fuente: (Yépez, Barbat y Canas, 1995).

Cada uno de los parámetros de la tabla 1 tienen criterios de calificación, es decir cada parámetro será evaluado de forma minuciosa según las condiciones establecidas por el método italiano. A continuación, se describen los 11 parámetros:

Organización del sistema resistente: Para estructuras donde el material de construcción sea de piedra, adobe u otro material que no sea albañilería estructural, se debe evaluar el grado de organización de todos los componentes estructurales omitiendo todo lo referente a materiales. Lo más significativo es la correcta y eficiente conexión entre los muros, que asegure el comportamiento en conjunto de la edificación. Asimismo, se debe tener en cuenta el uso de las normativas vigentes y considerar la dirección técnica de un profesional (Juárez y Loayza 2015).

Calidad del sistema resistente: Se evalúa la calidad de la mampostería usada en la vivienda, se puede determinar de forma cualitativa o cuantitativa la resistencia que pudiera tener para que garantice el buen comportamiento en conjunto de la

edificación. La calificación dependerá de dos factores: de la idoneidad tanto de los materiales como de la construcción (Gonzalez, 2020).

Resistencia convencional: Mediante este parámetro sísmico se evalúa y determina el aparente aguante que pudiera tener una estructura ante fuerzas sísmicas. Guerrero (2020), recomienda emplear el método propuesto por Hurtado & Cardona (1990), donde se requiere realizar cálculos básicos con indicadores sísmicos y la clase que se le atribuirá a la vivienda evaluada será en base a la demanda de la cortante resistente (V_r) y Cortante actuante en la base (V_a) aplicando la ecuación 2.

$$F_s = \frac{V_r}{V_a} \dots\dots\dots 2$$

Características geotécnicas y topográficas: Este parámetro sísmico evalúa la influencia que pudiera tener el terreno en la estabilidad del edificio, ya que el suelo es uno de los factores que condicionan el desempeño sísmico de la vivienda, por lo tanto, se deben tomar en consideración aspectos como la pendiente, el tipo de suelo y la estabilidad del terreno (Stefanini et al., 2021).

Diafragmas horizontales: Se evalúa 3 aspectos: los desniveles, deformación de diafragma y la calidad de las conexiones con los muros.

Configuración en planta: Este indicador geométrico evalúa la configuración geométrica en planta que tiene la edificación. Suelen ser de formas mostradas en la figura 7. Para su determinación, se debe emplear las ecuaciones 3 y 4 dependiendo de los casos mostrados en la figura 7.

$$\beta = \frac{a}{L} \dots\dots\dots 3$$

$$\beta = \frac{b}{L} \dots\dots\dots 4$$

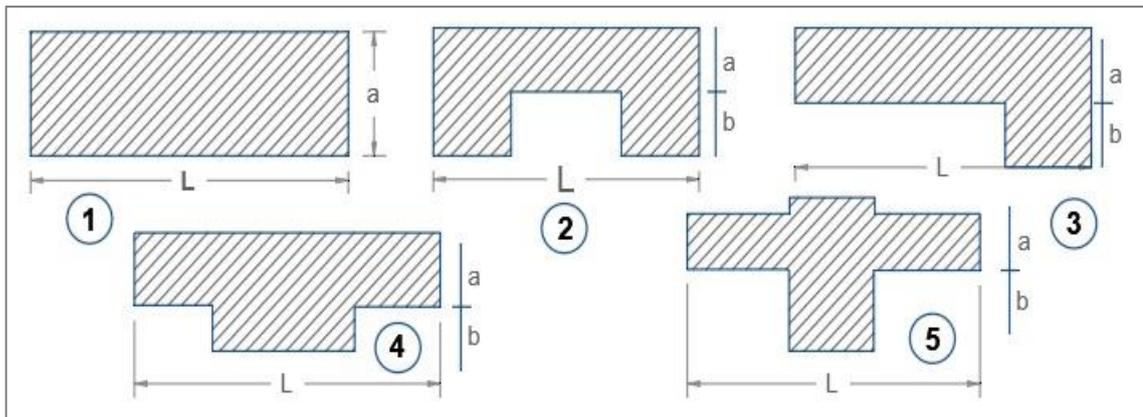


Figura 7. Tipos de geometría en planta

Configuración en elevación: Con respecto a este indicador geométrico, la evaluación se realiza mediante la diferenciación de masas entre el primer piso y los pisos superiores. Pero si se trata de evaluar viviendas de un piso como máximo, su evaluación será visual y se deberá tener en cuenta la regularidad en altura de la edificación.

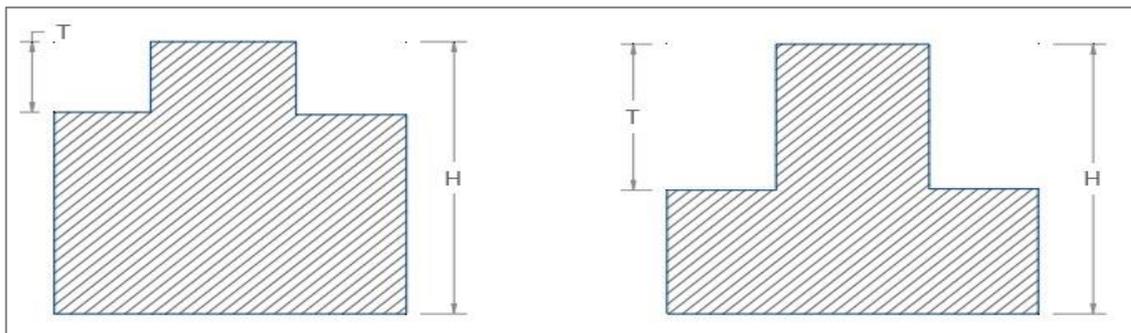


Figura 8. Diferencias de masas en elevación

Tipo de cubierta: Debido a que los edificios de la época colonial poseen cubiertas tipo bóvedas, en este indicador se evalúa la capacidad y la estabilidad de la cubierta para resistir el sismo. Sin embargo, este tipo de cubiertas suelen ser muy pesadas, por lo que contribuyen a que se mantengan estables (Fazzi et al., 2021).

Elementos no estructurales: Evalúa visualmente la disposición de aquellos elementos que no aportan en la estabilidad y resistencia del edificio. En el caso de edificios coloniales, estos suelen tener elementos no estructurales como

ornamentos, gárgolas, entre otros, los cuales podrían representar un peligro para los ocupantes si llegan a colapsar (Stefanini et al., 2021).

Estado de conservación: Debido a que el estado de conservación de una estructura histórica tiene un impacto significativo en su vulnerabilidad. Un edificio que no ha sido mantenido adecuadamente o que presenta deterioro estructural por el paso de los años es más propenso a sufrir daños durante un terremoto. (Martinez, 2014).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación aplicado

En las investigaciones del tipo aplicado se busca abordar el problema a través de los conocimientos, teorías, postulados, métodos etc., previos y que están debidamente sustentados (Bernal, 2016).

Bajo esta premisa, la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales fue evaluada y determinada por el Método Italiano desarrollado y calibrado por Benedetti & Petrini en el año de 1984. El cual fue adaptado a través del tiempo por distintos autores a la realidad de cada zona con base a los criterios de normativas correspondientes al análisis sísmico.

Nivel de investigación descriptivo:

El nivel de investigación es el alcance o grado de profundidad con que se estudia un tema o problema de investigación. Hernández (2014). En el caso de investigaciones descriptivas, estas buscan describir situaciones, fenómenos etc. Es decir, únicamente pretenden medir a la variable (p. 92). En ese sentido, la presente investigación es de nivel descriptivo, en vista de que se describió a las casonas coloniales y se observaron sus características físicas tal y como se muestran actualmente.

Diseño de Investigación no experimental:

Se propone un diseño no experimental, ya que según Hernández (2014), menciona que una investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular intencionalmente las variables. En ese sentido, en la presente investigación se pretende evaluar y determinar la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en su estado original y en un tiempo determinado.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Casonas coloniales

Definición conceptual: Está referida a casas o mansiones que datan de la época colonial en América Latina. Estas casonas fueron construidas durante la época colonial española, que abarcó varios siglos, desde el siglo XVI hasta principios del siglo XIX, dependiendo del país, por lo que también es considerada como patrimonio cultural, ya que tienen un valor significativo desde el punto de vista histórico, arquitectónico, social, cultural o ambiental. El patrimonio cultural se refiere a aquellos elementos, manifestaciones y expresiones que tienen una importancia especial para una comunidad o sociedad y que se consideran dignos de ser preservados y transmitidos a las generaciones futuras (Hanampa y Mamani, 2018).

Definición operacional: Las infraestructuras de las casonas coloniales serán evaluadas aplicando el Método Italiano, en el cual consideran 11 parámetros que se agrupan en parámetros de condición estructural, geométrico y sísmico (microzonificación sísmica), los cuales en conjunto condicionan la vulnerabilidad de una edificación existente.

Dimensiones: Configuración estructural, Configuración geométrica y factores sísmicos (microzonificación sísmica).

Indicadores: En la figura 9 se muestra los indicadores correspondientes a cada dimensión.

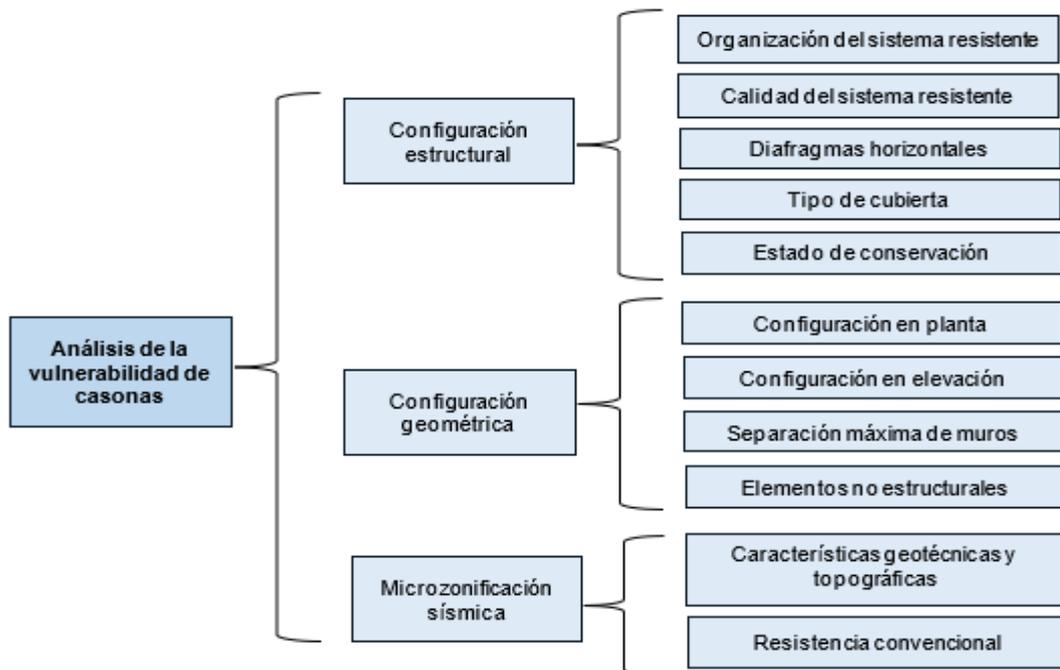


Figura 9. Esquema de indicadores de la vulnerabilidad de casonas

Variable dependiente: Vulnerabilidad sísmica.

Definición conceptual: Esta referido a la susceptibilidad de una infraestructura a ser dañado o sufrir un colapso durante un movimiento telúrico. Depende de varios factores, incluyendo el diseño, la construcción, los materiales utilizados y la ubicación geográfica del edificio (Ghaychi Afrouz et al., 2021).

Definición operacional: Será categorizada en los rangos de los niveles de vulnerabilidad establecidas por el método.

Dimensión: Niveles de vulnerabilidad

Indicadores: Vulnerabilidad baja ($IV_n \leq 15\%$), Vulnerabilidad media ($IV_n = 15\% - 30\%$) y Vulnerabilidad alta ($IV_n \geq 35\%$).

Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables

Variable (s)	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Casonas coloniales	Configuración Estructural	Organización del sistema resistente Calidad del sistema resistente Diafragmas horizontales Estado de conservación Tipo de cubierta
	Configuración Geométrica	Configuración en planta Configuración en elevación Separación máxima entre muros Elementos no estructurales
	Microzonificación sísmica	Características geotécnicas y topográficas Resistencia convencional
Variable dependiente Vulnerabilidad sísmica	Niveles de vulnerabilidad	Baja ($IV_n \leq 15\%$)
		Media ($IV_n = 15\% - 30\%$)
		Alta ($IV_n \geq 35\%$)

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: La población de una investigación está referido a un grupo de elementos que tienen características comunes y que son objeto de estudio (Arias, 2012). En ese sentido, la población considerada en la presente investigación fue de 24 viviendas de condición colonial ubicadas entre las calles del centro histórico de la ciudad de Arequipa. Dichas edificaciones tienen características comunes en cuanto al procedimiento constructivo, materiales y geometría.

Criterios de inclusión: Se consideraron aquellas infraestructuras civiles destinados a viviendas y que hayan sido construidas entre los años 1680 y 1817 o en su defecto antes de la época republicana y teniendo como material predominante al material sillar (roca ígnea) y argamasa.

Criterios de exclusión: Se excluyeron a aquellas viviendas que hayan sido construidas después de la época colonial española, asimismo, no serán consideradas como población a aquellas viviendas de condición colonial que hayan sido intervenidas con reforzamientos invasivos con alteración de la forma y materiales de la concepción original.

Muestra: Monje (2011), sostiene que la muestra es un subconjunto de la población y que la representa, por lo que se utiliza para sacar conclusiones de esa población. Sin embargo, en la presente investigación la muestra estuvo conformada por la totalidad de la población, las cuales son 24 viviendas de condición colonial, ya que al ser consideradas como infraestructuras históricas amerita una evaluación individual.

Muestreo: Se empleó la técnica del muestreo no probabilístico e intencional ya que según Hernández y Carpio (2019), indican que este muestreo se caracteriza por buscar muestras que puedan representar a la población y que cumplan con las peculiaridades de interés para el investigador y es seleccionado de manera intencional por la facilidad de acceso, la disponibilidad de información y peculiaridades que son interés del investigados. En ese sentido, fueron seleccionadas las casonas que hayan sido construidas antes de la época

republicana y que no hayan sido intervenidas con reforzamientos invasivos con alteración de la forma y materiales de la concepción original.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas: Arias (2012) afirma que se refieren a la forma como se obtendrán los datos de la unidad de análisis, son procedimientos mediante los cuales se extrae información de las unidades de estudio (p. 67). En ese sentido, en la presente investigación se emplearon las técnicas de la revisión documentaria y observación. Debido a que las infraestructuras no cuentan con documentos sobre su construcción, por lo que fue necesario buscar información relacionada a su construcción. Por otro lado, la técnica de la observación fue empleada para la inspección del estado físico de las infraestructuras históricas.

Instrumentos: Ñaupas et al. (2018) afirman que estos instrumentos pueden ser todo medio que permita registrar datos de forma sistemática según una intencionalidad prevista. Con base a lo mencionado por el autor, en el presente estudio se empleó el instrumento denominado “Ficha de evaluación de la vulnerabilidad”, el cual fue elaborado según las dimensiones e indicadores del Método Italiano. Asimismo, se empleó el Formato de Muestreo de Sillares Coloniales confeccionado para registrar datos del muestreo de testigos de sillar de casonas coloniales (ver ambos instrumentos en anexo 3).

Validez: Los instrumentos descritos en ítem anterior fueron validados por la técnica de Juicio de Expertos. Los jueces expertos en estructuras y arquitectura emitieron el veredicto de “validez excelente”, ya que según Herrera (1998), si el coeficiente de calificación se acerca a la unidad, la validez es perfecta a la ficha de evaluación de la vulnerabilidad. En el anexo 3 se muestra los detalles de la validación.

3.5. Procedimientos

El procedimiento para alcanzar los objetivos planteados en el presente estudio se detalla en el diagrama de procedimiento mostrado en la figura 10. Asimismo, el diagrama de flujo de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales se presenta en la figura 11.

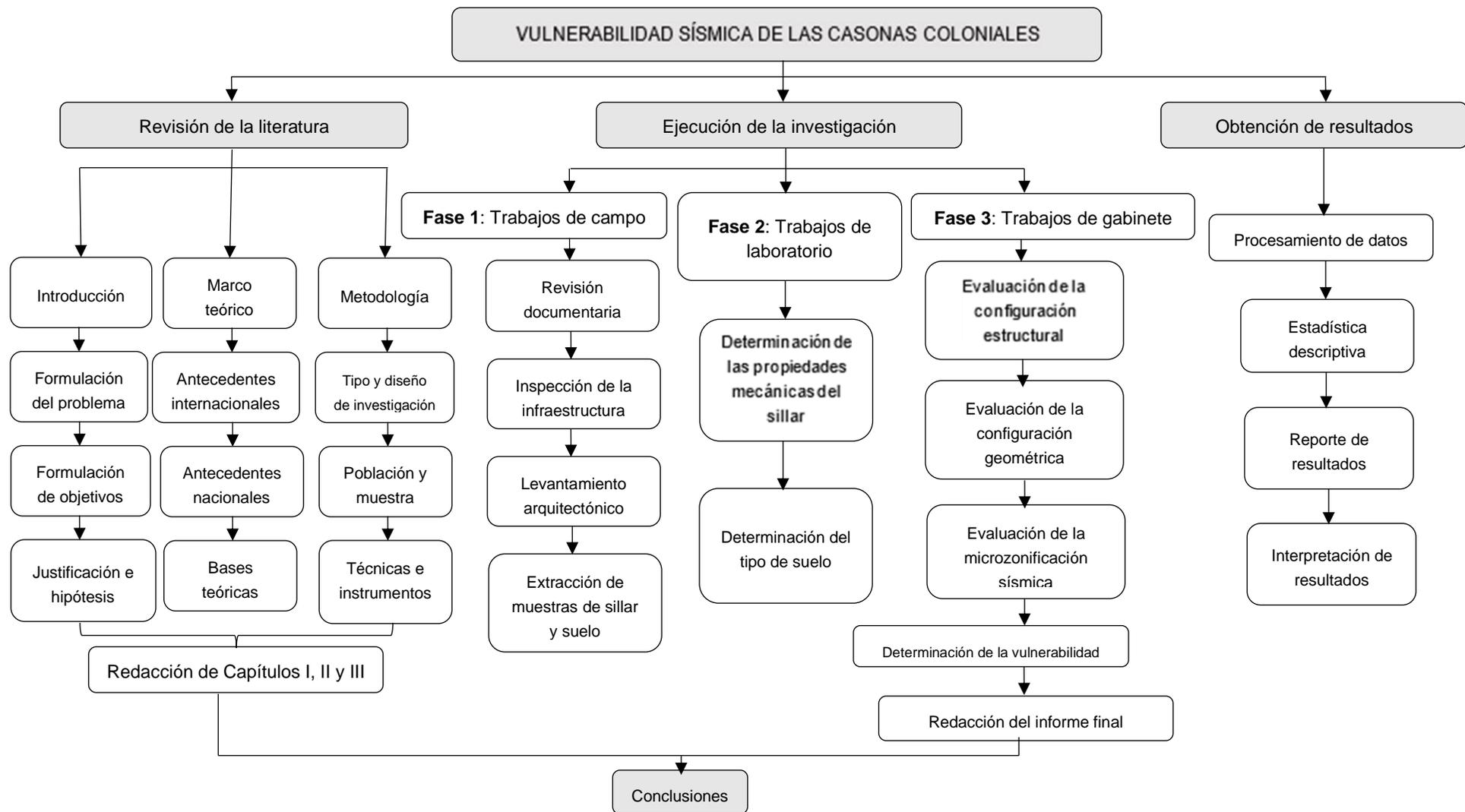


Figura 10. Diagrama del proceso de investigación

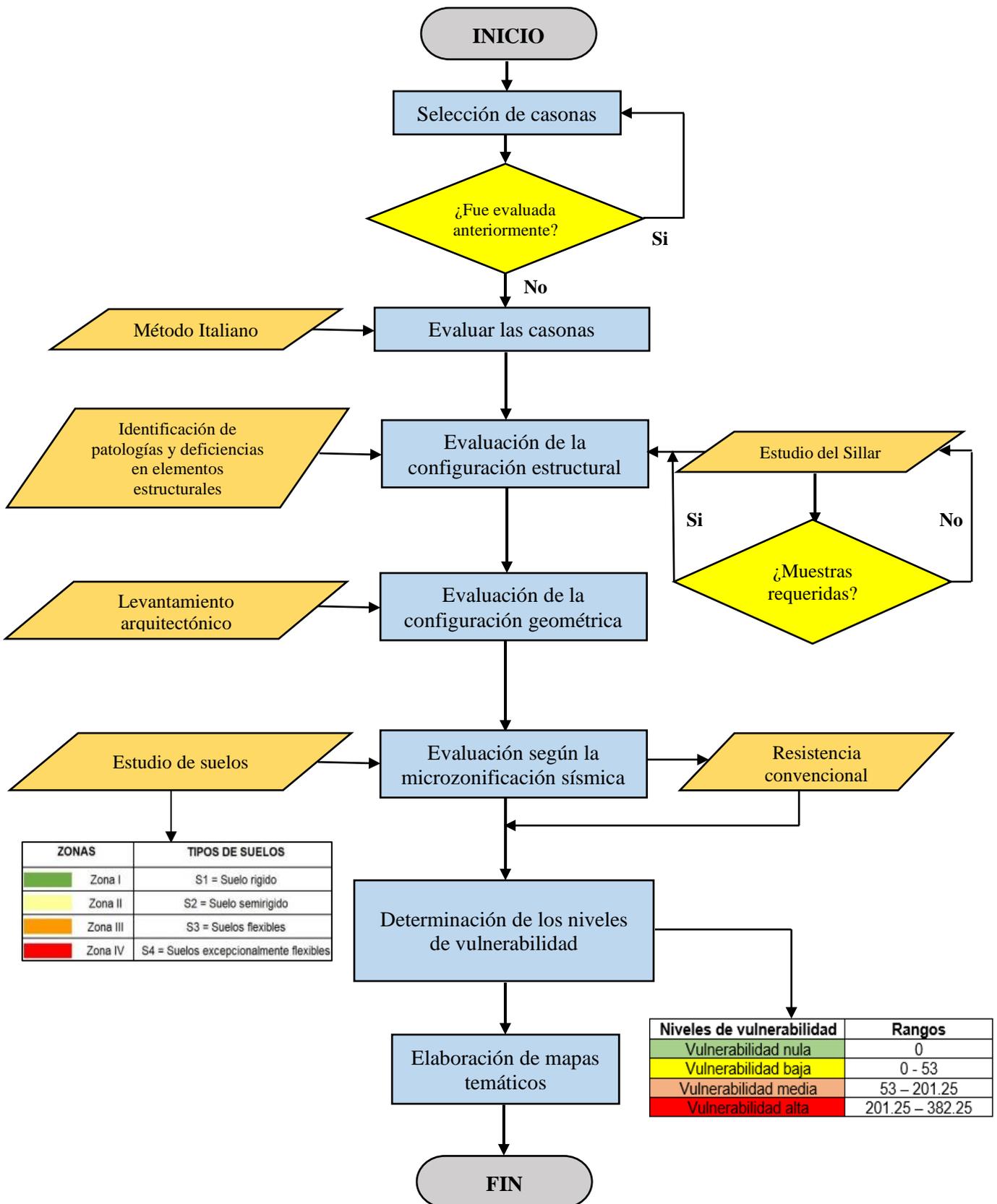


Figura 11. Diagrama de flujo de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

3.5.1 Fase 1: Trabajos de campo

En esta etapa se realizaron visitas de campo para seleccionar y reconocer las infraestructuras coloniales que forman la muestra del presente estudio, se inspeccionó las características físicas y se realizó el levantamiento arquitectónico de cada unidad de análisis. Además, se extrajeron muestras de sillar de algunas unidades de análisis. A continuación, se describe con detalle cada actividad descrita:

Ubicación de las unidades de análisis:

Las 24 casonas coloniales que conforman la muestra del presente estudio, están ubicadas en el centro historio de la ciudad de Arequipa. En la tabla 4 se detallan las ubicaciones exactas de cada unidad de análisis.

Tabla 4. *Ubicación de las unidades de análisis*

Cód.	N° de casona	Dirección	Coordenadas
C1	Casona 01	Calle Villalba N° 303	228916.24, 8185652.75
C2	Casona 02	Calle Villalba N° 301	228909.19, 8185629.85
C3	Casona 03	Calle Villalba N° 223	228895.83, 8185589.56
C4	Casona 04	Calle Villalba N° 201	228868.24, 8185513.82
C5	Casona 05	Calle Villalba N° 200	228879.56, 8185521.35
C6	Casona 06	Calle Villalba N° 115	228852.23, 8185490.17
C7	Casona 07	Calle Villalba N° 107	228842.17, 8185446.54
C8	Casona 08	Calle Palacio Viejo N° 405	228745.33, 8185170.56
C9	Casona 09	Calle Cruz Verde N° 419	228664.20, 8185006.93
C10	Casona 10	Calle Santa Catalina N° 314	229123.91, 8185675.20
C11	Casona 11	Calle La Merced N° 324	228851.77, 8184875.59
C12	Casona 12	Calle Tristán N° 201	228914.03, 8184852.08
C13	Casona 13	Calle La Merced N° 401	228837.51, 8184842.04
C14	Casona 14	Calle La Merced N° 420	228809.95, 8184763.76
C15	Casona 15	Calle La Merced N° 434	228793.56, 8184705.27
C16	Casona 16	Calle La Merced N° 512	228764.38, 8184625.70
C17	Casona 17	Calle San Francisco N° 114	229150.55, 8185370.57
C18	Casona 18	Calle San Juan de Dios N° 315	229128.58, 8184975.36
C19	Casona 19	Calle San Camilo N° 112	229200.72, 8184879.32
C20	Casona 20	Calle Piérola N° 314	229244.11, 8184930.97
C21	Casona 21	Calle Rivero N° 209	229432.03, 8185423.72
C22	Casona 22	Calle Ayacucho N° 216	229602.07, 8185650.55
C23	Casona 23	Calle Melgar N° 2012	229549.78, 8185528.46
C24	Casona 24	Calle Santa Marta N° 310	229615.35, 8185371.09

Fuente: Propia

Inspección de las infraestructuras

Las 24 unidades de análisis que conforman la muestra del presente estudio fueron inspeccionadas in situ, para lo cual se empleó el instrumento de recolección de datos denominado “Ficha de Inspección”, donde se registraron todo lo concerniente a las características generales de las infraestructuras históricas. En las tablas 5, 6, 7 y 8 se detallan las características generales de las unidades de análisis correspondientes a las casonas C1, C2, C3 y C4.

Tabla 5. Características generales de la casona C1

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C1	
Dirección:	Calle Villalba 303	
Año de construcción:	1817	
Coordenadas:	19 S 228916.24 8185652.75	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Piedras Sillar	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

Fuente: Propia.

Tabla 6. Características generales de la casona C2

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C2	
Dirección:	Calle Villalba 301	
Año de construcción:	1810	
Coordenadas:	19 S 228909.19 8185629.85	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Piedras Sillar	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Características generales de la casona C3

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C3	
Dirección:	Calle Villalba 223	
Año de construcción:	1788	
Coordenadas:	19 S 228895.83 8185589.56	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Piedras Sillar	
Propietario:	Beneficencia	
Intervención:	Sin intervención	

Fuente: Propia.

Tabla 8. Características generales de la casona C4

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C4	
Dirección:	Calle Villalba 201	
Año de construcción:	1789	
Coordenadas:	19 S 228868.24 8185513.82	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Piedras Sillar	
Propietario:	Beneficencia	
Intervención:	Sin intervención	

Fuente: Propia

Levantamiento arquitectónico:

Debido a que la gran mayoría de las infraestructuras históricas evaluadas no cuentan con un plano arquitectónico o en algunos casos fueron extraviados con el pasar de los años, por lo que fue necesario realizar un levantamiento arquitectónico para realizar los planos de planta y de elevación. Además, según el Método Italiano empleado para evaluar la vulnerabilidad se hace necesario los planos en mención para evaluar la configuración geométrica.

En las figuras 12 y 13 se muestran los planos de planta y elevación respectivamente, correspondientes a la casona C4. Los planos del resto de las infraestructuras se muestran en las Fichas de Evaluación (ver Anexo 5).

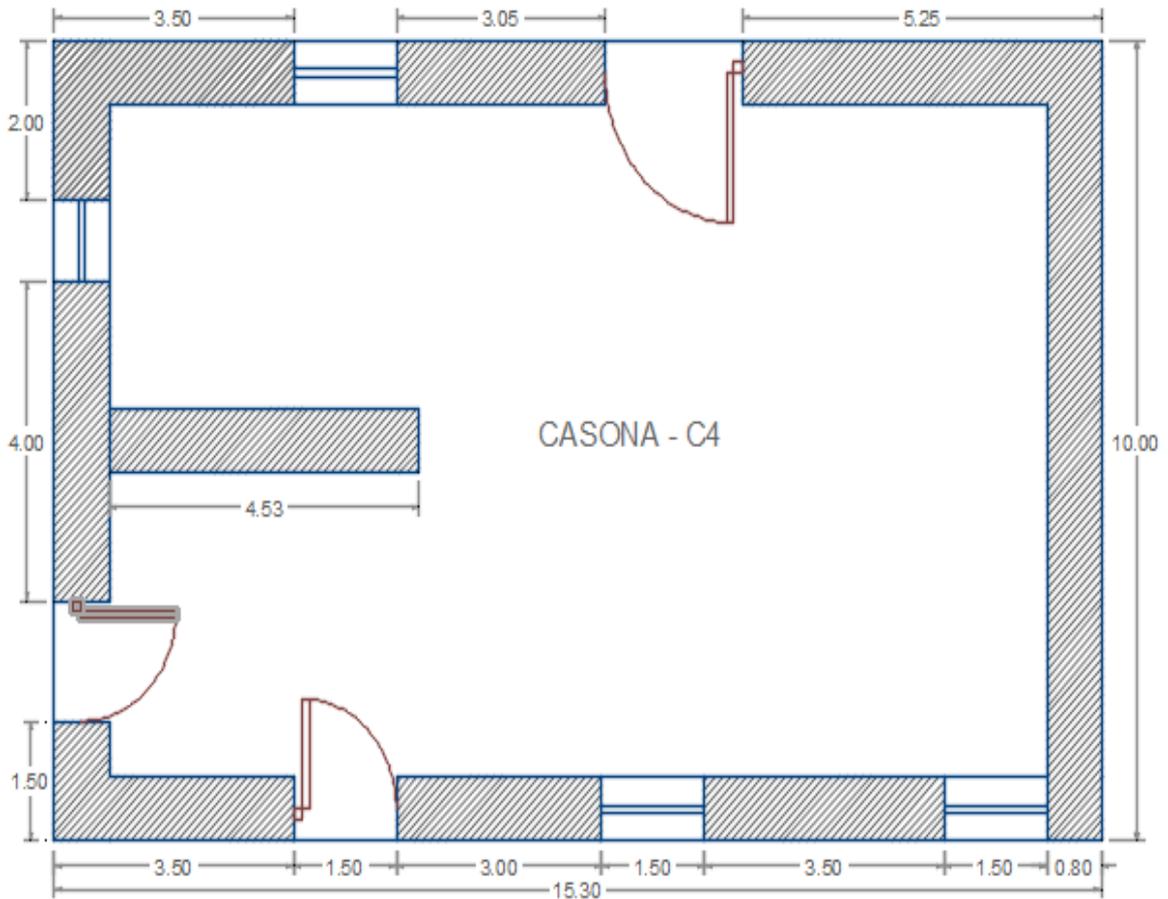


Figura 12. Plano de planta de la casona C4

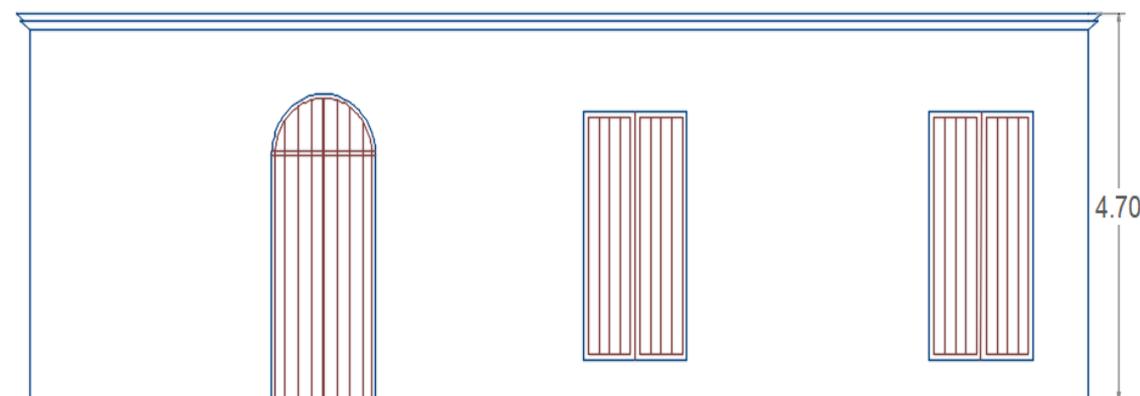


Figura 13. Plano de elevación de la casona C4

Esquema típico de una casona colonial de Arequipa:

Cada casona es muy particular en cuanto a su distribución de espacios y diseño arquitectónico, sin embargo, tienen características comunes en cuanto a sus elementos estructurales y no estructurales. En ese sentido, en la figura 14 se presenta un esquema básico de una casona colonial típica del centro histórico de Arequipa.

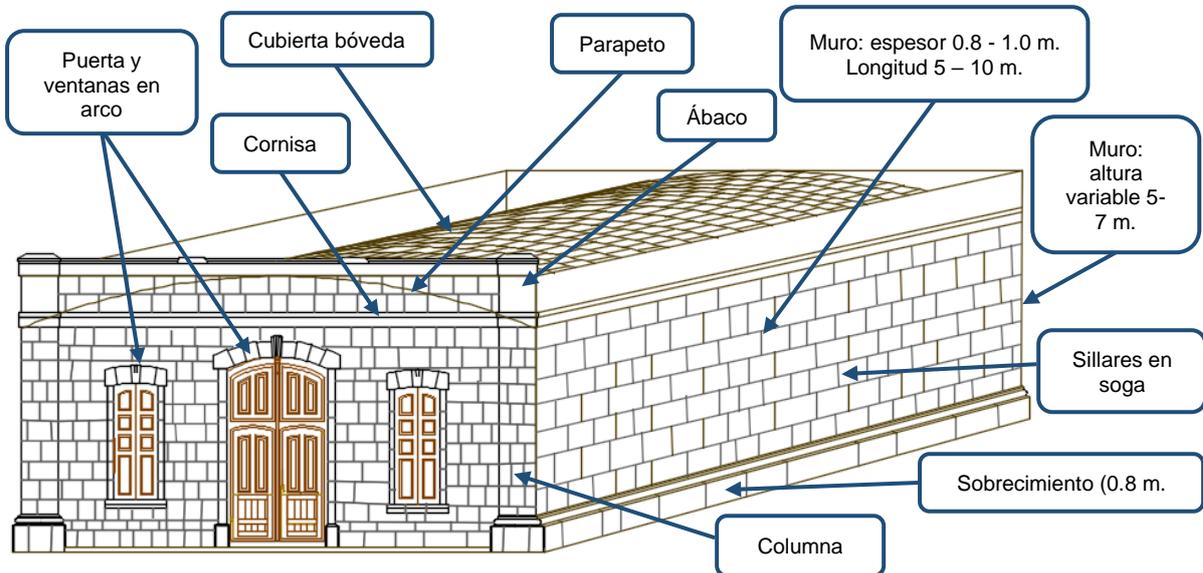


Figura 14. Esquema de una casona colonial típica de Arequipa

Fuente: Elaboración propia.

Extracción de muestra de sillar:

Como parte de los trabajos en campo, se extrajeron 20 probetas de sillar de los muros de la casona C4 (10 de la primera hilada de condición frágil y 10 de la segunda hilada de condición dura o conservada), ya que estas unidades de mampostería tienen una edad aproximada de 300 años, por lo que es probable que sus características resistentes hayan menguado como efectos del paso del tiempo, la intemperie y la actividad sísmica recurrente de la zona. Los datos de los testigos de sillar fueron registrados en el Formato de Muestro de Sillar (ver anexo 4).

Estos especímenes de sillar fueron trasladados al laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNSA, donde fueron sometidos a ensayos de compresión. Del mismo modo, se extrajeron 10 probetas de sillar elaborados en la actualidad (ver figura 15), para luego someterlos a pruebas de compresión y de

esta manera realizar las comparaciones en cuanto a las propiedades mecánicas de ambos materiales.



Figura 15. Extracción y elaboración de cubos de sillar

3.5.2 Fase 2: Trabajos de laboratorio

Determinación de las propiedades mecánicas del sillar:

Se determinaron la resistencia a la compresión de tres tipos de sillar mencionados anteriormente. Este ensayo fue realizado en el laboratorio de materiales de la FIC de la UNSA. En la figura 16 se muestra el ensayo realizado y los resultados se muestran en las tablas 9, 10 y 11. Asimismo, los certificados de los ensayos se muestran en el anexo 6.



Figura 16. Ensayo de compresión del sillar

Tabla 9. Resistencia a compresión de sillares de primera hilada (frágil)

Año	Especificación de la muestra	Dimensiones (cm.)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg.)	Esfuerzo de rotura	
		A	L	h			kg/cm ²	Mpa
1700 -1800	M-1	6.95	9.79	8.33	68.04	2926	43	4.22
	M-2	6.90	9.80	8.30	67.62	2245	33	3.26
	M-3	6.88	9.77	8.32	67.22	1973	29	2.88
	M-4	6.80	9.85	8.21	66.98	2155	32	3.15
	M-5	7.10	9.84	8.20	69.86	4400	63	6.18
Muestra saturada	M-6	7.54	9.78	8.29	73.74	2835	38	3.77
	M-7	7.79	9.82	8.43	76.50	1905	25	2.44
	M-8	7.70	9.80	8.34	75.46	2903	38	3.77
	M-9	7.83	9.73	8.35	76.19	2744	36	3.53
	M-10	7.88	10.05	8.33	79.19	4536	57	5.62
Característica (Muestra seca)		Valor		Unidad		Valor		
f' b (Resistencia Promedio)		40.14		kg/cm ²		0.00		
Desviación estándar		13.76		kg/cm ²		-0.23		
f' b c (Resistencia Característica)		26.38		kg/cm ²		-0.12		
CV (Coeficiente de Variación)		0.14		%		0.10		
						0.96		
Característica (Saturada)		Valor		Unidad		Valor		
f' b (Resistencia Promedio)		39.02		kg/cm ²		0.00		
Desviación estándar		11.64		kg/cm ²		-0.35		
f' b c (Resistencia Característica)		27.38		kg/cm ²		0.54		
CV (Coeficiente de Variación)		0.14		%		-0.06		
						0.59		

Fuente: Propia.

Tabla 10. Resistencia a compresión de sillares de segunda hilada (conservado)

Año	Especificación de la muestra	Dimensiones (cm.)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg.)	Esfuerzo de rotura	
		A	L	h			kg/cm ²	Mpa
1700 -1800	M-1	7.52	9.97	8.33	74.97	5851	78	7.65
	M-2	7.49	9.90	8.36	74.15	6010	81	7.95
	M-3	7.56	9.85	8.31	74.47	5171	69	6.81
	M-4	7.70	9.91	8.28	76.31	4649	61	5.98
	M-5	7.70	9.80	8.30	75.46	4128	55	5.36
Muestra saturada	M-6	7.40	9.96	8.29	73.70	4967	67	6.61
	M-7	7.22	9.33	8.28	67.36	3833	57	5.58
	M-8	7.16	9.86	8.38	70.60	4649	66	6.46
	M-9	6.84	9.88	8.23	67.58	2359	35	3.42
	M-10	6.89	9.79	8.15	67.45	2540	38	3.69
Característica (Muestra seca)		Valor		Unidad		Valor		
f' b (Resistencia Promedio)		68.83		kg/cm ²		0.00		

Desviación estándar	11.14	kg/cm2	0.04
f' b c (Resistencia Característica)	57.69	kg/cm2	-0.14
CV (Coeficiente de Variación)	-0.07	%	-0.12
			-0.10
Característica (Saturada)	Valor	Unidad	Valor
f' b (Resistencia Promedio)	52.54	kg/cm2	0.00
Desviación estándar	15.41	kg/cm2	-0.16
f' b c (Resistencia Característica)	37.13	kg/cm2	0.16
CV (Coeficiente de Variación)	-0.08	%	-0.47
			0.08

Fuente: Propia.

Tabla 11. Resistencia a compresión de sillares actuales (2023)

Año	Especificación de la muestra	Dimensiones (cm.)			Área (cm2)	Carga máxima (kg.)	Esfuerzo de rotura	
		A	L	h			kg/cm2	Mpa
2023	M-1	7.70	10.20	7.50	78.54	5647	72	7.05
	M-2	7.60	10.22	7.47	77.67	6713	86	8.48
	M-3	7.78	10.13	7.73	78.81	7416	94	9.23
	M-4	7.59	10.10	7.60	76.66	8890	116	11.37
	M-5	7.65	10.16	7.84	77.72	9185	118	11.59
Muestra saturada	M-6	7.50	10.12	7.76	75.90	7008	92	9.05
	M-7	7.24	10.14	7.66	73.41	7280	99	9.72
	M-8	7.13	10.16	7.56	72.44	7326	101	9.92
	M-9	7.23	10.14	7.85	73.31	5874	80	7.86
	M-10	7.18	10.20	7.84	73.24	5919	81	7.93
Característica (Muestra seca)		Valor		Unidad	Valor			
f' b (Resistencia Promedio)		97.32		kg/cm2	0.00			
Desviación estándar		19.74		kg/cm2	0.20			
f' b c (Resistencia Característica)		77.58		kg/cm2	0.09			
CV (Coeficiente de Variación)		0.11		%	0.23			
					0.02			
Característica (Saturada)		Valor		Unidad	Valor			
f' b (Resistencia Promedio)		90.71		kg/cm2	0.00			
Desviación estándar		9.90		kg/cm2	0.07			
f' b c (Resistencia Característica)		80.81		kg/cm2	0.02			
CV (Coeficiente de Variación)		-0.02		%	-0.21			
					0.01			

Fuente: Propia.

Determinación de las características del suelo:

Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la zona donde se encuentran cimentadas las infraestructuras coloniales se presentan en la tabla 12. Dichos datos fueron tomados del estudio de Tavera (2013) denominado “Zonificación sísmica de la ciudad de Arequipa”.

Tabla 12. *Características del suelo del centro histórico de Arequipa*

Característica	Descripción
Clasificación SUCS	GP Gravas arenosas mal gradadas
Capacidad portante	1.0 a 2.5 kg/cm ²
Nivel freático	5.0 metros

Fuente: Tomado de Tavera (2014) y Aguilar & Hurtado (1991).

3.5.3 Fase 3: Trabajos de gabinete

3.5.3.1 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las casonas:

Fue evaluada mediante el Método italiano, en el cual consideran 11 indicadores que están agrupadas en parámetros de condición estructural, geométrico y sísmico (microzonificación sísmica), los cuales en conjunto condicionan la vulnerabilidad de una edificación existente. A continuación, y a modo de demostración se describe con detalle la evaluación de la configuración estructural, configuración geométrica y factores sísmicos de la infraestructura correspondiente a la casona C4.

Evaluación de la configuración estructural de la casona C4

Indicador 1: Organización del sistema resistente de la casona C4

La estructura evidencia una deficiente conexión entre muros resistentes, los cuales no están arriostrados, incluso ya evidencia grietas en la trabazón (ver figura 17), lo que no asegura el comportamiento en conjunto de la edificación para resistir un gran sismo. No obstante, esta se mantuvo estable debido a su peso y a las dimensiones de sus muros, ya que el espesor oscila entre 0.80 a 1 m. En ese sentido le corresponde una clasificación D y valoración K_i de 45 (ver tabla 13).



Figura 17. Muros de la casona C4 sin arriostramiento y conexión deficiente

Tabla 13. Clasificación de la organización del sistema resistente de la casona C4

Clase	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento y con paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Indicador 2: Calidad del sistema resistente de la casona C4

En la figura 18 se observa que los bloques de sillar no son uniformes y está mal trabada en algunas zonas, además las juntas de argamasa que cumplen la función de ligante entre los bloques de sillar se encuentran desprendidas en la parte inferior de los muros (ver figura 19). En ese sentido, en este indicador le corresponde una clasificación D y una valoración Ki de 045 (ver tabla 14).

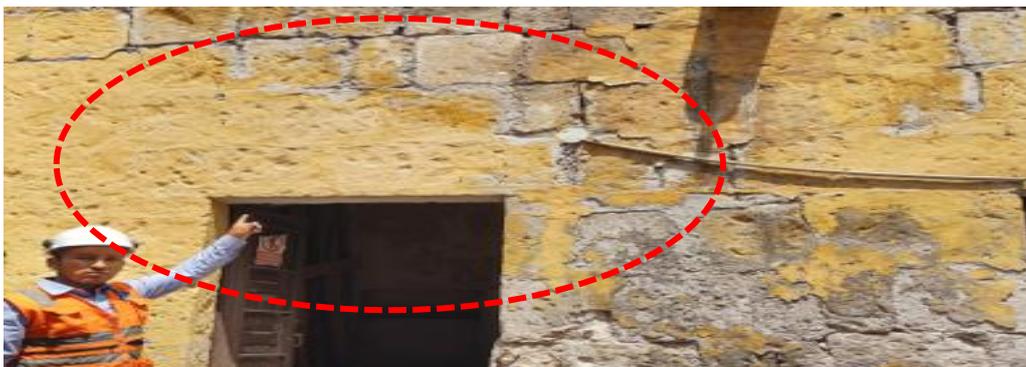


Figura 18. Muros de la casona C4 con bloques de sillar no homogéneos



Figura 19. Desprendimiento de juntas de argamasa de la casona C4

Tabla 14. Clasificación de la calidad del sistema resistente de la casona C4

Clase	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra, con presencia de ligamento, con unidades no muy homogéneas.	5
C	Mampostería con poca presencia de ligamento, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas.	20
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Indicador 3: Diafragmas horizontales de la casona C4

En la figura 20 se observa que la casona C4 tiene por diafragma una cubierta abovedada conformada por el mismo material de los muros. Si bien las estructuras en arco tienen la capacidad de mantenerse estable debido a su capacidad de distribuir las cargas verticales, en el presente caso el diafragma evidencia deformación y la conexión con los muros evidencia deterioro, lo que conlleva a que la conexión entre estos dos elementos estructurales esté en situación inadecuada (ver figura 20). En ese sentido, en este indicador le corresponde una clasificación D y una valoración Ki de 45 (ver tabla 15).



Figura 20. Deformación de bóveda y deficiente conexión con muros de casona

Tabla 15. Clasificación de diafragmas horizontales de la casona C4

Clase	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	20
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Indicador 4: Estado de conservación de la casona C4

La estructura tiene un aproximado de 200 años de haberse construida, por lo que en este indicador se evaluó detalladamente las condiciones físicas en las que se encuentran sus elementos estructurales y no estructurales. En las figuras 21 y 22 se observa que la bóveda, los muros y de los parapetos están en situación deplorable. Además, según las pruebas de resistencia del sillar, este ya está en proceso de fatiga. En ese sentido, en este indicador le corresponde una clasificación D y una valoración Ki de 45 (ver tabla 16).



Figura 21. Estado de conservación de la bóveda de la casona C4



Figura 22. Estado deplorable de muros y parapetos de la casona C4

Tabla 16. Clasificación del estado de conservación de la casona C4

Clase	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	20
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Indicador 5: Tipo de cubierta de la casona C4

En este indicador se evaluó la disposición, el estado físico y la aparente estabilidad de la cubierta tipo arco (bóveda) que posee la estructura, que son del mismo material empleado en los muros. Este tipo de cubiertas por su configuración son muy pesadas por lo que se mantuvieron aparentemente estables durante mucho tiempo. Sin embargo, actualmente la primera impresión de la inestabilidad de la cubierta es evidente (ver figura 23) y podría colapsar durante un sismo de gran magnitud. En ese sentido, en este indicador le corresponde una clasificación D y una valoración Ki de 45 (ver tabla 17).



Figura 23. Inestabilidad de la cubierta (bóveda) de la casona C4

Tabla 17. Clasificación del tipo de cubierta de la casona C4

Clase	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	5
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	20
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Resumen de clasificación de parámetros de la configuración estructural:

De acuerdo con la evaluación individual de los parámetros de la configuración estructural de la casona C4, en la tabla 18 se presenta el resumen de clasificación

y calificación, donde se evidencia que la totalidad de parámetros clasifican como “D”, con un índice de Vulnerabilidad parcial de 191.25, lo que indicaría que estos parámetros influyen significativamente en el incremento de la vulnerabilidad general de la estructura (casona C4).

Tabla 18. Resumen de clasificación de parámetros de la configuración estructural

Parámetros	Clase Ki	Condición	Valor Ki	Peso Wi	Ki*Wi
Organización del sistema resistente	D	Muy crítica	45	1.00	45.00
Calidad del sistema resistente	D	Muy crítica	45	0.25	11.25
Diafragmas horizontales	D	Muy crítica	45	1.00	45.00
Estado de conservación	D	Muy crítica	45	1.00	45.00
Tipo de cubierta	D	Muy crítica	45	1.00	45.00
Índice de Vulnerabilidad (Iv) parcial					191.25

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la configuración geométrica de la casona C4

Indicador 6: Configuración en planta de la casona C4

Para las edificaciones con planta rectangular se clasificarla de acuerdo a la razón $\beta_1 = a/L$. Según las longitudes de la casona evaluada, se tiene una longitud (L) de 15.30 metros y un ancho de (a) de 10.0 metros (ver figura 24) y reemplazando en la ecuación se obtiene un valor de 0.65. Por tal razón se le asigna la clasificación “B” (ver tabla 19).

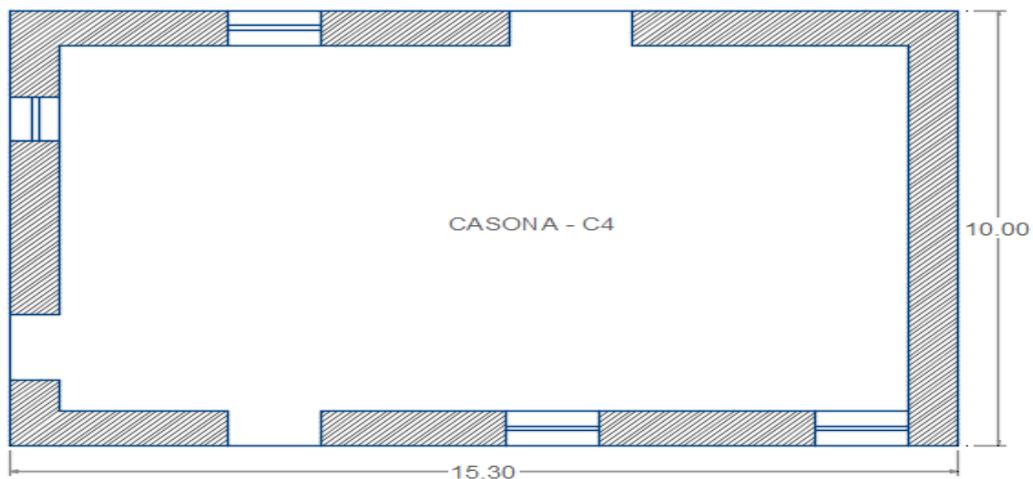


Figura 24. Geometría de planta de la casona C4

$$\beta_1 = a/L$$

$$\beta_1 = 10 \text{ m} / 15.30 \text{ m} = 0.65$$

Tabla 19. Clasificación de la configuración en planta de la casona C4

Clase	Criterios de evaluación	Ki
A	Si $\beta_1 \geq 0.80$ o $\beta_2 \leq 0.10$	0
B	Si $0.80 > \beta_1 \geq 0.60$ o $0.10 < \beta_2 \leq 0.20$	5
C	Si $0.60 > \beta_1 \geq 0.40$ o $0.20 < \beta_2 \leq 0.30$	25
D	Si $0.40 > \beta_1$ o $0.30 < \beta_2$	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Indicador 7: Configuración en elevación de la casona C4

La vivienda es de un solo piso, sin irregularidades en su geometría vertical, ni diferencia de masas, tampoco evidencia sobrecarga provocada por parapetos o reservorios móviles de agua (ver figura 25), por tal razón se le asigna la clasificación “B” (ver tabla 20).



Figura 25. Geometría de elevación de la casona C4

Tabla 20. Clasificación de la configuración en elevación de la casona C4

Clase	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Indicador 8: Separación máxima entre muros de la casona C4

Para calificar este indicador, se tomó en consideración la separación máxima de los muros y el espesor de los mismos. En la figura 26 se observa que la longitud

más desfavorable que separa a los muros tiene una longitud (L) de 8.4 metros y el espesor (s) del mismo es de 0.80 metros. Dividiendo ambos datos $L/s = 8.4/0.80$ se tiene un valor de 10.5. Por lo tanto, le corresponde la clasificación “D” (ver tabla 21).

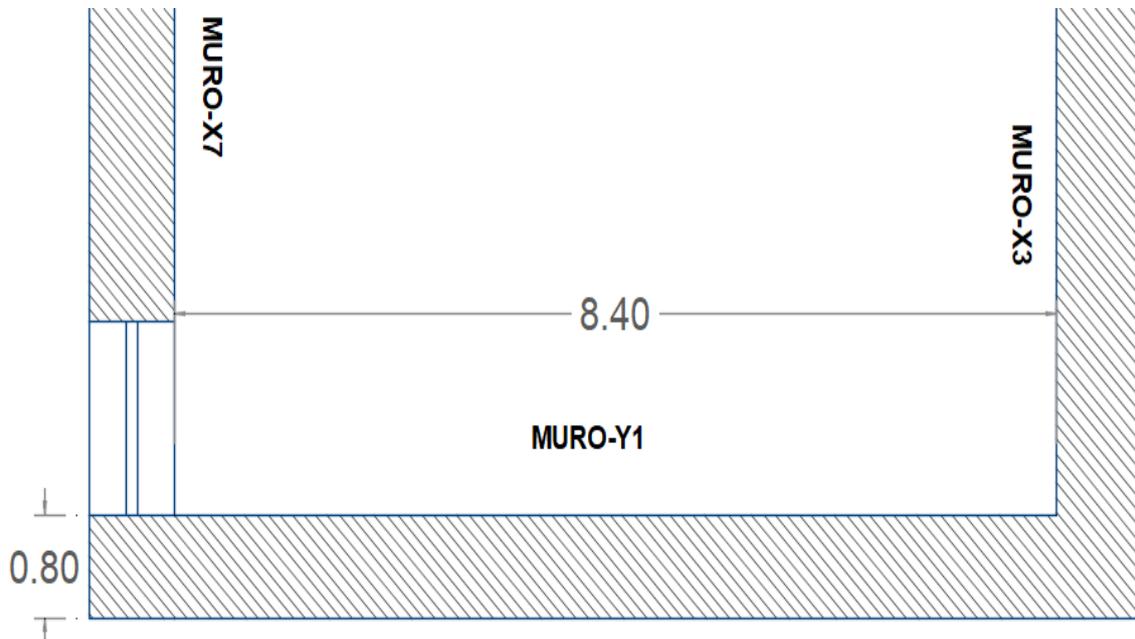


Figura 26. Detalle de longitud más desfavorable y espesor de muros de la C4

Tabla 21. Clasificación de la separación máxima entre muros de la casona C4

Clase	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Indicador 9: Elementos no estructurales de la casona C4

En la figura 27, se observa que la casona evaluada presenta cornisas en la parte superior externa de la estructura, asimismo en la parte interna se evidencia presencia de una especie de gárgolas para canalizar el agua pluvial. Estos elementos están adosados a la cubierta y debido al paso del tiempo su conexión ya no es adecuada, por lo que podrían desprenderse fácilmente durante un sismo. Por tales razones se le asigna la calificación “C” (ver tabla 22).



Figura 27. Elementos no estructurales de la casona C4

Tabla 22. Clasificación de elementos no estructurales de la casona C4

Clase	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos de mucho peso.	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Resumen de clasificación de parámetros de la configuración geométrica:

De acuerdo con la evaluación individual de los parámetros de la configuración geométrica de la casona C4, en la tabla 23 se presenta el resumen de clasificación y calificación, donde se evidencia que predomina la clasificación B (regular), seguido por la clasificación “C” y “D” (crítica a muy crítica respectivamente), por lo que el Índice de vulnerabilidad parcial es de 25.0, lo que indica que estos parámetros tendrían poca influencia en el incremento de la vulnerabilidad general de la estructura (casona C4).

Tabla 23. Resumen de clasificación de parámetros de configuración geométrica

Parámetros	Clase Ki	Condición	Valor Ki	Peso Wi	Ki*Wi
Configuración en planta	B	Regular	5	0.50	2.5
Configuración en elevación.	B	Regular	5	1.00	5.0
Separación máxima entre muros	D	Muy crítica	45	0.25	11.25
Elementos no estructurales	C	Crítica	25	0.25	6.25
Índice de Vulnerabilidad (Iv) parcial					25

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación según la microzonificación sísmica de la casona C4

Indicador 10: Características geotécnicas y topográficas de la casona C4

En este indicador se evaluó la influencia que pudiera tener el terreno en la estructura, por lo que se tomó en consideración parámetros como el tipo de suelo, la pendiente, periodo fundamental de vibración de la estructura y otros aspectos relacionados con la microzonificación sísmica. Para lo cual se tomaron datos de los estudios denominados “Zonificación Sísmica – Geotécnica de la ciudad de Arequipa” realizado por Tavera (2014) y el estudio “Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Arequipa” realizado por Aguilar y Hurtado (1991). El resumen de las características geológicas y geotécnicas se presentan en las tablas 24 y 25 respectivamente.

Tabla 24. Características geológicas del Cercado de Arequipa

Microzonificación sísmica	Parámetro	Símbolo	Descripción	Fuente
Cercado de Arequipa (zona C)	Geomorfología	GM-pA-sC	Superficie del Cercado	Aguilar y Hurtado (p. 11, 1991)
	Geología	Qr-af	Deposito aluvial fluvial	Tavera (p. 49, 2014)
	Geotecnia	G8-sam	Suelo aluvial de Miraflores	Aguilar y Hurtado (p. 13, 1991)
	Clasificación SUCS	GP	Gravas arenosas mal gradadas	Tavera (p. 65, 2014)
	Pendientes	0° - 10°	Suave a moderada	Tavera (p. 41, 2014)
	Zonificación geotécnica	S1 y S2	Suelos semirrígidos	Tavera (p. 112, 2014)

Fuente: Tomado de Tavera (2014) y Aguilar & Hurtado (1991).

Tabla 25. Características geotécnicas del Cercado de Arequipa

Microzonificación sísmica	Parámetro	Valor	Unidades	Fuente
Cercado de Arequipa (zona C)	Capacidad portante	1.0 a 2.5	Kg/cm ²	Aguilar y Hurtado (1991)
	Periodo de vibración	0.30 a 0.45	Segundos	Aguilar y Hurtado (1991)
	Nivel freático	5.0	Metros	Aguilar y Hurtado (1991)

Fuente: Tomado de Aguilar & Hurtado (1991).

Calculando el periodo fundamental de vibración de la casona C4:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

Donde:

T = Periodo fundamental de vibración (Norma E.030, p. 26, 2018)

h_n = Altura efectiva del edificio (Norma E.030, p. 27, 2018)

C_t = Coeficiente para el periodo fundamental (Norma E.030, p. 27, 2018)

Remplazando:

$$T = \frac{4.70}{60}$$

$$T = 0.08 \text{ s}$$

Según los datos de las tablas 23 y 24, la ubicación de la casona C4 esta micro zonificada como Zona C (sismicidad media a alta), ya que presenta un tipo de suelo GP (gravas arenosas mal gradadas), con una capacidad portante de 1.0 a 2.5 kg/cm², tipificándose como suelos semirrígidos, por lo que su periodo natural de vibración es de 0.30 a 0.45 segundos. Además, la pendiente del terreno es un promedio de 10°, lo que indica que es una pendiente llana a moderada. Además, según el cálculo del periodo fundamental de la Casona C4 tiene un valor de 0.08 segundos, lo que indica que el edificio no entrará en resonancia, por lo que en teoría podría sufrir solo daños leves, sin embargo, al tratarse de una edificación muy antigua y deteriorada podría ser afectada en sus elementos estructurales. Con base a estas conjeturas, en este indicador se le asigna una clasificación B y una valoración K_i de 5 (ver tabla 26).

Tabla 26. Clasificación de las características geotécnicas y topográficas (C4)

Clase	Criterios de evaluación	K_i
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales al 5°.	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15°. Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10°.	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25°.	25
D	Cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° o cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25°.	45

Fuente: Adaptado de Casas y Salas (2022).

Indicador 11: Resistencia convencional de la casona C4

Se evaluó la resistencia en conjunto del edificio histórico, para lo cual se empleó el criterio de evaluación propuesto por Hurtado et al. (2008), donde se realiza un análisis sísmico simplificado de la fuerza cortante sísmica (Fs) mediante la relación de la cortante resistente (Vr) y la cortante basal actuante (Va), por lo que se realizó cálculos confiables debido a que se empleó parámetros sísmicos de la Norma E.030.

Además, se tomaron valores de resistencia al corte (v'm) de los estudios de muros de sillar de Bejarano y Mendoza (2019). A continuación, se describe con detalle el procedimiento para la casona C4:

Paso1: cálculo de la cortante resistente Vr en "X" & "Y" (ver tablas 27 y 28)

Tabla 27. Fuerza cortante resistente en dirección X de la casona C4

Muro	Longitud	Espesor	Resistencia al corte V'm	Cortante resistente Vr
M1X	2.70 m	0.80 m	7.24 kgf/cm ²	15.64 kgf
M2X	3.00 m	0.80 m	7.24 kgf/cm ²	17.38 kgf
M3X	3.50 m	0.80 m	7.24 kgf/cm ²	20.27 kgf
M4X	2.70 m	0.80 m	7.24 kgf/cm ²	15.64 kgf
M5X	3.05 m	0.80 m	7.24 kgf/cm ²	17.67 kgf
M6X	4.45 m	0.80 m	7.24 kgf/cm ²	25.77 kgf
Cortante resistente (Vr) en "X" Total				112.37 kgf

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Fuerza cortante resistente en dirección Y de la casona C4

Muro	Longitud	Espesor	Resistencia al corte V'm	Cortante resistente Vr
M1Y	150 cm	80 cm	7.24 kgf/cm ²	86880 kgf
M2Y	400 cm	80 cm	7.24 kgf/cm ²	231680 kgf
M3Y	200 cm	80 cm	7.24 kgf/cm ²	115840 kgf
M4Y	1000 cm	80 cm	7.24 kgf/cm ²	579200 kgf
Cortante resistente (Vr) en "Y" Total				1013600 kgf

Fuente: Elaboración propia.

Paso2: cálculo de la cortante actuante en la base (V)

$$V = \frac{ZUSC}{R} * P \dots\dots\dots 5$$

Donde:

Z: Factor de zona (0.35)

U: Factor de uso (1.3)

S: Factor suelo (1.15)

C: Factor de amplificación sísmica (2.5)

R: Coeficiente de reducción sísmica (1)

P: Peso de la estructura (1759500 kg)

Remplazando:

$$V = \frac{ZUSC}{R} * P$$

$$V = \frac{0.35 * 1.3 * 1.15 * 2.5}{1} * 1759500 \text{ kgf}$$

$$V = 2301646 \text{ kgf}$$

Paso 3: cálculo del coeficiente F_s :

$$F_s = \frac{V_r}{V_a} \dots\dots\dots 6.$$

Remplazando:

$$F_s = \frac{1013600 \text{ kgf}}{2301646 \text{ kgf}} = 0.44$$

Paso 4: clasificación del indicador:

El valor del coeficiente “ F_s ” calculado es de 0.44, este valor se encuentra entre el rango de 0.4 a 1.0, por lo que en este indicador a la casona C4 se le asigna una clasificación C y una valoración K_i de 25 (ver tabla 29).

Tabla 29. Clasificación de la resistencia convencional de la casona C4

Clase	Rangos	K_i
A	$F_s \geq 1$	0
B	$0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	$0.4 < F_s < 1$	25
D	$F_s \leq 0.4$	45

Fuente: Adaptado de Díaz (2019).

Resumen de clasificación de parámetros de la microzonificación sísmica:

De acuerdo con la evaluación individual de los parámetros de la microzonificación sísmica para la casona C4, en la tabla 30 se presenta el resumen de clasificación y calificación, donde se evidencia que predomina la clasificación B (regular), seguido por la clasificación “C” y “D” (crítica a muy crítica respectivamente), por lo que el Índice de vulnerabilidad parcial es de 25.0, lo que indica que estos parámetros tienen mediana influencia en el incremento de la vulnerabilidad general de la estructura (casona C4).

Tabla 30. Resumen de clasificación según la microzonificación sísmica (C4)

Parámetros	Clase Ki	Condición	Valor Ki	Peso Wi	Ki*Wi
Características geotécnicas y topográficas	B	Regular	5	0.75	3.75
Resistencia convencional	C	Crítica	25	1.50	37.5
Índice de Vulnerabilidad (Iv) parcial					41.25

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.2 Determinación de la vulnerabilidad general de la casona C4:

Clasificación de los parámetros:

La casona C4 fue evaluada según los 11 parámetros que condicionan su vulnerabilidad. Estos están agrupados de acuerdo a su configuración estructural, configuración geométrica y microzonificación. El resumen de su clasificación se presenta en la tabla 31.

Tabla 31. Resumen de clasificación de parámetros para la casona C4

Dimensiones	N°	Parámetros (indicadores)	Clasificación
Configuración estructural	01	Organización del sistema resistente	D
	02	Calidad del sistema resistente	D
	03	Diafragmas horizontales	D
	04	Estado de conservación	D
	05	Tipo de cubierta	D
Configuración geométrica	06	Configuración en planta	B
	07	Configuración en elevación.	B
	08	Separación máxima entre muros	D
	09	Elementos no estructurales	C
Microzonificación sísmica	10	Características geotécnicas y topográficas	B
	11	Resistencia convencional	C

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del índice de vulnerabilidad:

El índice de vulnerabilidad de la casona C4 fue calculada mediante la ecuación 1, empleando para ello los datos de la tabla 32:

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} Ki * Wi$$

Tabla 32. *Determinación del Índice de Vulnerabilidad para la casona C4*

Dimensiones	Parámetros (indicadores)	Valor Ki		Peso Wi	Ki*Wi
Configuración estructural	Organización del sistema resistente	D	45	1.00	45.00
	Calidad del sistema resistente	D	45	0.25	11.25
	Diafragmas horizontales	D	45	1.00	45.00
	Estado de conservación	D	45	1.00	45.00
	Tipo de cubierta	D	45	1.00	45.00
Configuración geométrica	Configuración en planta	B	5	0.50	2.500
	Configuración en elevación.	B	5	1.00	5.000
	Separación máxima entre muros	D	45	0.25	11.25
	Elementos no estructurales	C	25	0.25	6.250
Microzonificación sísmica	Características geotécnicas y topográficas	B	5	0.75	3.750
	Resistencia convencional	C	25	1.50	37.50
Índice de Vulnerabilidad (Iv)					257.5

Fuente: Elaboración propia.

Categorización de la vulnerabilidad:

Según la tabla 32, el valor del índice de vulnerabilidad para la casona C4 es de 257.5, este valor es categorizado en uno de los rangos de niveles de vulnerabilidad mostrado en la tabla 33.

Tabla 33. *Categorización de la vulnerabilidad para la casona C4*

Niveles de vulnerabilidad	Rangos
Vulnerable nula	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 – 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 – 382.25

Fuente: Elaboración propia.

El valor del Iv para la casona C4 es de 257.5, este valor indica que la casona C4 presenta una vulnerabilidad sísmica alta, ya que según los rangos de la tabla 31 está entre 201.25 y 382.25.

La vulnerabilidad del resto de las 24 casonas fue determinada empleando el mismo criterio aplicado para la casona C4, por lo que los resultados se presentan en el Capítulo IV y los detalles de su evaluación se muestran en las fichas de evaluación (ver anexo 5).

3.5.3.3 Elaboración de mapas temáticos de vulnerabilidad

Con la finalidad de reportar los resultados en forma gráfica e ilustrativa, se elaboraron los mapas temáticos correspondientes a los resultados finales de la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales (ver mapas temáticos en el anexo 6). Para lo cual se empleó el software ArcGIS, el cual permite crear, administrar, analizar y visualizar información geográfica, para lo cual se trabajó en base a los shapefiles. Este se descargó de la página web geogpsperu.com del Instituto Geográfico Nacional la base de datos de los shapefile del Perú y la base de datos de Arequipa y sus provincias (ver figura 28) identificando así la ubicación de la provincia de Arequipa. Los mapas temáticos finales se presentan en el anexo 7.

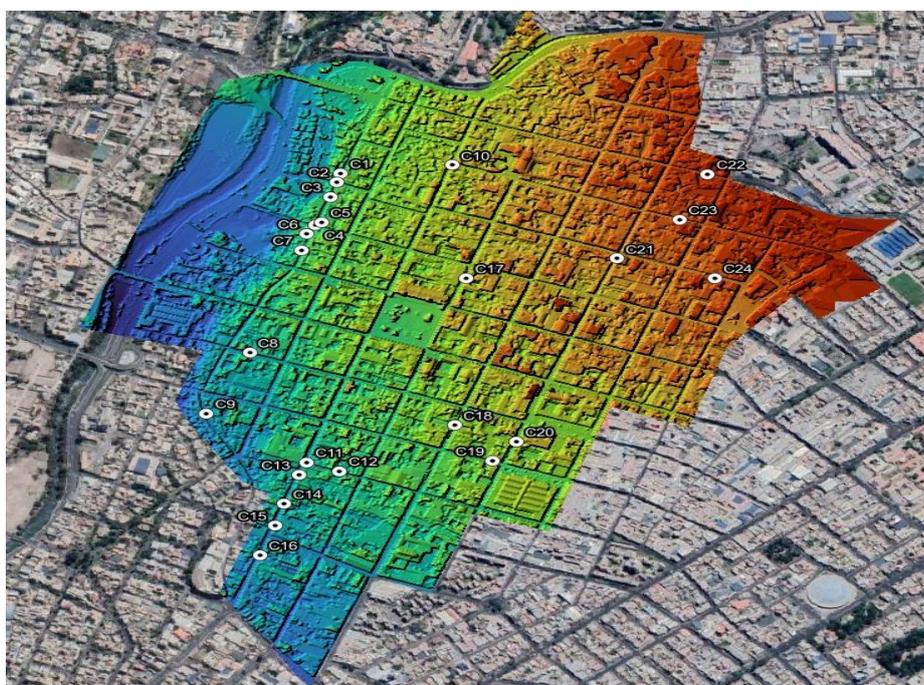


Figura 28. Base de datos de Perú y región Arequipa

3.6. Método de análisis de datos

En un estudio descriptivo, Balestrini (2006) menciona que para analizar los datos extraídos de las unidades de estudio es recomendable una técnica que permita organizar, representar, describir y analizar los resultados de una investigación que contengan grandes volúmenes de unidades de estudio (p. 169). Bajo esta premisa, los datos relacionados con la vulnerabilidad sísmica fueron procesados con el software Microsoft Excel y analizados mediante la Estadística Descriptiva, el cual se enfoca en la recopilación, organización, resumen y presentación de datos mediante tablas e histogramas con el propósito de describir y resumir características importantes de un conjunto de datos. Su objetivo principal es proporcionar una comprensión clara y concisa de la información, sin realizar inferencias o generalizaciones más allá de los datos observados y realizar las conclusiones.

3.7. Aspectos éticos

Con respecto a los aspectos éticos, en la presente investigación se cumplieron con todas las disposiciones del Código de Ética en Investigación estipulado en el artículo 64 del Reglamento de Investigación de la Universidad César Vallejo (2022), ya que las teorías y postulados fueron atribuidos a los respectivos autores mediante las citas y referencias acorde a los estándares internacionales, lo que también implicó evitar el plagio y cualquier forma de apropiación indebida de ideas, datos o resultados de otros investigadores. Asimismo, la honestidad en la presentación de resultados están más que garantizadas, ya que se evitó cualquier forma de manipulación o sesgo en la interpretación de los datos. Además, se deja constancia de que el índice de similitud de Turnitin es inferior al 20% exigido por la universidad.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Las casonas coloniales que conforman la muestra del presente estudio se encuentran ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Arequipa, el cual abarca un área de 75 km² (ver figura 29). La ubicación política de la zona de estudio se presenta en la tabla 34, mientras que la ubicación geográfica se muestra en la figura 30.

Tabla 34. Ubicación política de la zona de estudio

Datos	Descripción
• País:	Perú
• Región:	Arequipa
• Provincia:	Arequipa
• Distrito:	Cercado - Arequipa
• Coordenadas	-16.399769, -71.535670

Fuente: Elaboración propia.

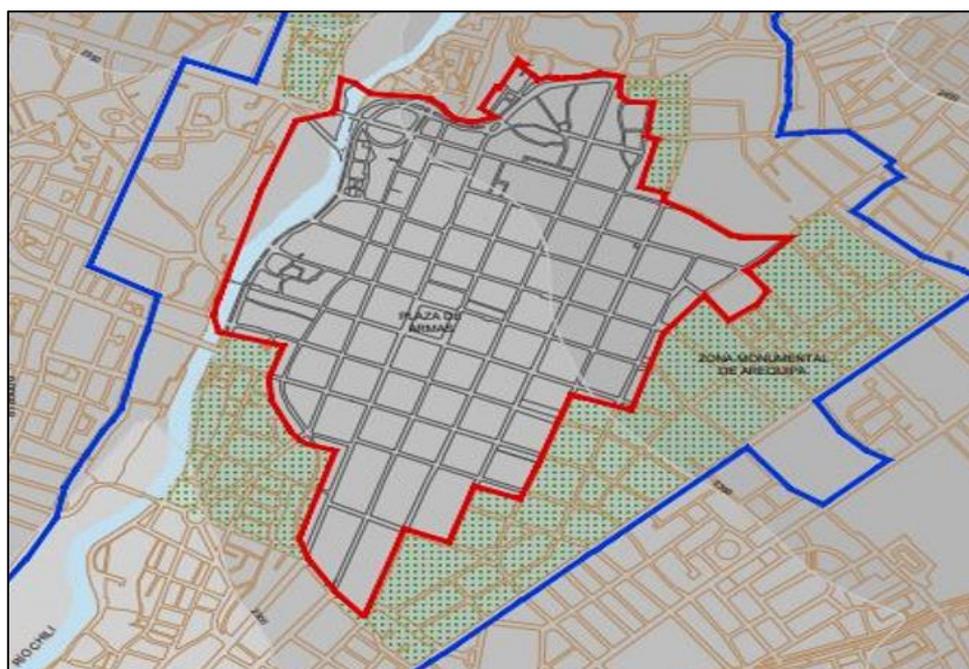


Figura 29. Centro histórico de la ciudad de Arequipa (UNESCO)



Figura 30. Mapa de ubicación geográfica de la zona de estudio

Climatología y Geodinámica interna: Arequipa tiene un clima característico de una región de alta montaña, con algunas particularidades propias de su ubicación. Presenta un clima árido, ya que se encuentra en una región seca. Aunque hay dos estaciones principales: la estación seca (marzo a noviembre) y la estación de lluvias (diciembre a marzo). Por otro lado, la actividad sísmica es parte de la geodinámica de la región y ha influido en la estructura de la ciudad. Otro peligro por geodinámica interna más saliente es la presencia de volcanes como el Misti y el Chachani, los cuales influyen en la geodinámica local.

4.2. Resultados de los objetivos

4.2.1. Objetivo general: Determinar la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa.

Se determinó la vulnerabilidad sísmica de las 24 casonas coloniales con base al Método Italiano, donde se evaluó 11 parámetros agrupados en configuración estructural, geométrica y microzonificación sísmica. El resumen de resultados de vulnerabilidad de cada grupo y la vulnerabilidad global se presentan en la tabla 35. Del mismo modo, en la tabla 36 y figura 29 se presentan las frecuencias y los porcentajes de los niveles de vulnerabilidad respectivamente.

Tabla 35. Resumen de los niveles de vulnerabilidad sísmica y vulnerabilidad global de las casonas

Casona	Configuración estructural	Nivel de Vulnerabilidad	Configuración geométrica	Nivel de Vulnerabilidad	Microzonificación sísmica	Nivel de Vulnerabilidad	Iv	Vulnerabilidad global
	Iv		Iv		Iv		Global	
C1	161.25	MEDIA	8.75	BAJA	11.25	BAJA	181.25	Vulnerabilidad media
C2	36.25	BAJA	8.75	BAJA	3.75	BAJA	48.75	Vulnerabilidad baja
C3	161.25	MEDIA	8.75	BAJA	11.25	BAJA	181.25	Vulnerabilidad media
C4	191.25	MEDIA	25	BAJA	41.25	BAJA	257.5	Vulnerabilidad alta
C5	136.25	MEDIA	11.25	BAJA	41.25	BAJA	188.75	Vulnerabilidad media
C6	191.25	MEDIA	15	BAJA	71.25	MEDIA	277.5	Vulnerabilidad alta
C7	36.25	BAJA	8.75	BAJA	3.75	BAJA	48.75	Vulnerabilidad baja
C8	146.25	MEDIA	25	BAJA	11.25	BAJA	182.5	Vulnerabilidad media
C9	191.25	MEDIA	45	BAJA	71.25	MEDIA	307.5	Vulnerabilidad alta
C10	126.25	MEDIA	8.75	BAJA	41.25	BAJA	176.25	Vulnerabilidad media
C11	191.25	MEDIA	45	BAJA	41.25	BAJA	277.5	Vulnerabilidad alta
C12	146.25	MEDIA	11.25	BAJA	41.25	BAJA	198.75	Vulnerabilidad media
C13	191.25	MEDIA	45	BAJA	41.25	BAJA	277.5	Vulnerabilidad alta
C14	191.25	MEDIA	25	BAJA	71.25	MEDIA	287.5	Vulnerabilidad alta
C15	0	NULA	0	NULA	0	NULA	0	Vulnerabilidad nula
C16	40	BAJA	8.75	BAJA	3.75	BAJA	52.5	Vulnerabilidad baja
C17	146.25	MEDIA	43.75	BAJA	11.25	BAJA	201.25	Vulnerabilidad media
C18	191.25	MEDIA	18.75	BAJA	71.25	MEDIA	281.25	Vulnerabilidad alta
C19	0	NULA	0	NULA	0	NULA	0	Vulnerabilidad nula
C20	191.25	MEDIA	25	BAJA	41.25	BAJA	257.5	Vulnerabilidad alta
C21	146.25	MEDIA	8.75	BAJA	41.25	BAJA	196.25	Vulnerabilidad media
C22	40	BAJA	8.75	BAJA	3.75	BAJA	52.5	Vulnerabilidad baja
C23	161.25	MEDIA	25	BAJA	11.25	BAJA	197.5	Vulnerabilidad media
C24	146.25	MEDIA	11.25	BAJA	41.25	BAJA	198.75	Vulnerabilidad media

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación y análisis:

En la tabla 35 se observa la variación de los niveles de vulnerabilidad según la configuración estructural, la configuración geométrica y según la microzonificación sísmica. Sus resultados indican que los parámetros más influyentes en el incremento del nivel de vulnerabilidad sísmica son los correspondientes a la configuración estructural, ya que en gran parte llega a representar el 50% del total de la vulnerabilidad global. Además, los pesos ponderados (W_i) en su gran mayoría es 1, esto debido a que son parámetros inherentes a la infraestructura, por lo que en gran medida la estabilidad de la edificación depende de la condición física de los parámetros en mención. Del mismo modo, los parámetros de la microzonificación sísmica influyen significativamente en el incremento de la vulnerabilidad, ya que la evaluación de sus parámetros está relacionada con las características físicas de la zona de estudio y la capacidad resistente de la estructura, llegando a representar en algunos casos hasta un 18.63% del total de la vulnerabilidad global. En el caso de los parámetros correspondientes a la configuración geométrica, influyen en menor medida en el incremento de la vulnerabilidad, ya que al ser de condición geométrica sus pesos ponderados (W_i) son bajos (en la mayoría el W_i es mucho menor a 1), por lo que en el peor de los casos apenas representa el 11.44% del total de la vulnerabilidad.

Vulnerabilidad sísmica global:

Con base a los resultados de la evaluación de los parámetros de la configuración estructural, configuración geométrica y microzonificación sísmica, en la tabla 36 y figura 31 se presentan las frecuencias y los porcentajes de los niveles de la vulnerabilidad global de las casonas coloniales. Por otra parte, el mapa de vulnerabilidad global se presenta en la figura 32.

Tabla 36. *Frecuencias de los niveles de vulnerabilidad global de las casonas*

Vulnerabilidad	Frecuencia	Porcentaje	% Acumulado
Nula	2	8.3%	8.3%
Baja	4	16.7%	25.0%
Media	10	41.7%	66.7%
Alta	8	33.3%	100.0%
Total	24	100.0%	

Fuente: Elaboración propia.

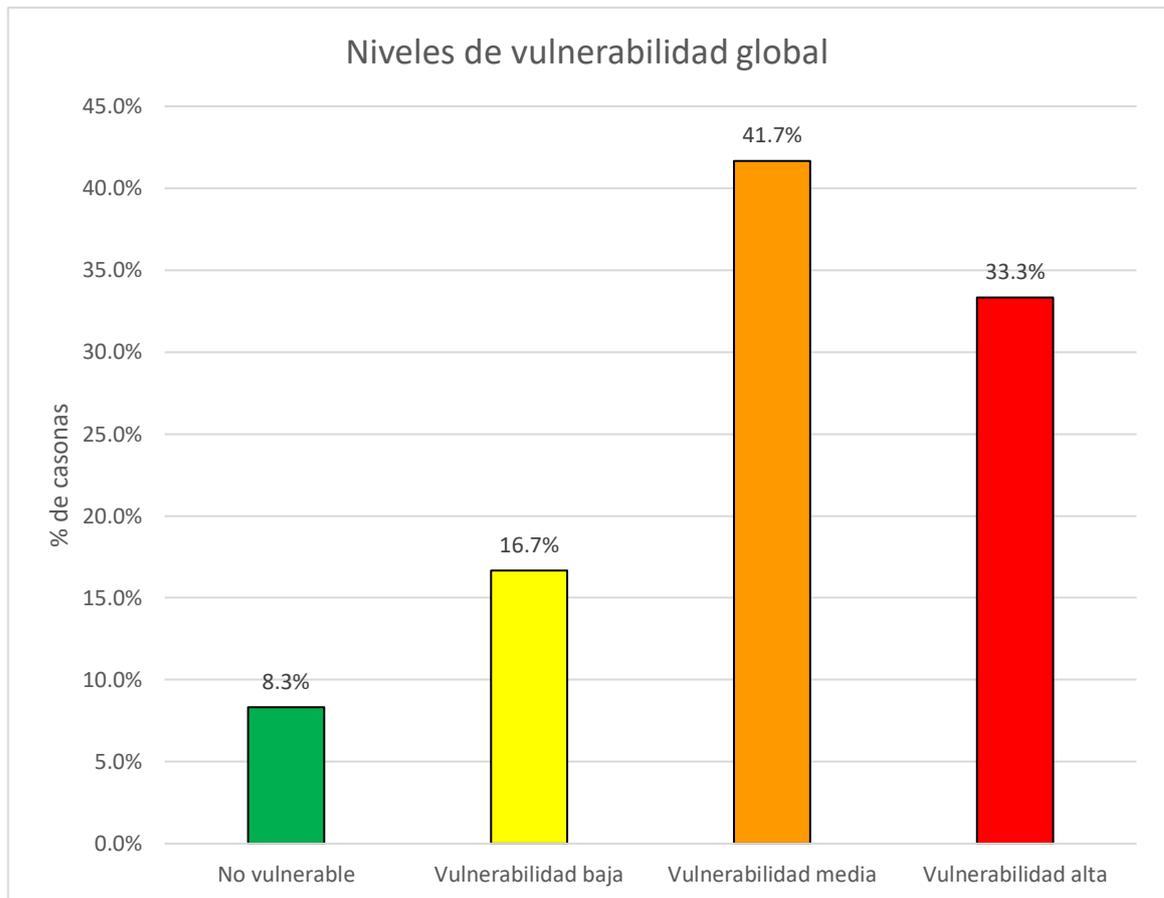


Figura 31. Porcentajes de los niveles de vulnerabilidad global de las casonas

Interpretación:

En la tabla 36 y figura 31, se observa que el 33.3% de las casonas se encuentran en situación de vulnerabilidad sísmica alta, por lo que estos podrían sufrir daños graves en sus elementos estructurales lo que conllevaría a un posible colapso. De similar forma, el 41.7% de las casonas están en situación de vulnerabilidad sísmica media. Estos edificios podrían sufrir daños en sus elementos estructurales durante un sismo, pero no necesariamente colapsarían, ya que a pesar de haber afrontado muchos sismos aún siguen en pie. Por otro lado, el 16.7% de casonas presentan vulnerabilidad baja y tan solo el 8.3% presentan vulnerabilidad sísmica nula, por lo que teóricamente estas edificaciones podrían mantenerse estables durante un sismo debido a que en algunos casos fueron intervenidos con refuerzos estructurales.

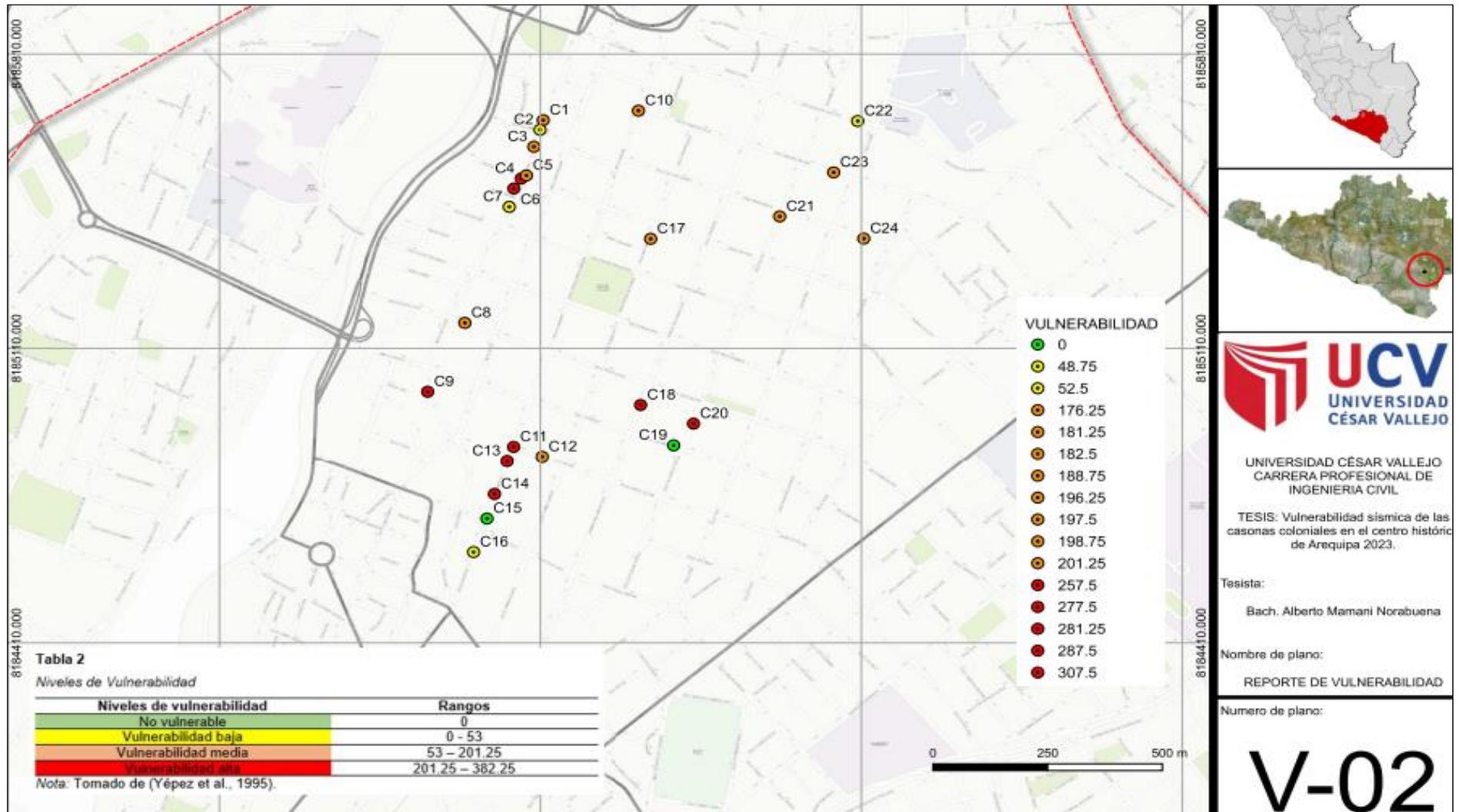


Figura 32. Mapa preliminar de los niveles de vulnerabilidad de las casonas coloniales

4.2.2. Primer objetivo específico: Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa.

En la tabla 37 se presentan los resultados de la vulnerabilidad sísmica según los parámetros de la configuración estructural. Asimismo, en la tabla 38 y figura 33 se presentan las frecuencias y los porcentajes de los niveles de vulnerabilidad. Además, en la tabla 39 y figura 34 se presentan los parámetros que más influyen en el incremento del índice de vulnerabilidad de las casonas coloniales.

Tabla 37. Niveles de vulnerabilidad según la configuración estructural de casonas

Cod.	Organización del sistema resistente	Calidad del sistema resistente	Diafragmas horizontales	Estado de conservación	Tipo de cubierta	Iv	Vulnerabilidad
	Wi=1	Wi=0.25	Wi=1	Wi=1	Wi=1	Ki*Wi	
C1	45	45	45	45	15	161.25	Media
C2	5	5	15	0	15	36.25	Baja
C3	45	45	15	45	45	161.25	Media
C4	45	45	45	45	45	191.25	Media
C5	45	25	15	25	45	136.25	Media
C6	45	45	45	45	45	191.25	Media
C7	20	5	15	0	0	36.25	Baja
C8	45	25	45	5	45	146.25	Media
C9	45	45	45	45	45	191.25	Media
C10	45	25	45	5	25	126.25	Media
C11	45	45	45	45	45	191.25	Media
C12	45	25	45	5	45	146.25	Media
C13	45	45	45	45	45	191.25	Media
C14	45	45	45	45	45	191.25	Media
C15	0	0	0	0	0	0	Vulnerabilidad nula
C16	20	0	5	0	15	40	Baja
C17	45	25	45	5	45	146.25	Media
C18	45	45	45	45	45	191.25	Media
C19	0	0	0	0	0	0	Vulnerabilidad nula
C20	45	45	45	45	45	191.25	Media
C21	45	25	45	5	45	146.25	Media
C22	20	0	5	0	15	40	Baja
C23	45	5	45	25	45	161.25	Media
C24	45	25	45	5	45	146.25	Media

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Frecuencias de niveles de vulnerabilidad según la configuración estructural

Vulnerabilidad	Frecuencia	Porcentaje	% Acumulado
Nula	2	8.3%	8.3%
Baja	4	16.7%	25.0%
Media	18	75.0%	100.0%
Alta	0	0.0%	100.0%
Total	24	100.0%	

Fuente: Elaboración propia.

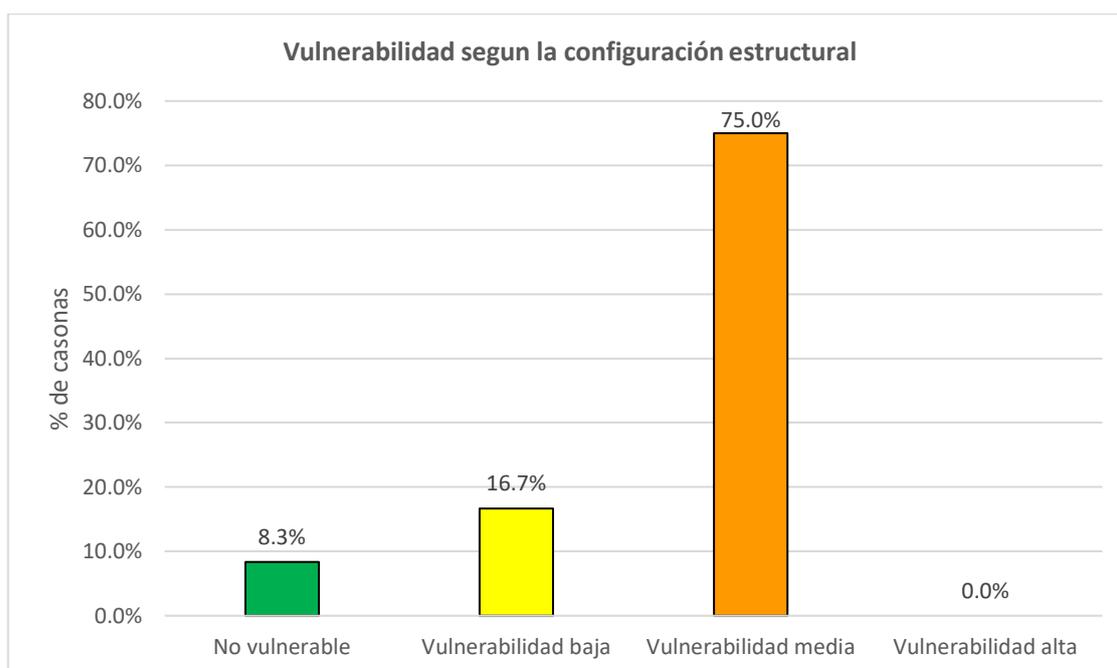


Figura 33. Porcentajes de vulnerabilidad según configuración estructural

Interpretación:

En la tabla 37 y figura 33, se observa la evaluación de cinco parámetros de la configuración estructural de las casonas históricas, donde el 75% (18 casonas) presentan vulnerabilidad media, mientras que el 16.7% (4 casonas) están en situación de vulnerabilidad baja y tan solo el 8.3% (2 casonas) presentan vulnerabilidad nula. Esto indica que estos parámetros de condición estructural influyen significativamente en el incremento del nivel de vulnerabilidad global de las infraestructuras en estudio, a pesar de que estos son los primeros 5 de 11 parámetros evaluados predomina la vulnerabilidad media. Esto se debe a que los pesos ponderados (W_i) son altos, ya que en su gran mayoría el W_i es 1.

Tabla 39. Clasificación de parámetros de la configuración estructural de casonas

Cod.	Organización del sistema resistente	Calidad del sistema resistente	Diafragmas horizontales	Estado de conservación	Tipo de cubierta
	Wi=1	Wi=0.25	Wi=1	Wi=1	Clase
C1	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	B (Regular)
C2	B (Regular)	B (Regular)	C (Crítico)	A (Óptimo)	B (Regular)
C3	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	C (Crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)
C4	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)
C5	D (Muy crítico)	C (Crítico)	C (Crítico)	C (Crítico)	D (Muy crítico)
C6	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)
C7	B (Regular)	B (Regular)	C (Crítico)	A (Óptimo)	A (Óptimo)
C8	D (Muy crítico)	C (Crítico)	D (Muy crítico)	B (Regular)	D (Muy crítico)
C9	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)
C10	D (Muy crítico)	C (Crítico)	D (Muy crítico)	B (Regular)	C (Crítico)
C11	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)
C12	D (Muy crítico)	C (Crítico)	D (Muy crítico)	B (Regular)	D (Muy crítico)
C13	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)
C14	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)
C15	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)
C16	C (Crítico)	A (Óptimo)	B (Regular)	A (Óptimo)	B (Regular)
C17	D (Muy crítico)	C (Crítico)	D (Muy crítico)	B (Regular)	D (Muy crítico)
C18	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)
C19	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)
C20	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)	D (Muy crítico)
C21	D (Muy crítico)	C (Crítico)	D (Muy crítico)	B (Regular)	D (Muy crítico)
C22	C (Crítico)	A (Óptimo)	B (Regular)	A (Óptimo)	B (Regular)
C23	D (Muy crítico)	B (Regular)	D (Muy crítico)	C (Crítico)	D (Muy crítico)
C24	D (Muy crítico)	C (Crítico)	D (Muy crítico)	B (Regular)	D (Muy crítico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Frecuencias de clasificación de la configuración estructural

Clasificación	Organización del sistema resistente	Calidad del sistema resistente	Diafragmas horizontales	Estado de conservación	Tipo de cubierta
A	8%	17%	8%	25%	13%
B	8%	13%	8%	25%	17%
C	8%	29%	17%	8%	4%
D	75%	42%	67%	42%	67%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

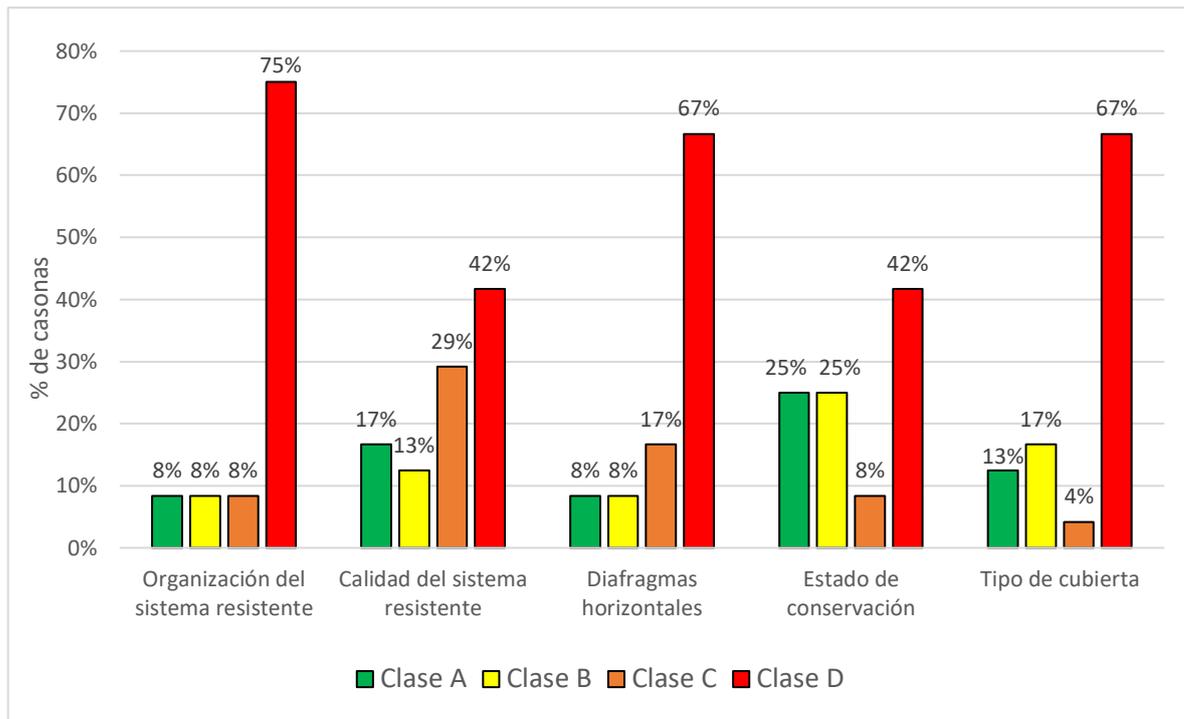


Figura 34. Clasificación de parámetros de la configuración estructural

Interpretación:

En la figura 34 se observa que en el parámetro organización del sistema resistente el 75% de infraestructuras clasifica como “D” (muy crítica), lo que indica que estas estructuras no poseen confinamiento en sus muros y están mal ligadas entre sí, lo que compromete la estabilidad del edificio. Además, el 8% clasifica como “C” (crítica), lo que indica que sus muros no están confinados, pero están bien ligados entre sí. De similar forma, el 8% clasifican como B (regular) y A (optimo), debido a que poseen contrafuertes en sus muros y algunos están reforzados con vigas metálicas. En cuanto a la calidad del sistema resistente, un 42% clasifican como “D”, ya que evidencian una mampostería de piedra sillar irregular, mal trabadas y con juntas desprendidas. El 29% clasifica como “C”, debido a que los bloques de sillar no son homogéneos y con poco ligamento, pero están bien trabadas. Con respecto a los diafragmas horizontales, en su gran mayoría (67%) clasifica como “D”, ya que presentan deformación considerable en su diafragma. En lo referido al estado de conservación, el 42% clasifica como “D”, debido a que estas estructuras están en estado deplorable por el paso del tiempo y están en riesgo de colapso. En cuanto al tipo de cubierta, el 67% clasifica como D, ya que su cubierta es inestable y no evidencia ningún tipo de refuerzo.

4.2.3. Segundo objetivo específico: Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración geométrica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa.

En la tabla 41 se presentan los resultados de la vulnerabilidad sísmica según los parámetros de la configuración geométrica. Asimismo, en la tabla 42 y figura 35 se presentan las frecuencias y los porcentajes de los niveles de vulnerabilidad. Además, en la tabla 43 y figura 36 se presentan los parámetros que más influyen en el incremento del índice de vulnerabilidad de las casonas coloniales.

Tabla 41. Niveles de vulnerabilidad según la configuración geométrica

Cod.	Configuración en planta	Configuración en elevación	Separación entre muros	Elementos no estructurales	Iv	Vulnerabilidad
	Wi=0.5	Wi=1	Wi=0.25	Wi=0.25	Ki*Wi	
C1	5	5	5	0	8.75	Baja
C2	5	5	5	0	8.75	Baja
C3	5	5	5	0	8.75	Baja
C4	5	5	45	25	25	Baja
C5	0	5	25	0	11.25	Baja
C6	5	5	5	25	15	Baja
C7	5	5	5	0	8.75	Baja
C8	5	5	45	25	25	Baja
C9	45	5	45	25	45	Baja
C10	5	5	5	0	8.75	Baja
C11	45	5	45	25	45	Baja
C12	0	5	25	0	11.25	Baja
C13	45	5	45	25	45	Baja
C14	5	5	45	25	25	Baja
C15	0	0	0	0	0	Vulnerabilidad nula
C16	5	5	5	0	8.75	Baja
C17	25	25	25	0	43.75	Baja
C18	5	5	45	0	18.75	Baja
C19	0	0	0	0	0	Vulnerabilidad nula
C20	5	5	45	25	25	Baja
C21	5	5	5	0	8.75	Baja
C22	5	5	5	0	8.75	Baja
C23	5	5	45	25	25	Baja
C24	0	5	25	0	11.25	Baja

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42. Frecuencias de vulnerabilidad según la configuración geométrica

Vulnerabilidad	Frecuencia	Porcentaje	% Acumulado
Nula	2	8.3%	8.3%
Baja	22	91.7%	100.0%
Media	0	0.0%	100.0%
Alta	0	0.0%	100.0%
Total	24	100.0%	

Fuente: Elaboración propia.

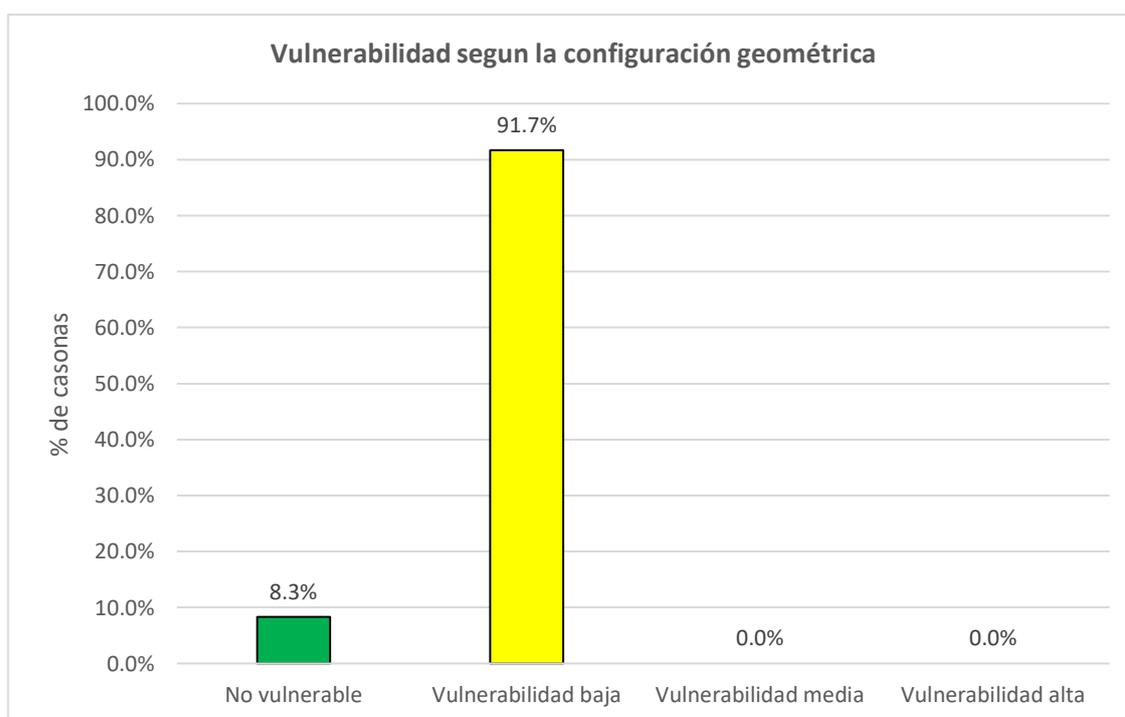


Figura 35. Porcentajes de niveles de vulnerabilidad según la configuración geométrica

Interpretación:

Según la evaluación de los 4 parámetros de la configuración geométrica de las casonas presentados en la tabla 41 y figura 35, se observa que el 91.7% (22 casonas) presentan vulnerabilidad baja y tan solo el 8.3% (2 casonas) presentan vulnerabilidad nula. Esto indica que estos parámetros de condición geométrica no influyen significativamente en el incremento del nivel de vulnerabilidad global de las infraestructuras en estudio. Razones por las cuales, según la configuración geométrica, predomina la vulnerabilidad baja debido a que los pesos ponderados son bajos, ya que en su gran mayoría el W_i es mucho menor a 1.

Tabla 43. *Clasificación de parámetros de la configuración geométrica*

Cod.	Configuración en planta	Configuración en elevación	Separación entre muros	Elementos no estructurales
	Wi=0.5	Wi=1	Wi=0.25	Wi=0.25
C1	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)
C2	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)
C3	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)
C4	B (Regular)	B (Regular)	D (Muy crítico)	C (Crítico)
C5	A (Óptimo)	B (Regular)	C (Crítico)	B (Regular)
C6	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)	C (Crítico)
C7	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)
C8	B (Regular)	B (Regular)	D (Muy crítico)	C (Crítico)
C9	D (Muy crítico)	B (Regular)	D (Muy crítico)	C (Crítico)
C10	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)
C11	D (Muy crítico)	B (Regular)	D (Muy crítico)	C (Crítico)
C12	A (Óptimo)	B (Regular)	C (Crítico)	B (Regular)
C13	D (Muy crítico)	B (Regular)	D (Muy crítico)	C (Crítico)
C14	B (Regular)	B (Regular)	D (Muy crítico)	C (Crítico)
C15	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)
C16	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)
C17	C (Crítico)	C (Crítico)	C (Crítico)	B (Regular)
C18	B (Regular)	B (Regular)	D (Muy crítico)	B (Regular)
C19	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)	A (Óptimo)
C20	B (Regular)	B (Regular)	D (Muy crítico)	C (Crítico)
C21	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)
C22	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)	B (Regular)
C23	B (Regular)	B (Regular)	D (Muy crítico)	C (Crítico)
C24	A (Óptimo)	B (Regular)	C (Crítico)	B (Regular)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. *Frecuencias de clasificación de parámetros de la configuración geométrica*

Clasificación	Configuración en planta	Configuración en elevación	Separación entre muros	Elementos no estructurales
A	21%	8%	8%	8%
B	63%	88%	38%	54%
C	4%	4%	17%	38%
D	13%	0%	38%	0%
Total	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

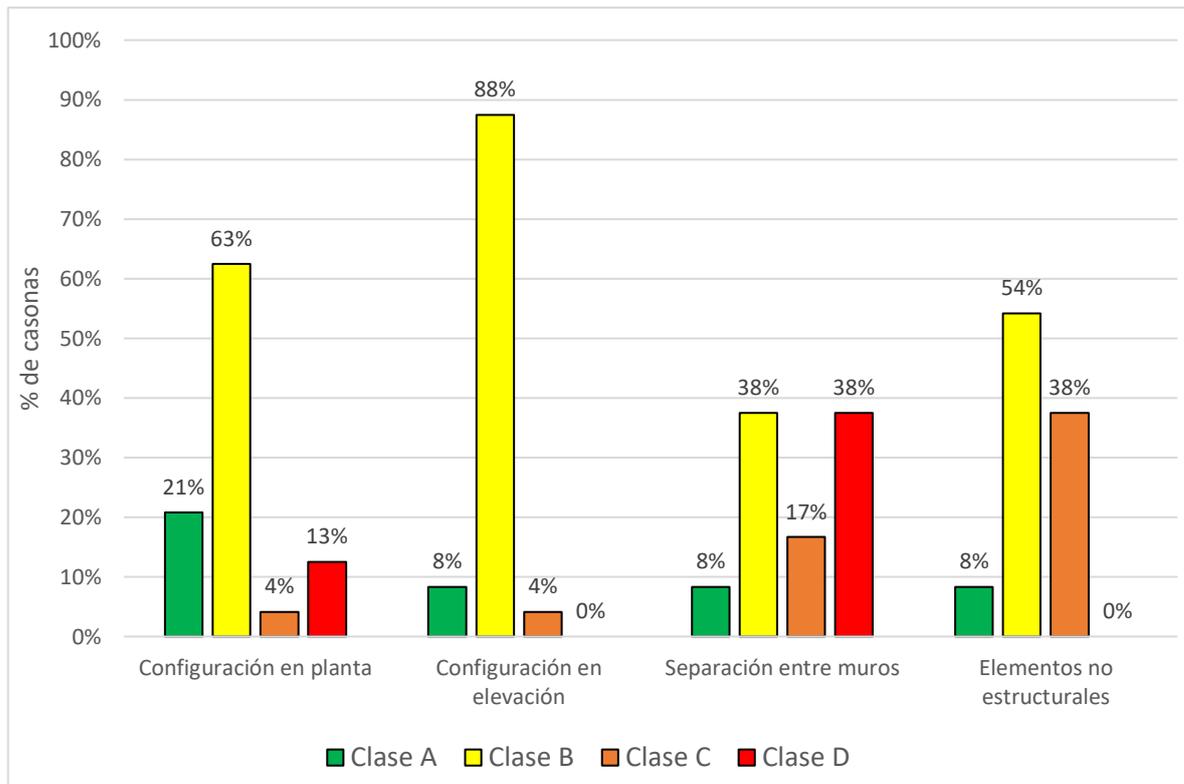


Figura 36. Porcentajes de clasificación de parámetros de la configuración geométrica

Interpretación:

En la figura 36 se observa que en el parámetro configuración en planta, el 63% de infraestructuras clasifica como “B” (regular), lo que indica que tienen una geometría en planta casi regular, es decir el largo no excede considerablemente al ancho. De similar forma, el 21% clasifica como “A”, ya que su geometría en planta es la ideal, es decir: cuentan con una planta perfectamente rectangular con tendencia a un cuadrado. Sin embargo, el 13% de casonas presenta una geometría en planta completamente irregular, lo que conllevaría a no tener una adecuada respuesta sísmica. Con respecto a la configuración en elevación, el 88% clasifica como “B”, debido a que estas casonas tan solo son de un piso, por lo que su geometría en elevación es simple. Mientras que el 4%, clasifica como “C”, debido a que su elevación presenta pequeñas irregularidades relacionadas con ornamentos. En cuanto a la separación máxima entre muros, el 38% clasifica como “C” y “D”, debido a que la separación es excesiva (mayores a 5 metros), incluso algunos presentan longitudes de hasta 8 metros sin confinamiento. En relación con los elementos no

estructurales, la gran mayoría (54%) no evidencia elementos considerables que pudiera sobrecargar a la estructura.

4.2.4. Tercer objetivo específico: Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la microzonificación sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa.

En la tabla 45 se presentan los resultados de la vulnerabilidad sísmica según los parámetros de la microzonificación sísmica. Asimismo, en la tabla 46 y figura 37 se presentan las frecuencias y los porcentajes de los niveles de vulnerabilidad. Además, en la tabla 47 y figura 38 se presentan los parámetros que más influyen en el incremento del índice de vulnerabilidad de las casonas coloniales.

Tabla 45. Niveles de vulnerabilidad según la microzonificación sísmica

Cod.	Características geo técnicas y topográficas	Resistencia convencional	Iv	Vulnerabilidad
	Wi=0.75	Wi=1.5	Ki*Wi	
C1	5	5	11.25	Vulnerabilidad baja
C2	5	0	3.75	Vulnerabilidad baja
C3	5	5	11.25	Vulnerabilidad baja
C4	5	25	41.25	Vulnerabilidad baja
C5	5	25	41.25	Vulnerabilidad baja
C6	5	45	71.25	Vulnerabilidad media
C7	5	0	3.75	Vulnerabilidad baja
C8	5	5	11.25	Vulnerabilidad baja
C9	5	45	71.25	Vulnerabilidad media
C10	5	25	41.25	Vulnerabilidad baja
C11	5	25	41.25	Vulnerabilidad baja
C12	5	25	41.25	Vulnerabilidad baja
C13	5	25	41.25	Vulnerabilidad baja
C14	5	45	71.25	Vulnerabilidad media
C15	0	0	0	Vulnerabilidad nula
C16	5	0	3.75	Vulnerabilidad baja
C17	5	5	11.25	Vulnerabilidad baja
C18	5	45	71.25	Vulnerabilidad media
C19	0	0	0	Vulnerabilidad nula
C20	5	25	41.25	Vulnerabilidad baja
C21	5	25	41.25	Vulnerabilidad baja
C22	5	0	3.75	Vulnerabilidad baja
C23	5	5	11.25	Vulnerabilidad baja
C24	5	25	41.25	Vulnerabilidad baja

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. Frecuencias de niveles de vulnerabilidad según la microzonificación sísmica

Vulnerabilidad	Frecuencia	Porcentaje	% Acumulado
Nula	2	8.3%	8.3%
Baja	18	75.0%	83.3%
Media	4	16.7%	100.0%
Alta	0	0.0%	100.0%
Total	24	100.0%	

Fuente: Elaboración propia.

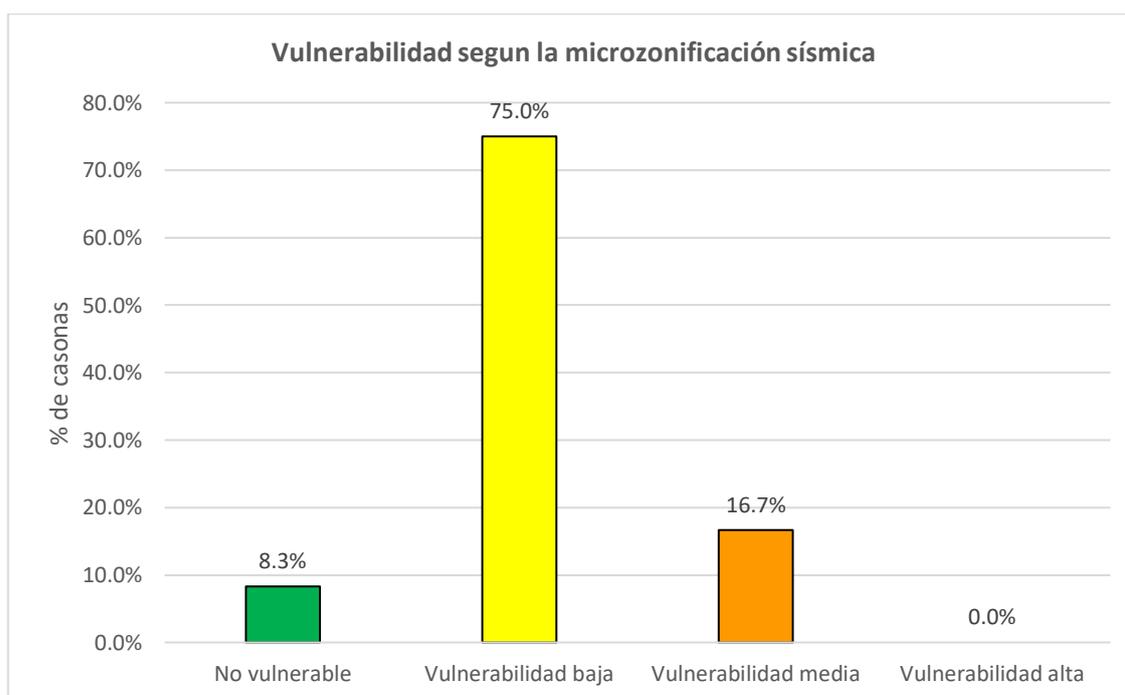


Figura 37. Porcentajes de niveles de vulnerabilidad según microzonificación sísmica

Según la evaluación de los 2 parámetros de la microzonificación sísmica presentados en la tabla 46 y figura 37, se observa que el 75% (18 casonas) presentan vulnerabilidad baja. Del mismo modo, el 16.7% está en situación de vulnerabilidad media y tan solo el 8.3% (2 casonas) presentan vulnerabilidad nula. Esto indica que estos parámetros de condición sísmica influyen significativamente en el incremento del nivel de vulnerabilidad global de las infraestructuras en estudio, ya que solo se evalúa 2 parámetros relacionados con las características físicas del terreno y la resistencia convencional del edificio. Además, los pesos ponderados (W_i) de estos parámetros son los más altos (0.75 a 1.5).

Tabla 47. *Clasificación de parámetros de microzonificación sísmica*

Casonas	Características geo técnicas y topográficas	Resistencia convencional
	Wi=0.75	Wi=1.5
C1	B (Regular)	B (Regular)
C2	B (Regular)	A (Óptimo)
C3	B (Regular)	B (Regular)
C4	B (Regular)	C (Crítico)
C5	B (Regular)	C (Crítico)
C6	B (Regular)	D (Muy crítico)
C7	B (Regular)	A (Óptimo)
C8	B (Regular)	B (Regular)
C9	B (Regular)	D (Muy crítico)
C10	B (Regular)	C (Crítico)
C11	B (Regular)	C (Crítico)
C12	B (Regular)	C (Crítico)
C13	B (Regular)	C (Crítico)
C14	B (Regular)	D (Muy crítico)
C15	A (Óptimo)	A (Óptimo)
C16	B (Regular)	A (Óptimo)
C17	B (Regular)	B (Regular)
C18	B (Regular)	D (Muy crítico)
C19	A (Óptimo)	A (Óptimo)
C20	B (Regular)	C (Crítico)
C21	B (Regular)	C (Crítico)
C22	B (Regular)	A (Óptimo)
C23	B (Regular)	B (Regular)
C24	B (Regular)	C (Crítico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. *Frecuencias de clasificación de parámetros de microzonificación sísmica*

Clasificación	Características geotécnicas y topográficas	Resistencia convencional
A	8%	25%
B	92%	21%
C	0%	38%
D	0%	17%
Total	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

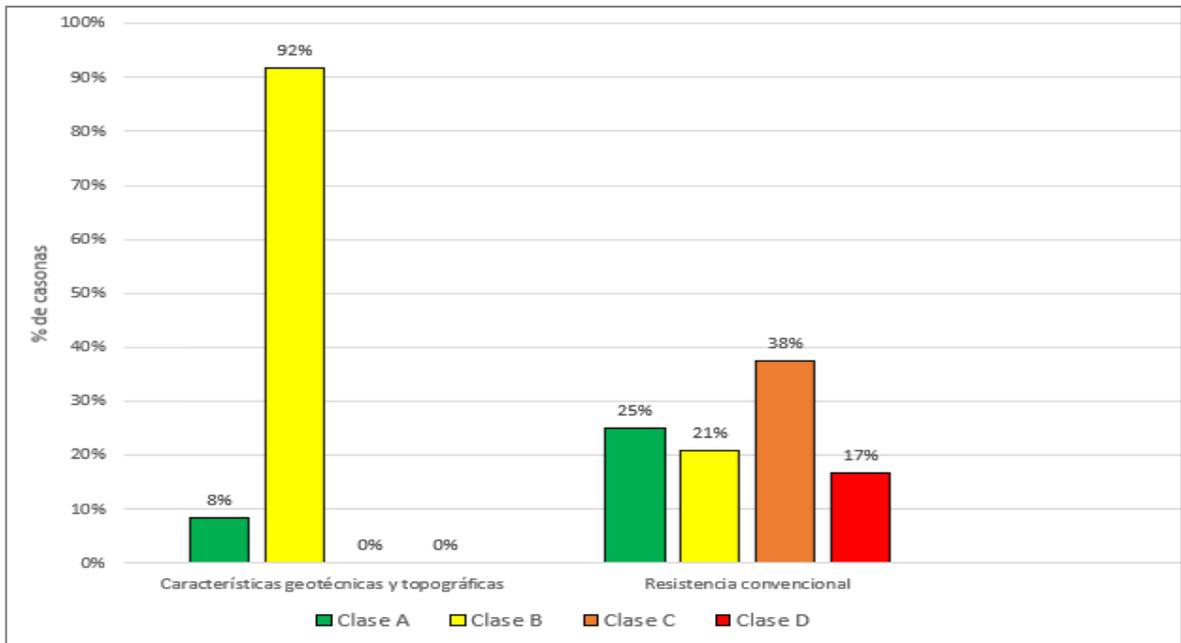


Figura 38. Porcentajes de clasificación de parámetros de la microzonificación sísmica

Interpretación:

En la figura 38 se observa que en el parámetro características geotécnicas y topográficas el 92% de infraestructuras clasifica como “B”, esto debido a que la zona donde se encuentran cimentadas presenta suelos de buena capacidad portante (hasta 2.5 kg/cm²), ya que según Tavera (2014) se tipifica como suelos semirrígidos, por lo que su periodo natural de vibración es de 0.30 a 0.45 segundos y la zona esta micro zonificada como Zona C (sismicidad media a alta). Además, la pendiente del terreno es un promedio de 10°, lo que indica que es una pendiente llana a moderada. Por otro lado, el 85 de casonas clasifica como “A”, debido principalmente a la topografía, ya que estas viviendas están ubicadas en una zona donde la pendiente es plana (menor a 5°). Con respecto al parámetro “resistencia convencional”, el 17% clasifica como “D”, debido a que las fuerzas actuantes son superiores a las fuerzas resistentes, por lo que en teoría estas casonas no podrían tener un buen desempeño sísmico, lo que conllevaría al colapso durante un sismo de gran magnitud. Del mismo modo, el 38% clasifica como “C”, lo que indica que podrían sufrir daños en sus elementos estructurales, pero no necesariamente colapsaran. Por otro lado, el 21% y 25% clasifican como “B” y “A” respectivamente, por lo que estas infraestructuras podrían sufrir daños leves de fácil reparación.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

La vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales varía según sus características estructurales, geométricas y microzonificación sísmica.

Para lo cual se plantea las siguientes sub hipótesis:

- H0: La vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales no varía según sus características estructurales, geométricas y microzonificación sísmica.
- H1: La vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales varía según sus características estructurales, geométricas y microzonificación sísmica.

Los resultados del análisis estadístico se presentan en la tabla 49:

Tabla 49. *Correlación Rho de Spearman de la vulnerabilidad y las características de las casonas*

Correlaciones				
			Vulnerabilidad	Características
Rho de Spearman	Vulnerabilidad sísmica	Coefficiente de correlación	1,000	0,652
		Sig. (bilateral)	.	,000.
		N	24	24
	Características estructurales, geométricas y microzonificación sísmica	Coefficiente de correlación	0,652	1,000
		Sig. (bilateral)	,000.	.
		N	24	24

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En la tabla 49 se observa que la significancia bilateral tiene un valor de 0.000, este valor es inferior a 0.05 por lo tanto, se evidencia correlación entre la variable vulnerabilidad sísmica y las características de las casonas coloniales. Además, el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor sustancial de 0.652, este valor se acerca a la unidad, por lo que sugiere una correlación positiva significativa, es decir, las características estructurales, geométricos y microzonificación sísmica

influyen en el incremento del nivel de vulnerabilidad sísmica de las casonas. En ese sentido, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, ya que esta asociación es estadísticamente robusta y no es resultado del azar.

4.3.2. Hipótesis específica 1

El nivel de vulnerabilidad sísmica varía significativamente con la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023.

Para lo cual se plantea las siguientes sub hipótesis:

- H0: El nivel de vulnerabilidad sísmica no varía significativamente con la configuración estructural de las casonas coloniales.
- H1: El nivel de vulnerabilidad sísmica varía significativamente con la configuración estructural de las casonas coloniales.

Los resultados del análisis estadístico se presentan en la tabla 50:

Tabla 50. *Correlación de la vulnerabilidad con la configuración estructural*

Correlaciones				
			Vulnerabilidad sísmica	Configuración Estructural
Rho de Spearman	Vulnerabilidad sísmica	Coeficiente de correlación	1,000	0,604
		Sig. (bilateral)	.	,028.
		N	24	24
	Configuración Estructural	Coeficiente de correlación	0,604	1,000
		Sig. (bilateral)	,028.	.
		N	24	24

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En la tabla 50 se observa que la significancia bilateral tiene un valor de 0.028, este valor es menor a 0.05 por lo tanto, se evidencia correlación entre la variable vulnerabilidad sísmica y la variable configuración estructural. Además, el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor sustancial de 0.604, este valor se acerca a la unidad, por lo que sugiere una correlación positiva significativa,

es decir, la configuración estructural influye significativamente en el nivel de vulnerabilidad sísmica de las casonas. En ese sentido, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, ya que esta asociación es estadísticamente robusta y no es resultado del azar.

4.3.3. Hipótesis específica 2

El nivel de vulnerabilidad sísmica varía según la configuración geométrica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023.

Para lo cual se plantea las siguientes sub hipótesis:

- H0: El nivel de vulnerabilidad sísmica no varía según la configuración geométrica de las casonas coloniales.
- H1: El nivel de vulnerabilidad sísmica varía según la configuración geométrica de las casonas coloniales.

Los resultados del análisis estadístico se presentan en la tabla 51:

Tabla 51. *Correlación de la vulnerabilidad con la configuración geométrica*

Correlaciones				
			Vulnerabilidad sísmica	Configuración Geométrica
Rho de Spearman	Vulnerabilidad sísmica	Coefficiente de correlación	1,000	0,586
		Sig. (bilateral)	.	,013.
		N	24	24
	Configuración Geométrica	Coefficiente de correlación	0,586	1,000
		Sig. (bilateral)	,013.	.
		N	24	24

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En la tabla 51 se observa que la significancia bilateral tiene un valor de 0.013, este valor es menor a 0.05 por lo tanto, se evidencia correlación entre la variable vulnerabilidad sísmica y la variable configuración geométrica. Además, el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor de 0.586, este valor no está muy alejada de la unidad, por lo que sugiere una correlación positiva

moderada, es decir, la configuración geométrica influye en menor medida en el nivel de vulnerabilidad sísmica de las casonas. En ese sentido, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, ya que esta asociación es estadísticamente robusta y no es resultado del azar.

4.3.3. Hipótesis específica 3

El nivel de vulnerabilidad sísmica varía según la microzonificación sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023.

Para lo cual se plantea las siguientes sub hipótesis:

- H0: El nivel de vulnerabilidad sísmica no varía según la microzonificación sísmica de las casonas coloniales.
- H1: El nivel de vulnerabilidad sísmica varía según la microzonificación sísmica de las casonas coloniales.

Los resultados del análisis estadístico se presentan en la tabla 52:

Tabla 52. *Correlación de la vulnerabilidad con la microzonificación sísmica*

Correlaciones				
			Vulnerabilidad sísmica	Microzonificación sísmica
Rho de Spearman	Vulnerabilidad sísmica	Coeficiente de correlación	1,000	0,599
		Sig. (bilateral)	.	,015.
		N	24	24
	Microzonificación sísmica	Coeficiente de correlación	0,599	1,000
		Sig. (bilateral)	,015.	.
		N	24	24

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En la tabla 52 se observa que la significancia bilateral tiene un valor de 0.015, este valor es menor a 0.05 por lo tanto, se evidencia correlación entre la variable vulnerabilidad sísmica y la microzonificación sísmica. Además, el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor de 0.599, este valor se acerca a la unidad, por lo que sugiere una correlación positiva moderada, es decir, la

microzonificación sísmica influye en menor medida en el nivel de vulnerabilidad sísmica de las casonas. En ese sentido, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, ya que esta asociación es estadísticamente robusta y no es resultado del azar.

V. DISCUSIÓN

Discusión 01: Determinación de cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa.

De acuerdo con la evaluación de los cinco parámetros de la configuración estructural, el 75% (18 casonas) presentan vulnerabilidad media, mientras que el 16.7% (4 casonas) están en situación de vulnerabilidad baja y tan solo el 8.3% (2 casonas) presentan vulnerabilidad nula. Realizando la prueba estadística el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor sustancial de 0.604, por lo que sugiere una correlación positiva significativa, es decir, la configuración estructural influye significativamente en el nivel de vulnerabilidad sísmica de las casonas. Además, estos parámetros estructurales en su gran mayoría llegan a representar el 50% del total de la vulnerabilidad global. Los parámetros que más inciden son la organización del sistema resistente, donde el 75% de casonas clasifica como “D” (muy crítica), seguido por los parámetros diafragmas horizontales y tipo de cubierta, donde en ambos casos el 67% clasifica como “D”, debido a que la deformación es considerable y la cubierta evidencia inestabilidad. Con respecto a la calidad del sistema resistente, el 42% clasifican como “D”. De igual forma el 42% clasifica como muy crítica (D) en cuanto a su al estado de conservación.

Para Salazar y Ferreira (2020), la vulnerabilidad sísmica media y alta que presentan más del 50% de los 166 edificios históricos evaluados en México DF, aplicando para ello el Método Italiano, infieren que las características intrínsecas de las construcciones (parámetros estructurales) influyen significativamente en su vulnerabilidad, ya que los 9 tipos de materiales de la mampostería en muchos de los casos se combinaban entre sí. Además, mencionan que las intervenciones incompatibles incrementaron su vulnerabilidad. En ese sentido, se afirma que existe similitud con lo hallado en la presente investigación, ya que los parámetros de condición estructural como la calidad constructiva, los materiales empleados, la forma como se distribuyen y conectan los elementos resistentes y el estado de conservación son clave para que estas edificaciones históricas no sean muy propensas a daños durante un terremoto. En ese sentido, se acepta la primera

hipótesis específica planteada, ya que el nivel de vulnerabilidad sísmica varía significativamente con la configuración estructural de las casonas coloniales.

Discusión 02: Determinación de cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración geométrica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa.

Los resultados de la evaluación de los parámetros de la configuración geométrica indican que el 91.7% presentan vulnerabilidad baja y el 8.3% no son vulnerables. Realizando la prueba estadística el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor de 0.586, lo que indica una correlación positiva moderada, es decir, la configuración geométrica influye en menor medida en el nivel de vulnerabilidad sísmica de las casonas. Además, estos parámetros en el peor de los casos apenas representan el 11.44% del total de la vulnerabilidad global. En el parámetro configuración en planta, el 63% clasifica como “B” (regular), lo que indica que tienen una geometría en planta casi regular. En la configuración en elevación, el 88% clasifica como “B”, debido a que estas casonas tan solo son de un piso. En cuanto a la separación máxima entre muros, el 38% clasifica como “C” y “D”, debido a que la separación es excesiva (mayores a 5 metros). En relación con los elementos no estructurales, la gran mayoría (54%) no evidencia elementos considerables que pudieran sobrecargar a la estructura, por lo que clasifican como “B”.

Al respecto, Noel (2019) en su estudio que tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de la Quinta Los Virreyes del centro de Lima, indica que en cuanto a la configuración en planta las 13 viviendas que conforman la muestra clasifican como “A” (óptimo) y “B” (regular), del mismo modo en el parámetro configuración en elevación el 100% clasifica como “A”. En el 75% la separación de muros no es muy crítica (C). Con respecto a los elementos no estructurales, en el 100% clasifica como C (crítica), ya que tienen balcones que están deteriorados por la antigüedad. Por lo que concluye que la vulnerabilidad del 100% de las viviendas es media. Debido a que los parámetros de condición estructural que más influyeron fueron el tipo de cubierta, calidad del sistema resistente, estado de conservación y organización del sistema, los cuales en su gran mayoría clasificaron como C y D (crítica a muy crítica). En ese sentido, se

afirma que existe similitud, ya que, en ambos casos, los parámetros de la configuración geométrica no influyen significativamente en el incremento de la vulnerabilidad, a pesar de que en algunos casos clasifiquen como "muy críticas", los pesos ponderados (W_i) que asigna el método italiano son bajos (en la mayoría el W_i es mucho menor a 1). Además, al ser estructuras muy antiguas, su geometría en planta y en elevación son básicas y no presentan diferencia de masas ni irregularidades que puedan inducir a deformaciones laterales o distorsiones durante un sismo.

Discusión 03: Determinación de cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la microzonificación sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa.

De la evaluación de los 2 parámetros de la microzonificación sísmica el 75% (18 casonas) presentan vulnerabilidad baja. Del mismo modo, el 16.7% está en situación de vulnerabilidad media y el 8.3% presentan vulnerabilidad nula. Realizando la prueba estadística el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor sustancial de 0.599, por lo que sugiere una correlación positiva moderada, es decir, la microzonificación sísmica influye en menor medida en el nivel de vulnerabilidad sísmica de las casonas. Esto debido a que solo se evalúa 2 parámetros: "características geotécnicas y topográficas" donde el 92% de infraestructuras clasifica como "B" debido a que la zona presenta suelos semirrígidos de buena capacidad portante (hasta 2.5 kg/cm²) y la pendiente del terreno es llana a moderada (10°) sin embargo, la zona esta micro zonificada como Zona C (sismicidad media a alta), no obstante esta situación no afectaría en demasía a las casonas, ya que las condicionantes físicas del terreno clasifican como regular a optimo estado. En el parámetro "resistencia convencional", el 38% clasifica como "C", lo que indica que podrían sufrir daños, pero no necesariamente colapsaran. El 17% clasifica como "D", debido a que las fuerzas actuantes son superiores a las fuerzas resistentes, por lo que en teoría estas casonas podrían colapsar durante un sismo de gran magnitud.

Al respecto, Palazzi et al (2020), en su investigación que tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de iglesias de mampostería no reforzada, aplicando para

ello el método italiano, donde concluyen que de las 40 estructuras históricas más del 50% fueron diagnosticadas como muy vulnerables, esto debido principalmente a la cercanía de las fuentes sismogénicas y las características físicas del terreno, los cuales inciden significativamente en los parámetros de condición estructural y geométrico, lo que conllevaría a fallas estructurales y consecuentemente al riesgo de colapso. De acuerdo con las conclusiones de los autores, los parámetros de condición sísmica influyen en el incremento de la vulnerabilidad y consecuentemente en el riesgo sísmico, se afirma que existe similitud con los resultados del presente estudio, debido a que en ambos casos las estructuras evaluadas son históricas y están ubicadas cercana a la interacción de placas tectónicas, ya que mientras más actividad sísmica presenta una zona más vulnerable son las estructuras cimentadas en dicha zona. No obstante, si se evalúa a las estructuras según la microzonificación sísmica, los niveles de vulnerabilidad sísmica pueden ser variables, esto debido a que es una zonificación de la peligrosidad sísmica localizada basada en las características del suelo, por lo que en zonas altamente sísmicas pero con suelos rígidos o semirrígidos y pendientes llanas pueden disminuir el impacto, por lo tanto la vulnerabilidad y riesgo de colapso de una edificación es menor, por el contrario, si el suelo es blando pueden aumentar la amplificación de las ondas sísmicas y consecuentemente incrementan la vulnerabilidad y el riesgo sísmico es alto.

Discusión 04: Determinación de la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023.

Los resultados indican que el 33.3% de las casonas se encuentran en situación de vulnerabilidad sísmica alta. De similar forma, el 41.7% de las casonas están en situación de vulnerabilidad sísmica media. Esto debido a que, en la gran mayoría, los parámetros de la configuración estructural tienen una clasificación crítica a muy crítica (C y D). Por otro lado, el 16.7% de casonas presentan vulnerabilidad baja y el 8.3% no presentan vulnerabilidad sísmica, ya que en su gran mayoría los parámetros de la configuración geométrica y microzonificación sísmica clasifican de buena a regular (A y B).

En la investigación de Noel (2019), quien tuvo como objetivo general: evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe de la quinta Los Virreyes del

Rimac, donde concluye que el 100% de la infraestructuras están en situación de vulnerabilidad media, esto debido principalmente al tipo de suelo de la zona (rígido) y a las óptimas y regulares condiciones de los parámetros estructurales, ya que en la gran mayoría (53.85%) la cubierta está en buenas condiciones (clasificación B), además la calidad del sistema resistente y el estado de conservación en su gran mayoría está en condición de optima a regular (clasificación A y B). En ese sentido, se afirma que existe similitud con los resultados del presente estudio, ya que en ambos casos las unidades de análisis son estructuras antiguas, las características físicas del terreno son similares (suelos rígidos a semirrígidos) y están ubicadas en una zona altamente sísmica, por lo que predomina la vulnerabilidad media. Sin embargo, las características de los materiales son diferentes, ya que en el caso de Noel (2019) las viviendas son de adobe, mientras que en el presente caso son de sillar, por lo que en el caso de Noel (2019) se preveía que el nivel de vulnerabilidad sísmica sea alto, pero las buenas condiciones físicas en las que se encuentran las unidades de análisis como producto de refacciones y mantenimiento conllevaron a que su vulnerabilidad sea media.

Con respecto al Método de Benedetti y Petrini, este fue aplicado debido a que se basa en indicadores específicos y un proceso sistemático, lo que lo hace relativamente fácil de entender y aplicar. Además, en comparación con otras técnicas más complejas, este método requiere una menor inversión de tiempo, por lo que es posible aplicar a diferentes escalas. Tal como afirman Castro y Olarte (2015), de que el método posibilita evaluar a gran cantidad de edificaciones, ya que, en su estudio de la evaluación de vulnerabilidad sísmica del centro histórico de Jauja, lograron determinar la vulnerabilidad de 1,017 edificaciones.

Del mismo modo, Sulca y Delgadillo (2022) en su artículo denominado “Riesgo sísmico de edificaciones mediante funciones de vulnerabilidad en la ciudad de Ayacucho” publicado en la Revista Tecnia de la Universidad Nacional de Ingeniería, indican que la vulnerabilidad fue evaluada empleando el Método del Índice de Vulnerabilidad (Benedetti y Petrini), esto debido a que el método permite evaluar de forma masiva a estructuras de distintos materiales, por lo que su empleo es más que conveniente.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 01: La vulnerabilidad sísmica de las 24 casonas coloniales fue determinada mediante la aplicación del Método Italiano, donde se evaluó 11 parámetros agrupados en configuración estructural, geométrica y microzonificación sísmica. Los resultados demuestran que el 41.7% de las casonas están en situación de vulnerabilidad sísmica media. Estos edificios podrían sufrir daños en sus elementos estructurales durante un sismo, pero no necesariamente colapsarían, ya que a pesar de haber afrontado muchos sismos aún siguen en pie, mientras que el 33.3% de las casonas se encuentran en situación de vulnerabilidad sísmica alta, por lo que estos podrían sufrir daños graves en sus elementos estructurales lo que conllevaría a un posible colapso. Por otro lado, el 16.7% de casonas presentan vulnerabilidad baja y tan solo el 8.3% presentan vulnerabilidad nula, por lo que teóricamente estas edificaciones podrían mantenerse estables durante un sismo debido a que en algunos casos fueron intervenidos con refuerzos estructurales. Por otro lado, se identificó que los parámetros de la configuración estructural influyen significativamente en el incremento del nivel de vulnerabilidad, ya que según la prueba estadística el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor sustancial de 0.604, lo que indica una correlación positiva significativa.

Conclusión 02: Los cinco parámetros de la configuración estructural de las casonas influyen significativamente en el incremento de la vulnerabilidad, ya que según la prueba estadística el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor sustancial de 0.604, por lo que sugiere una correlación positiva significativa, es decir, la configuración estructural influye significativamente en el nivel de vulnerabilidad sísmica de las casonas, además la gran mayoría de los parámetros llega a representar el 50% del total de la vulnerabilidad global, por lo que, el 75% (18 casonas) presentan vulnerabilidad media, mientras que el 16.7% (4 casonas) están en situación de vulnerabilidad baja y el 8.3% (2 casonas) presentan vulnerabilidad nula. Los parámetros que más inciden son la organización del sistema resistente, donde el 75% de casonas clasifica como “D” (muy crítica), seguido por los parámetros diafragmas horizontales y tipo de cubierta, donde en ambos casos el 67% clasifica como “D”, debido a que la deformación es

considerable y la cubierta es inestable. Con respecto a la calidad del sistema resistente y el estado de conservación el 42% clasifican como "D" (muy crítica), sobre todo este último es el más crítico, ya que la mampostería de sillar perdió su capacidad resistente en un 66% (primera hilada de muros) y 25.6% (segunda hilada en adelante) por el paso del tiempo. Además, los pesos ponderados (W_i) que asigna el método son altos (en la mayoría el W_i es 1).

Conclusión 03: Los parámetros de la configuración geométrica influyen en menor medida en el incremento de la vulnerabilidad ya que según la prueba estadística el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor de 0.586, esto indica una correlación positiva moderada, además, los parámetros en su condición más crítica apenas representan el 11.44% del total de la vulnerabilidad global, por lo que, el 91.7% presentan vulnerabilidad baja y el 8.3% presentan vulnerabilidad nula. Esto debido a que en el parámetro configuración en planta, el 63% clasifica como "B" (regular), lo que indica que tienen una geometría en planta casi regular. En la configuración en elevación, el 88% clasifica como "B", debido a que estas casonas tan solo son de un piso. En cuanto a la separación máxima entre muros, el 38% clasifica como "C" y "D", debido a que la separación es excesiva (mayores a 5 metros). En relación con los elementos no estructurales, la gran mayoría (54%) no evidencia elementos considerables que pudieran sobrecargar a la estructura (clase B). Además, los pesos ponderados (W_i) que asigna el método son bajos (en la mayoría el W_i es mucho menor a 1).

Conclusión 04: Los parámetros de la microzonificación sísmica influyen en el incremento de la vulnerabilidad, ya que según la prueba estadística el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor de 0.599, esto indica una correlación positiva moderada, además la evaluación de sus dos parámetros está relacionada con las características físicas de la zona de estudio y la capacidad resistente de la estructura, llegando a representar en algunos casos hasta un 18.63% del total de la vulnerabilidad global. Razones por las cuales, según estos parámetros el 75% (18 casonas) presentan vulnerabilidad baja. Del mismo modo, el 16.7% está en situación de vulnerabilidad media y el 8.3% presentan vulnerabilidad nula, esto debido a que en el parámetro "características geotécnicas

y topográficas” el 92% clasifica como “B” ya que la zona presenta suelos semirrígidos de buena capacidad portante (hasta 2.5 kg/cm²) y la pendiente del terreno es llana a moderada (10°) y la zona esta micro zonificada como Zona C (sismicidad media a alta), no obstante esta situación no afectaría en demasía a las casonas, ya que las condicionantes físicas del terreno clasifican como regular a optimo estado. En el parámetro “resistencia convencional”, el 38% clasifica como “C”, lo que indica que podrían sufrir daños, pero no necesariamente colapsaran. El 17% clasifica como “D”, debido a que las fuerzas actuantes son superiores a las fuerzas resistentes, por lo que en teoría estas casonas podrían colapsar durante un sismo de gran magnitud.

Conclusión 05: Con respecto a la capacidad resistente de los sillares que componen la mampostería de las casonas, estos perdieron su capacidad de resistir a fuerzas de compresión, ya que las probetas extraídas (casona C4) de la primera hilada de muros presentan alta fragilidad ($f'_b=26.38 \text{ kg/cm}^2$), mientras que las muestras extraídas de la segunda hilada de muros evidencian mediana dureza ($f'_b=57.69 \text{ kg/cm}^2$). Estos resultados indican que los sillares coloniales perdieron su capacidad de resistencia hasta en un 66% y 25.6% respectivamente frente a las probetas de sillar actuales ($f'_b=77.58 \text{ kg/cm}^2$), todo esto como consecuencias del paso del tiempo, la intemperie y la falta de intervención o mantenimiento.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 01: El Perú permanecerá expuesto al peligro sísmico, por lo que se recomienda realizar estudios de vulnerabilidad sísmica a toda infraestructura considerada patrimonio histórico, ya que solo de esta manera se tendrá un diagnóstico físico de estas edificaciones, para que las entidades correspondientes efectúen acciones preventorias en aras de salvaguardar esta herencia cultural para futuras generaciones.

Recomendación 02: Para mejorar la condición crítica de los parámetros de la configuración estructural de las casonas coloniales, se recomienda efectuar intervenciones a nivel estructural, mejorando así la capacidad resistente de los muros, ya que son los elementos que mantienen estable a la estructura. Además, se recomienda que cualquier intervención deberá llevarse a cabo con la supervisión y aprobación de profesionales calificados.

Recomendación 03: En el aspecto geométrico, se recomienda no alterar su geometría en planta, ya que modificar, ampliar o cambiar el uso podría ocasionar no solo la pérdida de la concepción original, sino que también podría incrementar su nivel de vulnerabilidad. Del mismo modo, en cuanto a la configuración en elevación, evitar rotundamente incrementar pisos o colocar tanques de agua, ya que podría provocar sobrecargas, además el estilo arquitectónico se vería alterada negativamente.

Recomendación 04: Con respecto a los parámetros de la microzonificación sísmica, se recomienda realizar estudios de suelos en cada infraestructura, ya que solo de esta manera se podrá determinar con precisión el tipo de suelo y su periodo natural de vibración. Asimismo, para saber la pendiente del terreno se recomienda realizar estudios topográficos. Por otro lado, para determinar la resistencia convencional de la estructura, se recomienda realizar el análisis con Elementos Finitos, empleando para ello softwares estructurales, ya que solo así se podrá determinar los elementos que podrían fallar durante un sismo.

REFERENCIAS

- AGUILAR, J., GONZALEZ HERRERA, R., JUÁREZ, V. y DÍAZ, M., 2020. Comportamiento de templos coloniales en el sismo del 7 de septiembre de 2017 en Chiapas. *Revista de Ingeniería Sísmica* [en línea], pp. 26. DOI 10.18867/ris.102.502. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/342596970_Comportamiento_de_templos_coloniales_en_el_sismo_del_7_de_septiembre_de_2017_en_Chiapas
- AGUILAR, Z. y ALVA, J., 1991. Microzonificación sísmica de la ciudad de Arequipa. *Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones* [en línea]. Lima: s.n., pp. 15. Disponible en:
http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis19_a.pdf.
- ARIAS, F., 2012. *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* [en línea]. Sexta Edic. Caracas: EDITORIAL EPISTEME. ISBN 980-07-8529-9. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION.
- BARCI-CASTRIOTA, L., 2021. Patrimônio e direitos humanos: a ação do ICOMOS no caso de Bento Rodrigues. *Identidad territorial, globalización y patrimonio*, pp. 90-107. DOI 10.14718/9789585133761.2021.5.
- BARNAURE, M., COMAN, M. y MARCU, D., 2019. Seismic vulnerability of historical orthodox churches in Romania: numerical modelling and retrofit solutions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 586, pp. 120-129. DOI 10.1088/1757-899X/586/1/012024.
- BENEDETTI, D. y PETRINI, V., 1984. Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura i proposte di un metodo di valutazione. *L'industria delle Costruzioni*, pp. 66-74.
- BERNAL, C., 2016. *Metodología de la investigación: Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales* [en línea]. Cuarta. Bogotá: PEARSON Prentice Hall. ISBN 9789586993998. Disponible en:
https://www.academia.edu/44228601/Metodologia_De_La_Investigacion_Bernal_4ta_edicion.
- CÁCERES, G., 2020. *Comportamiento estructural sísmico estático no lineal de*

- bóvedas de sillar en monumentos históricos: reforzamiento estructural de la Iglesia de Santa Marta - Arequipa* [en línea]. Arequipa, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa. Disponible en: <https://pure.unsa.edu.pe/es/projects/comportamiento-estructural-sismico-estatico-no-lineal-de-bovedas--2>.
- CAMPOS, J., 2022. El patrimonio religioso del Perú, más allá de las declaraciones. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense* [en línea], pp. 30. DOI <https://doi.org/10.54571/ajee.525>. Disponible en: <https://publicaciones.rcumariacristina.net/AJEE/article/view/525>.
- CANBOLAT, T., AKHAVAN, M. y GONZALEZ-LEZCANO, R., 2021. Proposing a New Methodology for Monument Conservation “SCOPE MANAGEMENT” by the Use of an Analytic Hierarchy Process Project Management Institute System and the ICOMOS Burra Charter. *Sustainability* [en línea], vol. 13, pp. 131-154. DOI 10.3390/su132313174. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/356593189_Proposing_a_New_Methodology_for_Monument_Conservation_SCOPE_MANAGEMENT_by_the_Use_of_an_Analytic_Hierarchy_Process_Project_Management_Institute_System_and_the_ICOMOS_Burra_Charter.
- CÁRDENAS, L., 2008. *Análisis de la Vulnerabilidad Estructural del Hotel Comercio* [en línea]. Lima, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/123>.
- CASTRO, D. y OLARTE, J., 2015. *Vulnerabilidad sísmica del centro histórico de la ciudad de Jauja - Junín* [en línea]. S.l.: Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/2916>.
- FAZZI, E., GALASSI, S., MISSERI, G. y ROVERO, L., 2021. Seismic vulnerability assessment of the Benedictine Basilica typology in central Italy. *Journal of Building Engineering*, vol. 43, pp. 102-117. DOI 10.1016/j.jobbe.2021.102897.
- FIGUEROA, C., 2019. *Vulnerabilidad sísmica en Iglesias mexicanas, caso de estudio: Templo de Santa Lucía, Chiapas - México*. Morelia, México: Tesis de maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- GHAYCHI AFROUZ, S., FARZAMPOUR, A., HEJAZI, Z. y MOJARAB, M., 2021.

- Evaluation of Seismic Vulnerability of Hospitals in the Tehran Metropolitan Area. *Buildings*, vol. 11, pp. 54. DOI 10.3390/buildings11020054.
- GONZÁLEZ, G., 2020. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del patrimonio cultural chileno: estudio de iglesias patrimoniales de Valparaíso* [en línea]. Santiago de Chile, Chile: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Chile. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/179444>.
- GUERRERO, E. y PUMA, M., 2018. *Análisis sísmico no lineal estático del Puente Grau y reforzamiento estructural*. Arequipa, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de San Agustín.
- HANAMPA, R. y MAMANI, E., 2018. *La vivienda como patrimonio histórico del contexto de Arequipa del siglo XIX y XX* [en línea]. S.I.: Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/ae441f3f-9af8-46cf-9833-3e3de2225337>.
- HERNÁNDEZ, R., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. Sexta Edic. México D.F.: McGRAW-HILL. ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>.
- JUÁREZ, M. y LOAYZA, J., 2015. *Análisis y evaluación de la vulnerabilidad sísmica y estados de daño en monumentos históricos de sillar en el Barrio San Lázaro - Arequipa* [en línea]. Arequipa, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Católica de Santa María. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/2147>.
- KARIC, A., ATALIC, J. y KOLBITSCH, A., 2022. Seismic vulnerability of historic brick masonry buildings in Vienna. *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 5, pp. 132-159. DOI 10.1007/s10518-022-01367-2.
- KUROIWA, J., 2002. *Reducción de desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza* [en línea]. Primera Ed. Lima: PALTEX Publications. ISBN 9972-9477-0-X. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3297>.
- LARA, J., 1988. *Proyecto de Investigación en Albañilería "Ensayos de Albañilería en Sillar"* [en línea]. Lima, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

- http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/617/2013/04/tesis_lara.pdf.
- MARIUS, M., ONESCU, I. y KELLER, A., 2021. Simplified vulnerability assessment methodologies for historic structures in Banat seismic area. *Transsylvania Nostra*,
- MARTINEZ, S., 2014. *Evaluacion de la vulnerabilidad sismica urbana basada en tipologias constructivas y disposicion urbana de la edificacion, aplicación en la ciudad de Lorca – region de Murcia*. Madrid, España: Tesis de Doctorado en Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Madrid.
- MENDES, A., 2017. *Metodología de evaluación visual rápida para determinar la vulnerabilidad sísmica en las iglesias coloniales: aplicaciones en Cusco, Perú* [en línea]. Lima, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12155>.
- MONJE, C., 2011. *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa - Guía didáctica* [en línea]. Bogotá: Universidad Surcolombiana. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>.
- MOSQUEIRA, M. y TARQUE, S., 2005. *Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa Peruana* [en línea]. Lima, Perú: Tesis de Magíster en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/850>.
- ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la Investigación: Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de Tesis* [en línea]. Quinta. Bogotá: Ediciones de la U. ISBN 978-958-762-876-0. Disponible en: <https://fdiazca.files.wordpress.com/2020/06/046.-mastertesis-metodologicc81a-de-la-investigaciocc81n-cuantitativa-cualitativa-y-redacciocc81n-de-la-tesis-4ed-humberto-ncc83aupas-paitacc81n-2014.pdf>.
- NIKOLIĆ, Ž., LUKA, R., OSTOJIĆ, N. y BENVENUTI, E., 2021. Seismic Vulnerability Assessment of Historical Masonry Buildings in Croatian Coastal Area. *Applied Sciences* [en línea], vol. 11, no. 13. DOI 10.3390/app11135997. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/13/5997/htm>.

- NOEL, J., 2019. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método italiano para determinar el riesgo sísmico en las viviendas de adobe de la Quinta los Virreyes del Rimac*. Lima, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad San Martín de Porres.
- ONESCU, E., ONESCU, I., MARIUS, M. y ION, A., 2022. Case study of the seismic vulnerability of a historical building in Timisoara, Romania. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*,
- PALAZZI, N.C., ROVERO, L., TONIETTI, U., DE LA LLERA, J.C. y SANDOVAL, C., 2020. Seismic Vulnerability Assessment of Unreinforced Masonry Churches in Central Chile BT - Structural Analysis of Historical Constructions. En: R. AGUILAR, D. TORREALVA, S. MOREIRA, M.A. PANDO y L.F. RAMOS (eds.). Cham: Springer International Publishing, pp. 1172-1181. ISBN 978-3-319-99441-3.
- PEÑA, F., CHÁVEZ, M. y GARCÍA, N., 2021. Mexican colonial churches: structural assessment and seismic behavior. *Construcción de Mampostería en Regiones Sísmicas Activas* [en línea], pp. 323-353. DOI 10.1016/B978-0-12-821087-1.00006-5. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/351593826_Mexican_colonial_churches_structural_assessment_and_seismic_behavior.
- RATIRANJAN, J., BISWAJEET, P., BEYDOUN, G., ABDULLAH, A.-A. y HIZIR, S., 2020. Seismic hazard and risk assessment: a review of state-of-the-art traditional and GIS models. *Arabian Journal of Geosciences* [en línea], vol. 58. DOI <https://doi.org/10.1007/s12517-019-5012-x>. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-019-5012-x#citeas>.
- RAZAK, J., RAMBAT, S., CHE ROS, F., SHI, Z. y MAZLAN, S., 2021. Seismic Vulnerability Assessment in Ranau, Sabah, Using Two Different Models. *International Journal of Geo-Information* [en línea], vol. 10, pp. 271. DOI 10.3390/ijgi10050271. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/351094813_Seismic_Vulnerability_Assessment_in_Ranau_Sabah_Using_Two_Different_Models.
- SALAZAR, L.G. y FERREIRA, T., 2020. Seismic Vulnerability Assessment of Historic Constructions in the Downtown of Mexico City. *Sustainability*, vol. 12, pp. 1276-1289. DOI 10.3390/su12031276.

- SANGAY, E., 2020. *Comparación de dos metodologías de análisis para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la iglesia San Juan Bautista, distrito de Llacanora, Cajamarca* [en línea]. S.l.: Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23865>.
- STEFANINI, S., ROVERO, L. y TONIETTI, U., 2021. Seismic Vulnerability Assessment of Historical Masonry Aggregate Buildings. The Case of Fes Medina in Morocco. *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 16, pp. 1-20. DOI 10.1080/15583058.2021.1992537.
- SULCA, J. y DELGADILLO, R., 2022. Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones mediante funciones de vulnerabilidad en la ciudad de Ayacucho – Perú. *Tecnia* [en línea], vol. 32, pp. 21-35. DOI <https://doi.org/10.21754/tecnica.v32i2.1377>. Disponible en: <https://www.revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnica/article/view/1377>.
- TAVERA, H., 2017. Peligros geodinámicos en la ciudad de Arequipa Cercado y zonas aledañas. . Lima:
- TAVERA, H., BERNAL, I., CONDORI, C., ORDAZ, M., ZEVALLOS, A. y ISHIZAWA, O., 2014. *Evaluación del Peligro Sísmico en Perú* [en línea]. Lima: Instituto Geofísico del Perú. Disponible en: [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA_PUBLICAR/IGP/Mapa_Peligro_Sismico_Peru_2015_Version_Preliminar.pdf#:~:text=La sismicidad en el territorio,2012 \(Mw%3E4.0\)](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA_PUBLICAR/IGP/Mapa_Peligro_Sismico_Peru_2015_Version_Preliminar.pdf#:~:text=La sismicidad en el territorio,2012 (Mw%3E4.0)).
- YÉPEZ, F., BARBAT, A. y CANAS, J., 1995. *Riesgo, Peligrosidad y Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Mampostería* [en línea]. Madrid: s.n. ISBN 84-87867-50-2. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/27297>.
- ZAMORA, M. y AGUIRRE, M. del C., 2020. Consideraciones sobre la vulnerabilidad del patrimonio arquitectónico. Estudio de caso: la iglesia de El Sagrario, Cuenca, Ecuador. *Intervención* [en línea], vol. 1, no. 21 SE- Investigación, pp. 257-327. DOI 10.30763/Intervencion.229.v1n21.08.2020. Disponible en: <https://revistaintervencion.inah.gob.mx/index.php/intervencion/article/view/6299>.

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Título: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023

Autor: Alberto Mamani Norabuena

Variable (s)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<p>Variable independiente</p> <p>Casonas coloniales</p>	<p>Está referida a casas o mansiones que datan de la época colonial en América Latina, ya que fueron construidas durante la época colonial española, que abarcó varios siglos, desde el siglo XVI hasta principios del siglo XIX, por lo que también es considerada como patrimonio cultural, ya que tienen un valor significativo desde el punto de vista histórico, arquitectónico, social, cultural o ambiental (Hanampa y Mamani, 2018).</p>	<p>Las infraestructuras de las casonas coloniales serán evaluadas aplicando el Método Italiano, en el cual consideran 11 parámetros que se agrupan en parámetros de condición estructural, geométrico y sísmico (microzonificación sísmica), los cuales en conjunto condicionan la vulnerabilidad de una edificación existente.</p>	<p>Configuración Estructural</p> <p>Configuración Geométrica</p> <p>Microzonificación sísmica</p>	<p>Organización del sistema resistente Calidad del sistema resistente. Diafragmas horizontales. Estado de conservación. Tipo de cubierta.</p> <p>Configuración en planta. Configuración en elevación. Separación máxima entre muros. Elementos no estructurales.</p> <p>Características geotécnicas y topográficas. Resistencia convencional.</p>
<p>Variable dependiente</p> <p>Vulnerabilidad sísmica</p>	<p>La vulnerabilidad es la fragilidad de una estructura ante un evento sísmico y los daños que se pudiera ocasionar son representados en pérdidas de vidas humanas y materiales. Del mismo modo, Mosqueira y Tarque (2005), definen a la vulnerabilidad como el grado de debilidad de una edificación a sufrir daños según su nivel de exposición ante una amenaza sísmica y que está condicionado por tres indicadores, los cuales son los parámetros estructurales, calidad de la construcción y parámetros no estructurales.</p>	<p>La vulnerabilidad sísmica de las infraestructuras históricas será categorizada en los rangos de los niveles de vulnerabilidad sísmica establecidas por el Método Italiano.</p>	<p>Niveles de vulnerabilidad</p>	<p>No Vulnerabilidad (Iv = 0)</p> <p>Vulnerabilidad baja (Iv = 0 – 53)</p> <p>Vulnerabilidad media (Iv = 53 – 201.25)</p> <p>Vulnerabilidad Alta (Iv = 201.25 – 382.25)</p>

Anexo 2: Matriz de consistencia

Título: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023

Autor: Alberto Mamani Norabuena

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente Casonas coloniales	Configuración Estructural	Organización del sistema resistente Calidad del sistema resistente Diafragmas horizontales Estado de conservación Tipo de cubierta
¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?	Determinar la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023	La vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales varía según sus características estructurales, geométricas y de ubicación en el centro histórico de Arequipa, 2023		Configuración Geométrica	Configuración en planta Configuración en elevación Separación máxima entre muros Elementos no estructurales
				Microzonificación sísmica	Características geotécnicas y topográficas. Resistencia convencional
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable	Dimensiones	
¿cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?	Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023	El nivel de vulnerabilidad sísmica varía significativamente con la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023	Variable dependiente Vulnerabilidad sísmica	Niveles de vulnerabilidad	No Vulnerabilidad ($I_v = 0$)
¿cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración	Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración geométrica de las casonas coloniales	El nivel de vulnerabilidad sísmica varía según la configuración geométrica de las casonas coloniales en el			Vulnerabilidad baja ($I_v = 0 - 53$)
					Vulnerabilidad media ($I_v = 53 - 201.25$)
					Vulnerabilidad Alta ($I_v = 201.25 - 382.25$)

<p>geométrica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?</p> <p>¿cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la Microzonificación sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?</p>	<p>en el centro histórico de Arequipa, 2023</p> <p>Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la Microzonificación sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023.</p>	<p>centro histórico de Arequipa, 2023.</p> <p>El nivel de vulnerabilidad sísmica varía según la Microzonificación sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023.</p>			
--	--	---	--	--	--

Anexo 3. Validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Estimado Especialista: Ing. Mag. MIGUEL EDUARDO CORDOVA CANO

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento denominado:

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Le presento la matriz de consistencia y la operacionalización de variables para su revisión respectiva, las cuales corresponden al proyecto de tesis que tiene como enfoque:

1. Cualitativo () 2. Cuantitativo (X) 3. Mixto ()

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto de tesis:

Título de tesis:	Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.
Línea de investigación:	Diseño sísmico estructural

Dicho trabajo tiene como Asesor de tesis al Mg. Marco Herber Muñiz Paucarmayta

De antemano le agradezco sus aportes.

Arequipa, 15 de noviembre del 2023



Tesista: Alberto Mamani Norabuena.

Formato de Validación de Juicio de Expertos

I. Datos Generales

Fecha:	15 de noviembre del 2023
Validador:	Ing. Mag. MIGUEL EDUARDO CORDOVA CANO C.I.P. 91865
Cargo e institución donde labora el experto:	OBRAS PRIVADAS Y ASESORIA DE TESIS
Instrumento a validar:	Ficha de evaluación de la vulnerabilidad
Objetivo del instrumento:	Evaluar y reportar el nivel de vulnerabilidad de las casonas coloniales
Autor(es) del instrumento:	Bach. Alberto Mamani Norabuena

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.		X		
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
TOTAL			6	21	(Total)/30

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D+R+B}{30} = 0.90$$



Miguel Eduardo Cordova Cano
INGENIERO CIVIL

ING. MAG. MIGUEL E. CORDOVA CANO

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Estimado Especialista: Ing. JHON SALAS YCHOCAN

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento denominado:

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Le presento la matriz de consistencia y la operacionalización de variables para su revisión respectiva, las cuales corresponden al proyecto de tesis que tiene como enfoque:

1. Cualitativo () 2. Cuantitativo (X) 3. Mixto ()

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto de tesis:

Título de tesis:	Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.
Línea de investigación:	Diseño sísmico estructural

Dicho trabajo tiene como Asesor de tesis al Mg. Marco Herber Muñiz Paucarmayta

De antemano le agradezco sus aportes.

Arequipa, 16 de noviembre del 2023



JHON SALAS YCHOCAN
Ingeniero Civil
CIP. N° 264669


.....
Tesisista: Alberto Mamani Norabuena.

Formato de Validación de Juicio de Expertos

I. Datos Generales

Fecha:	16 de noviembre del 2023
Validador:	Ing. JHON SALAS YCHOCAN C.I.P. 294969
Cargo e institución donde labora el experto:	GERENTE EN "CONSULTORIA DÍZARCON S.R.L. GENERAL
Instrumento a validar:	Ficha de evaluación de la vulnerabilidad
Objetivo del instrumento:	Evaluar y reportar el nivel de vulnerabilidad de las casonas coloniales
Autor(es) del instrumento:	Bach. Alberto Mamani Norabuena

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	_____
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	_____
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		_____
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	_____
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		_____
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	_____
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.			X	_____
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	_____
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	_____
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	_____
TOTAL			4	24	(Total)/30

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.93$$




JHON SALAS YCHOCAN
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 294969

ING. JHON SALAS YCHOCAN

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Estimado Especialista: Arq. VERNIE L. CHOQUEHUANCA LAURA

Considerando su actitud académica y trayectoria profesional, permítame nombrarlo JUEZ EXPERTO para revisar el contenido del instrumento denominado:

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Le presento la matriz de consistencia y la operacionalización de variables para su revisión respectiva, las cuales corresponden al proyecto de tesis que tiene como enfoque:

1. Cualitativo () 2. Cuantitativo (X) 3. Mixto ()

El resultado de esta evaluación permitirá la validez de contenido del instrumento para el proyecto de tesis:

Título de tesis:	Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.
Línea de investigación:	Diseño sísmico estructural

Dicho trabajo tiene como Asesor de tesis al Mg. Marco Herber Muñiz Paucarmayta

De antemano le agradezco sus aportes.

Arequipa, 16 de noviembre del 2023


Vernie L. Choquehuanca Laura
ARQUITECTO
C.P. 14639



Tesisista: Alberto Mamani Norabuena.

Formato de Validación de Juicio de Expertos

I. Datos Generales

Fecha:	16 de noviembre del 2023
Validador:	Arq. VERNIE L. CHOQUEHUANCA LAURA C.A.P. 14638
Cargo e institución donde labora el experto:	GERENTE EN VERNIE ARCHITECT S.A.C. GENERAL
Instrumento a validar:	Ficha de evaluación de la vulnerabilidad
Objetivo del instrumento:	Evaluar y reportar el nivel de vulnerabilidad de las casonas coloniales
Autor(es) del instrumento:	Bach. Alberto Mamani Norabuena

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación con la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo con dimensiones.		X		
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
TOTAL			8	18	(Total)/30

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.87$$


 VERNIE L. CHOQUEHUANCA LAURA
 ARCHITECT S.A.C.
 SP. 14638

 ARQ. VERNIE L. CHOQUEHUANCA LAURA

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

El instrumento a validar tiene por objetivo evaluar y reportar el nivel de vulnerabilidad de las casonas coloniales de la ciudad de Arequipa. La ficha en mención consta de 04 partes:

- Parte I: Información general
- Parte II: Evaluación y calificación de la configuración estructural
- Parte III: Evaluación y calificación de la configuración geométrica
- Parte IV: Evaluación y calificación de la microzonificación sísmica
- Parte V: Resumen de clasificación de parámetros
- Parte VI: Determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 15 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. : C.I.P. Ing. Civil : C.I.P. Arquitecto: C.A.P.

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:		
Dirección:		
Año de construcción:		
Coordenadas:		
Estilo arquitectónico:		
Mampostería:		
Propietario:		
Intervención:		

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0

Miguel Eduardo Coronado Corti
 Ingeiero Civil

JOHN SALAS YCHOCAN
 Ingeiero Civil
 CIP. N° 794969

Evaluador

B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45

III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA

INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA

CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25


Miguel Edgardo Carcayo Cont.
INGENIERO CIVIL
CIP N° 11111


JHON SALAS Y CHOCAN
Ingeniero Civil
CIP N° 294969


Jhon Salas Y Chocan
INGENIERO CIVIL
CIP N° 294969

D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45
INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45



Miguel Ricardo Corcuera Corzo
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 254969



JHON SALAS YCHOCAN
Ingeniero Civil
CIP. N° 254969



Carlos L. Cárdenas
INGENIERO CIVIL
CIP. 14533

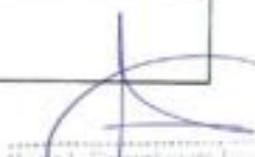
V. RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE LA CASONA C4					
RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL					
Parámetros	Clase Ki	Condición	Valor Ki	Peso Wi	Ki*Wi
Organización del sistema resistente	D		45	1.00	45.00
Calidad del sistema resistente	D		45	0.25	11.25
Diafragmas horizontales	D		45	1.00	45.00
Estado de conservación	D		45	1.00	45.00
Tipo de cubierta	D		45	1.00	45.00
Índice de Vulnerabilidad (Iv) parcial					191.25
RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA					
Parámetros	Clase Ki	Condición	Valor Ki	Peso Wi	Ki*Wi
Configuración en planta	B		5	0.50	2.5
Configuración en elevación.	B		5	1.00	5.0
Separación máxima entre muros	D		45	0.25	11.25
Elementos no estructurales	C		25	0.25	6.25
Índice de Vulnerabilidad (Iv) parcial					25
RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE PARÁMETROS SEGÚN LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA					
Parámetros	Clase Ki	Condición	Valor Ki	Peso Wi	Ki*Wi
Características geotécnicas y topográficas	B		5	0.75	3.75
Resistencia convencional	C		25	1.50	37.5
Índice de Vulnerabilidad (Iv) parcial					41.25

VI. OG: DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA C4					
Dimensiones	Parámetros (indicadores)	Valor Ki	Peso Wi	Ki * Wi	
Configuración estructural	Organización del sistema resistente	D	45	1.00	
	Calidad del sistema resistente	D	45	0.25	
	Diafragmas horizontales	D	45	1.00	
	Estado de conservación	D	45	1.00	
	Tipo de cubierta	D	45	1.00	
Configuración geométrica	Configuración en planta	B	5	0.50	
	Configuración en elevación.	B	5	1.00	
	Separación máxima entre muros	D	45	0.25	
	Elementos no estructurales	C	25	0.25	
Microzonificación sísmica	Características geotécnicas y topográficas	B	5	0.75	
	Resistencia convencional	C	25	1.50	

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$Iv = \sum_{i=1}^{11} Ki \cdot Wi$	


 Miguel Roberto Cardona Cor.
 Ingeniero Civil
 CIP. N° 294569


 MON SALAS YHOCAN
 Ingeniero Civil
 CIP. N° 294569


 Verónica Cristóbal
 Arquitecta
 CIP. N° 14638

Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

PLANOS DE LA CASONA



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Pettini (1986).


 Miguel Zúñiga
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 14.111


 JHON SALAS YCHOCAN
 Ingeniero Civil
 CIP N° 294968


 Jhon Salas Ychocan
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 294968

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variable (s)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Casas coloniales	Esta referencia a casas o mansiones que datan de la época colonial en América Latina, ya que fueron construidas durante la época colonial española, que abarcó varios siglos, desde el siglo XVI hasta principios del siglo XIX, por lo que también es considerada como patrimonio cultural, ya que tienen un valor significativo desde el punto de vista histórico, arquitectónico, social, cultural o ambiental (Hanampa y Mamani, 2018).	Las infraestructuras de las casas coloniales serán evaluadas aplicando el Método Italiano, en el cual consideran 11 parámetros que se agrupan en parámetros de condición estructural, geométrica y sísmica (microzonificación sísmica), los cuales en conjunto condicionan la vulnerabilidad de una edificación existente.	Configuración Estructural Configuración Geométrica Microzonificación sísmica	Organización del sistema resistente Calidad del sistema resistente, Diafragmas horizontales, Estado de conservación, Tipo de cubierta, Configuración en planta, Configuración en elevación, Separación máxima entre muros, Elementos no estructurales, Características geotécnicas y topográficas, Resistencia convencional.
Variable dependiente Vulnerabilidad sísmica	La vulnerabilidad es la fragilidad de una estructura ante un evento sísmico y los daños que se pudiera ocasionar son representados en pérdidas de vidas humanas y materiales. Del mismo modo, Mosquera y Tarque (2005), definen a la vulnerabilidad como el grado de debilidad de una edificación a sufrir daños según su nivel de exposición ante una amenaza sísmica y que está condicionado por tres indicadores, los cuales son los parámetros estructurales, calidad de la construcción y parámetros no estructurales.	La vulnerabilidad sísmica de las infraestructuras históricas será categorizada en los rangos de los niveles de vulnerabilidad sísmica establecidas por el Método Italiano.	Niveles de vulnerabilidad	No Vulnerabilidad (Iv = 0) Vulnerabilidad baja (Iv = 0 – 53) Vulnerabilidad media (Iv = 53 – 201.25) Vulnerabilidad Alta (Iv = 201.25 – 382.25)



Miguel Roberto Cardenas Gomez
INGENIERO CIVIL



HON. SALAS MCHOCAN
Ingeniero Civil
CIP N° 294969



Estela L. Alcocer Kerpel
INGENIERO CIVIL
CIP 14938

Tabla 2: Matriz de consistencia

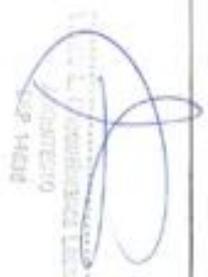
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general			
¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?	Determinar la vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023	La vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales varía según sus características estructurales, geométricas y de ubicación en el centro histórico de Arequipa, 2023	Variable independiente Casonas coloniales	Configuración Estructural Geométrica Microzonificación sísmica	Organización del sistema resistente Cantidad del sistema resistente Diafragmas horizontales Estado de conservación Tipo de cubierta Configuración en planta Configuración en elevación Separación máxima entre muros Elementos no estructurales Características geotécnicas y topográficas Resistencia convencional
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable	Dimensiones	
¿Cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?	Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023	El nivel de vulnerabilidad sísmica varía significativamente con la configuración estructural de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023	Variable dependiente Vulnerabilidad sísmica	Niveles de vulnerabilidad	No Vulnerabilidad (Iv = 0) Vulnerabilidad baja (Iv = 0 - 53) Vulnerabilidad media (Iv = 53 - 201,25) Vulnerabilidad Alta (Iv = 201,25 - 382,25)
¿Cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración geométrica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023?	Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica según la configuración geométrica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023	El nivel de vulnerabilidad sísmica varía según la configuración geométrica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa, 2023.			
	Determinar cómo varía el nivel de vulnerabilidad	El nivel de vulnerabilidad sísmica varía según la Microzonificación sísmica de			



Miguel Eduardo Cantore Camp
INGENIERO CIVIL



JHON SAÚL YCHOACAN
Ingeniero Civil
C.R. N° 294969



EL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y
INNOVACIONES
C.I.I. SP. 14214

MÉTODO PARA EL MUESTREO DE TESTIGOS DE SILLAR DE CASONAS COLONIALES	
Justificación:	<p>Debido a que las casonas coloniales son estructuras especiales por su antigüedad, la extracción de testigos de su mampostería debe ser un proceso delicado, esto con la finalidad de preservar la integridad del material para su análisis y al mismo tiempo mantener la integridad de la estructura.</p> <p>En ese sentido, el presente método es un procedimiento práctico que consiste en extraer testigos de sillar de los muros de casonas coloniales, donde se deberán extraer testigos en lo posible por cada hilada o en su defecto de las dos primeras hiladas, esto con la finalidad de que la representatividad de las muestras sea íntegra, ya que por lo general la primera hilada es la que soporta la totalidad del peso de la estructura, lo que pudiera haber provocado la fatiga del material, además está en contacto con el cimiento, el suelo, la intemperie y está expuesto al ataque químico y biológico, por lo que las unidades de sillar que conforman esta hilada serían las que están en la peor situación física y mecánica.</p> <p>Sin embargo, las unidades de sillar que conforman las hiladas superiores del muro podrían estar en mejores condiciones, por lo que su evaluación serviría para contrastar con los valores de la primera. Solo de esta manera se podrá emitir un juicio objetivo sobre sus propiedades mecánicas.</p>
Descripción:	<p>El formato se divide en cuatro partes: la primera aparte consta de las generalidades de la estructura, donde se registran los datos de la casona a ser intervenida, su ubicación y las características del muro o muros de donde se extraerán los testigos para su posterior análisis en laboratorio.</p> <p>La segunda parte consiste en la descripción de los requerimientos, es decir, el personal que partida, los equipos y herramientas a utilizarse.</p> <p>En la tercera parte se registran los datos de los testigos (especímenes) asignándoles un código, especificaciones (dimensiones), fecha de extracción y un esquema indicando los lugares de donde se extrajeron los testigos, también se registran los datos y las aprobaciones de los profesionales con sus respectivas firmas y los argos que ocupan.</p> <p>Finalmente, en la cuarta parte se presentan las evidencias fotográficas de la actividad realizada.</p>
Nota:	<p>La elección de la ubicación para la extracción de testigos debe ser cuidadosa y estratégica. Seleccionar preponderantemente áreas que no comprometan la estabilidad estructural ni afecten la apariencia visible de la casona. Las zonas menos visibles, como detrás de revestimientos o en áreas no públicas, deberán ser las primeras opciones.</p>
Aplicabilidad:	<p>El presente instrumento propuesto puede ser aplicado para recopilar datos relacionados con las propiedades mecánicas de la mampostería en todo tipo de casonas coloniales o estructuras antiguas de mampostería no reforzada y de condición histórica.</p> <p>Podría utilizarse para recopilar datos sobre la resistencia, rigidez y otras propiedades mecánicas de la mampostería en las casonas coloniales, esto con la finalidad de evaluar la integridad estructural y determinar si se requieren reparaciones o refuerzos. Además, el instrumento podría ayudar a identificar áreas con mayor deterioro y a planificar intervenciones específicas para preservar la estructura. También podría ser de utilidad para el análisis de la vulnerabilidad sísmica e identificar de forma somera áreas propensas a actividad sísmica y en el área de la ingeniería estructural, los datos recopilados podrían ser valiosos para entender el comportamiento mecánico de las construcciones coloniales.</p>

FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	
Logo de Universidad	Universidad:
	Carrera:
	Instrumento:
	Autor (s)
	Fecha:
	Validado por:
Experto 2:	
Experto 3:	

I. GENERALIDADES DE LA ESTRUCTURA		
Datos	Descripción	Fotografía de casona
Código:		
Dirección:		
Año de construcción:		
Coordenadas:		
Estilo arquitectónico:		
Mampostería:		
Propietario:		

II. REQUERIMIENTOS		
Personal	Equipos	Herramientas
Tesista:	Extractor de diamantina	Flexómetro
Ing. Supervisor:	Equipo GPS	Cinzel
Técnico:	Otros	Comba

III. DATOS DE TESTIGOS					
Primera hilada		Dimensiones (cm)			Esquema de puntos de extracción
Código	Fecha de extracción	Largo	Ancho	Altura	
M1-1					
M1-2					
M1-3					
Segunda hilada		Dimensiones (cm)			
Código	Fecha de extracción	Largo	Ancho	Altura	
M2-1					
M2-2					
M2-3					
Tercera hilada		Dimensiones (cm)			
Código	Fecha de extracción	Largo	Ancho	Altura	
M3-1					
M3-2					
M3-3					

Extraído por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Cargo:		Cargo:		Cargo:	
Firma:		Firma:		Firma:	

IV. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Fotografía 01

Fotografía 02

Nota: Elaboración propia (2023)

Anexo 4: Formato de muestreo de sillares coloniales

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
	Universidad:	Universidad César Vallejo			
	Carrera:	Ingeniería Civil			
	Instrumento:	Formato de Muestreo de Sillares Coloniales			
	Autor (s)	Bach. Alberto Mamani Norabuena			
	Fecha:	10 de diciembre del 2023			
	Validado por:	Experto 1: Mg. Miguel Córdova Cano Experto 2: Arq. Vernie Choquehuanca Laura Experto 3: Ing. Jhon Salas Ychocan			
I. GENERALIDADES DE LA ESTRUCTURA					
Datos		Descripción		Fotografía de casona	
Código:	C4				
Dirección:	Calle Villalba N° 201				
Año de construcción:	1798 - 1807				
Coordenadas:	E:228868.29 N:8185513				
Estilo arquitectónico:	Neoclásico				
Mampostería:	Sillar				
Propietario:	Privado				
II. REQUERIMIENTOS					
Personal		Equipos		Herramientas	
Tesista: Alberto Mamani Norabuena		Extractor de diamantina		Flexómetro	
Supervisor: Ing. Miguel Córdova C.		Equipo GPS		Cinzel	
Técnico: Servicio		Otros		Comba	
III. DATOS DE TESTIGOS DE SILLAR COLONIAL					
Primera hilada (frágil)		Dimensiones (cm)			Esquema de puntos de extracción
Código	Fecha de extracción	Ancho	Largo	Altura	
M1-1	03-12-2023	6.95	9.79	8.33	
M1-2	03-12-2023	6.90	9.80	8.30	
M1-3	03-12-2023	6.88	9.77	8.32	
M1-4	03-12-2023	6.80	9.85	8.21	
M1-5	03-12-2023	7.10	9.84	8.20	
Segunda hilada (conservada)		Dimensiones (cm)			
Código	Fecha de extracción	Ancho	Largo	Altura	
M2-1	03-12-2023	7.52	9.97	8.33	
M2-2	03-12-2023	7.49	9.90	8.36	
M2-3	03-12-2023	7.56	9.85	8.31	
M2-4	03-12-2023	7.70	9.91	8.28	
M2-5	03-12-2023	7.70	9.80	8.30	
Extraído por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre :	Alberto Mamani	Nombre :	Ing. Miguel Córdova	Nombre :	Ing. Miguel Córdova
Cargo:	Tesista	Cargo:	Supervisor	Cargo:	Supervisor
Firma:		Firma:		Firma:	

IV. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Fotografía 01



Fotografía 02



Anexo 5. Fichas de evaluación de la vulnerabilidad

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 17 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arg. : Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C1	
Dirección:	Calle Villalba N° 303	
Año de construcción:	1778 - 1780	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 22 89 16.34 N: 91 25 452.15	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Urbana)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	15
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	25
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3$ o $\beta_2 < 0.2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

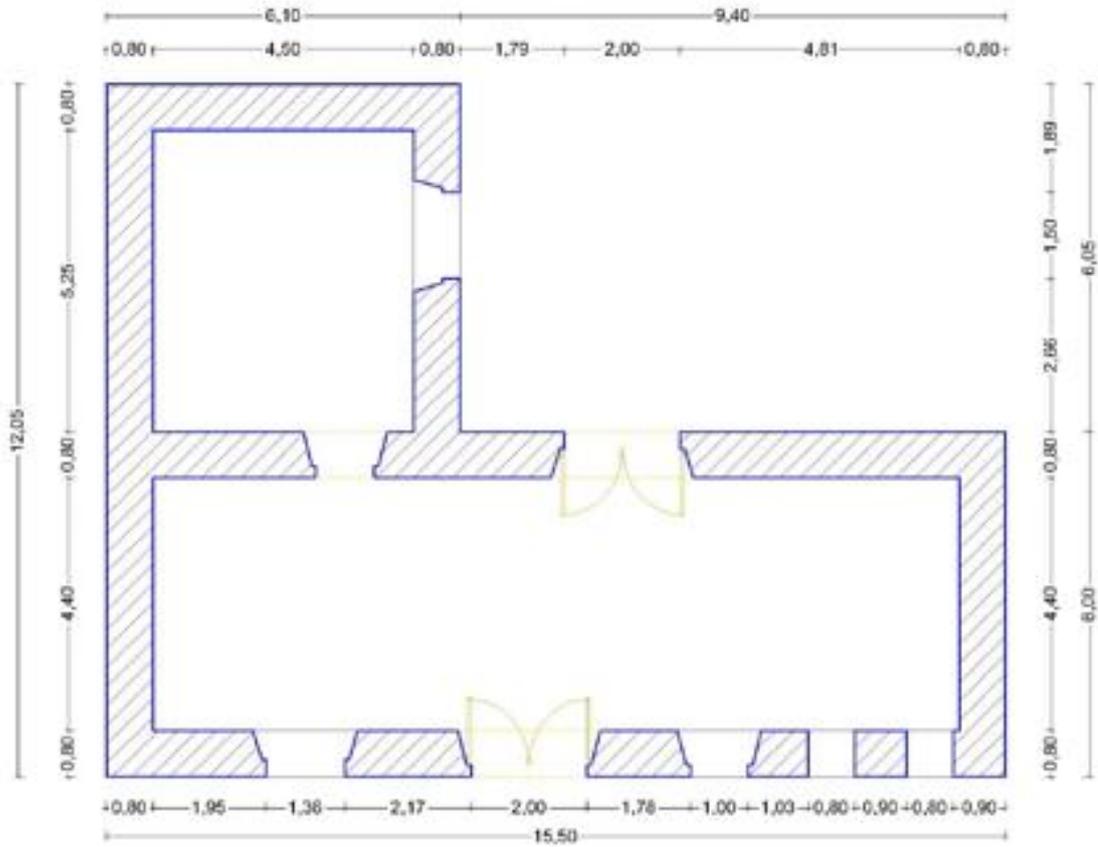
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-1



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 17 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C2	
Dirección:	Calle Villalba N°301	
Año de construcción:	1900 - 1915	
Coordenadas:	ZONA: JRS E: 22 99 09.19 N: 81 9 56 29.85	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Verdeña)	
Propietario:	Partido	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_V = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.	
INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad.		
AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena		
FECHA: 17 de noviembre del 2023		
VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano		C.I.P. 91865
		Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969
		Arg. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C3	
Dirección:	Calle. Vialba N°223	
Año de construcción:	1780 - 1895	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 22.8295.83 N: 81.83589.86	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Vetonosa)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3$ o β_2	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

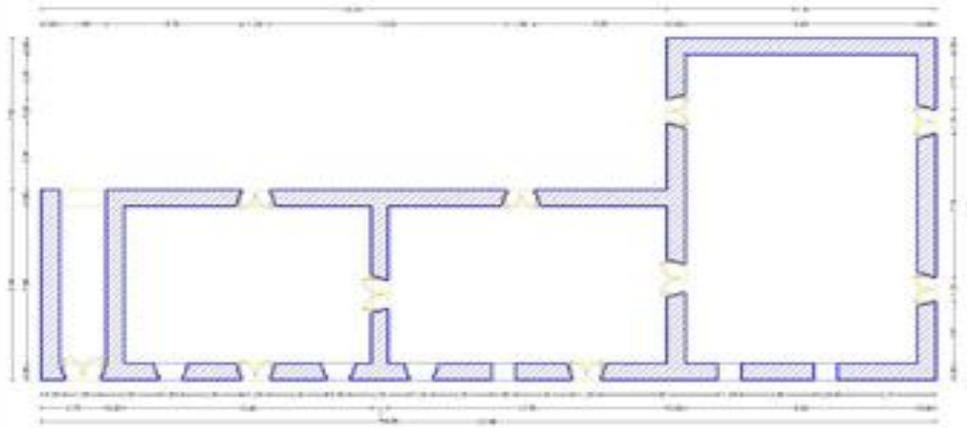
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$Iv = \sum_{i=1}^{11} Ki \cdot Wi$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-3



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 17 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C4	
Dirección:	Calle Villalba, N° 201	
Año de construcción:	1798-1801	
Coordenadas:	ZONA: 495 E: 22° 58' 69.34" N: 81° 55' 18.82"	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra volcánica)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

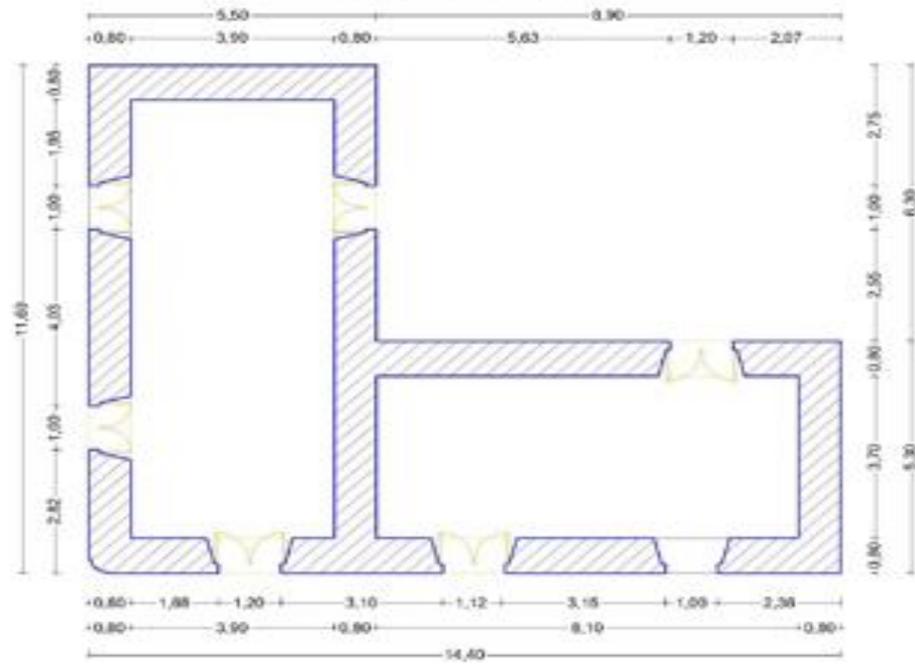
INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s \leq 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales al 5°.	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15°. Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10°.	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25°.	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25°.	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$Iv = \sum_{i=1}^{11} Ki \cdot Wi$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-4



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.

INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad.

AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena

FECHA: 17 de noviembre del 2023

VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865

Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969

Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	CS	
Dirección:	Calle Vialba N° 200	
Año de construcción:	1800 - 1820	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 228° 29.56 N: 9180521.35	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Urbana)	
Propietario:	Fondo	
Intervención:	Sin Intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

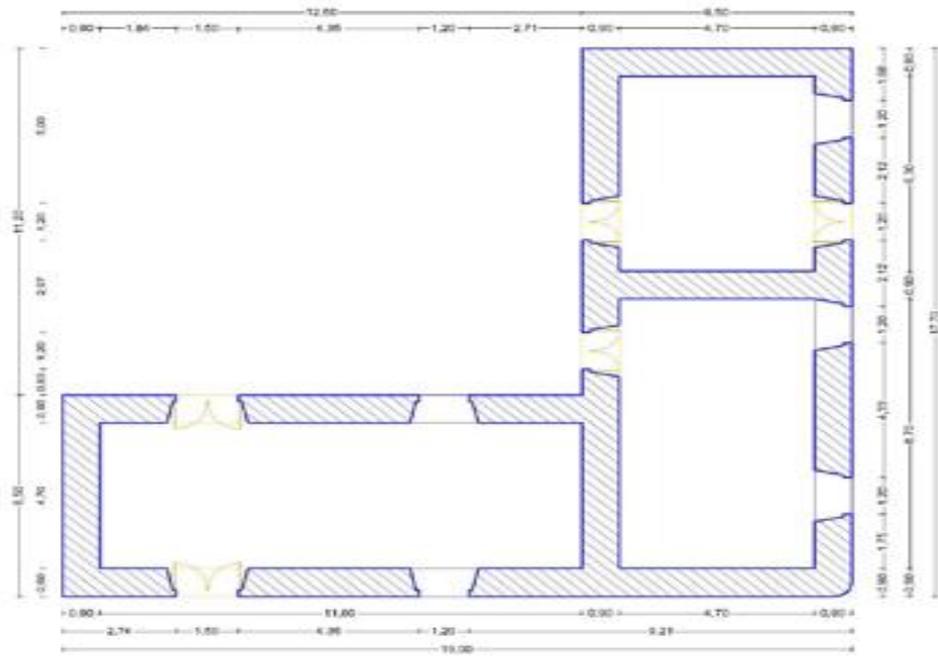
INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 1$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-5



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 18 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Córdova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arg. Verónica Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C6	
Dirección:	calle Villalba Nº 115	
Año de construcción:	1790 - 1805	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 228852.85 N: 8185490.17	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	sabla (Piedra blanqueada)	
Propietario:	Particular	
Intervención:	Sin intervenciones	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45

III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA

INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3$ o $\beta_2 < 0.2$	45

INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

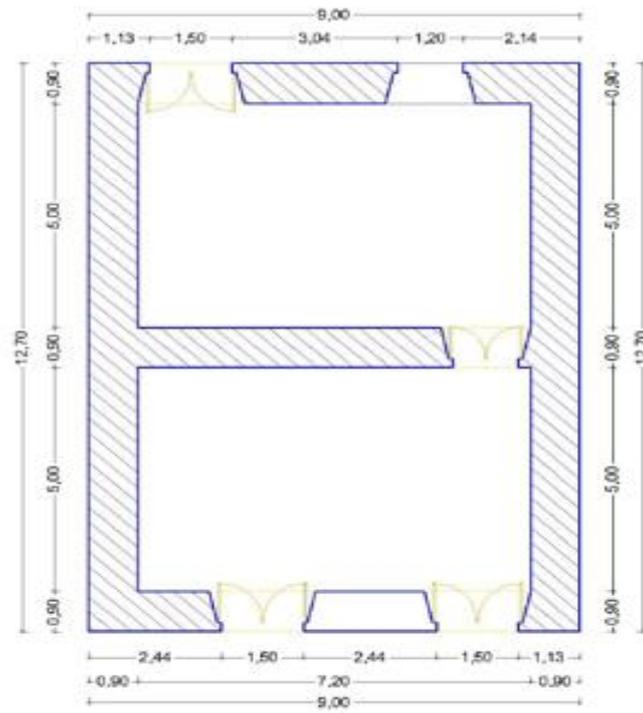
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-6



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 18 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C7	
Dirección:	Calle Villalba, N° 107	
Año de construcción:	1810 - 1820	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 22 8842.17 N: 8185446.54	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Uchuraco)	
Propietario:	Estado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbrera o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbrera o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbrera.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbrera.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbrera.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

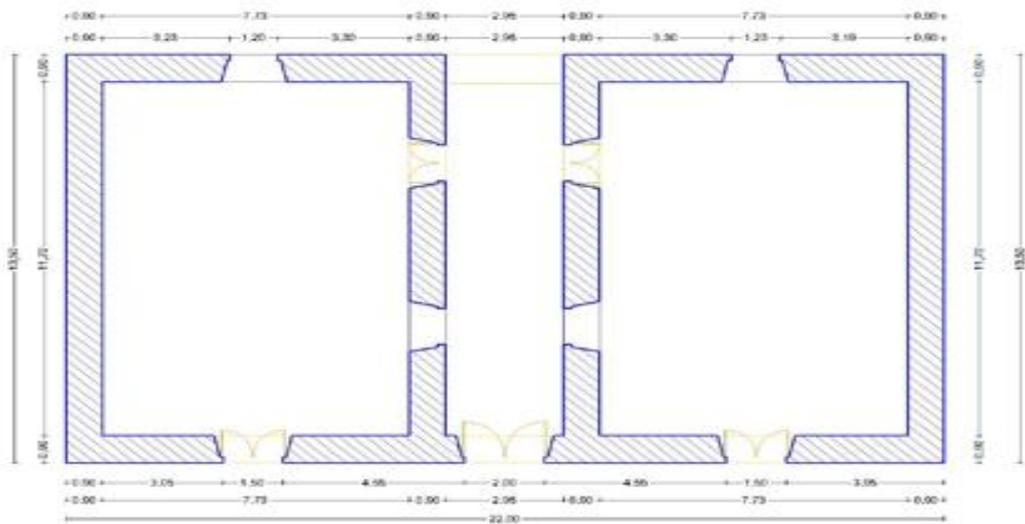
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s < 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-7



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 18 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Córdova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. : Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	CB	
Dirección:	C. Palacio Urcio N°405	
Año de construcción:	1810 - 1820	
Coordenadas:	ZONA: J45 E: 22 8545.33 N: 9185170.56	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Silim (Piedra Volcánica)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3$ o $\beta_2 < 0.2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

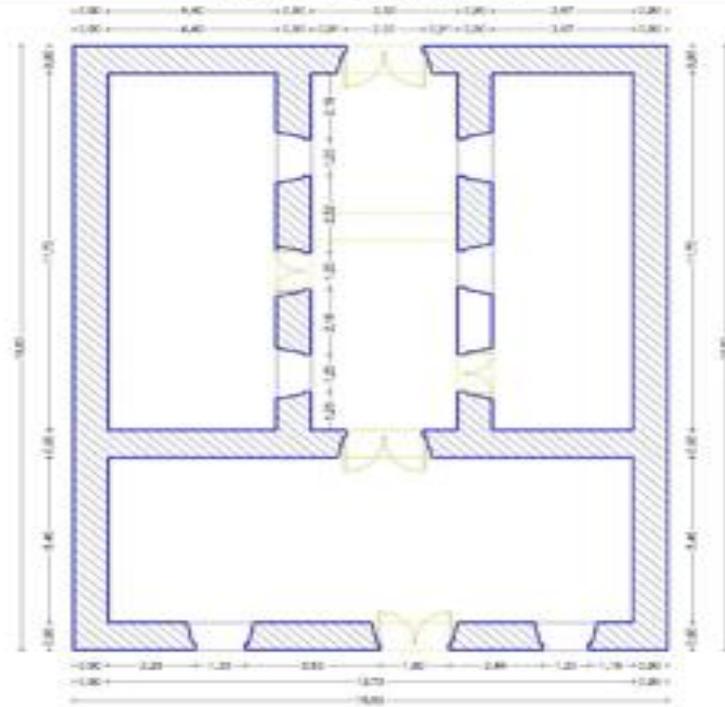
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales al 5°.	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15°. Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10°.	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25°.	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25°.	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$Iv = \sum_{i=1}^{11} Ki \cdot Wi$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFIA C-8



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.	
INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad.		
AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena		
FECHA: 18 de noviembre del 2023		
VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano		C.I.P. 91865
		C.I.P. 294969
		C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C9	
Dirección:	Calle Cruz Verde N°419	
Año de construcción:	1805 - 1820	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 22°56'64.20" N: 81°55'06.93"	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillas (Paredes Verticales)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin información	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45

III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA

INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45

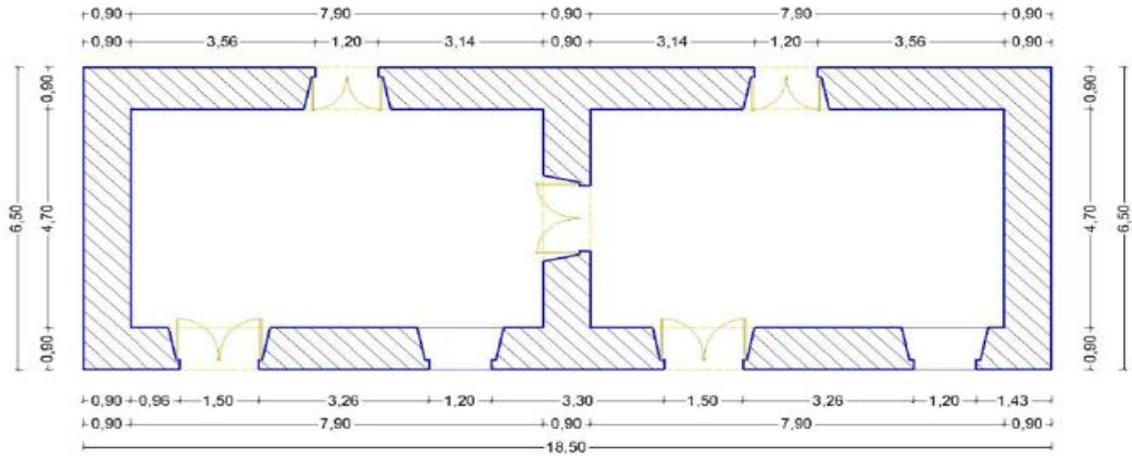
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales al 5°.	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15°. Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10°.	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25°.	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25°.	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

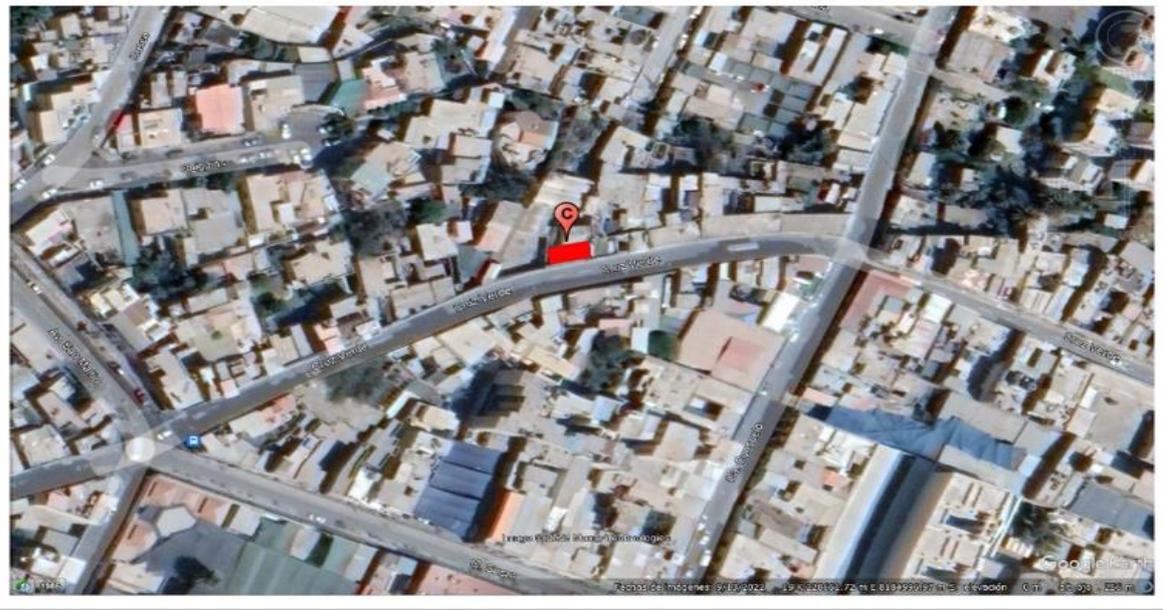
CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petri (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-9



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 18 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Córdova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL		
Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C10	
Dirección:	C. Santa Catalina 1719	
Año de construcción:	1795 - 1805	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 22°42'5.91" N: 81°54'15.20"	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Silba (Piedra Oconillo)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervenciones	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL		
INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45

III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA

INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45

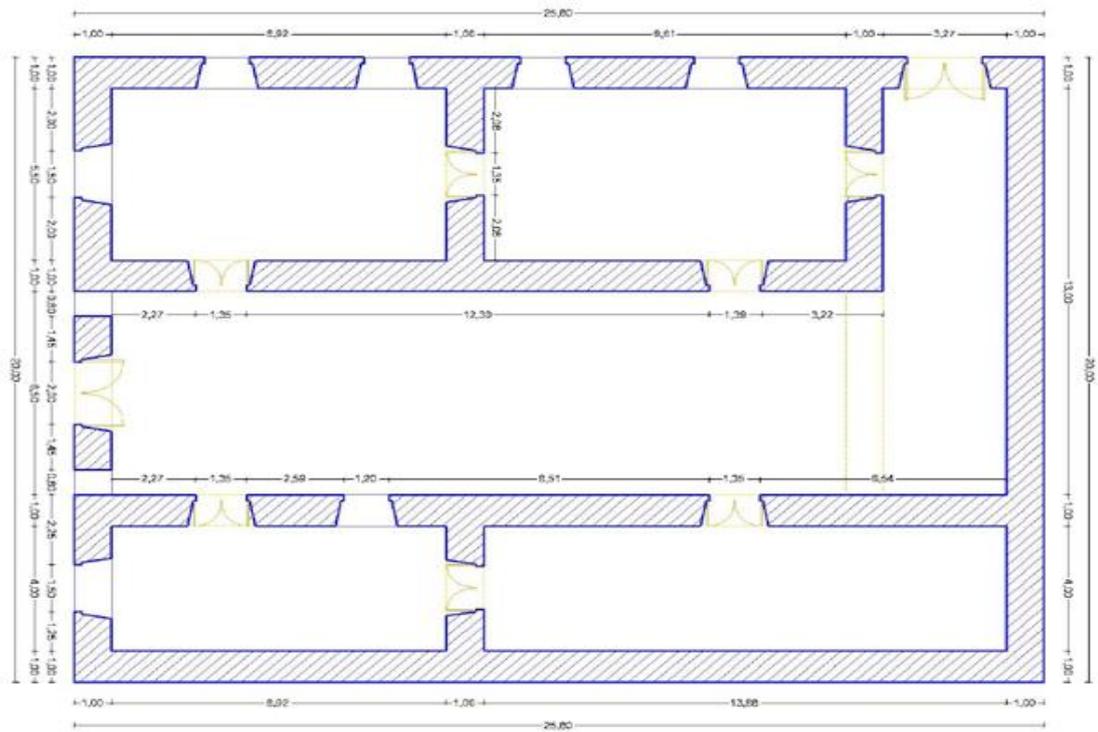
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 1$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$Iv = \sum_{i=1}^{11} Ki \cdot Wi$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-10



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 19 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Aro. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C11	
Dirección:	Calle la Merced N°329	
Año de construcción:	1775 - 1780	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 22 58 51.17 N: 81 24 15.59	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Volcánica)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45

III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA

INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45

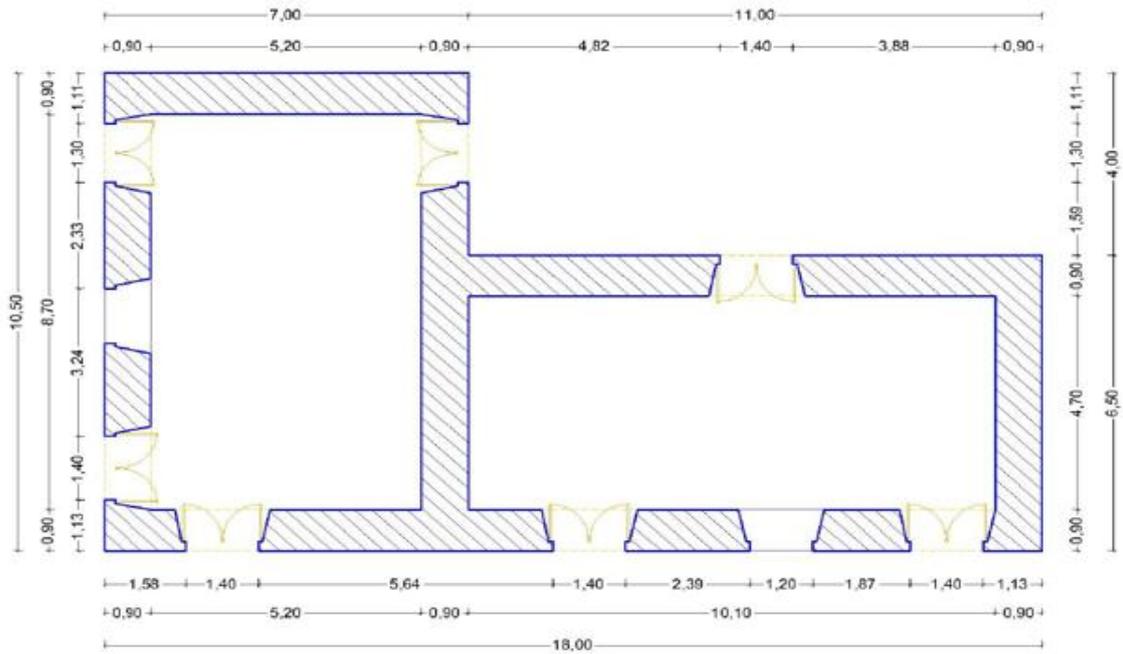
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-11



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	<p align="center">UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> <p>TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.</p> <p>INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad.</p> <p>AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena</p> <p>FECHA: 19 de noviembre del 2023</p> <p>VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91885 Ing. Civil Jhon Salas Yhocan C.I.P. 294969 Arg. Verónica L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638</p>
--	--

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C12	
Dirección:	Calle Tristan N° 201	
Año de construcción:	1810 - 1820	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 289 14.03 N: 818 4852.08	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Silla (Punto Volcanica)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA CLASE		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45

III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA

INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45

INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

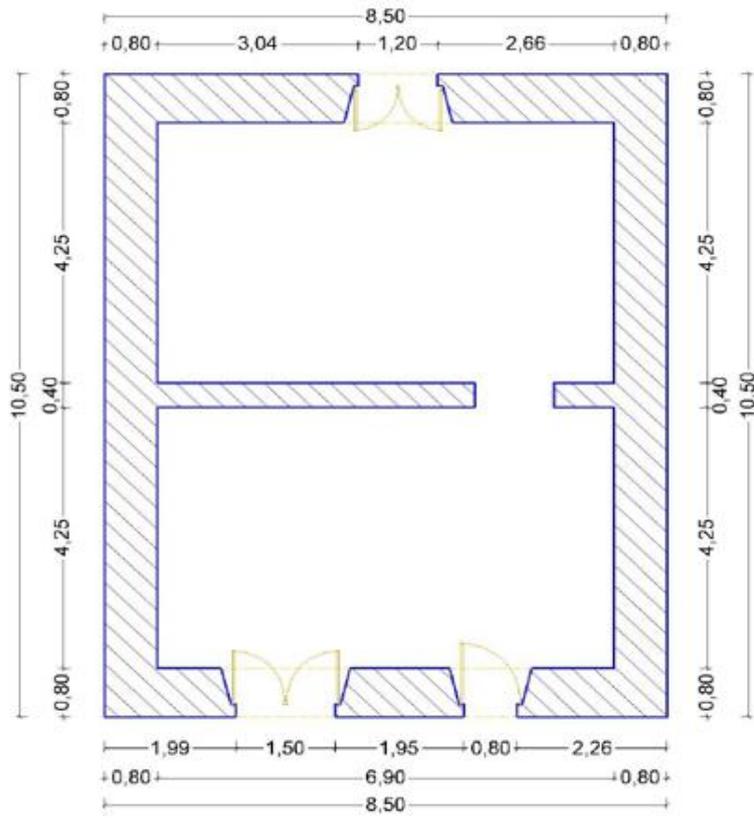
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales al 5°.	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15°. Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10°.	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25°.	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25°.	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 1$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-12



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 19 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Caro C.I.P. 91865 Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arg. Verrie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C13	
Dirección:	Calle la Merced 819401	
Año de construcción:	1750 - 1797	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 22 58 37.51 N: 81 54 42.04	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Punta Volcánica)	
Propietario:	Partido	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

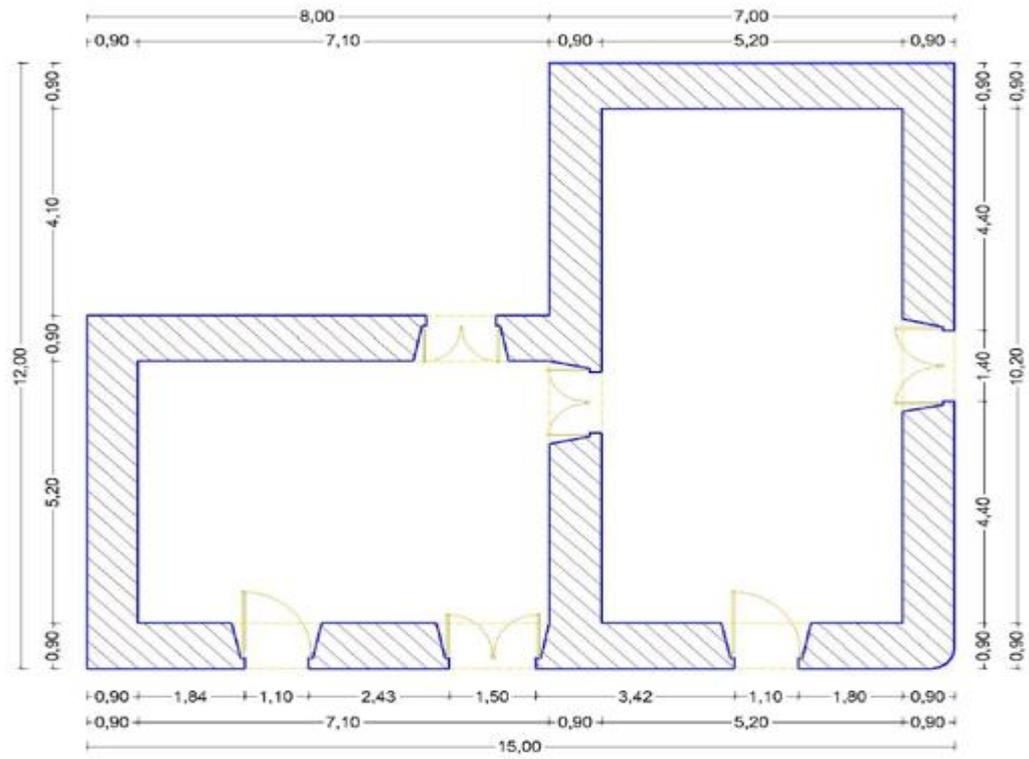
INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petri (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-13



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.

INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad.

AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena

FECHA: 19 de noviembre del 2023

VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865
Ing. Civil : Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969
Arg. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C14	
Dirección:	Calle la Nueva N° 420	
Año de construcción:	1800 - 1820	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 22 28 09.95 N: 81 7 41 63.76	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Uchuniza)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbrera o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbrera o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbrera.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbrera.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbrera.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

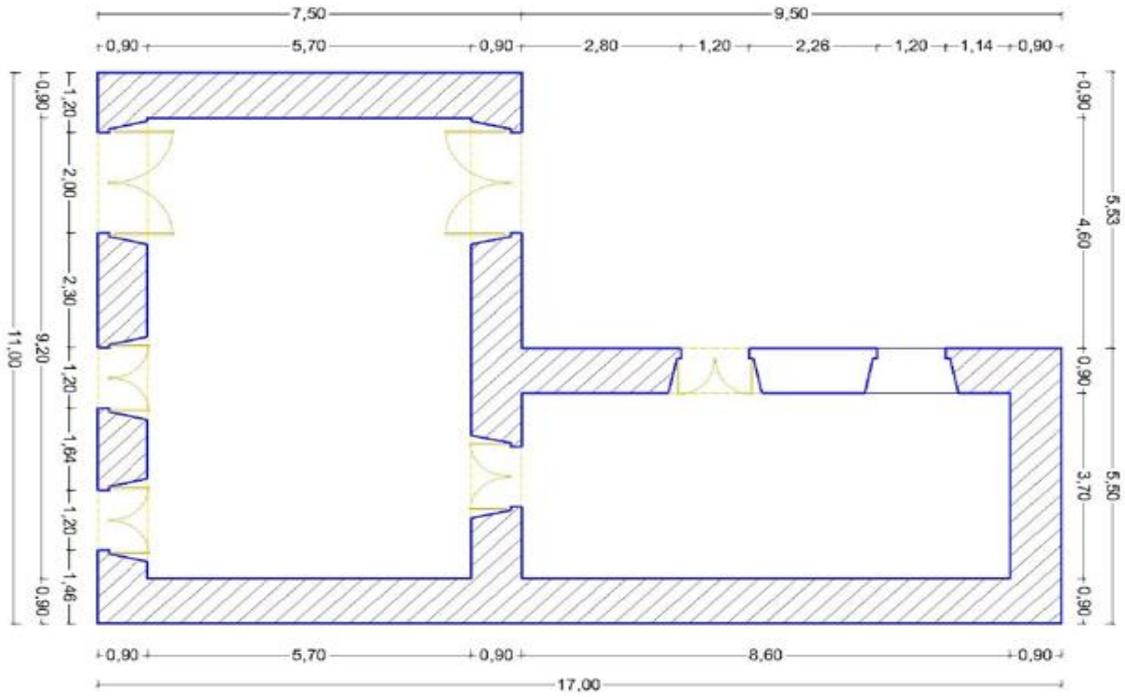
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

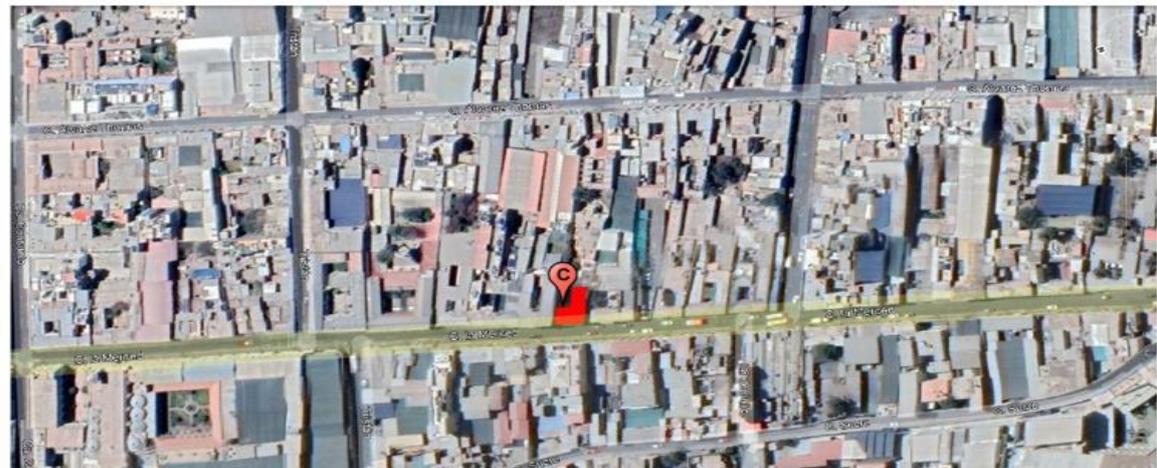
CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-14



MAPA TEMATICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 19 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Caro C.I.P. 91865 Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C15	
Dirección:	Calle la Merced N° 434	
Año de construcción:	1790 - 1820	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 229193.56 N: 8154105.23	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Volcánica)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Con intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> Ausencia de planos a desnivel La deformabilidad del diafragma es despreciable. Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provista de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45

III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA

INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3$ o β_2	45

INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

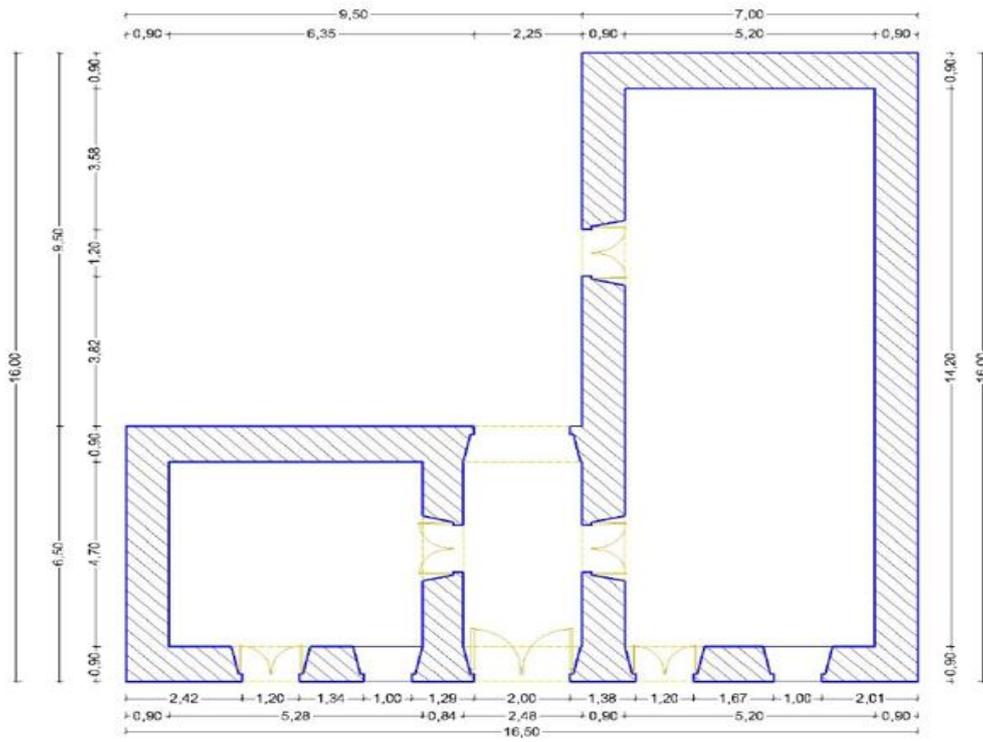
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-15



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 20 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C16	
Dirección:	Calle La Merced 8750	
Año de construcción:	1790 - 1795	
Coordenadas:	ZONA: 190 E: 22°16'4.38 N: 81°24'25.70	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Uniforme)	
Propietario:	Particular	
Intervención:	sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

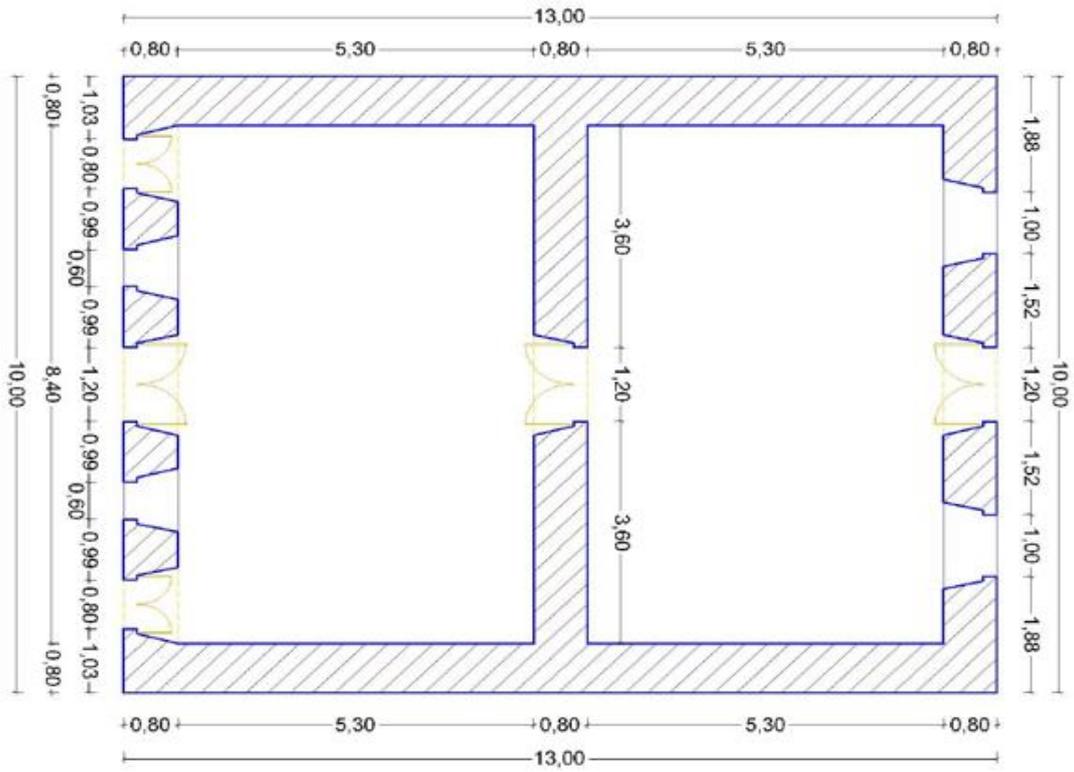
CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-16



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 20 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil Jhon Salas Yhocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C17	
Dirección:	C. San Francisco 8/184	
Año de construcción:	1170 - 1810	
Coordenadas:	ZONA: P15 E: 229150.55 N: 8185830.59	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Volcanica)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

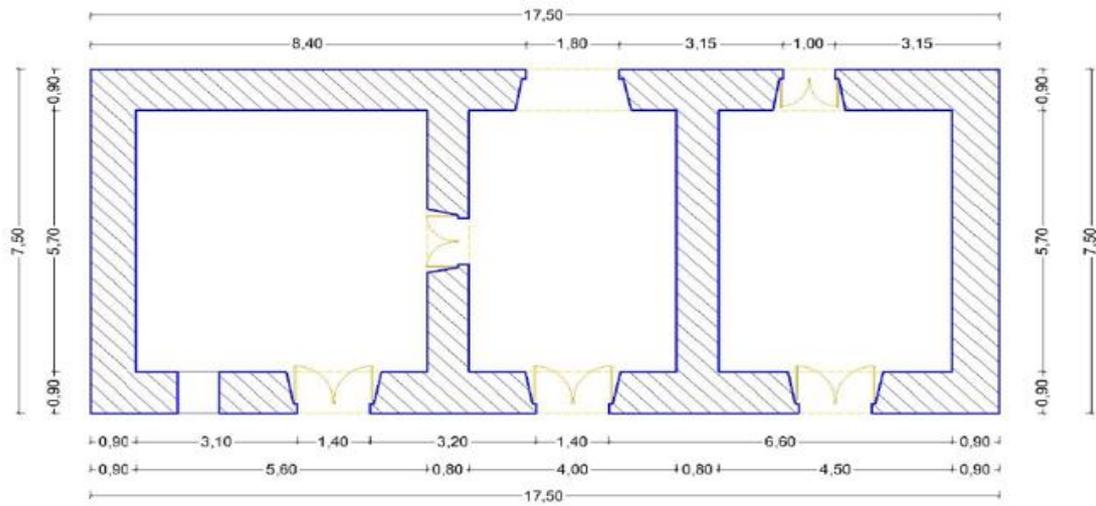
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 1$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-17



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 20 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C18	
Dirección:	C. San Juan de Dios #181	
Año de construcción:	1770 - 1780	
Coordenadas:	ZONA: J95 E: 22928.58 N: 81899.3536	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Valenciana)	
Propietario:	Partido	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

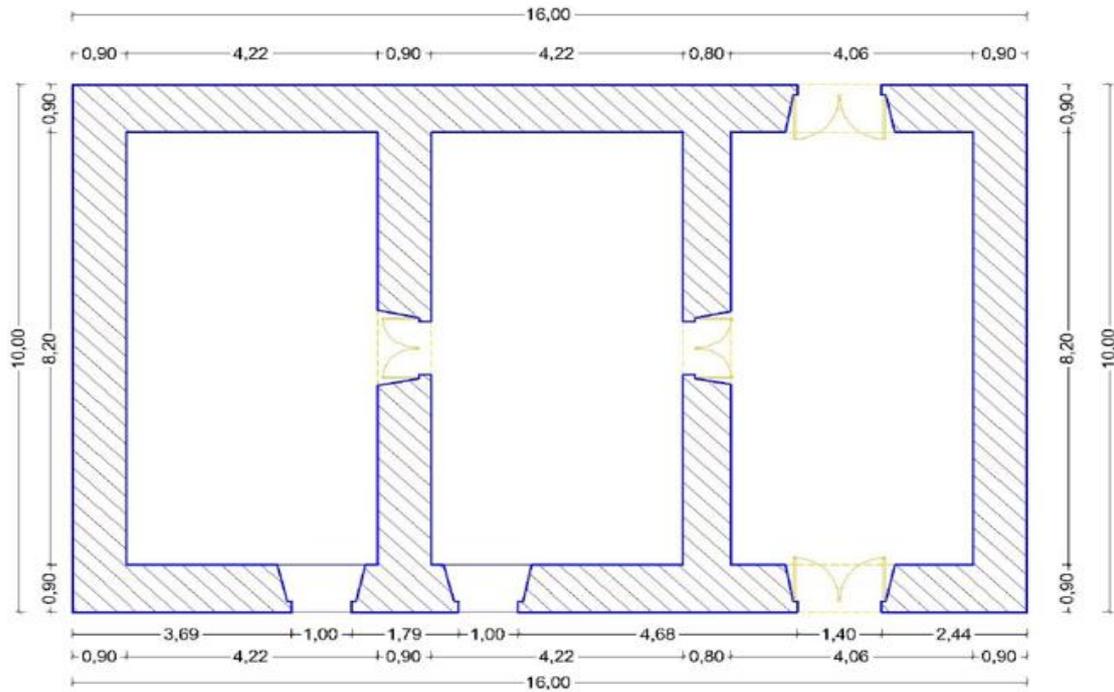
INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3$ o $\beta_2 < 0.2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente esté entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-18



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA





UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.

INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad.

AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena

FECHA: 20 de noviembre del 2023

VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Córdova Cano C.I.P. 91865
Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969
Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C19	
Dirección:	Calte. San Comilo 8° N12	
Año de construcción:	1770 - 1785	
Coordenadas:	ZONA: J95 E: 229200.72 N: 5154939.32	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Trabaja (Trabaja Ychocan)	
Propietario:	Particular	
Intervención:	Con intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> Ausencia de planos a desnivel La deformabilidad del diafragma es despreciable. Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45

III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA

INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45

INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

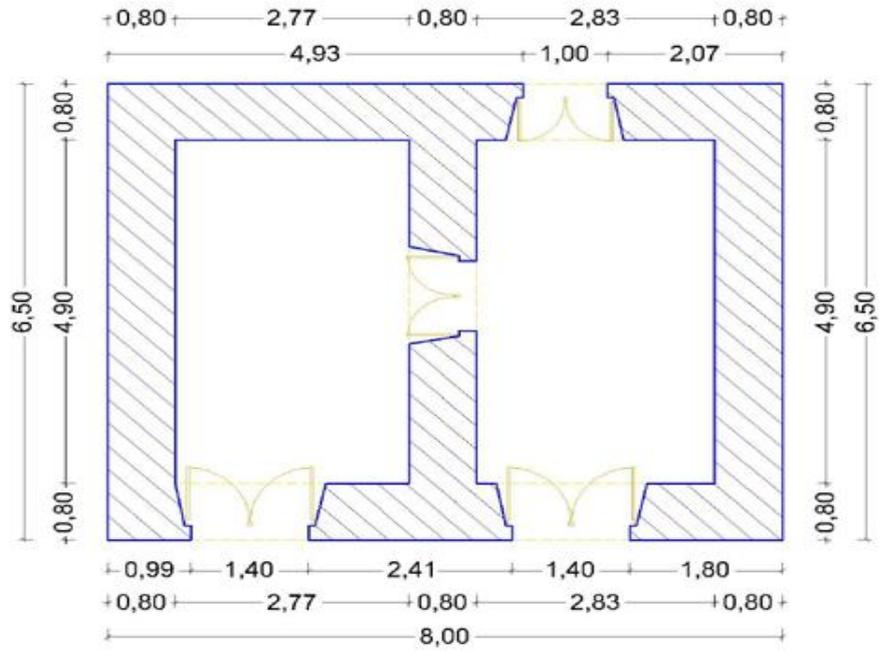
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5°.	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15°. Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10°.	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25°.	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25°.	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s < 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-19



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 20 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91855 Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C20	
Dirección:	Calle Basilio N°457	
Año de construcción:	1765 - 1770	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 229244.11 N: 5184930.97	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar Piedra Volcánica	
Propietario:	Privado	
Intervención:	sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas. ✓	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento ✓	45

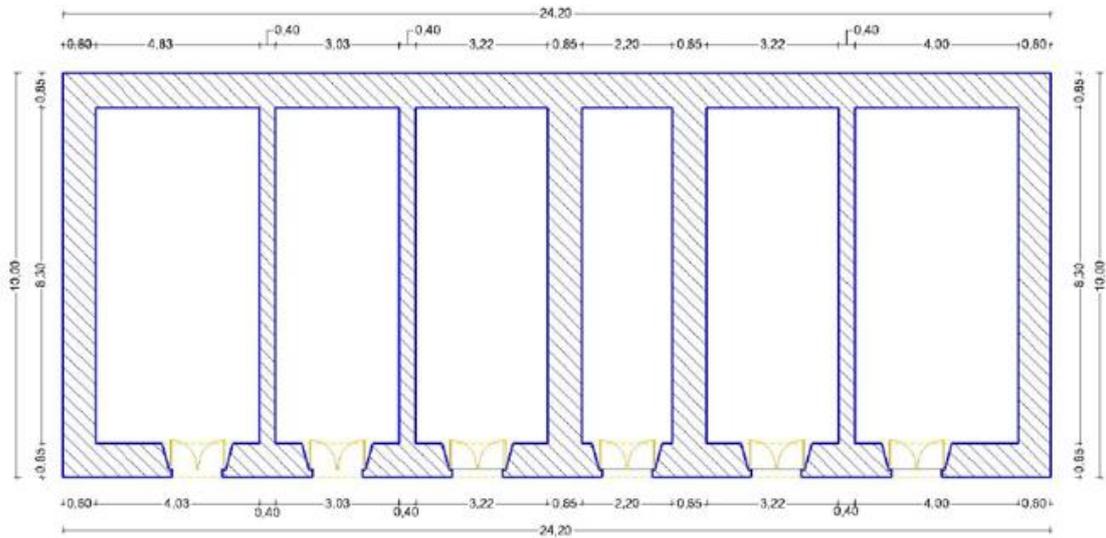
INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-20



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023. INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad. AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena FECHA: 21 de noviembre del 2023 VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 204969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL		
Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C21	
Dirección:	Calle Rivera 8° 209	
Año de construcción:	1990 - 1800	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 229132.03 N: 9195423.72	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Siller (Piedra Valtonaga)	
Propietario:	Partida	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL		
INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

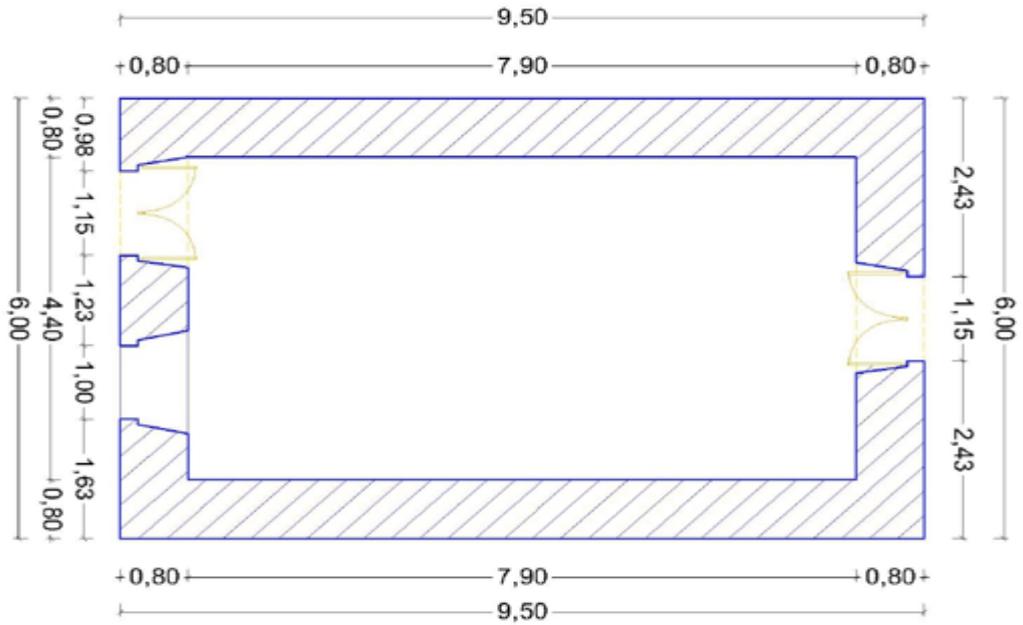
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s \leq 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-21



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.	
INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad.		AUTORES: Bach. Alberto Mamari Norabuena
FECHA: 21 de noviembre del 2023		VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865 Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 294969 Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14638

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C22	
Dirección:	Calte Anasuco N° 214	
Año de construcción:	1798-1805	
Coordenadas:	ZONA: J45 E: 229602.07 N: 5186690.55	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra irregular)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45
INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

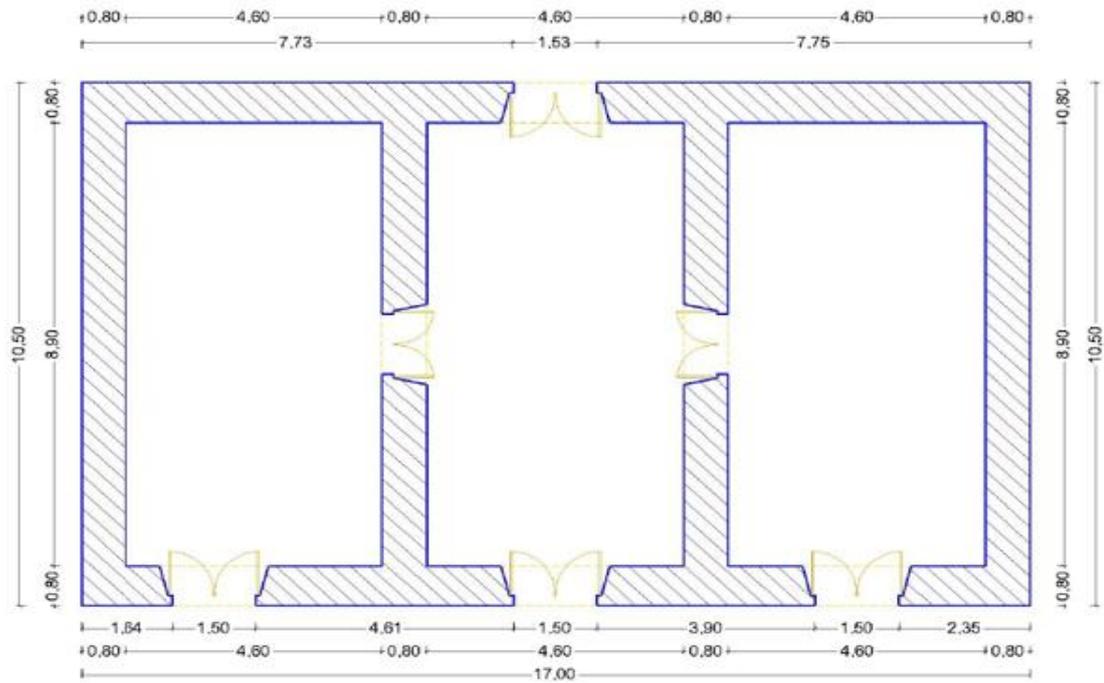
INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	KI
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	KI
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45
INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45
IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45
INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-22



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.

INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad.

AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena

FECHA: 21 de noviembre del 2023

VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865

Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 394969

Arq. Vernie L. Choquehuanca Laura C.A.P. 14858

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C23	
Dirección:	Calle Melgar N° 212	
Año de construcción:	1795 - 1820	
Coordenadas:	ZONA: 195 E: 229514.78 N: 9185528.46	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Siller (Piedra Uchuana)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	Sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45
INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45
INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbreira o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbreira.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira.	45
III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$	45
INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

IV. OE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

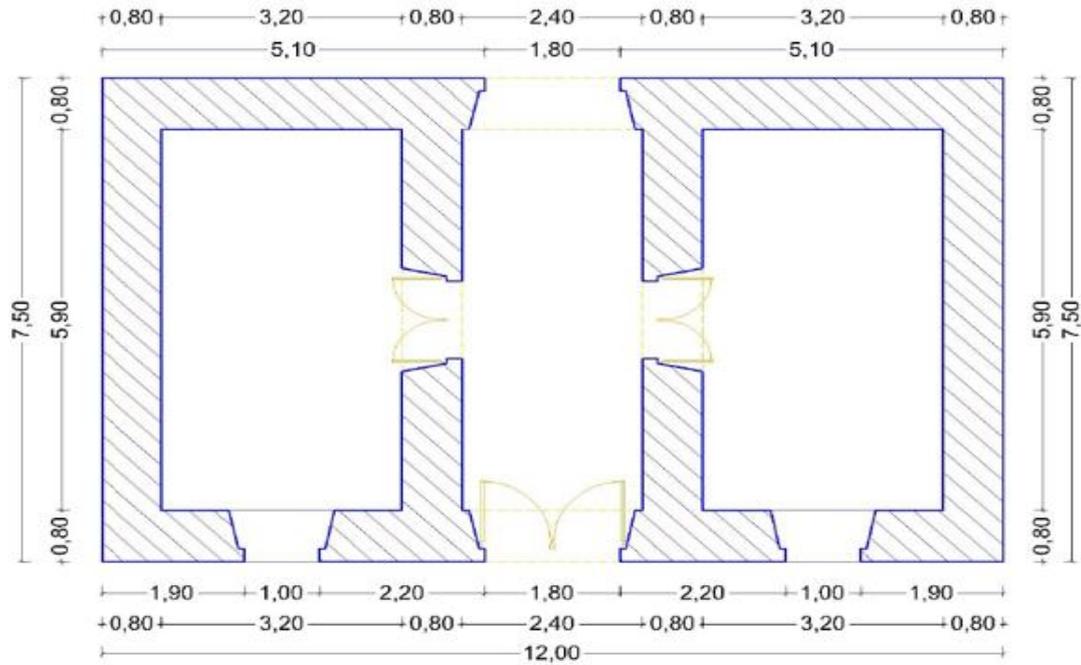
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales a 5° .	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15° . Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10° .	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25° .	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15° . Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25° .	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s < 0.4$	45

CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFIA C-23



MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.

INSTRUMENTO: Ficha de evaluación de la vulnerabilidad.

AUTORES: Bach. Alberto Mamani Norabuena

FECHA: 21 de noviembre del 2023

VALIDADO POR: Ing. Mag. Miguel E. Cordova Cano C.I.P. 91865
Ing. Civil Jhon Salas Ychocan C.I.P. 394969
Arq. Vernie L. Choguehuanca Laura C.A.P. 14658

I. INFORMACIÓN GENERAL

Datos	Descripción	Fotografía
Código:	C24	
Dirección:	Calte Santh Maria 197m	
Año de construcción:	1799-1810	
Coordenadas:	ZONA: J95 E: 229675.35 N: 8195371.09	
Estilo arquitectónico:	Neoclásico	
Mampostería:	Sillar (Piedra Vallejina)	
Propietario:	Privado	
Intervención:	sin intervención	

II. OE1: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.	0
B	Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o poseen vigas y columnas de confinamiento, pero no en todas las plantas.	5
C	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que se encuentra constituido por paredes ortogonales bien ligadas.	20
D	Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas.	45

INDICADOR 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Mampostería de ladrillo de buena calidad o mampostería en piedra bien cortada, piezas homogéneas y de dimensiones constantes a lo largo de todo el elemento. Presencia de trabazón entre las unidades de mampostería. Mortero o ligamento de buena calidad.	0
B	Mampostería en ladrillo o piedra bien cortada, con presencia de ligamento entre las unidades de mampostería, con mampostería no muy homogénea a lo largo de todo el elemento.	5
C	Mampostería de ladrillo de baja calidad, y con poca presencia de ligamento, o Mampostería en piedra mal cortada, con piezas no homogéneas, pero bien trabadas a lo largo del elemento.	25
D	Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con piezas no homogéneas o sin presencia de ligamento	45

INDICADOR 3: DIAFRAGMAS HORIZONTALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfagan las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de planos a desnivel • La deformabilidad del diafragma es despreciable. • Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz. 	0
B	Edificación con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen una de las condiciones.	5
C	Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.	15
D	Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	45

INDICADOR 4: ESTADO DE CONSERVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Muros y columnas en buena condición, sin daño visible. Cubiertas y techos en excelente estado	0
B	Muros y columnas con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el elemento, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocados por terremotos. Caída de pañete y daño de tejas en la cubierta.	5
C	Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructuras que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los muros.	25
D	Muros y columnas que presentan un grave deterioro físico de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Gran daño en el sistema de cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.	45

INDICADOR 5: TIPO DE CUBIERTA		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con cubierta estable y provisto de viga cumbre o edificación con cubierta plana.	0
B	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbre o edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbre.	15
C	Edificación con cubierta inestable pero provista de viga cumbre.	25
D	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbre.	45

III. OE2: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA

INDICADOR 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Viviendas con: $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$	0
B	Viviendas con: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	5
C	Viviendas con: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	25
D	Viviendas con: $0.4 > \beta_1 \geq 0.3$ o β_2	45

INDICADOR 7: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Vivienda que es de elevación simple o presenta geometría vertical regular.	0
B	Vivienda que es de elevación simple.	5
C	Vivienda que no es de elevación simple.	25
D	Vivienda que presenta complejidad en su elevación y es irregular.	45

INDICADOR 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Vivienda con $L/s \leq 4.7$	0
B	Vivienda con $4.7 < L/s < 5.6$	5
C	Vivienda con $5.6 \leq L/s < 7.8$	25
D	Vivienda con $L/s \geq 7.8$	45

INDICADOR 9: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificación con ausencia de componentes no estructurales mal acoplados a los elementos resistentes	0
B	Edificación con parapetos y balcones óptimamente acoplados a los elementos resistentes.	0
C	Edificación con parapetos y balcones mal acoplados a los elementos resistentes y a su vez, estas están desgastados por su antigüedad.	25
D	Edificación que presenta tanques de agua u otros tipos de elementos en el techo, mal acoplados a los elementos resistentes o presencia de elementos de mucho peso, construcción deficiente y en estado deplorable.	45

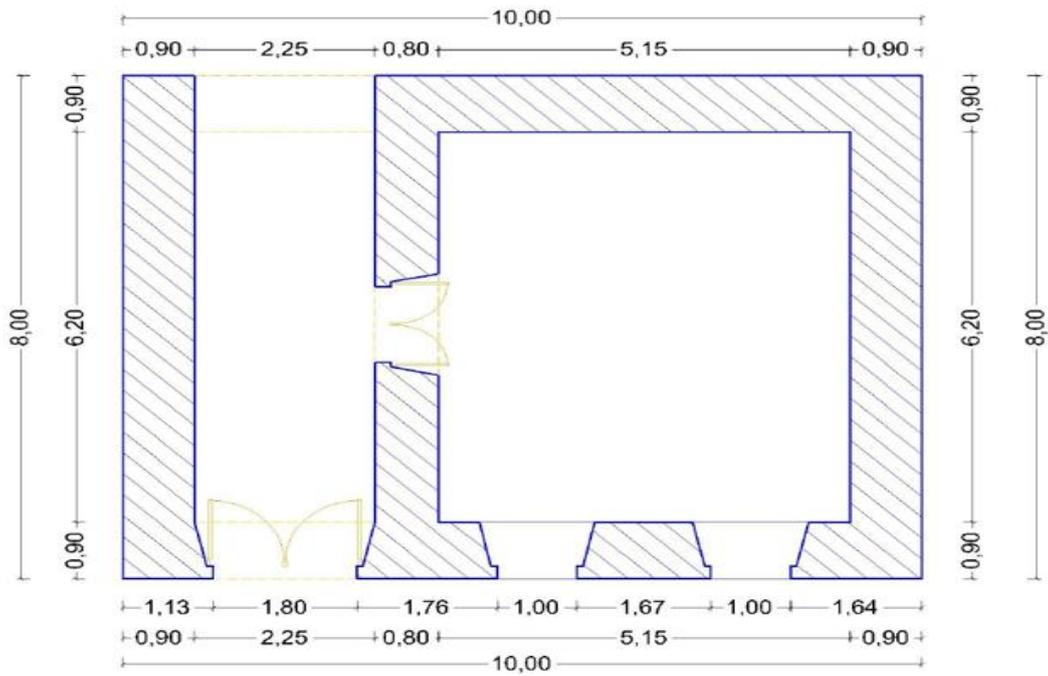
IV. DE3: EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA		
INDICADOR 10: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y TOPOGRÁFICAS		
CLASE	Criterios de evaluación	Ki
A	Edificaciones que se encuentran cimentadas en suelos rígidos o rocas y con pendientes menores o iguales al 5°.	0
B	Edificaciones cimentadas en rocas o suelos semirrígidos, donde su pendiente está entre 5° y 15°. Edificaciones cimentadas en terreno suelto con pendientes comprendidas entre 5° y 10°.	5
C	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes entre el 10° y el 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes entre 15° y 25°.	25
D	Edificaciones cimentadas en terreno suelto, con pendientes mayores a 15°. Edificaciones cimentadas en terreno rocoso con pendientes mayores a 25°.	45

INDICADOR 11: RESISTENCIA CONVENCIONAL		
CLASE	CONDICIONES	Ki
A	Edificación con $F_s \geq 1$	0
B	Edificación con $0.6 \leq F_s < 1$	5
C	Edificación con $0.4 < F_s < 1$	25
D	Edificación con $F_s \leq 0.4$	45

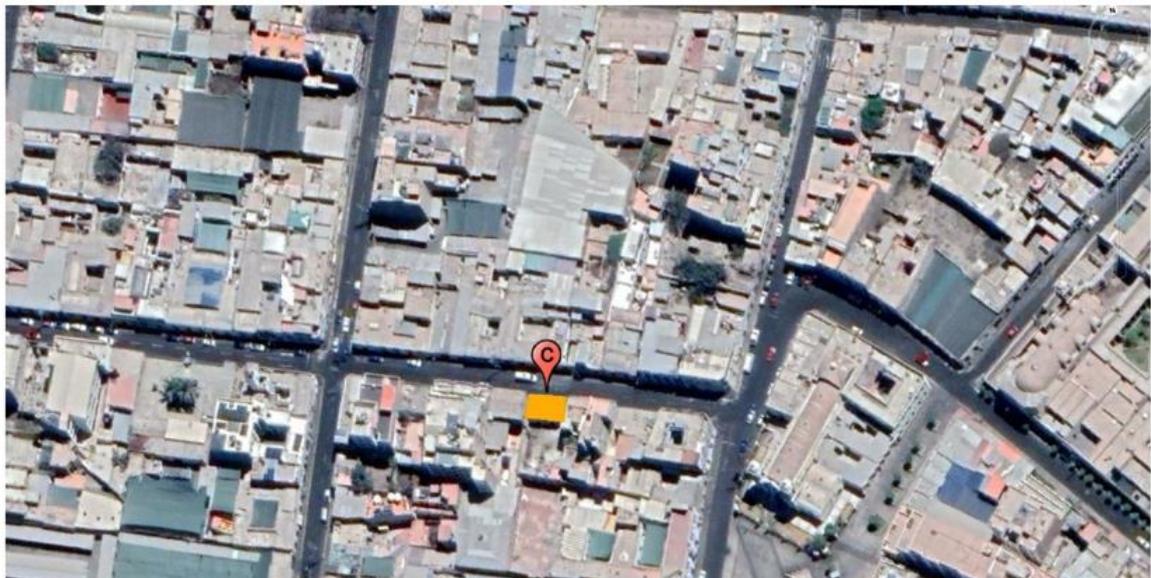
CÁLCULO Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CASONA	
$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$	
Niveles de vulnerabilidad	Rangos
No vulnerable	0
Vulnerabilidad baja	0 - 53
Vulnerabilidad media	53 - 201.25
Vulnerabilidad alta	201.25 - 382.25
RESULTADO FINAL	

Fuente: Adaptado de Díaz (2019) con base a Benedetti y Petrini (1986).

PLANO Y FOTOGRAFÍA C-24



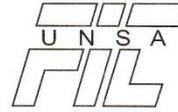
MAPA TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD PARA LA CASONA



Anexo 6. Resultados de ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierias



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: COMPRESION SIMPLE

SOLICITA ALBERTO MAMANI NORABUENA
OBRA TESIS: "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS CASONAS COLONIALES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE AREQUIPA 2023".
UBICACIÓN AREQUIPA
MATERIAL CUBOS DE ROCA VOLCÁNICA DE 7.5 x 8.0 x 10.00 CM.
NORMA ASTM C170-C170M-14
EXPEDIENTE 122-666
FECHA AREQUIPA, 2023 DICIEMBRE 29.

ESPECIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE ROTURA	ANCHO cm	LARGO cm	ALTURA cm	AREA BRUTA cm ²	CARGA kg	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm ²	ESFUERZO DE ROTURA MPa
M-1	21/11/2023	6.95	9.79	8.33	68.04	2926	43	4.22
M-2	21/11/2023	6.90	9.80	8.30	67.62	2245	33	3.26
M-3	21/11/2023	6.88	9.77	8.32	67.22	1973	29	2.88
M-4	21/11/2023	6.80	9.85	8.21	66.98	2155	32	3.15
M-5	21/11/2023	7.10	9.84	8.20	69.86	4400	63	6.18
M-6	22/11/2023	7.54	9.78	8.29	73.74	2835	38	3.77
M-7	22/11/2023	7.79	9.82	8.43	76.50	1905	25	2.44
M-8	22/11/2023	7.70	9.80	8.34	75.46	2903	38	3.77
M-9	22/11/2023	7.83	9.73	8.35	76.19	2744	36	3.53
M-10	22/11/2023	7.88	10.50	8.33	82.74	4536	55	5.38

Observaciones:

- Las muestras fueron colocadas en el Laboratorio por el solicitante

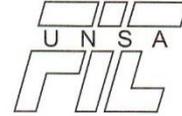
LABORATORIO DE CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Lucio Gamero Huarcaya
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 48673





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierias



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: COMPRESION SIMPLE

SOLICITA ALBERTO MAMANI NORABUENA
OBRA TESIS: "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS CASONAS COLONIALES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE AREQUIPA 2023".
UBICACIÓN AREQUIPA
MATERIAL CUBOS DE ROCA VOLCÁNICA DE 7.5 x 8.0 x 10.00 CM.
NORMA ASTM C170-C170M-14
EXPEDIENTE 122-666
FECHA AREQUIPA, 2023 DICIEMBRE 27.

ESPECIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE ROTURA	ANCHO cm	LARGO cm	ALTURA cm	AREA BRUTA cm ²	CARGA kg	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm ²	ESFUERZO DE ROTURA MPa
M-1	21/11/2023	7.52	9.97	8.33	74.97	5851	78	7.65
M-2	21/11/2023	7.49	9.90	8.36	74.15	6010	81	7.95
M-3	21/11/2023	7.56	9.85	8.31	74.47	5171	69	6.81
M-4	21/11/2023	7.70	9.91	8.28	76.31	4876	64	6.27
M-5	21/11/2023	7.70	9.80	8.30	75.46	4128	55	5.36
M-6	22/11/2023	7.40	9.96	8.29	73.70	4967	67	6.61
M-7	22/11/2023	7.22	9.33	8.28	67.36	3833	57	5.58
M-8	22/11/2023	7.16	9.86	8.38	70.60	4649	66	6.46
M-9	22/11/2023	6.84	9.88	8.23	67.58	2359	35	3.42
M-10	22/11/2023	6.89	9.79	8.15	67.45	2540	38	3.69

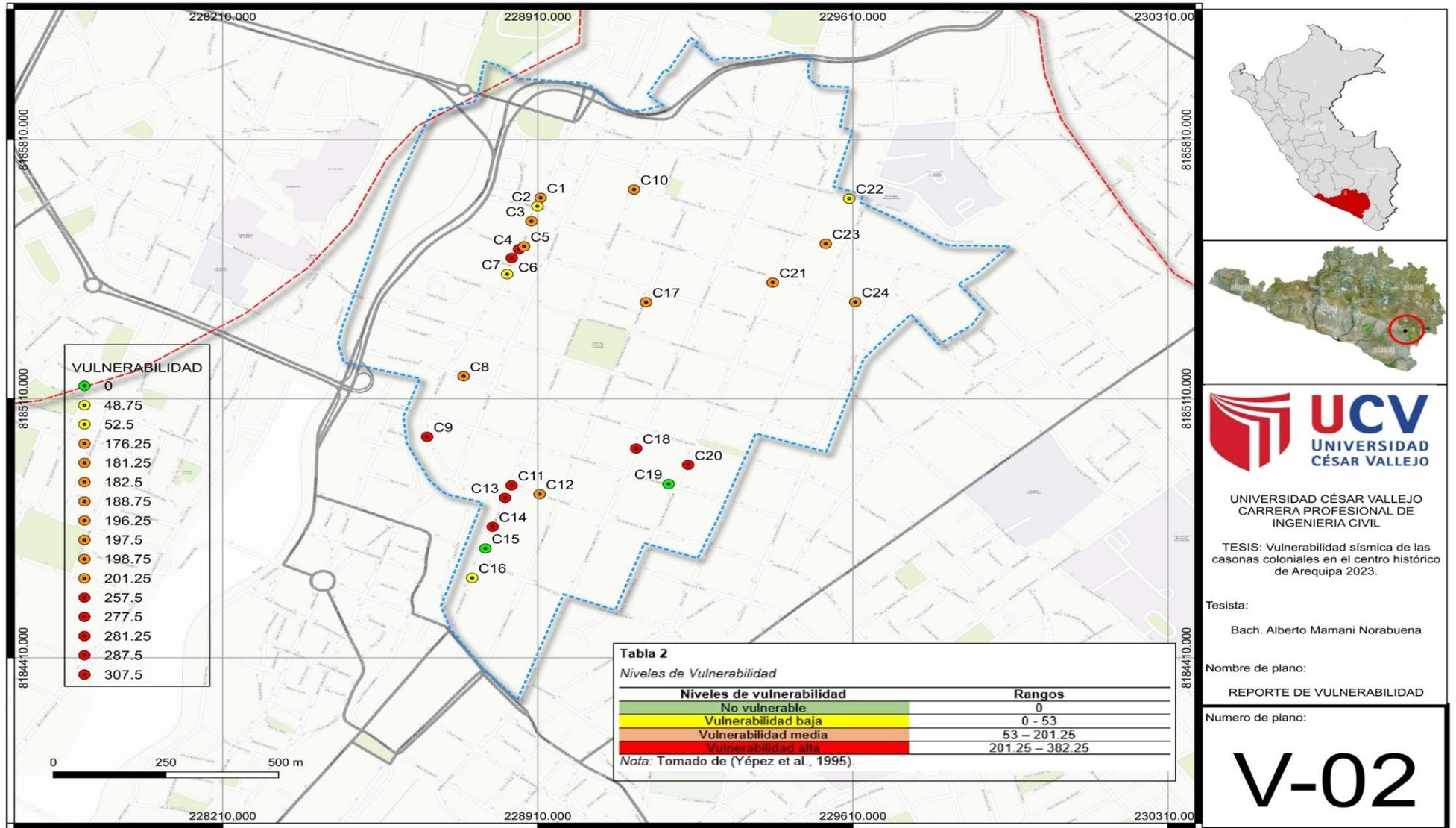
Observaciones:

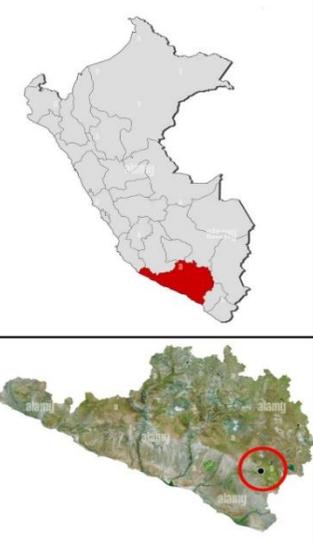
- Las muestras fueron colocadas en el Laboratorio por el solicitante

LABORATORIO DE CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil
Lucio Caceres Huaracaya
Ing. Lucio Caceres Huaracaya
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 40873



Anexo 7. Mapas temáticos





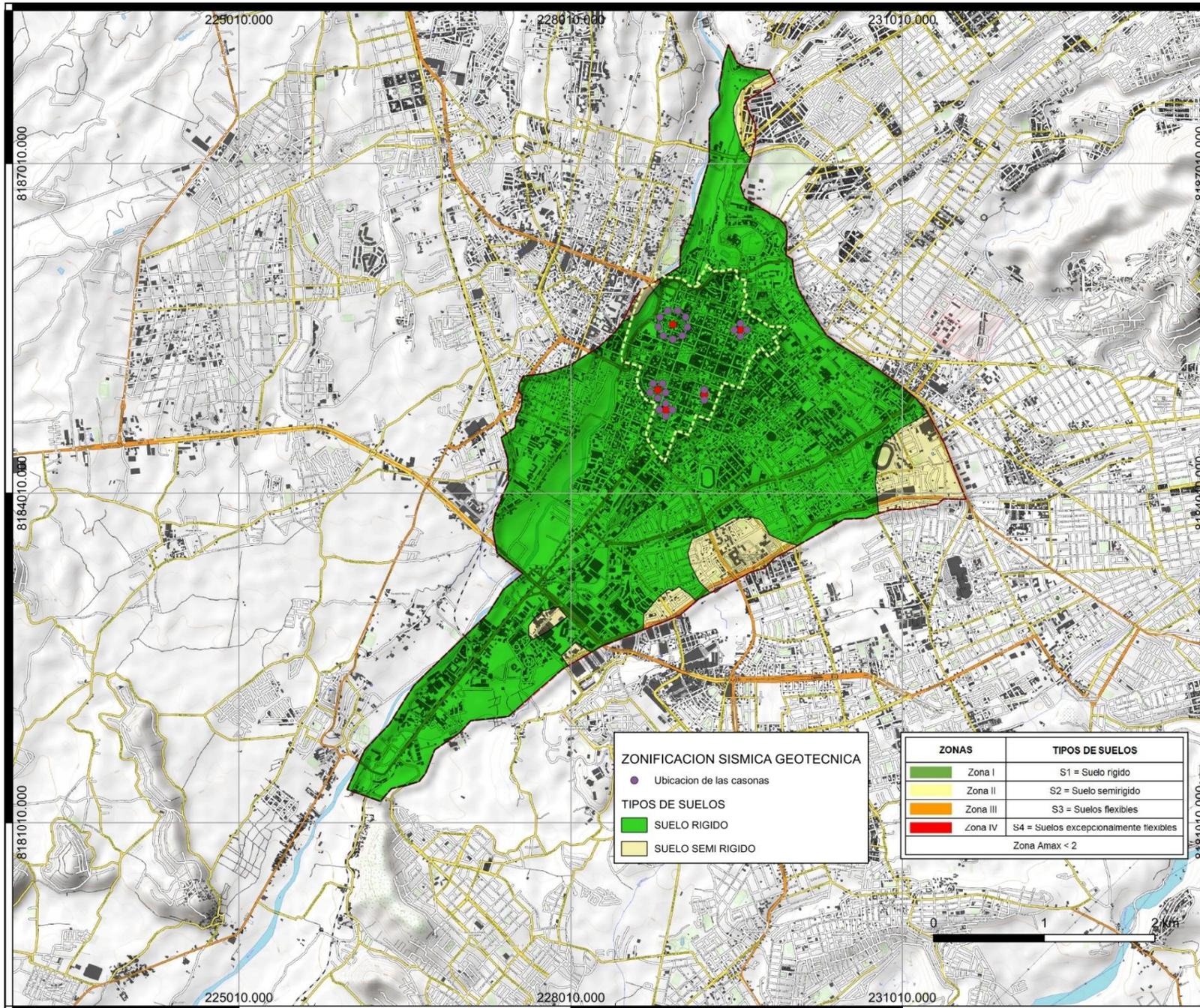
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 CARRERA PROFESIONAL DE
 INGENIERIA CIVIL

TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las
 casonas coloniales en el centro histórico
 de Arequipa 2023.

Tesisista:
 Bach. Alberto Mamani Norabuena

Nombre de plano:
 CASONAS CENTRO HISTORICO

Numero de plano:
V-03



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Vulnerabilidad sísmica de las casonas coloniales en el centro histórico de Arequipa 2023.

Tesista:
Bach. Alberto Mamani Norabuena

Nombre de plano:
MICRO ZONIFICACION SISMICA

Numero de plano:

V-04

ZONIFICACION SISMICA GEOTECNICA	
●	Ubicacion de las casonas
TIPOS DE SUELOS	
■	SUELO RIGIDO
■	SUELO SEMI RIGIDO

ZONAS	TIPOS DE SUELOS
■ Zona I	S1 = Suelo rígido
■ Zona II	S2 = Suelo semirígido
■ Zona III	S3 = Suelos flexibles
■ Zona IV	S4 = Suelos excepcionalmente flexibles
Zona Amax < 2	

Anexo 8. Panel fotográfico

TRABAJOS DE CAMPO - INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS





TRABAJOS DE CAMPO – LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO



TRABAJOS DE CAMPO – EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE SILLAR



TRABAJOS DE LABORATORIO – ENSAYO DE COMPRESIÓN

