

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE
BENEDETTI-PETRINI DE LAS VIVIENDAS UBICADAS EN ZONAS DE
EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE CHOTA, 2022**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentada por:

KEVIN WÍLINTON APAÉSTEGUI BARBOZA

Asesor:

M.Cs. MANUEL LINCOLN MINCHAN PAJARES

Cajamarca, Perú

2025



**Universidad
Nacional de
Cajamarca**

"Norte de la Universidad Peruana"



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Kevin Wilinton Apaéstegui Barboza
DNI: 74157091
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería y Gerencia de la Construcción
2. Asesor: M.Cs. Manuel Lincoln Minchán Pajares
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, 2022
6. Fecha de evaluación: **25/07/2025**
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **12%**
9. Código Documento: **3117: 475736379**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **31/07/2025**

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 Ing. Lincoln Minchán Pajares INGENIERO CIVIL C.P.N. 5344 M.Cs. Manuel Lincoln Minchán Pajares DNI: 26704942

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by
KEVIN WÍLINTON APAÉSTEGUI BARBOZA
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDUCI

Escuela de Posgrado
CAJAMARCA – PERU
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS



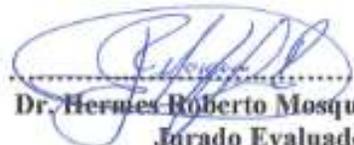
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas, del día 11 de Junio de dos mil veinticinco, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMÍREZ**, **DR. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS**, **M. CS. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO**, y en calidad de Asesor el **M. CS. MANUEL LINCOLN MINCHÁN PAJARES**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada **“VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI-PETRINI DE LAS VIVIENDAS UBICADAS EN ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE CHOTA, 2022”**, presentada por el bachiller en Ingeniería Civil **KEVIN WILINTON APAÉSTEGUI BARBOZA**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de VEINTISIETE (17) la mencionada Tesis; en tal virtud, el bachiller en Ingeniería Civil, **KEVIN WILINTON APAÉSTEGUI BARBOZA**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las 12:15 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
M. Cs. Manuel Lincoln Minchán Pajares
Asesor


.....
Dr. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez
Jurado Evaluador


.....
Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado Evaluador


.....
M. Cs. José Luis Marchena Araujo
Jurado Evaluador

Dedicatoria:

Primeramente, a Dios, por darme salud a mí y todos mis seres queridos a los que aprecio bastante.

En el cielo para mi abuelita Zulema, es la luz que me ilumina día a día.

Este trabajo también va dedicado a mis queridos padres, por el apoyo que me brindan día a día en este largo camino. A mi hermana por el esfuerzo que hace cada día para salir adelante.

En especial para Karen y para mi hijo Kevin Matheo que son el motor e inspiración para salir adelante.

Este trabajo no habría sido posible sin todos los anteriores mencionados, ya que son parte fundamental de mi vida, este trabajo va dedicado a ustedes.

Agradecimiento:

Quiero agradecer a cada una de las personas que han contribuido de una u otra manera a la presente investigación, su contribución ha sido muy importante para la realización de la presente tesis y estaré eternamente agradecido por sus contribuciones, ya que sin ellos no habría sido posible la culminación del presente trabajo.

Un agradecimiento especial al M. Cs. Manuel Lincoln Minchan Pajares, por su dedicación, orientación y paciencia han sido importantes para el desarrollo de la presente investigación y mi experiencia académico ha sido muy provechosa en esta nueva etapa.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de Cajamarca, le estoy agradecido por ser esa casa de estudios donde he aprendido y he obtenido un crecimiento profesional, además de su calidad educativa y su excelencia académica.

A la escuela de Posgrado de Ingeniería por las enseñanzas brindadas y los excelentes docentes que me orientaron en este camino de aprendizaje.

A mis familiares, amigos, y demás personas que me brindaron su apoyo y aliento para no desvanecer en este proceso.

Finalmente, a cada una de las personas que son parte de mi vida, un agradecimiento especial porque de ustedes uno siempre aprende algo más día a día.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Contextualización	1
1.1.2. Descripción del problema	3
1.1.3. Formulación del problema (Pregunta general y auxiliares)	4
1.2. Justificación	4
1.3. Delimitación de la investigación	6
1.4. Limitaciones	7
1.5. Objetivo (s) de la investigación: general y específicos	8
II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales	9
2.1.2. Antecedentes Nacionales	10
2.1.3. Antecedentes Locales	12
2.2. Marco doctrinal de las teorías particulares en el campo de la ciencia en la que se ubica el objeto de estudio (Bases teóricas)	15
2.2.1. Vulnerabilidad	15
2.2.2. Sismicidad	15
2.2.3. Causas de los movimientos sísmicos	16
2.2.4. Tipos de sismos	16
2.2.5. Medición de un sismo.	19
2.2.6. Actividad sismo – tectónica del Perú.....	22
2.2.7. Fuentes sismogénicas del Perú.....	23
2.2.8. Albañilería.....	23
2.2.9. Vulnerabilidad Sísmica.....	26
2.2.10. Métodos para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica	28
2.2.11. Método de Benedetti-Petrini.	28
2.3. Marco conceptual	45
2.4. Definición de términos básicos	46

III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES	48
3.1. Hipótesis: general y específicas	48
3.2. Variables/categorías	48
3.3. Operacionalización/ categorización de los componentes de las hipótesis	49
IV. MARCO METODOLÓGICO	50
4.1. Ubicación geográfica (de acuerdo a la naturaleza de la investigación)	50
4.2. Métodos de investigación.....	50
4.3. Diseño de la Investigación	50
4.3.1. Fichas de evaluación para viviendas de albañilería utilizando el método de Benedetti-Petrini.	51
4.3.2. Trabajo en campo	56
4.3.3. Trabajo de gabinete	57
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.....	63
4.4.1. Población.....	63
4.4.2. Muestra.	66
4.4.3. Unidades de análisis.	67
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	67
4.5.1. Técnicas.	67
4.5.2. Instrumentos.	67
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.	67
4.7. Equipos, materiales, insumos, etc.	68
4.8. Matriz de consistencia metodológica.	68
V. RESULTADOS Y DISCUSION	70
5. 1. Presentación de Resultados.....	70
5.1.1. Caracterización de viviendas.....	70
5.1.2. Estimación de parámetros de vulnerabilidad.	71
5.1.3. Estimación de la vulnerabilidad global.....	82
5. 2. Discusión de resultados.	83
5.2.1. Aspectos Estructurales.....	83
5.2.2. Aspectos Constructivos.....	84
5.2.3. Aspectos Geométricos	86
5.2.4. Comparación con otras investigaciones.....	86

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
6. 1. Conclusiones	88
6. 2. Recomendaciones.....	89
7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	90
8. ANEXOS	93
8.1. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA	93
8.2. PANEL FOTOGRÁFICO.....	96
8.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO	100
8.4. FICHA DE EVALUACIÓN.....	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Área urbana ocupada en la ciudad de Chota.</i>	7
Tabla 2 <i>Escala sísmica modificada de Mercalli.</i>	19
Tabla 3 <i>Escala de Magnitud sísmica de Richter/Magnitud local (ML).</i>	21
Tabla 4 <i>Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para mampostería.</i>	33
Tabla 5 <i>Factores de vulnerabilidad, clases y pesos para edificios en mampostería.</i>	42
Tabla 6 <i>Asignación de clases a los edificios de mampostería no reforzada (Benedetti-Petrini)</i>	42
Tabla 7 <i>Interpolación lineal para el método.</i>	43
Tabla 8 <i>Rangos de índices de vulnerabilidad (Secundino Ramirez, 2020).</i>	44
Tabla 9 <i>Operacionalización de los componentes de la hipótesis.</i>	49
Tabla 10 <i>Equipos, materiales, insumos utilizados en la investigación.</i>	68
Tabla 11 <i>Matriz de consistencia metodológica</i>	69
Tabla 12 <i>Viviendas de estudio según sectores de expansión urbana</i>	70
Tabla 13 <i>Calificación del parámetro 1.</i>	71
Tabla 14 <i>Calificación del parámetro 2.</i>	72
Tabla 15 <i>Calificación del parámetro 3.</i>	73
Tabla 16 <i>Calificación del parámetro 4.</i>	74
Tabla 17 <i>Calificación del parámetro 5.</i>	75
Tabla 18 <i>Calificación del parámetro 6.</i>	76
Tabla 19 <i>Calificación del parámetro 7.</i>	77
Tabla 20 <i>Calificación del parámetro 8.</i>	78
Tabla 21 <i>Calificación del parámetro 9.</i>	79

Tabla 22 <i>Calificación del parámetro 10.</i>	80
Tabla 23 <i>Calificación del parámetro 11.</i>	81
Tabla 24 <i>Vulnerabilidad sísmica de zonas de expansión urbana en la ciudad de Chota, 2022.</i>	82
Tabla 25 <i>Cálculo de la vulnerabilidad sísmica de viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota.</i>	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ondas Sísmicas.....	16
Figura 2 Generación de un tsunami debido a una falla inversa.....	17
Figura 3 Tipo de sismo por su origen: interplaca (entre placas), intraplaca (dentro de la placa subducida) y cortical (dentro de la placa superior).....	18
Figura 4 Rasgos tectónicos en Perú.....	22
Figura 5 Fuentes de sismos en Perú.....	23
Figura 6 Tipos y clasificación de albañilería.....	24
Figura 7 Esquema estructural de albañilería confinada.....	26
Figura 8 Configuración en planta de la estructura.....	37
Figura 9 Configuración en altura de la estructura.....	38
Figura 10 Tipología de cubiertas.....	40
Figura 11 Datos generales de la ficha de evaluación para viviendas de albañilería.....	51
Figura 12 Parámetro 1 de la ficha de evaluación.....	52
Figura 13 Parámetro 2 de la ficha de evaluación.....	52
Figura 14 Parámetro 3 de la ficha de evaluación.....	53
Figura 15 Parámetro 4 de la ficha de evaluación.....	53
Figura 16 Parámetro 5 de la ficha de evaluación.....	53
Figura 17 Parámetro 6 de la ficha de evaluación.....	54
Figura 18 Parámetro 7 de la ficha de evaluación.....	54
Figura 19 Parámetro 8 de la ficha de evaluación.....	54
Figura 20 Parámetro 9 de la ficha de evaluación.....	55
Figura 21 Parámetro 10 de la ficha de evaluación.....	55
Figura 22 Parámetro 11 de la ficha de evaluación.....	55

Figura 23	Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.....	56
Figura 24	Clasificación del parámetro 1 del método Benedetti Petrini	58
Figura 25	Clasificación del parámetro 2 del método de Benedetti Petrini	58
Figura 26	Clasificación del parámetro 3 del método de Benedetti Petrini	59
Figura 27	Clasificación del parámetro 4 del método de Benedetti Petrini	59
Figura 28	Clasificación del parámetro 5 del método de Benedetti Petrini	60
Figura 29	Clasificación del parámetro 6 del método de Benedetti Petrini	60
Figura 30	Clasificación del parámetro 7 del método de Benedetti Petrini	61
Figura 31	Clasificación del parámetro 8 del método de Benedetti Petrini	61
Figura 32	Clasificación del parámetro 9 del método de Benedetti Petrini	62
Figura 33	Clasificación del parámetro 10 del método de Benedetti Petrini	62
Figura 34	Clasificación del parámetro 11 del método de Benedetti Petrini	63
Figura 35	Plan de desarrollo urbano.	64
Figura 36	Viviendas de estudio según sectores de expansión urbana	71
Figura 37	Distribución esquemática del parámetro 1	72
Figura 38	Distribución esquemática del parámetro 2	73
Figura 39	Distribución esquemática del parámetro 3	74
Figura 40	Distribución esquemática del parámetro 4	75
Figura 41	Distribución esquemática del parámetro 5	76
Figura 42	Distribución esquemática del parámetro 6	77
Figura 43	Distribución esquemática del parámetro 7	78
Figura 44	Distribución esquemática del parámetro 8	79
Figura 45	Distribución esquemática del parámetro 9	80
Figura 46	Distribución esquemática del parámetro 10	81

Figura 47 Distribución esquemática del parámetro 11	82
Figura 48 Clasificación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota	83
Figura 49 Inspección de la vivienda 6 sector 6 (zona de expansión urbana)	96
Figura 50 Dimensionamiento de columna en vivienda 15 sector 7.....	96
Figura 51 Inspección de vivienda en sector 07 de estudio.....	97
Figura 52 Inspección de cobertura de vivienda en sector 08 de zona de expansión urbana	97
Figura 53 Medida de mortero en muro de albañilería en sector 08 de estudio.	98
Figura 54 Presencia de humedad en vivienda estudiada.....	98
Figura 55 Mediciones de dimensionamiento de espesor de mortero.....	99
Figura 56 Inspección de vivienda en sector 09 de zona de estudio.	99

RESUMEN

La ciudad de Chota viene creciendo de manera muy rápida, es así que según el Plan de Desarrollo Urbano aprobado en el 2017 lo clasifica en 10 sectores de acuerdo al área urbana ocupada, lo que se da sin la planificación debida y existe una falta de control por parte del gobierno local, es por ello, que esta tesis se evaluó el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando un método italiano de gran aplicación en diversas investigaciones por su gran confiabilidad y de fácil aplicación denominado Benedetti-Petrini. La hipótesis planteada es que el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota es alto. La investigación realizada es de tipo cuantitativa, descriptiva, no experimental de corte transversal, se determinó la muestra a través del muestreo aleatorio simple obteniéndose un total de 60 viviendas de albañilería confinada, las cuales se evaluaron a través de los once (11) parámetros que a la vez contemplan aspectos estructurales, aspectos constructivos y aspectos geométricos. Para que la investigación se desarrolle de manera integral evaluándose de manera imparcial a cada una de las viviendas, se utilizó fichas de evaluación, las cuales se basaron en investigaciones anteriores que también habían utilizado el mismo método para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica. Los resultados del nivel de vulnerabilidad sísmica de viviendas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota aplicando del método de Benedetti-Petrini se determinó que el 75% de viviendas presentan vulnerabilidad sísmica alta, el 18.33% vulnerabilidad sísmica media y solamente el 6.67% vulnerabilidad sísmica baja contrastando así la hipótesis planteada inicialmente, los resultados obtenidos servirán para que el gobierno local implemente medidas de control frente al crecimiento urbano y a la vez de concientización a la población chotana.

Palabras clave: Método Benedetti-Petrini, vulnerabilidad sísmica, vivienda, expansión urbana.

ABSTRACT

The city of Chota has been growing very fast, it is so according to the Urban Development Plan approved in 2017 classifies it into 10 sectors according to the occupied urban area, these growths occur without proper planning and there is a lack of control by the local government, that is why, this thesis evaluated the level of seismic vulnerability by applying an Italian method of great application in various investigations for its high reliability and easy application called Benedetti-Petrini. The hypothesis proposed is that the level of seismic vulnerability applying the Benedetti-Petrini method of the houses located in urban expansion zones of the city of Chota is high. The research carried out is quantitative, descriptive, non-experimental, cross-sectional, and the sample was determined through simple random sampling, obtaining a total of 60 confined masonry houses, which were evaluated through eleven (11) parameters that at the same time contemplate structural aspects, constructive aspects and geometric aspects. In order for the research to be carried out in an integral manner, evaluating each of the houses impartially, evaluation sheets were used, which were based on previous research that had also used the same method to determine the level of seismic vulnerability. The results of the level of seismic vulnerability of houses in urban expansion zones in the city of Chota using the Benedetti-Petrini method determined that 75% of the houses have high seismic vulnerability, 18.33% have medium seismic vulnerability and only 6.67% have low seismic vulnerability, thus contrasting the hypothesis initially proposed; the results obtained will help the local government to implement control measures for urban growth and at the same time to raise awareness among the population of Chota.

Keywords: Benedetti-Petrini method, seismic vulnerability, housing, urban expansion.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

A nivel global, los desastres naturales especialmente los ocasionados por movimientos sísmicos, ocurren con frecuencia generando millonarios daños y pérdidas materiales y humanas, con cambios irreversibles. En contraste, los países desarrollados e industrializados suelen sufrir impactos menos severos gracias a la implementación de eficientes sistemas de alerta temprana, una correcta gestión del crecimiento urbano y el cumplimiento riguroso de normas de construcción. (Salazar, 2018).

El Perú se ubica dentro de una de las áreas con mayor actividad sísmica a nivel mundial, lo que lo convierte en un territorio altamente vulnerable ante este tipo de fenómenos, los cuales pueden causar tanto pérdidas humanas como daños materiales significativos. Muchas ciudades localizadas en zonas de amenaza sísmica moderada a alta han experimentado un crecimiento desordenado, lo que incrementa considerablemente el riesgo ante un eventual sismo. Esta situación se agrava debido al deficiente control en las nuevas edificaciones y al mal estado de conservación de las estructuras ya existentes. (Humala, 2012).

En el análisis espacial de la sismicidad en el Perú, se ha permitido identificar y definir 33 fuentes sismogénicas asociadas a la sismicidad interface, deformación cortical y sismicidad intraplaca. Los sismos de foco intermedio

o intraplaca se distribuye en tres sectores, el primero paralelo a la costa por debajo de 8° latitud sur, el segundo sobre la zona subandina al NE de la región norte y la tercera y última sobre toda la región sur del Perú. (IGP, 2014).

Cajamarca ha experimentado varios eventos sísmicos importantes en el pasado, lo que ha evidenciado que existe una fragilidad en las estructuras y es de suma importancia tratar la vulnerabilidad sísmica como un enfoque total. Según el IGP (Instituto Geofísico del Perú) se han registrado sucesos de magnitud considerable en la región como lo sucedido en 1977. Con estos eventos sísmicos ha surgido la necesidad de abordar y entender los riesgos sísmicos específicos de la región (IGP, 2020).

El terremoto de Lagunas, ocurrido en Loreto el 26 de mayo de 2019, causó daños en Cajamarca, específicamente en la provincia de Jaén, donde se reportaron viviendas afectadas, agrietamientos en carreteras y cortes de electricidad. Se produjo un asentamiento y desplazamiento horizontal en la carretera Cajabamba-Cajamarca. Además, en la región de Amazonas, se reportaron viviendas afectadas en Chachapoyas y Montevideo, junto con interrupciones en el servicio eléctrico. (IGP, 2020).

La ciudad de Chota ha crecido en configuración radial y presenta 10 sectores, con características y tendencias que generan la ocupación del suelo con diferentes niveles de consolidación y/o especialización como residencial, mixto o comercial y recreacional, viviendas cuyo material predominante es el ladrillo (85%), acompañado de un mal estado de las mismas, en algunos casos con edificaciones no acorde al espacio ya que sobrepasan los 10 Niveles (pisos) por 100 m² (PDU-Chota, 2017).

Por esta razón, es indispensable una evaluación para diagnosticar la vulnerabilidad de las viviendas en zonas de expansión urbana para posteriormente dar alternativas de solución que permita disminuir pérdida de vidas humanas y daños de la infraestructura ante un posible sismo.

1.1.2. Descripción del problema

La ciudad de Chota viene creciendo de manera muy rápida, es así que según el Plan de Desarrollo Urbano aprobado en el 2017 lo clasifica en 10 sectores de acuerdo al área urbana ocupada, estos crecimientos se dan sin la planificación debida y existe una falta de control por parte del gobierno local, es por ello; que esta investigación pretende conocer el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana, en la ciudad de Chota, de la región de Cajamarca. En 2017, la ciudad de Chota presentaba un 85% de las viviendas de material de ladrillo (6038 de viviendas), el 15 % restante son de adobe asentados sobre cimientos de piedra y barro; muchas viviendas en la periferie están ubicadas en calles con pendientes altas mayores a 10%, haciendo vulnerables a procesos de erosión de sus bases o a una eventualidad sísmica. Además, El mapa de intensidades sísmicas del Perú elaborado por el Instituto Geofísico Nacional, ubica la ciudad de Chota sobre el nivel VI (fuerte) en la escala de Mercalli Modificada para el caso de sismicidad; bajo esta premisa se produce sacudida sentida que provoca daños a viviendas de material ligero. (PDU-Chota, 2017). Es por esta razón, que se desea conocer cuál es el nivel de vulnerabilidad de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana ante la eventualidad de

un sismo y de mantenerse estas condiciones en la construcción de viviendas en la ciudad de Chota cual es el nivel de daño.

1.1.3. Formulación del problema (Pregunta general y auxiliares)

A. Pregunta General

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana en la ciudad de Chota, Cajamarca?

B. Preguntas auxiliares

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos estructurales de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca?

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos constructivos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca?

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos geométricos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca?

1.2. Justificación

a) Justificación científica

La metodología aplicada en la presente investigación es de fácil aplicación y con alto de grado de confiabilidad a nivel nacional como internacional ya que desde 1984 hasta la actualidad se viene aplicando la metodología de Benedetti-Petrini

en diversas investigaciones para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica ya sea de viviendas, edificios, infraestructura educativa y de salud.

En la investigación se justifica, en aplicar una metodología italiana que busca encontrar respuestas y soluciones a los problemas de vulnerabilidad sísmica a las zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, además que dicha aplicación está basada en un método cualitativo, que depende mucho del criterio técnico del investigador.

b) Justificación técnica-práctica

La presente investigación aporta de manera significativa a la ciudad de Chota ya que hasta la fecha no se ha realizado investigaciones respecto a vulnerabilidad sísmica de viviendas en dicha ciudad y será base para futuras investigaciones que se pretenda realizar respecto a esta línea de investigación, además que permitirá conocer el nivel de vulnerabilidad antes un evento sísmico que podría producirse en un futuro próximo.

Los resultados que se obtendrá de la investigación va a permitir identificar a las viviendas propensas a sufrir un eventual daño ocasionados por los sismos y así poder promover la concientización a los propietarios de la zonas de estudio sobre la importancia de realizar una evaluación técnica con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas existentes y futuras, minimizando pérdidas materiales ante la ocurrencia de estas eventualidades bajo el cumplimiento de las normas técnicas requeridas.

Además de generar un conocimiento al gobierno local sobre el nivel de vulnerabilidad ante un evento sísmico en las zonas de expansión urbana, para que

con estos datos puedan implementar políticas en beneficio de la población tratando de disminuir los daños que se generarían ante un evento sísmico.

c) Justificación institucional y personal

La maestría de Ingeniería y Gerencia de la Construcción de la Universidad Nacional de Cajamarca plantean soluciones a los diversos problemas que se presentan la población local y nacional, con investigaciones que se relacionen en beneficio de su comunidad y del país, es por ello que en la presente investigación se pretende conocer la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en zonas de expansión urbana en la ciudad de Chota, con los resultados se podrán proponer alternativas de mejora de las viviendas para que sean sostenibles y ayudar a la solución de la problemática, también se pretende sensibilizar a que los propietarios tomen conciencia respecto a las pérdidas humanas y materiales que pueden producirse ante un sismo de gran magnitud.

1.3. Delimitación de la investigación

El tema de investigación tiene como finalidad evaluar y analizar la vulnerabilidad sísmica de viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana (04 sectores) de la ciudad de Chota en el año 2022, seleccionadas solo de aquellas viviendas que se encuentren habitadas para así también poder sensibilizar a la población chotana sobre el correcto proceso constructivo de Albañilería Confinada.

Para la identificación de los sectores que se consideran como zona de expansión urbana, hemos tenido a bien identificar aquellos sectores con área urbana ocupada con menor porcentaje, tal como se constata en la siguiente tabla:

Tabla 1

Área urbana ocupada en la ciudad de Chota.

SECTORES URBANOS	ÁREA DE ESTUDIOS		ÁREA URBANA OCUPADA	
	(Has)	%	(Has)	%
Cercado	16.85	2.54	13.37	79.35
Sector 1	87.41	13.16	20.53	23.49
Sector 2	119.08	17.93	40.83	34.29
Sector 3	74.12	11.16	44.02	59.39
Sector 4	57.66	8.68	25.84	44.81
Sector 5	63.09	9.50	10.21	16.18
Sector 6	79.08	11.91	10.01	12.66
Sector 7	38.26	5.76	1.50	3.92
Sector 8	39.98	6.02	3.39	8.49
Sector 9	88.50	13.33	3.21	3.63
Total	664.03	100.00	172.91	26.04

Para la presente investigación se ha considerado el Sector 6, sector 7, sector 8 y sector 9 por tener mejor porcentaje de área urbana ocupada.

La metodología no considera el comportamiento dinámico del suelo.

1.4. Limitaciones

Los habitantes de las viviendas evaluadas no se encontraron en sus viviendas por motivos de trabajo u otros ajenos a su voluntad del investigador, por lo que se tuvo

que reprogramar la visita técnica a la vivienda. A pesar de estas limitaciones, la investigación puede llevarse a cabo.

La metodología utilizada no considera el comportamiento dinámico del suelo, solamente aspectos estructurales, constructivos y geométricos.

1.5. Objetivo (s) de la investigación: general y específicos

a. Objetivo General

-Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota.

b. Objetivos Específicos

- Evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica respecto a los aspectos estructurales de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca.
- Evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica respecto a los aspectos constructivos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca.
- Evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica respecto a los aspectos geométricos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca.

CAPITULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Paucar, G. (2021) en su investigación: *“Análisis de Vulnerabilidad sísmica en la comuna Oyambarillo ubicado en la parroquia de tabalela, Quito - Ecuador”* tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas ante la presencia de un evento. Para ello, se empleó una metodología que incluyó inspecciones visuales rápidas en el área y el análisis detallado de una vivienda mediante modelación estructural en el software SAP2000, con el fin de evaluar su resistencia y comportamiento estructural. La metodología 19 incluyó un análisis de inspección en el campo para evaluar el tipo de viviendas y sus patologías, respaldado por ensayos no destructivos utilizando un esclerómetro. Luego, se aplicó una evaluación sísmica simplificada a las estructuras existentes, seguida de un análisis estático, tanto lineal como no lineal, en SAP2000. Concluyó en que el sector en estudio tiene una alta probabilidad de sufrir graves daños en caso de un evento sísmico, y se confirmó que el comportamiento estructural de las viviendas no es adecuado frente a diversas cargas, tanto gravitacionales como laterales.

Marasco, Noori, Domaneschi, y Gian, (2021) en su investigación: *“Sismic vulnerability assessment indices for buildings: Proposal, comparisons and methodologies at collapse limit states”* analizó la vulnerabilidad sísmica de

edificios existentes es crucial para la gestión de desastres sísmicos. Aunque en los últimos años se han propuesto diversas metodologías, aún persiste la necesidad de desarrollar un procedimiento detallado y estandarizado para calcular de forma precisa el índice de vulnerabilidad. Los estándares y la literatura actuales proponen principalmente enfoques simplificados para una evaluación rápida (por ejemplo, basados en análisis de ingeniería limitados, inspección visual). Este artículo presenta una metodología que combina investigaciones de campo, pruebas experimentales y análisis estructurales no lineales para evaluar la vulnerabilidad sísmica de un edificio escolar de hormigón armado en caso de colapso. Se analizan índices de vulnerabilidad estándar y se proponen fórmulas alternativas, comparándolas con diferentes procedimientos de selección de movimiento del suelo y con otros índices de vulnerabilidad de la literatura.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Villar y Oblitas, (2020) en su investigación: “*Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti - Petrini de las edificaciones categoría c descritas en la norma e.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque*” aplicaron la metodología de Benedetti-Petrini para determinar la vulnerabilidad sísmica de nueve sectores de la ciudad de Reque, para ello aplicaron encuestas que constan de 11 parámetros concernientes a dicha metodología. Los resultados obtenidos indicaron que las construcciones de adobe presentan un nivel alto de vulnerabilidad sísmica (57.72%), las edificaciones de albañilería muestran

una vulnerabilidad media (59.82%) y las estructuras de concreto armado reflejan una vulnerabilidad baja (66.67%).

Tuesta, y otros, (2021) en su investigación “*Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas, aplicando el método de benedetti-petrini*” aplicaron el método de Benedetti y Petrini. Se encontró que la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Virgen Asunta, es BAJA, salvo en los módulos C y D, los cuales muestran un grado de vulnerabilidad entre medio y bajo. En el caso de la Institución Educativa Isabel Lynch de Rubio, también se identificó una vulnerabilidad baja en general, con excepción de los módulos D y E, que se clasifican como de vulnerabilidad media a baja. La vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Seminario Jesús María, es BAJA. Finalmente, se determinó que el Peligro Sísmico de las tres Instituciones Educativas Públicas del Centro Histórico de Chachapoyas en evaluación es MEDIO y la estimación del Riesgo Sísmico de las 03 Instituciones Educativas es MEDIO.

Vallejos Barrera y Valverde Gutierrez, (2021) en su investigación “*Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti–Petrini en las viviendas de la urbanización Monserrate, provincia de Trujillo, región La Libertad*” determinó la vulnerabilidad sísmica de las viviendas ubicadas en la urbanización Monserrate del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, región La Libertad. El propósito fue promover medidas preventivas ante futuros eventos sísmicos para proteger la vida de los residentes, siguiendo las directrices del RNE (NTE.030). Para este fin, se utilizó el método italiano del Índice de Vulnerabilidad propuesto por

Benedetti y Petrini, el cual estima un índice de vulnerabilidad basado en las características estructurales que más influyen en su comportamiento sísmico. A través de los once parámetros se identifican características que inciden en los daños ocasionados por los eventos sísmicos. Para aplicar el método, se diseñó un formulario adaptado a la normativa local. Después de aplicar el Método del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, se encontró que la mayoría de las viviendas presentan una vulnerabilidad sísmica baja a media. Asimismo, se utilizó el software computacional ETABS 2016.0.0 para realizar el modelado y los análisis estáticos correspondientes. Los resultados mostraron que cumplen con los criterios de tener una deriva menor a 0.007 en todos los entrepisos, como se recomienda en la NTE0.30. En conclusión, las viviendas evaluadas en la urbanización Monserrate presentan una vulnerabilidad sísmica baja, lo que sugiere que no deberían sufrir daños estructurales o, al menos, daños significativos en caso de un sismo.

2.1.3. Antecedentes Locales

Arana Rabanal y Chávez Vásquez, (2021) en su investigación *“Vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería en el barrio Urubamba, Cajamarca 2019”* se determinó que la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería en el barrio Urubamba de Cajamarca es la siguiente: un 59% presenta vulnerabilidad media a baja, un 39% presenta vulnerabilidad media a alta, y un 2% presenta vulnerabilidad alta. En conclusión, esta investigación logró determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería en el distrito de Cajamarca, específicamente

en el barrio Urubamba. Se clasificaron los parámetros de acuerdo al método propuesto por Benedetti y Petrini y se generó un mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en la zona estudiada. Este mapa servirá como guía para la toma de decisiones de los habitantes de la zona y para solicitar apoyo a instituciones locales en la construcción de viviendas con asistencia técnica.

Condor, E. (2024) en su tesis: “*Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Bambamarca, 2023*” determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Bambamarca, los resultados mostraron que, para los aspectos estructurales, se concluyó que la vulnerabilidad sísmica es de nivel alto. Esta condición se relaciona con la evaluación del parámetro 1: tipo y organización del sistema resistente y parámetro 3: resistencia convencional, de los cuales su índice de vulnerabilidad es igual o superior a 20 pero inferior a 100, de igual forma para los aspectos constructivos, se concluyó que la vulnerabilidad sísmica es de nivel medio. Esto se atribuye a la clasificación del parámetro 2: calidad del sistema resistente, parámetro 4: posición del edificio y cimentación, parámetro 5: diafragmas horizontales, parámetro 8: distancia máxima entre muros, parámetro 9: tipo de cubierta, parámetro 10: elemento no estructurales y parámetro 11: estado de conservación, los cuales generan un índice de vulnerabilidad igual o superior a 20 pero inferior a 100, y por otra parte para los aspectos geométricos, se concluyó

que la vulnerabilidad sísmica es de nivel medio. Esto se debe a la clasificación del parámetro 6: configuración en planta y parámetro 7: configuración de elevación, los cuales generan un índice de vulnerabilidad igual o superior a 0 pero inferior a 20.

Bautista Pérez y Ventura Becerra, (2022) en su tesis: “*Análisis de vulnerabilidad sísmica con método de Benedetti - Petrini en viviendas de albañilería confinada, sector Sargento Lores, Jaen, Departamento De Cajamarca, 2022*” indica que, el objetivo general de esta investigación fue analizar, evaluar y determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica presente con el Método del índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en las viviendas de albañilería en el sector Sargento Lores de la ciudad de Jaén. Los fines específicos del desarrollo del presente proyecto de tesis fueron: evaluar el nivel que pueden soportar las estructuras de viviendas de albañilería confinada ante un evento sísmico, evaluar el proceso constructivo en viviendas de albañilería confinada para precisar el nivel de vulnerabilidad sísmica. En relación al análisis de vulnerabilidad sísmica se pudo concluir que del 100 % de las viviendas, el 30% presenta un rango bajo, el 40% un rango medio y el 30% restante un rango alto.

2.2. Marco doctrinal de las teorías particulares en el campo de la ciencia en la que se ubica el objeto de estudio (Bases teóricas)

2.2.1. Vulnerabilidad

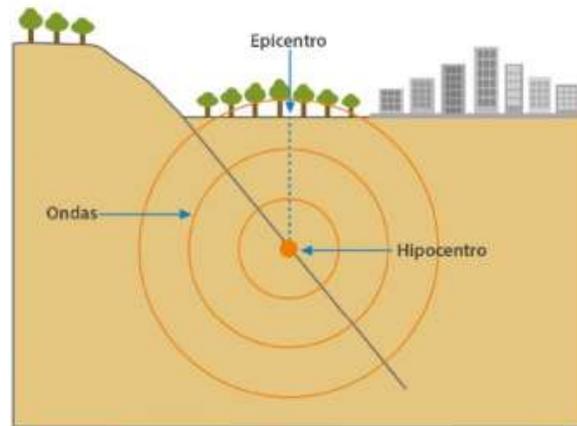
La vulnerabilidad hace referencia al nivel de fragilidad o resistencia de una población como su entorno, así como la deficiencia de recuperarse frente a la eventualidad de un fenómeno natural (sismo, huaco, aluvión, etc.) o fenómeno artificial, que involucre acciones humanas (reacciones nucleares). Tarbuck, E y Lutgens, F. (2005)

2.2.2. Sismicidad

Se refiere a la energía liberada en forma de ondas sísmicas en un área específica durante un intervalo de tiempo específico. La representación de la sismicidad no solo se debe de considerar los eventos registrados, sino que también su tamaño, frecuencia, distribución espacial, modo de ocurrencia y características topográficas donde ocurren o se propagan (Valdivieso Flamenco, 2023).

Figura 1

Ondas Sísmicas



2.2.3. Causas de los movimientos sísmicos.

Según la teoría tectónica de placas sostienen que la corteza terrestre está compuesta por fragmentos rígidos denominados placas litosféricas o tectónicas, las cuales se desplazan sobre la astenosfera. Estos movimientos, aunque imperceptibles, resultan de los movimientos convectivos en el manto terrestre. En las zonas de contacto entre placas, las fuerzas de fricción dificultan el movimiento de los fragmentos contiguos, generando significativos esfuerzos. Cuando estas tensiones superan la resistencia por fricción, la energía almacenada se libera en forma de ondas sísmicas, originando los terremotos. Tarbuck, E y Lutgens, F. (2005).

2.2.4. Tipos de sismos

Ñanfuñay y Santisteban (2015) sostienen que se pueden clasificar los eventos sísmicos según la fuente que los genera. En este sentido, pueden ser naturales o inducidos por actividades humanas. A continuación, se da una pequeña definición de cada uno.

Sismos naturales: Corresponde a aquellos que propagan gran cantidad de energía, por lo tanto, sus consecuencias son más severas.

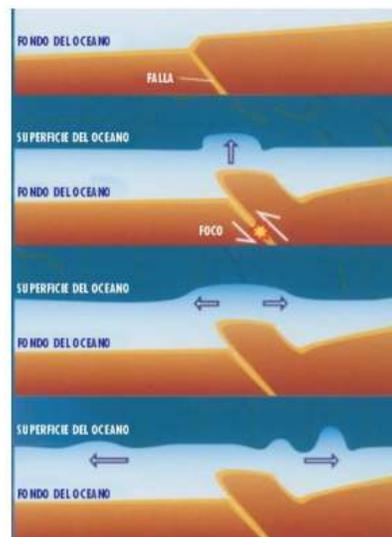
Se subdivide en:

- **Sismos Tectónicos:** Generados como resultado de la interacción entre placas. Pueden clasificarse como interplaca, cuando son generados por la fricción en las zonas de contacto de los fragmentos o intraplaca, que son el resultado de la deformación continental debido a la colisión entre placas.

Los tsunamis están conformados por grandes olas, son resultados de un sismo tectónico que se suscita en el fondo del océano.

Figura 2

Generación de un tsunami debido a una falla inversa



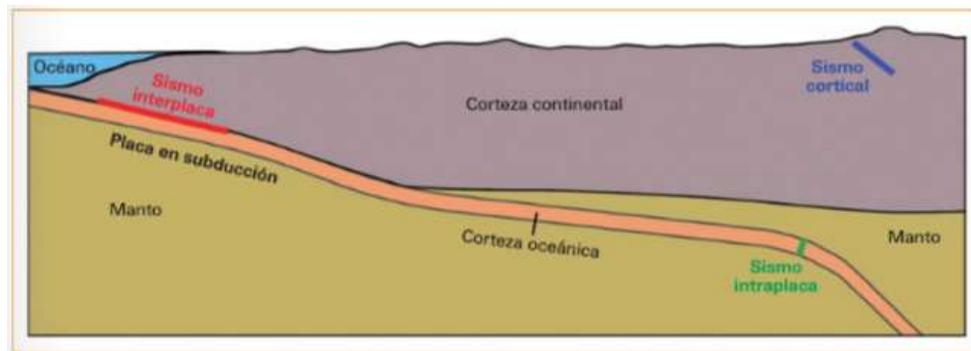
Nota: Tomado de *Terremotos y Tsunamis: cómo se generan estos procesos naturales*. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/28252238_Terremotos_y_Tsunamis_como_se_generan_estos_procesos_naturales.

- **Sismo intraplaca.** Se trata de movimientos sísmicos que tienen lugar dentro de una sola placa tectónica. Específicamente se les denomina así a los sismos que ocurre dentro de las placas subducidas y se encuentran en profundidad.
- **Sismo interplaca.** Un sismo que se presenta en el contacto entre dos placas tectónicas.
- **Sismos Corticales.** Un temblor que ocurre dentro de la corteza terrestre.

Figura 3

Tipo de sismo por su origen: interplaca (entre placas), intraplaca (dentro de la placa subducida) y cortical (dentro de la placa superior)



Nota: Tomado de Revista Ciencia. Red Sísmica de la ciudad de México recuperado de

https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/72_1/mobile/index.htm

l#p=65

- **Sismos Volcánicos:** Se provocan, en términos generales, debido a la fractura de las rocas por el movimiento del magma. No son tan severos como los mencionados anteriormente.
- **Sismos de Colapso:** Producidos por el derrumbe de cubierta de minas y cavernas. Normalmente se suscitan próximos a la superficie y son percibidos en una pequeña área.
- **Sismos Artificiales:** Se producen a causa de las explosiones convencionales o nucleares que genera el hombre, con el objetivo de explorar, realizar una investigación, extraer minerales, entre otros.

2.2.5. Medición de un sismo.

Ñanfuñay y Santisteban (2015) mencionan que las principales medidas para calcular el tamaño de un sismo son la magnitud e intensidad. Se expresan en grados. Usualmente son confundidas, sin embargo, definen propiedades bastante distintas.

Tabla 2

Escala sísmica modificada de Mercalli.

Escala sísmica modificada de Mercalli	
I. Imperceptible	Microsismo, detectado por instrumentos
II. Muy leve	Sentido por algunas personas (generalmente en reposo)
III. Leve	Sentido por algunas personas dentro de los edificios

IV. Moderado	Sentido por algunas personas fuera de los edificios
V. Poco fuerte	Sentido por casi todos
VI. Fuerte	Sentido por todos
VII. Muy fuerte	Las construcciones sufren daño moderado
VIII. Destructivo	Daños considerables en estructuras
IX. Muy destructivo	Daños graves y pánico general.
X. Desastroso	Destrucción en edificios bien contruidos.
XI. Muy desastroso	Casi nada queda en pie.
XII. Catastrófico	Destrucción total.

Magnitud: se refiere a la cantidad de energía liberada en forma de ondas sísmicas, a la cual se le aplica una corrección por distancia epicentral y profundidad focal. A diferencia de la intensidad, un sismo cuenta únicamente con una medida de magnitud, acompañada por varias observaciones de intensidad.

Magnitud Local (ML) o escala de Richter: Es de tipo logarítmica y sus valores se expresan mediante números decimales y no cuentan con un límite superior ni inferior

La fórmula para determinar la magnitud de Richter es la siguiente:

$$ML = \log(A_{max}) - \log A_0 * D$$

Donde:

$A_{máx}$ = máxima amplitud del sismo.

D_0 = Valor predeterminado

D = Corrección de distancia.

Tabla 3

Escala de Magnitud sísmica de Richter/Magnitud local (ML).

Magnitud Escala Richter	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 – 5.4	A menudo se siente, pero solo causa daños menores
5.5 – 6.0	Ocasiona daños ligeros a los edificios
6.1 – 6.9	Puede ocasionar daños severos en zonas donde vive mucha gente
7.0 – 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas

- **Magnitud de ondas superficiales (Ms):** La escala de Richter presenta limitaciones, ya que no permite diferenciar entre las diversas clases de ondas sísmicas, lo que hace que su utilización no siempre sea la más adecuada. Una escala de magnitud que se basa en la amplitud de las ondas Rayleigh es la magnitud de ondas superficiales (Valera Garatea, 2023).
- **Magnitud de ondas de cuerpo (Mb):** En ciertas ocasiones, las ondas superficiales resultan insuficientes en tamaño para realizar una evaluación precisa. Por ello, esta magnitud se basa en medir la amplitud de los primeros ciclos de las ondas P. (Valera Garatea, 2023).
- **Magnitud momento (Mw):** Las escalas de magnitudes anteriores son empíricas y se basan en medidas instrumentales de las características del movimiento del suelo. La magnitud Mw, por otro lado, se fundamenta en el momento sísmico, que es una medida directa de los

factores que causan la ruptura a lo largo de una falla. Valera Garatea, (2023).

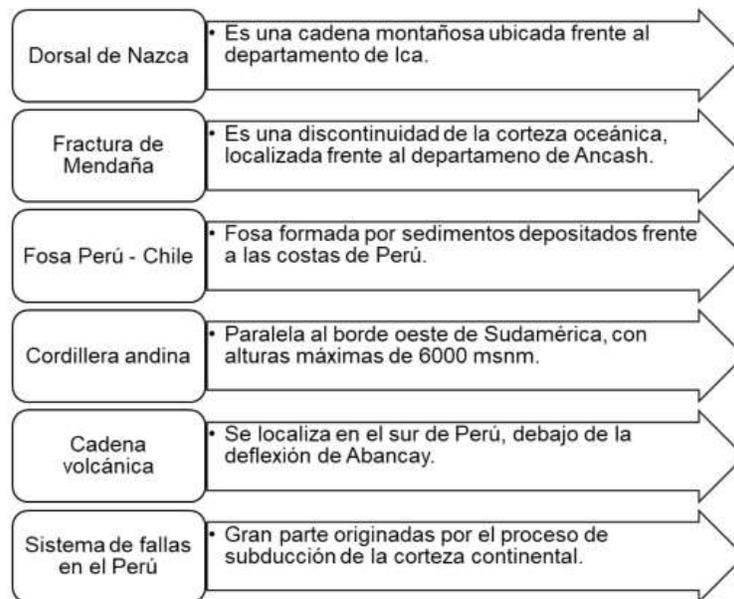
2.2.6. Actividad sísmo – tectónica del Perú.

El territorio peruano se caracteriza por una elevada actividad sísmica, ya que se encuentra dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, en la zona donde la placa tectónica de Nazca se subduce por debajo de la placa Sudamericana.

IGP, (2020) muestran las características tectónicas originadas a partir del contacto entre ambas placas, las cuales se muestran a continuación:

Figura 4

Rasgos tectónicos en Perú.



Nota: Tomado de *Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en el Perú.*

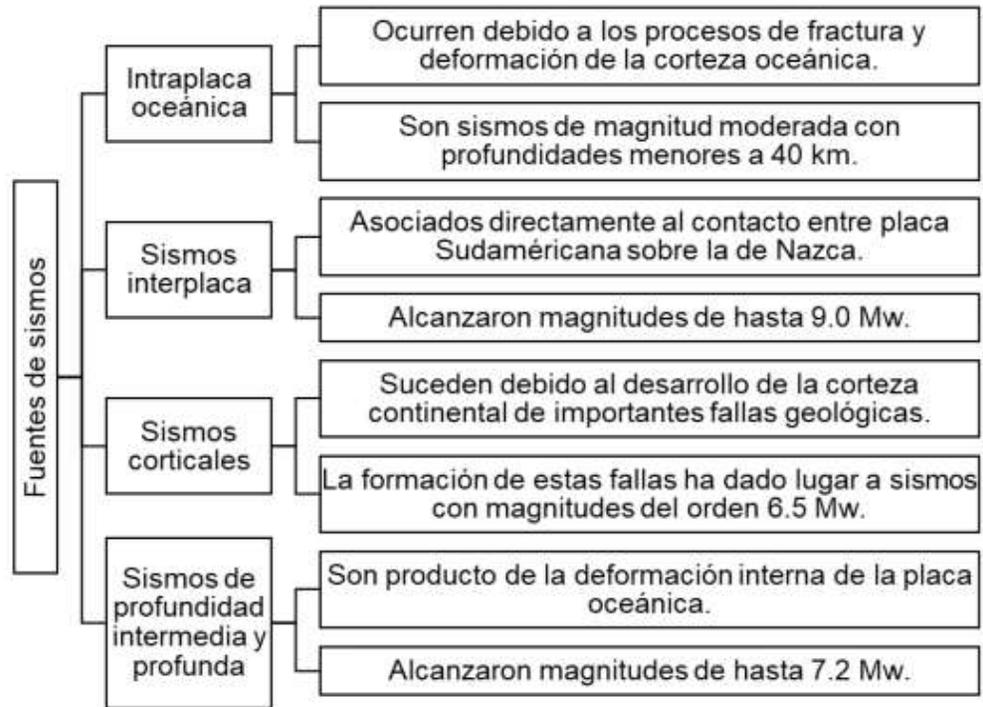
Recuperado de <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/481>

2.2.7. Fuentes sismogénicas del Perú

Se muestra las fuentes sismogénicas del país según los tipos de movimientos sísmicos.

Figura 5

Fuentes de sismos en Perú.



Nota: Tomado de Re - evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú. Recuperado de <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/783>

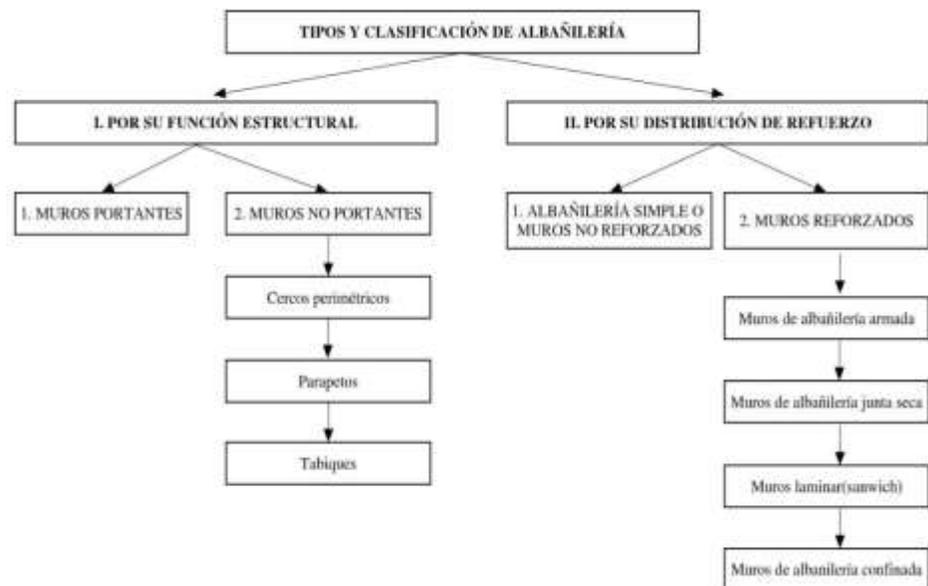
2.2.8. Albañilería

Las estructuras edificadas con sistemas de albañilería suelen emplear muros confinados como soporte principal. Estos obtienen su capacidad resistente gracias al refuerzo proporcionado por componentes de concreto armado, tales como columnas y vigas integradas al conjunto estructural. La particularidad de estas construcciones radica en que están

compuestas por unidades de albañilería, como ladrillos de arcilla, sílice calcárea o bloques de concreto. La albañilería o mampostería se define como un material estructural que consiste en la disposición de "unidades de albañilería", las cuales pueden estar colocadas con mortero o apiladas, en situaciones específicas, se integran con concreto líquido para garantizar su cohesión y resistencia estructural. Castañeda Cieza, G (2020).

Figura 6

Tipos y clasificación de albañilería



Nota: Tomado de *Tipos y clasificación de Albañilería* (Alarcón, 2017)

recuperado

de

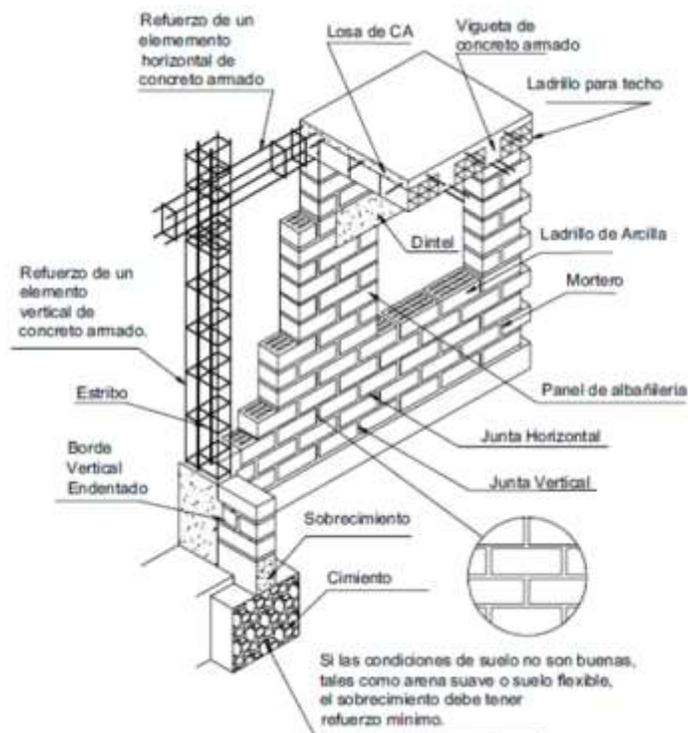
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23839/Casta%20c3%b1eda%20Cieza%20Gianfranco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Albañilería Confinada: Las estructuras edificadas con sistemas de albañilería suelen emplear muros confinados como soporte principal. Estos obtienen su capacidad resistente gracias al refuerzo proporcionado por componentes de concreto armado, tales como columnas y vigas integradas al conjunto estructural. (Castañeda Cieza, 2020).

La albañilería confinada se caracteriza por utilizar muros portantes como los principales encargados de soportar cargas verticales. Estos muros trabajan en conjunto con vigas y columnas, normalmente de concreto armado, formando un sistema estructural rígido. Este conjunto estructural sirve como base para sostener otros elementos, como las losas. (Castañeda Cieza, 2020).

Figura 7

Esquema estructural de albañilería confinada.



Nota: Tomado de *Guía para la Construcción con Albañilería – Construyendo Edificaciones de Albañilería con Tecnologías Apropriadas. UNI (2004).*

2.2.9. Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica se entiende como una característica inherente de una edificación, que refleja su comportamiento estructural ante la acción de un sismo. Esta condición se representa mediante una relación causa-efecto, donde el sismo actúa como el agente desencadenante y el daño estructural como el resultado. En este sentido, la vulnerabilidad sísmica indica el nivel de resistencia que posee una estructura frente a un evento sísmico. Esta resistencia está directamente relacionada con la magnitud del daño que

podría sufrir, lo cual permite determinar cuán vulnerable es dicha construcción. Cabe resaltar que la evaluación de esta vulnerabilidad se lleva a cabo de manera independiente al análisis del peligro sísmico. Esto implica que una edificación puede presentar alta vulnerabilidad estructural aun cuando no se ubique dentro de una zona considerada de alto riesgo sísmico, ya que el peligro está asociado a factores geográficos y no estructurales. Santos Quispe (2019).

La vulnerabilidad sísmica de una edificación puede manifestarse de dos maneras distintas:

A. Vulnerabilidad estructural

a vulnerabilidad de los componentes estructurales como las cimentaciones, columnas, muros portantes, vigas y losas, ya sean macizas o aligeradas hace referencia a la susceptibilidad que presentan frente a daños severos durante un evento sísmico. Estos elementos cumplen la función de absorber y transferir tanto cargas verticales como horizontales, por lo que un daño considerable en cualquiera de ellos puede comprometer la integridad, resistencia y estabilidad global de la estructura. Santos Quispe (2019).

B. Vulnerabilidad no estructural

a vulnerabilidad de los elementos no estructurales hace referencia a la facilidad con la que estos puede representar un riesgo para los ocupantes de una edificación durante un sismo, dependiendo en gran medida de su localización dentro del inmueble. Este tipo de elementos

se agrupa en distintas categorías, como los arquitectónicos (tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielos rasos, etc.), instalaciones (plomería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) y equipos (equipos médicos, equipos mecánicos, muebles, etc.). Su vulnerabilidad puede contribuir a la peligrosidad sísmica, afectando la seguridad y bienestar de las personas en la edificación.

2.2.10. Métodos para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica

Los métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica son los siguientes:

A) Métodos cuantitativos

La evaluación se realiza mediante un modelo matemático de la estructura.

B) Métodos cualitativos

Emplea descripciones cualitativas para clasificar a las edificaciones.

C) Métodos mixtos

Es la combinación del enfoque cuantitativo y cualitativo.

2.2.11. Método de Benedetti-Petrini.

El índice de vulnerabilidad, formulado por los investigadores italianos Benedetti y Petrini en 1984, se sustenta en información empírica y resulta aplicable en evaluaciones urbanas de edificaciones construidas con mampostería sin refuerzo o de concreto. (Benedetti y Petrini, 1984).

La fiabilidad de este método radica en su extensa utilización en diversos contextos, internacionales, con aplicaciones comprobadas en países como España, Italia, Colombia, Ecuador, Perú, entre otros.

Esta aceptación se debe, en gran parte, a los resultados positivos que ha arrojado en múltiples estudios.

Se consideraron varios factores al seleccionar este enfoque metodológico, entre los cuales se encuentran:

- a) Esta metodología se basa en información empírica obtenida de la realidad.
- b) Puede ser utilizada en investigaciones que abarquen el ámbito urbano.
- c) Esta metodología ha sido previamente aplicada con éxito en varias ciudades de Italia, lo cual llevó a que fuera oficialmente adoptada por un organismo gubernamental encargado de la protección civil.

A. Parámetros del método de índice de vulnerabilidad (Benedetti-Petrini)

El método propuesto por Benedetti y Petrini (1984) se fundamenta en la recolección de datos vinculados a distintas propiedades de las edificaciones, tales como el sistema constructivo, el uso del inmueble, la calidad de los materiales empleados, el tipo estructural, las características geométricas y los daños observados. Estas propiedades se transforman en parámetros cuantificables y se analizan mediante la evaluación de once factores específicos. A cada factor se le asigna una de las clases consideradas, que son cuatro para edificación de mampostería de piedra (A, B, C y D en la Tabla 3) cada clase tiene un puntaje específico establecido en función del

factor considerado, al cual se le asocia un peso determinado (Benedetti y Petrini, 1984)

Parámetro 1: Tipo y organización del sistema resistente

El análisis se enfoca en el orden y disposición de los elementos verticales de la estructura, sin considerar el tipo de material utilizado en su construcción. Lo fundamental es verificar la presencia de uniones entre los muros y evaluar la efectividad con la que estos se encuentran conectados (comportamiento tipo “cajón”) (Benedetti y Petrini, 1984).

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

A: Edificaciones que cumplen con lo descrito en la norma E.070.

B: Edificaciones que presentan, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros, son edificaciones o muros de albañilería confinada según la definición de la norma peruana.

C: Edificaciones que no presentan vigas de confinamiento en los muros, están construida únicamente con muros de mampostería trabados entre sí.

D: Edificaciones con paredes ortogonales sin conexión.

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente

Este criterio se enfoca en examinar las características del tipo de mampostería utilizada, sin considerar su capacidad resistente. La evaluación se lleva a cabo considerando dos aspectos: 1) la naturaleza del material y la configuración del elemento de mampostería, y 2) la

uniformidad de dicho material a lo largo de la estructura (*Benedetti y Petrini, 1984*).

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

A: El sistema resistente del edificio presenta las siguientes características:

- Mampostería con ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro, ladrillo artesanal que según la norma E.070 que aproximadamente con un $f'_b = 55 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'_m = 35 \text{ Kg/cm}^2$.
- Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
- Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm según lo que indica la norma E.070.

B: No presenta una característica de la clase A.

C: No presenta dos características de la clase A.

D: No presenta tres características de la clase A.

Parámetro 3: Resistencia convencional

Este factor requiere cálculos sencillos, aunque posee un gran valor desde el punto de vista conceptual. Partiendo del supuesto de que la estructura se comporta como un sistema cerrado y ortogonal (similar a una caja rígida), es posible estimar con buen nivel de precisión la resistencia de la edificación frente a fuerzas horizontales. Se emplea

un concepto ampliamente utilizado en el ámbito de las estructuras y en las regulaciones de construcción, denominado coeficiente sísmico C. Este se define como la relación entre la máxima resistencia horizontal y el peso total de la edificación. (*Benedetti y Petrini, 1984*).

Expresado mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{A_o * t_k}{q * n} \sqrt{\frac{q * N}{1.5 * A_o * t_k * (1 + \gamma)}} \quad \dots\dots\dots Ecuación (1)$$

Donde:

Coeficiente sísmico C: relación entre la máxima resistencia horizontal y el peso total de la edificación.

t_k : Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en ton/m²

q : Peso de un piso por unidad de área cubierta.

n : Relación modular.

N : Número de pisos de la estructura.

A_x : Área total resistente del muro x (m²).

A_y : área total resistente del muro y (m²).

A : min [A_x;A_y].

B : max [A_x;A_y].

A_o : Relación del área mínima total resistente del muro X e Y entre el área total cubierta.

$$A_o = \frac{A}{At} \quad \dots\dots\dots Ecuación \quad (2)$$

γ : Relación del área máxima total resistente del muro X e Y entre el área mínima total resistente del muro X e Y.

$$\gamma = \frac{B}{A} \quad \dots\dots\dots Ecuación \quad (3)$$

n: Relación modular.

$$n = \frac{1500 * \sqrt{f'_c}}{500 * f'_m} \quad \dots\dots\dots Ecuación \quad (4)$$

$f'_m = t_k = 18 \text{ Ton/m}^2$ es la resistencia a cortante de los paneles de mampostería que en caso de que no sea viable obtener dicho valor a través de ensayos estándar de laboratorio, se pueden emplear los que se sugieren en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 4

Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para mampostería.

Material	Esfuerzo cortante (Ton/m²)
Ladrillo macizo, calidad regular	9
Piedra mal tallada	2
Piedra bien tallada	8
Ladrillo macizo, buena calidad	18
Bloque ladrillo, mortero cemento	18
Mampostería nueva, ladrillo macizo	20

Mampostería nueva, bloque macizo	20
Mampostería nueva, ladrillo/bloque hueco	18

Nota: *Tomado de Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.*

f'_c : Resistencia del concreto, el acceso a las viviendas para realizar el levantamiento de información es limitado puesto que los propietarios no dan permiso para la realización de ensayos de esclerometría, es por ello que Echeverría Rojas y Monroy Botia (2021), proponen utilizar un $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Como se nota claramente, el valor “q” representa el peso promedio de un piso por cada unidad de superficie cubierta, incluyendo la contribución tanto de los paneles como de los forjados.

$$q = \frac{(A + B)h}{A_t} * P_m + P_s \quad \dots\dots\dots\text{Ecuación (5)}$$

Donde:

q: Peso de un piso por unidad de área cubierta.

At: Área total cubierta (m2).

h: altura de entrepiso (m).

Pm: peso específico de la mampostería ton/m3.

Ps: peso por unidad del área del diafragma ton/m2.

Ax: Área total resistente del muro x (m2).

Ay: área total resistente del muro y (m2).

A: $\min [A_x; A_y]$.

B: $\max [A_x; A_y]$.

Cuando los paneles resistentes no siguen las direcciones ortogona X o Y si no que forman un ángulo β diferente de cero con dichos ejes, los valores de A_x y A_y se evalúan multiplicando dichas áreas por $(\cos\beta)^2$.

$$\alpha = \frac{C}{C'} \quad \text{.....Ecuación (6)}$$

Donde:

α : Valor normalizado (adimensional).

Coefficiente sísmico C: Factor entre la fuerza horizontal resistente a pie del edificio dividido entre el peso del mismo (adimensional).

C' : Coeficiente sísmico de referencia que se toma según las zonas de amenaza sísmica, C' lo ubicamos en la zona sísmica del mapa de zonificación del Perú ubicado en la tabla N° 1 Factor de zona "Z" de la norma técnica E.030 (adimensional).

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

A: Edificación con $\alpha \geq 1$

B: Edificación con $0.6 \leq \alpha \leq 1$

C: Edificación con $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$

D: Edificación con $\alpha \leq 0.4$

Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación

El parámetro 4 es cualitativo que, mediante una inscripción a simple vista, evalúa la influencia del terreno y de la cimentación. El análisis se

limita a la consistencia y pendiente del terreno, a la posible diferencia entre las cotas de cimentación y a la presencia de terraplén no equilibrado simétricamente (Benedetti y Petrini, 1984).

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

A: Cimentadas en suelo rígido, según la NTE E. 070, sin presencia de humedad o sales.

B: Cimentadas en suelo intermedio y flexible, según la NTE E. 070, sin presencia de humedad o sales.

C: Cimentadas en suelo intermedio y flexible, según la NTE E. 070, presencia de humedad o sales.

D: Cimentadas sin asesoría técnica, presencia de humedad o sales y estado deteriorado.

Parámetro 5: Diafragmas horizontales

Se analiza el forjado horizontal para determinar la eficacia del sistema estructural de la losa que separa niveles. En este aspecto, se valora la calidad de la conexión entre dicha losa y los muros portantes, así como la presencia o no de discontinuidades en el mismo plano (Benedetti y Petrini, 1984).

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

A: Edificaciones con losa aligerada o maciza que tiene: ausencia de desniveles, deformación del diafragma despreciable, conexión eficaz entre diafragma y muro (vigas).

B: No presenta una característica de la clase A.

C: No presenta dos características de la clase A.

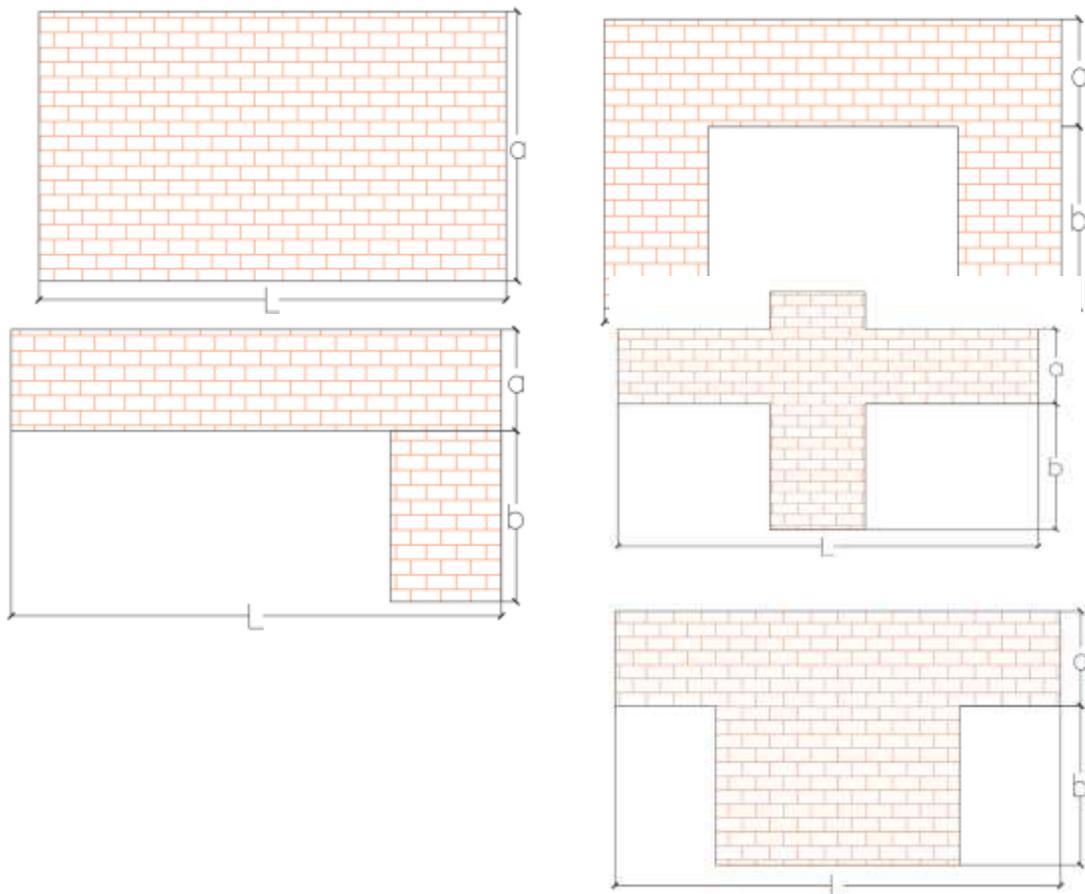
D: No presenta ninguna característica de la clase A.

Parámetro 6: Configuración en planta

La respuesta de una estructura frente a un sismo está estrechamente relacionada con la geometría que presenta en planta. En el caso de estructuras rectangulares es significativo la relación $\beta_1 = \frac{a}{L}$ entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor. También es necesario tener en cuenta las protuberancias del cuerpo principal mediante la relación $\beta_2 = \frac{b}{L}$ (Benedetti y Petrini, 1984).

Figura 8

Configuración en planta de la estructura.



Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicado metodología Benedetti-Petrini en la ciudad de Bambamarca (tesis de maestría). Universidad Nacional de Cajamarca.

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

A: Edificación con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$

B: Edificación con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$

C: Edificación con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$

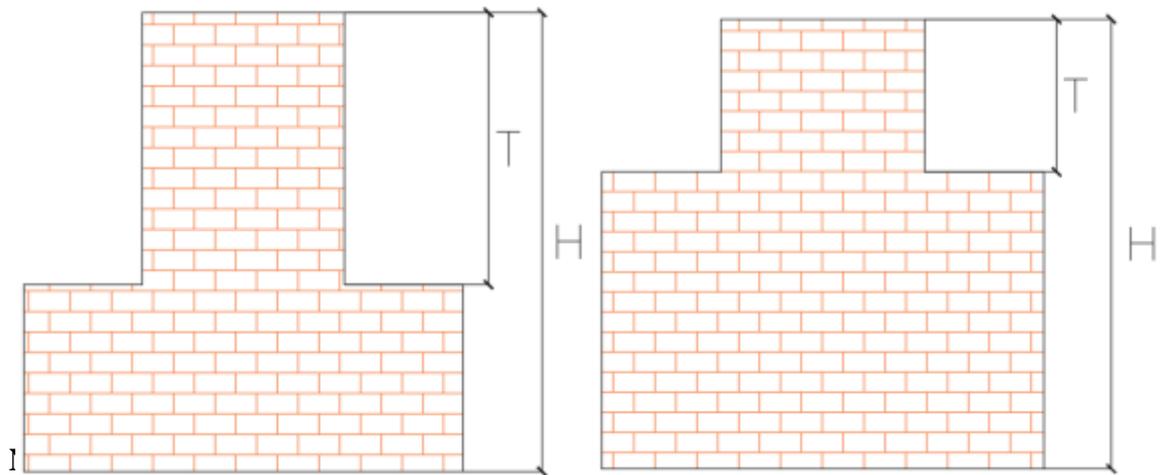
D: Edificación con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Parámetro 7: Configuración de elevación

La presencia de torretas de altura y masa significativa respecto a la parte restante del edificio se reporta mediante la relación T/H (Benedetti y Petrini, 1984).

Figura 9

Configuración en altura de la estructura.



en la ciudad de Bambamarca (tesis de maestría). Universidad Nacional de Cajamarca.

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

A: Si $0.75 < T/H$

B: Si $0.50 < T/H \leq 0.75$

C: Si $0.25 < T/H \leq 0.50$

D: Si $T/H \leq 0.25$

Parámetro 8: Distancia máxima entre muros

El presente parámetro es sobre el espaciamiento máximo entre muros, el cual tiene en cuenta espaciamiento excesivo posible entre muros ubicados transversalmente a los muros maestros. La clasificación de define en función del factor L/S , donde S es el espesor del muro maestro y L el espaciamiento máximo (Benedetti y Petrini, 1984).

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

A: Si $L/S < 15$

B: Si $15 < L/S \leq 18$

C: Si $18 < L/S \leq 25$

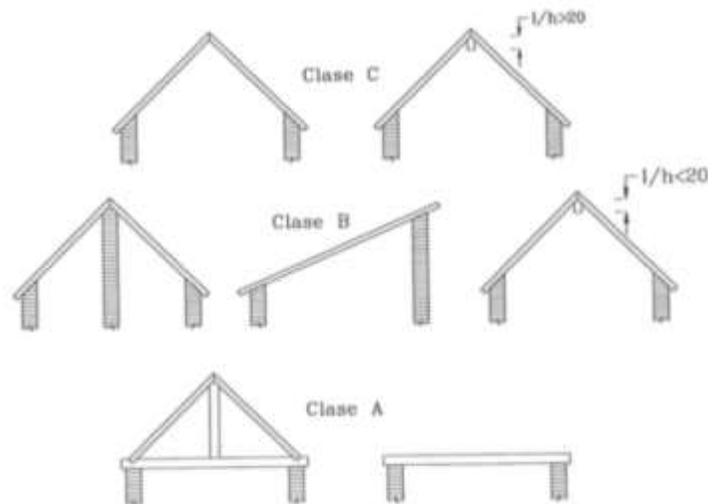
D: Si $25 < L/S$

Parámetro 9: Tipo de cubierta

Este factor evalúa cómo influye el tipo de cubierta en la respuesta estructural ante eventos sísmicos. Elementos como su forma y masa juegan un papel clave en el desempeño de la edificación frente a tales esfuerzos. El peso ya ha sido considerado en el parámetro 3, mientras que la tipología se examinará en este parámetro con la asistencia de la figura 11 (Benedetti y Petrini, 1984).

Figura 10

Tipología de cubiertas



Nota: Tomado de Echeverría Rojas y Monroy Botia. (2021)

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

- A: Cubierta estable y plana, debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano.
- B: Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.
- C: Cubierta inestable de material liviano en malas condiciones.
- D: Cubierta inestable en malas condiciones y con desniveles.

Parámetro 10: Elementos no estructurales

Este factor se enfoca en la importancia de los componentes no estructurales ante un evento sísmico, ya que su comportamiento puede contribuir significativamente a la generación de efectos secundarios o peligros asociados. (Benedetti y Petrini, 1984).

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

- A: Edificación sin parapetos y sin cornisas.
- B: Edificación sin parapetos con elementos de cornisas bien conectadas a la pared.
- C: Edificación con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.
- D: Edificación que presenta cualquier otro tipo de elemento en el techo mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de un terremoto.

Parámetro 11: Estado de conservación

Este criterio hace referencia al estado de conservación de la edificación, ya que dicha condición influye de manera directa en su comportamiento ante la acción de un sismo. (Benedetti y Petrini, 1984).

La puntuación se asigna conforme a la siguiente información:

- A: Muros en buenas condiciones, sin fisuras visibles.
- B: Muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras, menores a dos milímetros (2.0 mm).
- C: Edificación con fisuras y cuyos componentes estructurales están deterioradas.
- D: Muros con fuerte deterioro en sus componentes.

B. Clasificación de la vulnerabilidad

Tabla 5

Factores de vulnerabilidad, clases y pesos para edificios en mampostería

FACTOR DE VULNERABILIDAD	PUNTAJE DE LA CLASE				PESO
	A	B	C	D	
1. Tipo y organización del sistema resistente.	0	5	20	45	1.00
2. Calidad del sistema resistente.	0	5	25	45	0.25
3. Resistencia convencional.	0	5	25	45	1.50
4. Posición del edificio y fundación.	0	5	25	45	0.75
5. Presencia de diafragmas horizontales.	0	5	15	45	1.00
6. Configuración en planta.	0	5	25	45	0.50
7. Configuración en elevación.	0	5	25	45	1.00
8. Distancia máxima entre los muros.	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de techumbre.	0	15	25	45	1.00
10. Elementos no estructurales.	0	5	25	45	0.25
11. Estado de conservación.	0	5	25	45	1.00

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicado metodología Benedetti-Petrini

en la ciudad de Bambamarca (tesis de maestría). UNC.

Tabla 6

Asignación de clases a los edificios de mampostería no reforzada (Benedetti-Petrini)

EDIFICIOS DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA	
CLASES	DESCRIPCIÓN
A	Buena o acorde con la normativa
B	Casi buena
C	Casi deficiente
D	Deficiente o insegura

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicado metodología Benedetti-Petrini

en la ciudad de Bambamarca (tesis de maestría). UNC.

En última instancia, **el índice de vulnerabilidad (Iv) o nivel de vulnerabilidad** se calcula como la suma ponderada de cada factor de vulnerabilidad multiplicado por su peso correspondiente.

Esto se logra dividiendo el índice calculado para cada edificio por el valor máximo alcanzable, que se obtiene utilizando la Ec. 2 para edificios de mampostería no reforzada y la Ec. 3 para edificios de hormigón armado (Benedetti & Petrini, 1984).

Fórmula del índice de vulnerabilidad para edificios de albañilería (mampostería).

$$I_v = \sum_{j=1}^{11} (\text{Peso del factor}_j \times \text{Puntaje de clase de factor}_j) \dots\dots\dots \text{Ecuación (7)}$$

Después de calcular el índice de vulnerabilidad (Iv) utilizando la metodología de Benedetti-Petrini, el cual varía de 0 a 94.12, se lleva a cabo una interpolación lineal para obtener un índice de vulnerabilidad normalizado en un rango de 0 a 100 (Benedetti & Petrini, 1984).

Tabla 7

Interpolación lineal para el método.

INTERPOLACIÓN LINEAL	
0	Buena
I_v	I_{v_n}
94.12	100

Nota: Tomado de *Vulnerabilidad sísmica aplicado metodología Benedetti-Petrini en la ciudad de Bambamarca (tesis de maestría). UNC.*

Con el fin de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos, se establecieron los rangos de vulnerabilidad definidos por Benedetti y Petrini (1984), que fueron considerados los siguientes:

Tabla 8

Rangos de índices de vulnerabilidad (Secundino Ramirez, 2020).

ESCALA DE VALORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	
Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
$0 < I_v \text{norm.} < 20$	BAJA
$20 \leq I_v \text{norm.} < 40$	MEDIA
$I_v \text{norm.} \geq 40$	ALTA

Nota: *Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicado metodología Benedetti-Petrini en la ciudad de Bambamarca (tesis de maestría). UNC.*

Para la definición del nivel de daño de la edificación, a partir de las funciones o matrices se necesario estimar un índice de vulnerabilidad el cual se base en la calificación de 11 parámetros (ver Figura 7). El concepto de este índice fue introducido por Benedetti y Petrini en Italia (1994), y posteriormente se ha incorporado en la estimación de la vulnerabilidad en otras ciudades como Barcelona, España.

Según la base teórica descrita por otros investigadores, resulta crucial llevar a cabo un estudio de vulnerabilidad sísmica en una edificación. Esto nos brinda información sobre su nivel de seguridad, su posible comportamiento y su susceptibilidad al daño causado por sismos. Para este propósito, se puede aplicar el método propuesto por los investigadores italianos Benedetti y Petrini (1984), el

cual define la susceptibilidad que posee un inmueble de padecer un colapso que sería causado por un movimiento sísmico.

Se considera tres niveles de vulnerabilidad:

- **Alta.** Cuando se produce una inoperatividad absoluta a lo largo de la etapa de emergencia.
- **Media.** En caso de que los efectos nos lleven a un nivel de sub operatividad en el que no se podría aguantar con la complejidad tecnológica que se le asignó en un inicio.
- **Baja.** Se da cuando los efectos no generan un deterioro funcional relevante en el sistema.

2.3. Marco conceptual

Definición analítica.

1. **Vulnerabilidad sísmica.** Es una **variable categórica**, que mide el nivel de daño que puede sufrir las viviendas un sismo en el caso de nuestra investigación.
2. **Metodología de Benedetti-Petrini.** Metodología que consiste en encuestas donde se clasifican 11 parámetros relacionados a los aspectos estructurales, constructivos y geométricos de las viviendas.
3. **Índice de vulnerabilidad.** Es una medida que se utiliza para evaluar el grado de fragilidad de una estructura o región ante la ocurrencia de un terremoto. Este índice se basa en diferentes factores, como la ubicación geográfica, la calidad de la construcción, el tipo de suelo, la antigüedad de las estructuras y otros parámetros relevantes.

2.4. Definición de términos básicos

1. **Vulnerabilidad sísmica.** El grado de afectación que pueden presentar las construcciones ante un sismo está relacionado con su limitada capacidad resistente. Este nivel de daño está condicionado por diversos factores, como el diseño estructural, la calidad de los materiales empleados y los métodos constructivos utilizados. (Kuroiwa, Pacheco & Pando, 2010)
2. **Muro no portante (tabiquería).** Se trata de un tipo de muro cuya función estructural se limita a soportar su propio peso y cargas perpendiculares a su plano. Ejemplos comunes de este tipo de elementos son los cercos y los parapetos. (Norma Técnica E.070, 2006).
3. **Densidad de muros.** Esta se entiende como la proporción entre el área ocupada por los muros y el área total del nivel que se está analizando. Es fundamental evaluar dicha proporción cuidadosamente tanto en sentido longitudinal como transversal.
4. **Muro portante.** Es un tipo de muro concebido para soportar y transferir tanto cargas verticales como laterales hacia el nivel inferior o directamente a la cimentación. Para que estos elementos sean considerados efectivos en la resistencia frente a fuerzas horizontales, deben tener una longitud mínima de 1.20 metros (Norma técnica E.070, 2006).
5. **Vivienda.** Lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas. (RAE, 2021)
6. **Vivienda de albañilería.** Este sistema constructivo emplea elementos como ladrillos de arcilla cocida, columnas de confinamiento y vigas soleras. En este tipo de edificaciones, el proceso inicia con la construcción de los muros de

ladrillo, posteriormente se realiza el vaciado del concreto en las columnas de amarre, y finalmente se ejecuta la cubierta junto con las vigas correspondientes. (Manual de Construcción- Aceros Arequipa).

- 7. Zonas de expansión urbana.** Se refiere al acelerado crecimiento urbano que da lugar a la formación de suburbios y al desarrollo progresivo de áreas rurales. Generalmente se caracteriza por una zonificación de uso único, viviendas de baja densidad y una mayor dependencia del transporte individual.
- 8. Altura de edificación.** Dimensión vertical expresada en metros de una edificación (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021).
- 9. Cubierta.** Elemento que sirve como cerramiento para la protección contra la exposición directa de agentes externos sobre áreas libres como patios, azoteas, techos, estacionamientos y accesos peatonales. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021).
- 10. Control de calidad.** Técnicas y actividades empleadas para verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en el proyecto. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021).

CAPITULO III

III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis: general y específicas

a. Hipótesis General

-El nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota es alto.

b. Hipótesis Específicas

- El nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos estructurales de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota es alto.

- El nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos constructivos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota es alto.

- El nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos geométricos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota es alto.

3.2. Variables/categorías

Variable Dependiente categórica. Vulnerabilidad sísmica

Sub variables. Aspectos estructurales, Aspectos constructivos, Aspectos geométricos

3.3. Operacionalización/ categorización de los componentes de las hipótesis

Tabla 9

Operacionalización de los componentes de la hipótesis.

Título: "Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, 2022"						
Variable	Definición Conceptual de las variables/categorías	Sub Variables	Dimensiones/ factores	Indicadores/cualidades	Fuente de Instrumento de recolección de datos	
Vulnerabilidad sísmica	Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción (Kuroiwa, Pacheco, & Pando, 2010)	Aspectos estructurales	Clase A, B, C y D	Tipo y organización del sistema resistente	Formatos de encuestas	
		Aspectos constructivos	Clase A, B, C y D	Resistencia convencional		Calidad del sistema resistente
				Posición del edificio y la cimentación		
				Diagramas horizontales		
				Distancia entre muros		
				Tipo de cubierta		
				Elementos no estructurales		
				Estado de conservación		
		Aspectos geométricos	Clase A, B, C y D	Configuración en planta		Calculo de acuerdo al metodo Benedetti-Petrini
		Nivel de Vulnerabilidad		Alta		
				Media	Indice de vulnerabilidad sísmica mayor o igual a 20 y menor a 40	
				Baja	Indice de vulnerabilidad sísmica mayor o igual a 0 y menor a 20	

CAPITULO IV

IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica (de acuerdo a la naturaleza de la investigación)

Departamento : Cajamarca

Provincia : Chota

Distrito : Chota

Localidad : Chota

Chota es una de las 13 provincias de la región Cajamarca, se encuentra ubicado a 144 Km de Cajamarca, a una altitud de 2388m.s.n.m.

4.2. Métodos de investigación

El método de investigación es descriptiva, no experimental de corte transversal ya que se realizará fichas de reporte para la investigación, para luego con esos datos determinar el grado de vulnerabilidad de las viviendas.

4.3. Diseño de la Investigación

Para el diseño de la investigación, seleccionamos la muestra de la investigación que está conformada por los sectores 06, 07, 08 y 09 donde encontraremos el nivel de vulnerabilidad sísmica (alta, media y baja) utilizando el método de Benedetti-Petrini, este método evalúa 11 parámetros, dentro de estos parámetros está los aspectos estructurales, geométricos y constructivos de las viviendas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota.

4.3.1. Fichas de evaluación para viviendas de albañilería utilizando el método de Benedetti-Petrini.

A. Datos generales

Se refiere a la información destacada de la vivienda evaluada, incluye el número de vivienda, su ubicación, su sector dentro de la ciudad de chota y la fecha.

Figura 11

Datos generales de la ficha de evaluación para viviendas de albañilería

DATOS REFERENCIALES	
VIVIENDA N°	_____
UBICACIÓN	_____
SECTOR	_____
FECHA	_____
USO ACTUAL	_____

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

B. Parámetros de Benedetti-Petrini

1. Organización del sistema resistente

Se anotó la existencia de supervisión técnica durante la construcción del edificio. Además, se especificó el tipo de sistema estructural y los defectos previsibles que pueden ser detectados visualmente.

Figura 12

Parámetro 1 de la ficha de evaluación

PARÁMETRO	CLASE	ELEMENTO DE EVALUACIÓN
1	TIPO Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA	Marque según lo observado: Asesoría Técnica Nueva construcción y/o reparación según Norma Elemento de anclaje horizontales y verticales Deficiencias en confinamiento y proceso constructivo Muro sin confinar o autoconstruir

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

2. Calidad del sistema resistente

Se detallaron los rasgos de los muros construidos con albañilería, incluyendo información específica sobre el material utilizado, la disposición de las piezas y el tipo de mortero empleado.

Figura 13

Parámetro 2 de la ficha de evaluación

2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Marque según lo observado: Muros con mampostería Industrial Muros con mampostería artesanal Buena trabazón en mampostería Mortero de buena calidad
---	--------------------------------	--

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

3. Resistencia convencional

Se proporcionaron especificaciones sobre el número de niveles y diafragmas, la altura entre piso, así como el área total construida y de cubierta.

Figura 14

Parámetro 3 de la ficha de evaluación

3	RESISTENCIA CONVENCIONAL		Especificar según lo observado: Número de pisos(N): _____ Ax: Área de muros en X(m ²): _____ Ay: Área de muros en Y(m ²): _____ h: Altura promedio de entrepiso(m): _____ pm: Peso de mampostería (tn/m ³): _____ Número de diafragmas (M): _____ pd: Peso del diafragma (tn/m ²): _____ At: Área total construida (m ²): _____ Ac: Área de cubierta(m ²): _____ pc: Peso de cubierta (tn/m ²): _____
---	--------------------------	--	--

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

4. Posición del edificio y cimentación

Se verificó la presencia de sales y filtraciones, y se evaluó la condición de conservación.

Figura 15

Parámetro 4 de la ficha de evaluación

4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y DE LA CIMENTACIÓN		Marque según lo observado: Presencia de sales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Presencia de filtraciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Estado de conservación deteriorado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

5. Diafragmas horizontales

Se proporcionaron todos los detalles del diafragma horizontal.

Figura 16

Parámetro 5 de la ficha de evaluación

5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES		Marque según lo observado: Discontinuidades abruptas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Buena conexión diafragma-muro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Deflexión del diafragma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

6. Configuración en planta

La respuesta sísmica de un edificio está influenciada, en parte, por su configuración en planta.

Figura 17

Parámetro 6 de la ficha de evaluación

6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	Especificar según lo observado:	
		X mín:	_____
		X máx:	_____
		Y mín:	_____
		Y máx:	_____

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

7. Configuración de elevación

Se calcularon en el procesamiento de datos.

Figura 18

Parámetro 7 de la ficha de evaluación

7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	Especificar y marcar según lo observado:	
		Aumento o reducción de masas o áreas (%):	
		Piso blando:	
		Irregularidades del Sistema Resistente:	

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

8. Distancia máxima entre muros o columnas

Se calcularon en el procesamiento de datos.

Figura 19

Parámetro 8 de la ficha de evaluación

8	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE MUROS	Especificar:	
		L (espaciamiento de muros tras, En metros)	_____
		S (espesor del muro macizo en metros)	_____

Factor L/S: _____

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

9. Tipo de cobertura

Se describió la condición actual de la cubierta.

Figura 20

Parámetro 9 de la ficha de evaluación

9	TIPO DE CUBIERTA	Marque según lo observado:		
		Cubierta estable:		
		Conexión Cubierta-muro adecuado		
		Cubierta plana:		
		Material liviano:		
Cubierta en buenas condiciones.				

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

10. Elementos no estructurales

Se analizó la unión entre el sistema estructural y los elementos no estructurales.

Figura 21

Parámetro 10 de la ficha de evaluación

10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Calificar con B(buena), R(regular) o M(mala) según conexión del S.R		
		Comenzó y parapetos.		
		Tanques de agua prefabricados.		
		Balcones y volados.		
		Pequeños elementos.		

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

11. Estado de conservación

Se determinó el estado de conservación de la construcción.

Figura 22

Parámetro 11 de la ficha de evaluación

11	ESTADO DE CONSERVACIÓN	Marcar según lo observado en la vivienda:		
		Muros en buenas condiciones, sin fisuras visibles.		
		Muros en buenas condiciones, pero con fisuras pequeñas.		
		No presenta fisuras, pero se encuentra en mal estado de conservación.		
		Muros con fuerte deterioro en sus componentes.		

Nota: Tomado de Ficha de evaluación para viviendas de albañilería.

A continuación, presentamos la ficha técnica con la cual se ha realizado la recolección de datos:

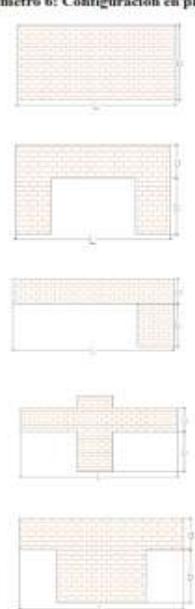
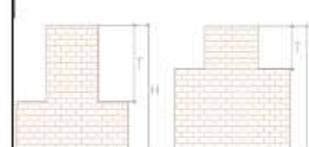
Figura 23

Ficha de evaluación para viviendas de albañilería

FICHA DE EVALUACIÓN PARA VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA UTILIZANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI-PETRINI

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS: " VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI-PETRINI DE LAS VIVIENDAS UBICADAS EN ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE CHOTA, 2022"

DATOS REFERENCIALES		PARÁMETRO	CLASE	ELEMENTO DE EVALUACIÓN
VIVIENDA N°		1	TIPO Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA	Marque según lo observado: Accoría Técnica Nueva construcción y/o reparación según Norma Elemento de acción horizontal y vertical Deformación en confinamiento y proceso constructivo Muros sin confinamiento o autoconfinamiento
UBICACIÓN				
SECTOR				
FECHA				
USO ACTUAL		2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Marque según lo observado: Muros con mampostería habitual Muros con mampostería artesanal Buena trabazón en mampostería Mortero de buena calidad
Parámetro 6: Configuración en planta  B1= a/L B2= b/L Parámetro 7: Configuración en elevación 		3	RESISTENCIA CONVENIONAL	Especificar según lo observado: Número de pisos(N°) Aa: Área de muros en 30m2) Ap: Área de muros en Y (m2) Ia: Altura promedio de entrepisos(m) pm: Peso de mampostería (t/m3) Número de diafragma (M) pd: Peso del diafragma (t/m2) At: Área total construida (m2) Ac: Área de cubierta(m2) pc: Peso de cubierta (t/m2)
				4
		5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	Marque según lo observado: Discontinuidades obvias Buena conexión diafragma-muro Deficiencia del diafragma
		6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	Especificar según lo observado: X mts. Y mts. Z mts.
		7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	Especificar y marcar según lo observado: Aumento o reducción de muros o áreas (%) Piso Muro: Irregularidades del Sistema Resistente:
		8	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE MUROS	Especificar: L (espaciamiento de muros tras. En metros) B (espesor del muro trasero en metros) Factor L/B:
		9	TIPO DE CUBIERTA.	Marque según lo observado: Cubierta cable. Concreto Cubierta-muro adosado Cubierta plana. Material liviano. Cubierta en buenas condiciones.
		10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Calificar con B(bueno), R(regular) o M(malo) según criterio del S.R. Cornisas y parapetos. Tanques de agua prefabricados. Balcones y volados. Pequeños elementos.
11	ESTADO DE CONSERVACIÓN	Marque según lo observado en la vivienda Muros en buenas condiciones, sin fisuras visibles Muros en buenas condiciones, pero con fisuras pequeñas No presenta fisuras, pero se encuentra en mal estado de conservación Muros con fuerte deterioro en sus componentes		

4.3.2. Trabajo en campo

Para la elección de la zona de estudio, se examinó el plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chota, identificando los sectores urbanos con menos ocupabilidad de la

ciudad, siendo estos los sectores 6, sector 7, sector 8 y sector 9 según el Plan de Desarrollo urbano de la ciudad de Chota.

Se eligieron 60 viviendas de los 4 sectores, localizado en el distrito de Chota, perteneciente a la provincia de Chota, ubicada en el departamento de Cajamarca.

4.3.3. Trabajo de gabinete

La información recopilada fue transferida, generando una base de datos que abarca el registro visual de cada construcción en la población analizada, junto con su encuesta correspondiente en Microsoft Excel.

Luego, se elaboraron los bocetos de los diseños de los planos de las viviendas dentro de la muestra utilizando la herramienta de software AutoCAD 2024.

Después, mediante una macro en Microsoft Excel, se ingresó la información recolectada a través de las encuestas de Benedetti - Petrini relacionadas con los aspectos estructurales, constructivos y geométricos de cada vivienda.

4.3.3.1. Calificación de los parámetros según el Método de Benedetti-Petrini.

Se examinaron los 11 parámetros contemplados en la metodología de Benedetti - Petrini, clasificándolos como A, B, C o D en función de las características estructurales, constructivas y geométricas de cada construcción.

1. Parámetro 1. Tipo y organización del sistema resistente.

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 24

Clasificación del parámetro 1 del método Benedetti Petrini

Clase A	Cumple con la NTE E. 070 Albañilería
Clase B	No cumple con la NTE E. 070 Albañilería
Clase C	Las vigas y columnas confinan parcialmente los muros
Clase D	Sin vigas ni columnas o autoconstrucción

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclato, región Lambayeque.

2. Parámetro 2. Calidad del sistema resistente

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 25

Clasificación del parámetro 2 del método de Benedetti Petrini

Clase A	Cumple con todas las características
Clase B	No cumple con 1 característica
Clase C	No cumple con 2 características
Clase D	No cumple con ninguna característica

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclato, región Lambayeque.

3. Parámetro 3. Resistencia convencional

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 26

Clasificación del parámetro 3 del método de Benedetti Petrini

A: Edificación con $\alpha \geq 1$
B: Edificación con $0.6 \leq \alpha \leq 1$
C: Edificación con $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
D: Edificación con $\alpha \leq 0.4$

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

4. Parámetro 4. Posición del edificio y de la cimentación

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 27

Clasificación del parámetro 4 del método de Benedetti Petrini

Clase A	Cumple con todas las características
Clase B	Cumple con 3 características, pero está cimentada en un suelo intermedio y flexible
Clase C	Cumple con 2 características, pero está cimentada en un suelo intermedio y flexible, además tiene presencia de sales o humedad
Clase D	No cumple con ninguna característica

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

5. Parámetro 5. Diafragmas horizontales

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 28

Clasificación del parámetro 5 del método de Benedetti Petrini

Clase A	Cumple con todas las características
Clase B	No cumple con 1 característica
Clase C	No cumple con 2 características
Clase D	No cumple con ninguna característica

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclato, región Lambayeque.

6. Parámetro 6. Configuración en planta

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 29

Clasificación del parámetro 6 del método de Benedetti Petrini

A: Edificación con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$
B: Edificación con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
C: Edificación con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
D: Edificación con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclato, región Lambayeque.

7. Parámetro 7. Configuración de elevación

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 30

Clasificación del parámetro 7 del método de Benedetti Petrini

A: Si $0.75 < T/H$
B: Si $0.50 < T/H \leq 0.75$
C: Si $0.25 < T/H \leq 0.50$
D: Si $T/H \leq 0.25$

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclato, región Lambayeque.

8. Parámetro 8. Distancia máxima entre muros

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 31

Clasificación del parámetro 8 del método de Benedetti Petrini

A: Si $L/S < 15$
B: Si $15 < L/S \leq 18$
C: Si $18 < L/S \leq 25$
D: Si $25 < L/S$

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclato, región Lambayeque.

9. Parámetro 9. Tipo de cubierta

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 32

Clasificación del parámetro 9 del método de Benedetti Petrini

Clase A	Cumple con todas las características
Clase B	Cumple con 3 características, pero es inestable
Clase C	Cumple con 2 características, pero es inestable y está en mal estado
Clase D	No cumple con ninguna característica

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclato, región Lambayeque.

10. Parámetro 10. Elementos no estructurales

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 33

Clasificación del parámetro 10 del método de Benedetti Petrini

A: Edificación sin parapetos y sin cornisas.
B: Edificación sin parapetos con elementos de cornisas bien conectadas a la pared.
C: Edificación con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.
D: Edificación que presenta cualquier otro tipo de elemento en el techo mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de un terremoto.

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclato, región Lambayeque.

11. Parámetro 11. Estado de conservación

Para la clasificación del presente parámetro se utilizó el siguiente gráfico:

Figura 34

Clasificación del parámetro 11 del método de Benedetti Petrini

A: Muros en buenas condiciones, sin fisuras visibles.
B: Muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras, menores a dos milímetros (2.0 mm).
C: Edificación con fisuras y cuyos componentes estructurales están deterioradas.
D: Muros con fuerte deterioro en sus componentes.

Nota: Tomado de Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrino de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

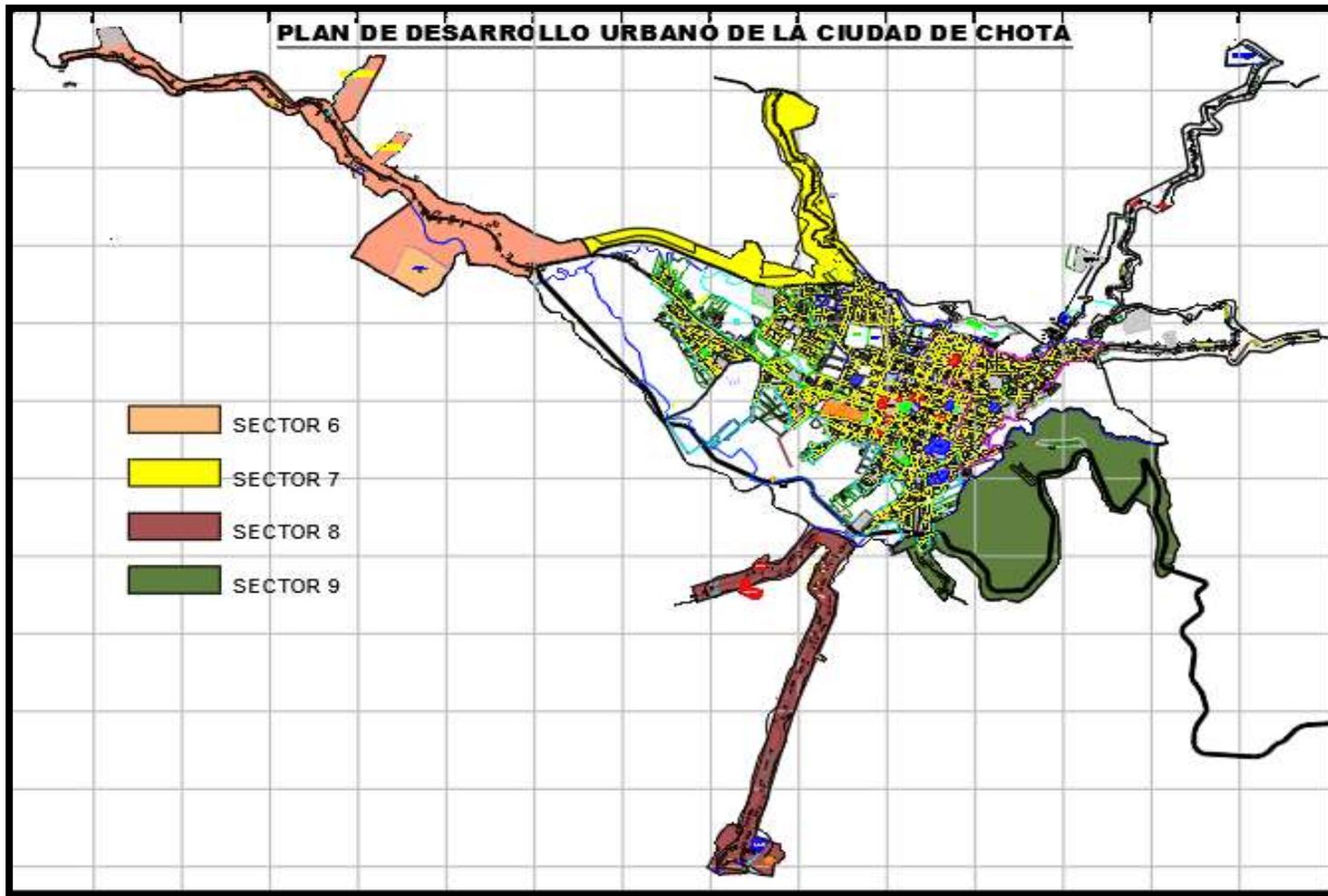
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

4.4.1. Población.

La población de estudio estará constituida por todas las viviendas (506 viviendas) ubicadas en zonas de expansión urbana (4 sectores) de la ciudad de Chota.

Figura 35

Plan de desarrollo urbano.



Sector 6:

Delimitado por la Zona Agrícola, Camino, Zona Agrícola, Camino, Av. Inca Garcilazo de la Vega, Sector 5, Zona Agrícola y Rio Chotano. Caracterizado por 01 eje vial dinamizador (Carretera Chota – Chiclayo),

Sector 7:

Delimitado por la Zona Agrícola, Carretera Cochopampa, Zona Agrícola, Jr. Francisco Estela, Av. Paseo San Mateo. Caracterizado por 02 ejes viales dinamizadores de desarrollo (Av. Paseo San Mateo y la Trocha Carrozable que va al Terreno de la Universidad Nacional de Cajamarca).

Sector 8:

Delimitado por el Rio Chota, Zona Agrícola, Camino, Zona Agrícola, Camino, Zona Agrícola, Camino, Zona Agrícola, Camino y Zona Agrícola. Caracterizado por 02 ejes viales dinamizadores de desarrollo (Trocha Carrozable que va al Puente Iriaca y la Trocha Carrozable que va a Cabracancha)

. Avilés, presenta una trama heterogénea de calles sinuosas.

Sector 9:

Delimitado por el Rio Colpamayo, Zona Agrícola, Zona Agrícola, Canal Chim Chim y Zona Agrícola. Caracterizado por 01 eje vial dinamizador de desarrollo (Carretera Chota - Cajamarca), 01 icono ambiental como el Rio Colpamayo, presenta una trama heterogénea de calles sinuosas.

Tiene un área de 88.41 has. Además, de muy poca área urbana con 3,03 has. Es el segundo con mayor porcentaje con relación al ámbito de estudio con 13.31 % y uno de los que más adolece de servicios de equipamientos.

4.4.2. Muestra.

Para la determinación de la muestra se empleó el muestreo aleatorio simple para calcular dicho tamaño con la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z^2 N p q}{E^2 (N - 1) + Z^2 p q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra.

N: Tamaño de la población.

p: probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

q: probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

E: error de estimación máximo aceptado, considerado por el investigador.

Z: Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC).

-Nivel de confianza 90%, entonces $Z=1.645$

-Nivel de confianza 95%, entonces $Z=1.96$

-Nivel de confianza 99%, entonces $Z=2.575$

Datos:

$N=506$

$P= 50\%=0.5$

$q= 50\%=0.5$

$E=10\%=0.10$

$Z=1.645$; dado que el nivel de confianza es 90%.

Reemplazando valores:

$$n = \frac{(1,645)^2(506)(0.50)(0.50)}{(0.1)^2(506 - 1) + (1,645)^2(0.50)(0.50)}$$

$$n = 59.7767 \cong \mathbf{60 \text{ viviendas}}$$

A partir de los datos recopilados, se deduce que, con un nivel de confianza del 90%, se ha determinado una muestra de tamaño $n=60$ viviendas.

4.4.3. Unidades de análisis.

Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada seleccionadas de manera aleatoria para el estudio.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

4.5.1. Técnicas.

1. **La observación directa.** Se evaluó la muestra seleccionada usando fichas de control.
2. **Análisis documental de la metodología de Benedetti-Petrini.** Usando los protocolos del método, planos, otras investigaciones, papers, etc.

4.5.2. Instrumentos.

Dentro de los instrumentos de recolección de datos tenemos: Información bibliográfica, fichas de control de las viviendas seleccionadas. Para la observación directa se utilizarán fichas de recojo de información, consideradas observación estructurada o sistemática, que comprende el empleo de instrumentos adecuados, para la recopilación de datos, se diseñarán formatos con indicadores adecuados como recursos técnicos, realizándose preguntas a los habitantes y mediciones in situ.

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

Luego de analizar a las viviendas en los reportes elaboradas en el Excel, como cálculos de los 11 parámetros correspondientes al método de Benedetti-Petrini, resumir y analizar los resultados que permitirán determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas estudiadas.

4.7. Equipos, materiales, insumos, etc.

Equipos

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Wincha de 50m.

Equipo de protección personal (EPP)

Tabla 10

Equipos, materiales, insumos utilizados en la investigación

	- Computadora
	- Cámara fotográfica
Equipos:	- Wincha de 5m y 30 m
	- Casco de protección
	- chaleco
	- Fichas técnicas de evaluación
Materiales:	- Reglas
	- Lapiceros

4.8. Matriz de consistencia metodológica.

Tabla 11

Matriz de consistencia metodológica

Título: "Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, 2022"									
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES/Categorías	Sub Variables	Dimensiones/factores	Indicadores/cualidades	Fuente de Instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
<p>Pregunta general:¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana en la ciudad de Chota, Cajamarca?</p>	<p>Objetivo General:Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota.</p>	<p>Hipótesis general:El nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota es alto.</p>	<p>Vulnerabilidad sísmica</p>	<p>Nivel de vulnerabilidad</p>	Alta	Índice de vulnerabilidad sísmica mayor a 40	<p>Calculo de acuerdo al método Benedetti-Petrini</p>	<p>Benedetti-Petrini</p>	<p>Población: 506 viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota Muestra: 60 viviendas seleccionadas.</p>
					Media	Índice de vulnerabilidad sísmica mayor o igual a 20 y menor a 40			
					Baja	Índice de vulnerabilidad sísmica mayor o igual a 0 y menor a 20			
<p>¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos estructurales de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca?</p>	<p>Evaluar los aspectos estructurales para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca.</p>	<p>El nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos estructurales de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota es alto.</p>		<p>Aspectos estructurales</p>	<p>Clase A, B, C y D</p>	Tipo y organización del sistema resistente	<p>Resistencia convencional</p>		
						Calidad del sistema resistente			
<p>¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos constructivos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca?</p>	<p>Evaluar los aspectos constructivos para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca.</p>	<p>El nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos constructivos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota es alto.</p>		<p>Aspectos constructivos</p>	<p>Clase A, B, C y D</p>	Posición del edificio y la cimentación	<p>Formatos de fichas de encuestas</p>		
						Diagragmas horizontales			
			Distancia entre muros						
			Tipo de cubierta						
			Elementeos no estructurales						
			Estado de conservación						
<p>¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos geométricos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca?</p>	<p>Evaluar los aspectos geométricos para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota.</p>	<p>El nivel de vulnerabilidad sísmica al evaluar aspectos geométricos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota es alto.</p>	<p>Aspectos geométricos</p>	<p>Clase A, B, C y D</p>	Configuración en planta				
					Configuración en elevación				

CAPITULO V

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5. 1. Presentación de Resultados.

5.1.1. Caracterización de viviendas.

Para la determinación del índice de vulnerabilidad, “fue necesario estimar o establecer la cantidad viviendas necesaria en toda el área en estudio; en este sentido se estableció que la cantidad de viviendas son de 60 viviendas en los diversos sectores como se muestra a continuación:

Tabla 12

Viviendas de estudio según sectores de expansión urbana

Sectores	Viviendas	Porcentaje
Sector 6	12	20%
Sector 7	8	13%
Sector 8	24	40%
Sector 9	16	27%
TOTAL	60	100%

Bajo lo anterior mostrado, se obtuvo que la zona de estudio está compuesta por 60 viviendas de albañilería; siendo que el porcentaje del 20%, 13%, 40% y 27% para los sector6, sector 7, sector 8 y sector 9 de las viviendas estudiadas.

La figura 33 muestra esquemáticamente la distribución en porcentajes de la cantidad de viviendas que ocupan la zona de estudio según los sectores de expansión urbana considerados.

Figura 36

Viviendas de estudio según sectores de expansión urbana



5.1.2. Estimación de parámetros de vulnerabilidad.

Parámetro 1. Tipo y organización del sistema resistente.

Este primer parámetro consideró que la edificación analizada cumpla con lo establecido en la norma E-070 y E-080 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 13

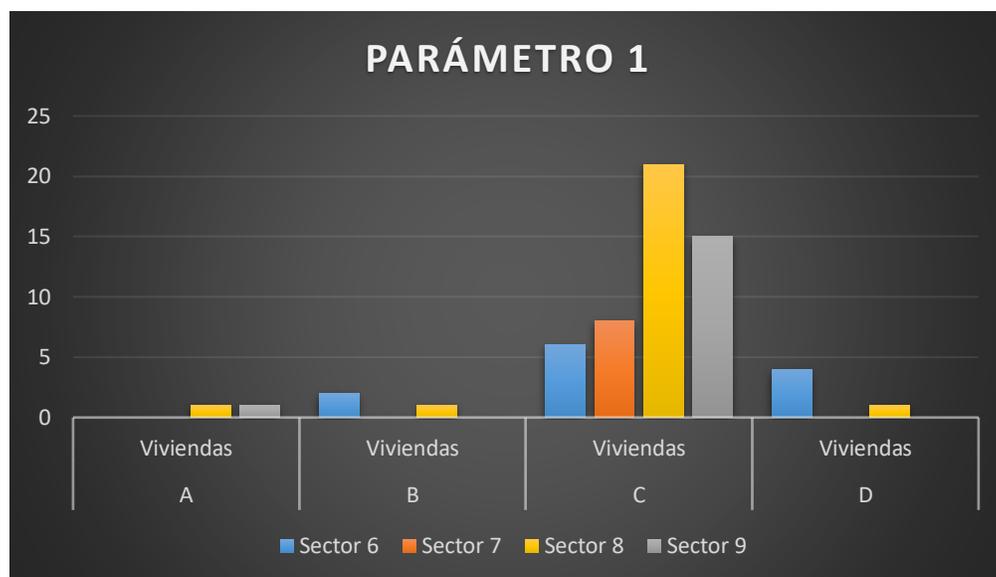
Calificación del parámetro 1.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	0	0.0%	2	3.3%	6	10.0%	4	6.7%
Sector 7	0	0.0%	0	0.0%	8	13.3%	0	0.0%
Sector 8	1	1.7%	1	1.7%	21	35.0%	1	1.7%
Sector 9	1	1.7%	0	0.0%	15	25.0%	0	0.0%
TOTAL								60

Los resultados muestran que la mayoría de viviendas analizadas representan una calificación C, debido en gran medida que, a pesar de confinar los muros con sus respectivas columnas, el déficit de mano calificada resalta mediante la elaboración de componentes estructurales como columnas y vigas con cangrejas; tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 37

Distribución esquemática del parámetro 1



Parámetro 2. Calidad del sistema resistente.

Este parámetro hace referencia a la calidad del sistema resistente; en este sentido se consideró que las edificaciones usen buenos materiales y respeten las distancias mínimas de juntas.

Tabla 14

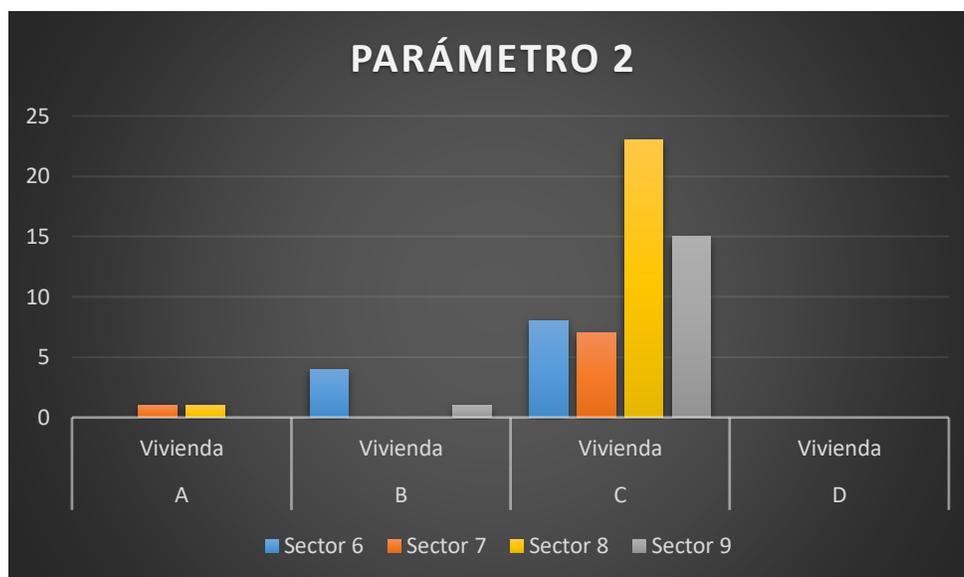
Calificación del parámetro 2.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	0	0.0%	4	6.7%	8	13.3%	0	0.0%
Sector 7	1	1.7%	0	0.0%	7	11.7%	0	0.0%
Sector 8	1	1.7%	0	0.0%	23	38.3%	0	0.0%
Sector 9	0	0.0%	1	1.7%	15	25.0%	0	0.0%
TOTAL								60

En base a lo descrito anteriormente, se ha podido determinar que ningún tipo de sistema estructural obtuvieron una calificación “C”, debido principalmente a que las unidades con las que se edificaron son realizadas de manera artesanal; tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 38

Distribución esquemática del parámetro 2



Parámetro 3. Resistencia convencional.

Este parámetro analiza la fiabilidad del sistema resistente, por lo que para la evaluación de las viviendas de la zona del proyecto se evaluaron la densidad de muros de cada vivienda. Bajo este contexto se determinaron los siguientes resultados para cada tipo de sistema estructural.

Tabla 15

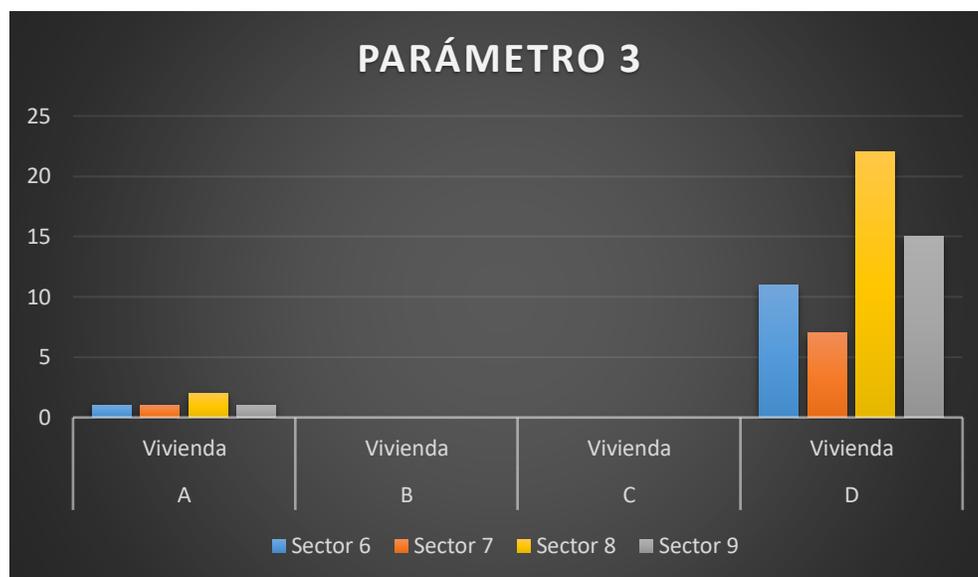
Calificación del parámetro 3.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	1	1.7%	0	0.0%	0	0.0%	11	18.3%
Sector 7	1	1.7%	0	0.0%	0	0.0%	7	11.7%
Sector 8	2	3.3%	0	0.0%	0	0.0%	22	36.7%
Sector 9	1	1.7%	0	0.0%	0	0.0%	15	25.0%
TOTAL								60

En la Figura 39 se observa que para este parámetro la mayoría de las viviendas presenta una calificación “D”, debido principalmente a una mala distribución de los muros portantes ya que muchos de estos presentan aberturas para iluminación”.

Figura 39

Distribución esquemática del parámetro 3



Parámetro 4. Posición del edificio y de la cimentación

El parámetro 4 considera para su evaluación del tipo de suelo en el que la fundación fue construida, por lo que sus valores o clasificación depende en gran medida del tipo de suelo que se obtenga.

Tabla 16

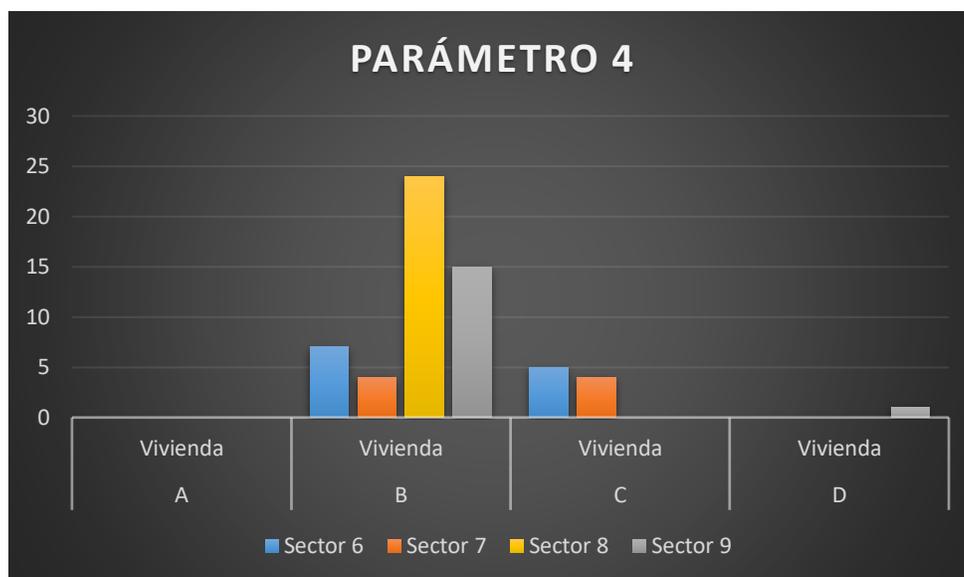
Calificación del parámetro 4.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	0	0.0%	7	11.7%	5	8.3%	0	0.0%
Sector 7	0	0.0%	4	6.7%	4	6.7%	0	0.0%
Sector 8	0	0.0%	24	40.0%	0	0.0%	0	0.0%
Sector 9	0	0.0%	15	25.0%	0	0.0%	1	1.7%
TOTAL								60

“De acuerdo al estudio realizado en campo, la calificación que han obtenido cada sistema estructural predomina la “B”, indicando que el tipo de suelo resulta adecuado para la realización de fundaciones de viviendas de hasta 3 pisos. La esquematización de estos resultados se muestra a continuación.

Figura 40

Distribución esquemática del parámetro 4



Parámetro 5. Diafragmas horizontales.

La evaluación del parámetro 5 consistió en la evaluación del diafragma por el que está compuesto. En este sentido la siguiente tabla muestra que, la calificación de cada sistema estructural oscila entre “B” y “C”.

Tabla 17

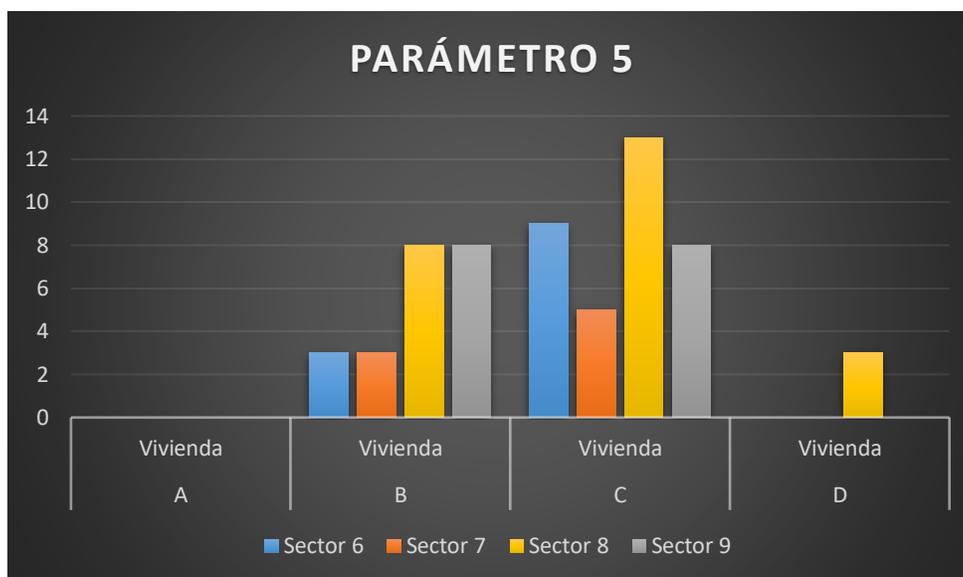
Calificación del parámetro 5.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	0	0.0%	3	5.0%	9	15.0%	0	0.0%
Sector 7	0	0.0%	3	5.0%	5	8.3%	0	0.0%
Sector 8	0	0.0%	8	13.3%	13	21.7%	3	5.0%
Sector 9	0	0.0%	8	13.3%	8	13.3%	0	0.0%
TOTAL								60

La *Figura 41* muestra la distribución esquemática de la calificación del parámetro 5 para tipo de vivienda.

Figura 41

Distribución esquemática del parámetro 5



Parámetro 6. Configuración en planta.

Para la evaluación de este parámetro se ha considerado la forma en planta de la edificación, con la finalidad de establecer si existe irregularidad; los resultados obtenidos están en la siguiente tabla”

Tabla 18

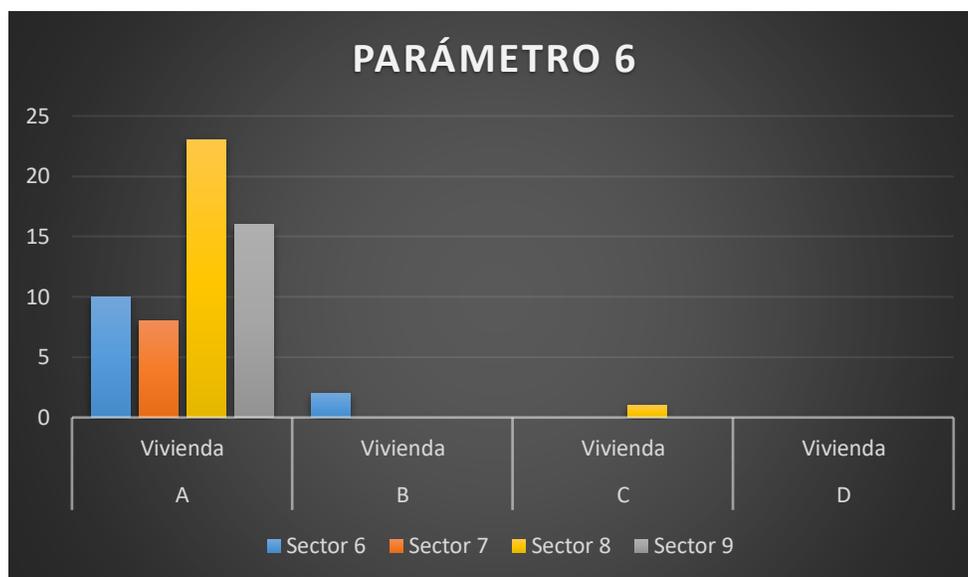
Calificación del parámetro 6.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	10	16.7%	2	3.3%	0	0.0%	0	0.0%
Sector 7	8	13.3%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Sector 8	23	38.3%	0	0.0%	1	1.7%	0	0.0%
Sector 9	16	26.7%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
TOTAL								60

La esquematización de la tabla anterior se muestra en la *Figura 42*; de esta se puede establecer que la calificación para todos los sistemas estructurales resulta “A”, debido a que, en su mayoría, las viviendas están distribuidas de manera regular.

Figura 42

Distribución esquemática del parámetro 6



Parámetro 7. Configuración en elevación.

La evaluación del parámetro 7 considera la configuración de las viviendas en elevación, es decir, verificar si entre pisos consecutivos existe diferencias entre las dimensiones.

Tabla 19

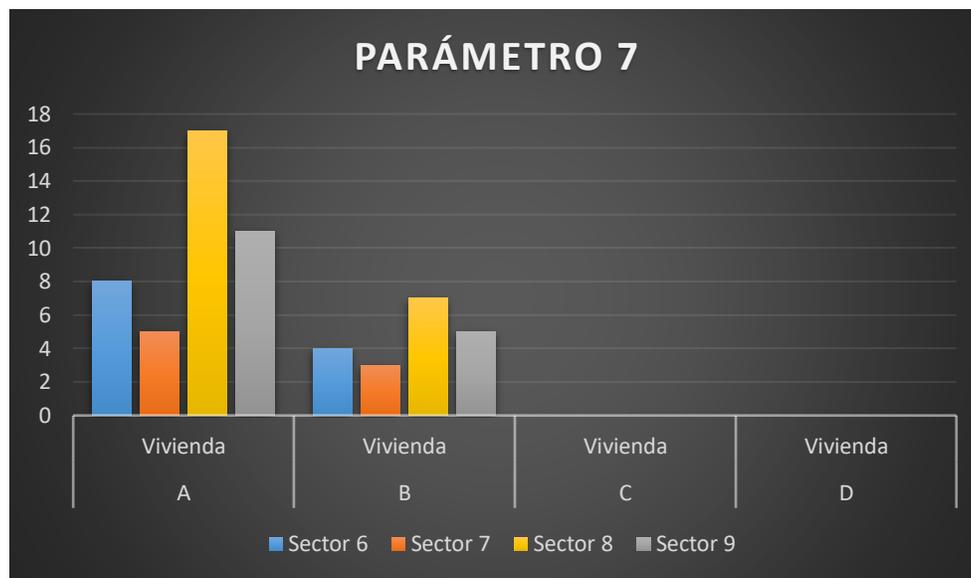
Calificación del parámetro 7.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	8	13.3%	4	6.7%	0	0.0%	0	0.0%
Sector 7	5	8.3%	3	5.0%	0	0.0%	0	0.0%
Sector 8	17	28.3%	7	11.7%	0	0.0%	0	0.0%
Sector 9	11	18.3%	5	8.3%	0	0.0%	0	0.0%
TOTAL								60

La esquematización de la tabla anterior se muestra en la *Figura 43*; de esta se puede establecer que la calificación para las viviendas de albañilería y Concreto Armado resulta “A” y “B”, debido a que, en su mayoría, las viviendas están distribuidas de manera irregular.

Figura 43

Distribución esquemática del parámetro 7



Parámetro 8. Distancia máxima entre muros.

Para la evaluación del parámetro 8 se consideró la distancia existente entre muros portantes y su espesor. En consecuencia, la calificación obtenida para este parámetro se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 20

Calificación del parámetro 8.

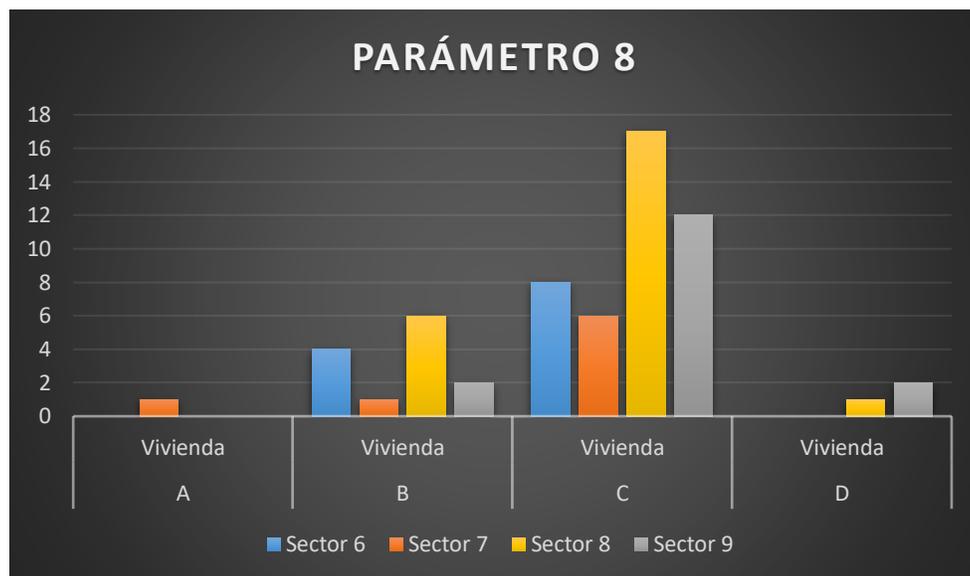
Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	0	0.0%	4	6.7%	8	13.3%	0	0.0%
Sector 7	1	1.7%	1	1.7%	6	10.0%	0	0.0%
Sector 8	0	0.0%	6	10.0%	17	28.3%	1	1.7%
Sector 9	0	0.0%	2	3.3%	12	20.0%	2	3.3%
TOTAL								60

La *Figura 44* muestra esquemáticamente la distribución porcentual de la calificación del parámetro 8; de esta se puede mencionar que la calificación predominante en todos los sistemas estructurales es del tipo “C”, basada principalmente en que el espesor de los muros tiene un promedio de 0.13m y 0.40m para viviendas de mampostería y adobe

respectivamente, mientras que la distancia de separación de muros está entre los rangos de 2.5m a 3.2m.

Figura 44

Distribución esquemática del parámetro 8



Parámetro 9. Tipo de cubierta.

Para la evaluación del parámetro 9, se ha considerado el estado de las coberturas en los techos, por lo que solo se identificó su estado y tipo. Los resultados de la calificación del parámetro 9 se dan a conocer en la siguiente tabla

Tabla 21

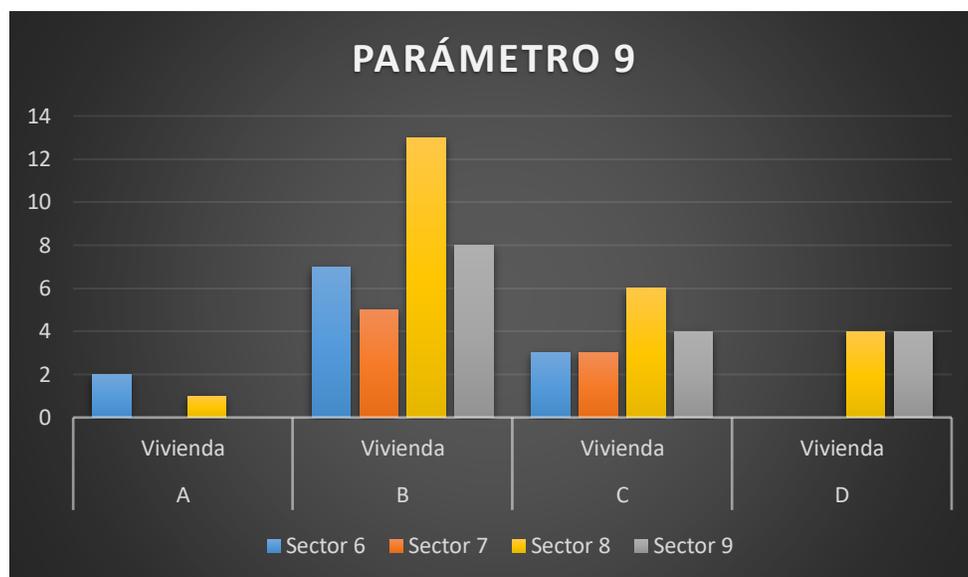
Calificación del parámetro 9.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	2	3.3%	7	11.7%	3	5.0%	0	0.0%
Sector 7	0	0.0%	5	8.3%	3	5.0%	0	0.0%
Sector 8	1	1.7%	13	21.7%	6	10.0%	4	6.7%
Sector 9	0	0.0%	8	13.3%	4	6.7%	4	6.7%
TOTAL								60

La interpretación de la tabla anterior se muestra en la *Figura 45* y muestra que, las coberturas de todos los sistemas estructurales tienen una calificación “B”.

Figura 45

Distribución esquemática del parámetro 9



Parámetro 10. Elementos no estructurales.

Para la evaluación de este parámetro se ha considerado el estado de conservación de ciertos elementos no estructurales. En este sentido, la siguiente tabla muestra el porcentaje de cada tipo de calificación de este parámetro en cada vivienda analizada”.

Tabla 22

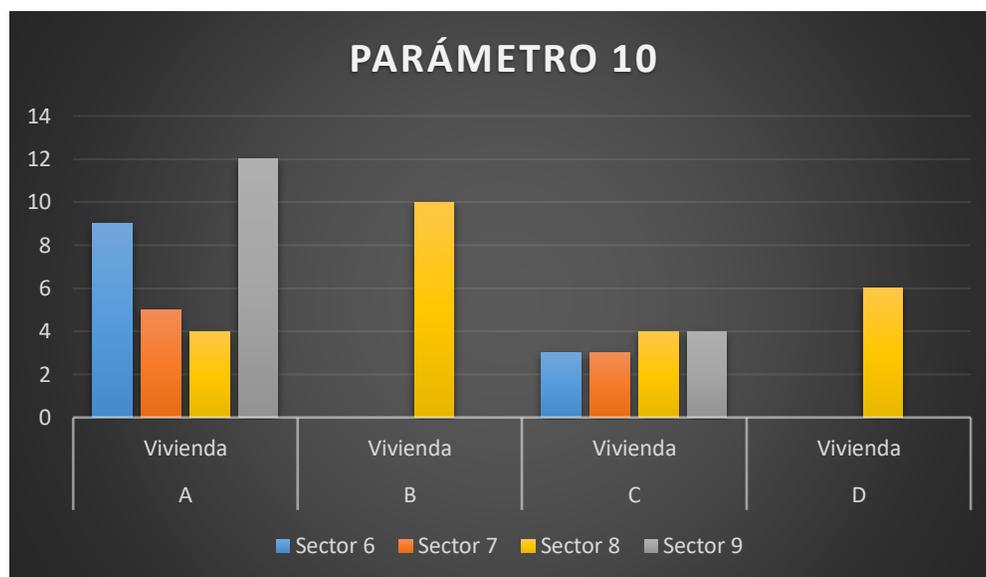
Calificación del parámetro 10.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	9	15.0%	0	0.0%	3	5.0%	0	0.0%
Sector 7	5	8.3%	0	0.0%	3	5.0%	0	0.0%
Sector 8	4	6.7%	10	16.7%	4	6.7%	6	10.0%
Sector 9	12	20.0%	0	0.0%	4	6.7%	0	0.0%
TOTAL								60

Los resultados muestran que para los diferentes tipos de sistemas estructurales considerados en el estudio la mayoría tiene una calificación tipo “A”, debido principalmente a que el año de construcción de muchas viviendas no sobrepasa los 10 años.

Figura 46

Distribución esquemática del parámetro 10



Parámetro 11. Estado de conservación.

El último parámetro considerado de acuerdo a la metodología de Benedetti – Petri es el estado de conservación de la edificación, la cual se obtuvo mediante inspección visual y cuyas calificaciones se muestran a continuación.

Tabla 23

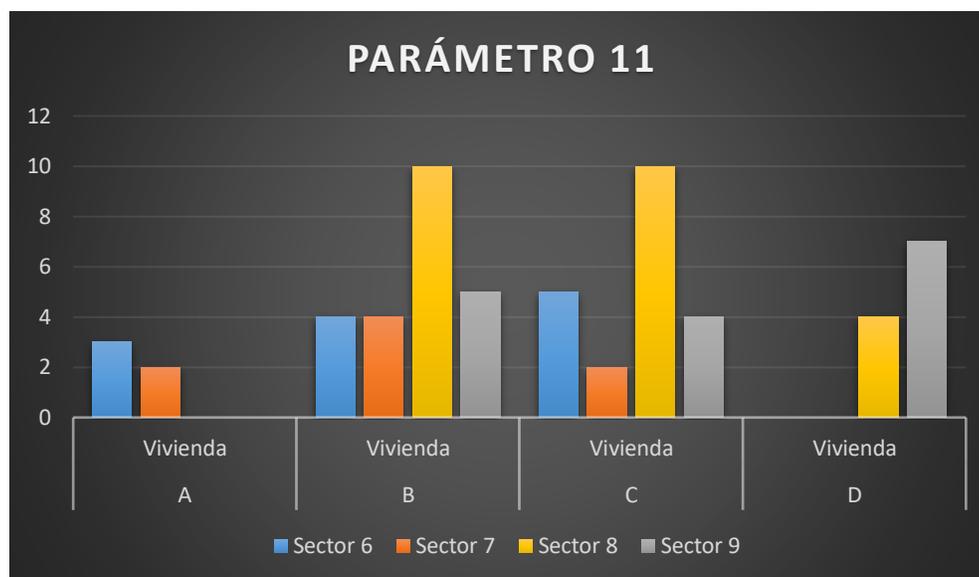
Calificación del parámetro 11.

Sectores	A		B		C		D	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	3	5.0%	4	6.7%	5	8.3%	0	0.0%
Sector 7	2	3.3%	4	6.7%	2	3.3%	0	0.0%
Sector 8	0	0.0%	10	16.7%	10	16.7%	4	6.7%
Sector 9	0	0.0%	5	8.3%	4	6.7%	7	11.7%
TOTAL								60

La Figura 47 muestra que la calificación predominante es del tipo “B” y “C”.

Figura 47

Distribución esquemática del parámetro 11



5.1.3. Estimación de la vulnerabilidad global.

Como parte final del estudio se determinó la vulnerabilidad global en las zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 24

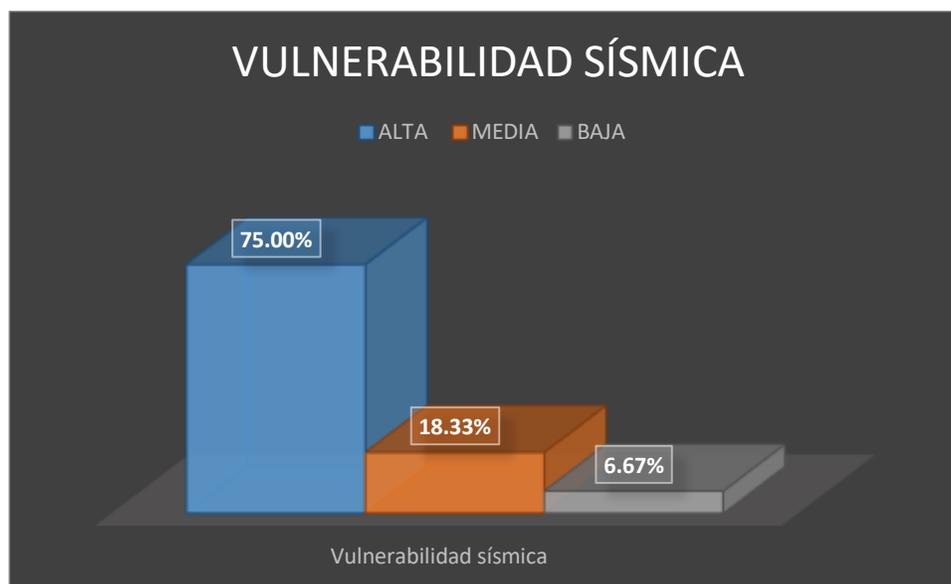
Vulnerabilidad sísmica de zonas de expansión urbana en la ciudad de Chota, 2022.

Descripción	Alta		Media		Baja	
	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)	Vivienda	(%)
Sector 6	8	13%	3	5%	1	2%
Sector 7	6	10%	1	2%	1	2%
Sector 8	17	28%	6	10%	1	2%
Sector 9	14	23%	1	2%	1	2%
Total						60

Los resultados obtenidos muestran que del total de viviendas ubicadas en la zona de investigación el 75.00 % de las viviendas tienen una vulnerabilidad alta, el 18.33 % una vulnerabilidad media y solo un 6.67 % una vulnerabilidad baja; indicando así que es necesario tomar ciertas medidas de control para mitigar el daño ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico.

Figura 48

Clasificación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota



5. 2. Discusión de resultados.

5.2.1. Aspectos Estructurales.

A. Parámetro 1: Tipo y organización del sistema resistente

- En la *figura 37* podemos observar que para el parámetro 1 el 83.3% de las viviendas evaluadas pertenecen a la clase C esto significa que las viviendas no presentan vigas de amarre en todas sus plantas y que está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas; asimismo el 8.3 % de las viviendas evaluadas pertenecen a la clase D esto nos indica que son viviendas con paredes ortogonales no ligadas.

B. Parámetro 3: Resistencia Convencional

- Como podemos apreciar en la *figura 39* correspondiente al parámetro 3: resistencia convencional, observamos que del total de las viviendas evaluadas

el 8.3% corresponde a la clase A viviendas con un comportamiento bueno en “cajón” de la estructura y el 91.7 % pertenecen a la clase D con comportamiento deficiente o insegura.

5.2.2. Aspectos Constructivos

A. Parámetro 2: Calidad del Sistema Resistente

- Como la *figura 38* se observa que para el parámetro 2 tenemos que el 8.3% de viviendas evaluadas pertenecen a la clase B, 88.3% a la clase C y el 3.3% a la clase A; esto nos indica que la característica de resistencia de la albañilería empleada en las viviendas evaluadas no asegura la eficiencia de la estructura.

B. Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación

- Como Como podemos observar en la *figura 40* correspondiente al parámetro 4: posición del edificio y cimentación, observamos que del total de las viviendas evaluadas el 83.3% corresponde a la clase B viviendas cimentadas en suelo intermedio y flexible, así mismo el suelo con presencia de humedad o sales; el 15% corresponde a la clase C viviendas cimentadas con presencia de humedad o sales y estado deteriorado.

C. Parámetro 5: Diafragmas horizontales

- Como Como podemos observar en la *figura 41* tenemos que el 36.7% corresponde a la clase B viviendas con casi buena conexión entre la losa y el sistema de muros, el 58.3% corresponde a la clase C viviendas con casi deficiente conexión entre la losa y el sistema de muros y el 5% corresponde a

la clase D viviendas con deficiente conexión entre la losa y el sistema de muros.

D. Parámetro 8: Distancia máxima entre muros

- Como Como podemos observar en la *figura 44* tenemos que la distancia máxima entre muros, se observa que de las viviendas evaluadas el 71.7% corresponden a la clase C viviendas con mala configuración de espaciamiento entre muros.

E. Parámetro 9: Tipo de cubierta

- Como Como podemos observar en la *figura 45* verificamos que del total de las viviendas evaluadas el 5% corresponde a la clase A viviendas con cubierta estable y plana debidamente amarrada a los muros y el 55% corresponde a la clase B viviendas con cubierta de losa aligera y con arriostramiento de vigas

F. Parámetro 10: Elementos no estructurales

- Como Como podemos observar en la *figura 46* verificamos que para el parámetro 10: elementos no estructurales, se observa que de las viviendas evaluadas el 50% corresponde a la clase A viviendas sin parapetos no cornisas, el 16.7% corresponde a la clase B viviendas sin parapetos con cornisas bien conectadas a la pared y el 23.3% corresponde a la clase C viviendas con elementos de pequeñas dimensiones, mal vinculados a la pared.

G. Parámetro 11: Estado de conservación

- Como Como podemos observar en la *figura 47* verificamos que para el parámetro 11: que de las viviendas evaluadas el 38.3% corresponde a la clase B viviendas con muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras, menores a 2mm, el 35% corresponde a la clase C viviendas con muros que muestran fisuras y cuyos componentes estructurales están deteriorados y el 18.3% corresponde a la clase D viviendas con muros que muestran fuertes deterioro en sus componentes con muros que muestran fuertes deterioro en sus componentes.

5.2.3. Aspectos Geométricos

A. Parámetro 6: Configuración en planta

- Según la *figura 42* se observa que para el parámetro 6: configuración en planta, se observa que de las viviendas evaluadas el 95% corresponden a la clase A viviendas con una buena forma en planta de la estructura, en consecuencia, tienen un buen comportamiento sísmico.

B. Parámetro 7: Configuración de elevación

- Como podemos observar en la *figura 43* correspondiente al parámetro 7: configuración en elevación, observamos que del total de las viviendas evaluadas el 68.3% corresponde a la clase A y el 31.7% a la clase B.

5.2.4. Comparación con otras investigaciones.

Condor, E. (2024) en su tesis: “*Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de*

Bambamarca, 2023” determinó que el 56% de las viviendas analizadas presentan una vulnerabilidad alta, y el 44% presentan una vulnerabilidad media.

En la presente investigación los resultados son semejantes a los anteriormente tratados ya que el mayor porcentaje de las viviendas presentan vulnerabilidad sísmica alta (75%) el 18.33 % presentan vulnerabilidad sísmica media y solamente el 6.67% vulnerabilidad sísmica baja.

CAPITULO VI

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. 1. Conclusiones

- En la presente investigación se ha obtenido los resultados al evaluar viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota aplicando el método de Benedetti – Petrini siendo los siguientes: 45 viviendas presentan vulnerabilidad ALTA, 11 viviendas vulnerabilidad MEDIA y solamente 4 viviendas vulnerabilidad BAJA.
- Se determinó que el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti- Petrini al evaluar aspectos estructurales de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota esto al evaluar los parámetros 1 y 3 es principalmente de nivel ALTO, puesto que la mayoría de las viviendas tienen clasificación C y clasificación D; es decir viviendas casi deficientes y deficientes e inseguras.
- Se determinó que el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti- Petrini al evaluar aspectos constructivos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota esto al evaluar los parámetros 2,4,5,8,9,10 y 11 es principalmente de nivel MEDIO, puesto que la mayoría de las viviendas en estudio tienen la clasificación B y clasificación D, es decir viviendas casi buenas y casi deficientes
- Se determinó que el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti- Petrini al evaluar aspectos geométricos de las viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota esto al evaluar los parámetros 6 y 7 es principalmente de nivel BAJO, puesto que la mayoría de las viviendas al ser evaluadas en estos parámetros tienen la clasificación A y clasificación B; es decir viviendas buenas o acorde a la normativa y viviendas casi buenas

6. 2. Recomendaciones

- Las fichas de reporte utilizadas en la presente investigación son de carácter cualitativo por lo que pueden ser utilizadas en otras investigaciones que se pretenda hacer en la ciudad de Chota y demás ciudades de la región Cajamarca.
- Se recomienda que los resultados obtenidos en la presente investigación sean la bases para futuras investigaciones y también la concientización a la población sobre las consecuencias que podría traer un evento sísmico en nuestra localidad.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Chota tener en cuenta los resultados de esta investigación para que la Gerencia respectiva de la entidad pueda considerarlo en sus planes de prevención y mitigación.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Arna Rabanal, M. A & Chávez Vaquez, J. J (2021). *Vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería en el barrio Urubamba Cajamarca 2019*, Perú. Universidad Privada del Norte.
- Bautista Pérez, H. E., & Ventura Becerra, J. L. (2022). *Análisis de vulnerabilidad sísmica con método de Benedetti - Petrini en viviendas de albañilería confinada, sector Sargento Lores, Jaén, Departamento De Cajamarca, 2022*. Jaén: Universidad Nacional de Jaén.
- Benedetti, D., & Petrini, V. (1984). Sulla vulnerabilità sísmica di edifici in muratura: Prioste di un método di valutazione, L'industria delle Costruzioni, Roma, Italia. Italia.
- Castañeda Cieza, G. (2020). *"Comportamiento sísmico de un edificio multifamiliar proyectado con sistemas de albañilería armada y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca"*. Universidad Privada del Norte.
- Condor Posito, E. (2024). *Vulnerabilidad sísmica aplicando el método Benedetti-Petrini en zonas de expansión urbana de la ciudad de Bambamarca 2023*. Universidad Nacional de Cajamarca. Escuela de Posgrado.
- Humala Barbier, P. (2012). *Vulnerabilidad sísmica del centro poblado Medio Mundo - Végueta - Huaura con aplicación del sistema de información geográfica (SIG)*.
- Instituto Geofísico del Perú (2014). *Evaluación del Peligro Sísmico en Perú*. Lima-Perú.
- Kuroiwa, J., Pacheco, E., & Pando. (2010). *Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*. Lima: Umbral ediciones.
- Kuroiwa, J. (2002). *Reducción de Desastres – Vivienda en armonía con la naturaleza. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*. Lima.

- Marasco, S., Noori, A. Z., Domaneschi, M., & Gian, P. C. (2021). Seismic vulnerability assessment indices for buildings: Proposals, comparisons and methodologies at collapse limit states.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) Norma G-040. *Definiciones*. Lima, Perú. 28p.
- Mita, A (2014). *Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas existentes en el barrio 24 de mayo de la ciudad de Riobamba. (tesis de grado)*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 205p.
- Ñanfuñay, H., & Santisteban, E. (2015). *Vulnerabilidad sísmica en el distrito de ciudad Eten aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti - Petrini) (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Oblitas, J y Villar, E (2020). *Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Requena, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque*. Lima, Perú. Universidad San Martín de Porres.
- Paucar, G. (2021). Analisis de Vulnerabilidad Sísmica en la comuna Oyambarillo ubicado en la parroquia de Tababela, Quito - Ecuador. Quito, Ecuador. Universidad Internacional.
- Pin Molina, J. (2017). SEISMICKNOWLEDGE. Obtenido de ADVANCED SOLUTIONS FOR SAFE AND RESILIENT BUILDINGS AGAINST EARTHQUAKES.: <https://sites.ipleiria.pt/seismicknowledge/como-se-mide-un-terremoto/>
- Real Academia Española. (s.f.). PVC. En *Diccionario de la lengua española* <https://dle.rae.es/vivienda>.

- Salazar, E. (2018). *Vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Jesús*. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Santos Quispe, D. (2019). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017*. Universidad Continental, Huancayo.
- Tarbuck E, Lutgens F, Tasa D. Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física. 8°ed. Madrid: Pearson; 2005.
- Tuesta, C. M., Jiménez, M. J., & Jáuregui, G. A. (2021). Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas, aplicando el método de benedetti-petrini.
- Valdivieso Flamenco, G. (2023). *¿Qué es sismicidad?* Obtenido de https://issuu.com/stephanie050411/docs/sociales_g_nesis_valdivieso_060323/s/2063658
- Valera Garatea, M. (2023). *Peligro sísmico del departamento de Lambayeque mediante el método de probabilistic seismic hazard analysis en el 2020*. UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, Chiclayo - Perú. Obtenido de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5978/1/TL_ValeriaGarateaMiguel.pdf
- Vallejos Barrera, P. C., & Valverde Gutierrez, E. D. (2021). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti–Petrini en las viviendas de la urbanización Monserrate, provincia de Trujillo, región La Libertad*

8. ANEXOS

8.1. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

Tabla 25

Cálculo de la vulnerabilidad sísmica de viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana de la ciudad de Chota.

CODIGO	P	P-	P-	P-	P	P-	P	P-	P	P-	P	IV	IV(Vulnerabilidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IV(%)	
	1	0.2	1.	0.7	1	0.	1	0.2	1	0.2	1			
V-1	2	5	4	5	5	0	0	5	0	0	0	99	25.82	MEDIA
	0		5										%	
V-2	4	25	4	5	1	0	0	25	1	0	5	16	42.81	ALTA
	5		5		5				5			4	%	
V-3	4	5	4	25	1	5	5	25	1	0	2	20	52.61	ALTA
	5		5		5				5		5	1	%	
V-4	4	25	4	5	1	0	0	25	2	0	2	19	50.65	ALTA
	5		5		5				5		5	4	%	
V-5	4	5	4	25	1	5	5	5	1	0	2	19	51.31	ALTA
	5		5		5				5		5	6	%	
V-6	5	5	0	5	1	0	0	25	0	0	0	31	8.17	BAJA
					5								%	
V-7	5	25	4	5	5	0	5	5	1	25	5	12	31.37	MEDIA
			5						5			0	%	
V-8	2	25	4	25	1	0	0	25	2	0	5	16	42.81	ALTA
	0		5		5				5			4	%	
V-9	2	25	4	5	1	0	0	5	1	25	0	13	35.29	MEDIA
	0		5		5				5			5	%	
V-10	2	25	4	25	1	0	0	25	1	0	5	15	40.20	ALTA
	0		5		5				5			4	%	
V-11	2	25	4	25	5	0	5	25	1	0	2	16	44.12	ALTA
	0		5						5		5	9	%	
V-12	2	25	4	5	1	0	0	25	2	25	2	17	45.75	ALTA
	0		5		5				5		5	5	%	
V-13	2	25	4	25	5	0	0	25	1	0	5	14	37.58	MEDIA
	0		5						5			4	%	
V-14	2	0	0	5	1	0	0	0	1	0	0	54	14.05	BAJA
	0			5	5				5				%	
V-15	2	25	4	5	1	0	5	25	2	0	5	15	40.20	ALTA
	0		5		5				5			4	%	

V-16	2	25	4	25	5	0	0	25	2	25	5	16	41.83	ALTA
	0		5						5			0	%	
V-17	2	25	4	25	1	0	5	5	1	25	0	15	40.52	ALTA
	0		5		5				5			5	%	
V-18	2	25	4	5	1	0	0	25	2	25	5	15	40.52	ALTA
	0		5		5				5			5	%	
V-19	2	25	4	25	5	0	5	25	1	0	2	16	44.12	ALTA
	0		5						5		5	9	%	
V-20	2	25	4	5	1	0	0	25	1	0	2	15	41.50	ALTA
	0		5		5				5		5	9	%	
V-21	2	25	4	5	4	0	0	25	1	25	5	17	45.75	ALTA
	0		5		5				5			5	%	
V-22	2	25	4	5	4	0	0	25	2	0	0	17	45.42	ALTA
	0		5		5				5			4	%	
V-23	0	25	0	5	1	0	5	25	4	0	5	86	22.55	MEDIA
				5					5				%	
V-24	2	25	4	5	1	0	0	25	4	0	5	16	44.12	ALTA
	0		5		5				5			9	%	
V-25	2	25	4	5	5	0	0	5	1	45	4	17	45.75	ALTA
	0		5						5		5	5	%	
V-26	2	25	4	5	1	0	5	25	2	0	5	15	40.20	ALTA
	0		5		5				5			4	%	
V-27	2	25	4	5	5	0	5	25	1	0	4	17	45.42	ALTA
	0		5						5		5	4	%	
V-28	2	25	4	5	5	0	0	5	1	25	4	17	44.44	ALTA
	0		5						5		5	0	%	
V-29	2	25	4	5	1	0	0	5	1	0	5	13	34.97	MEDIA
	0		5		5				5			4	%	
V-30	2	25	4	5	5	0	0	25	1	0	0	12	32.35	MEDIA
	0		5						5			4	%	
V-31	5	0	0	5	1	0	5	5	0	0	5	35	9.15	BAJA
				5									%	
V-32	2	25	4	5	1	0	0	45	4	0	5	17	45.42	ALTA
	0		5		5				5			4	%	
V-33	2	25	4	5	5	0	0	25	4	25	4	20	53.59	ALTA
	0		5						5		5	5	%	
V-34	2	25	4	5	1	0	0	25	1	0	4	17	46.73	ALTA
	0		5		5				5		5	9	%	
V-35	2	25	4	5	1	0	5	25	1	0	2	16	42.81	ALTA
	0		5		5				5		5	4	%	
V-36	2	25	4	5	5	0	0	25	2	0	2	15	41.50	ALTA
	0		5						5		5	9	%	
V-37	2	25	4	5	1	0	0	25	1	0	5	13	36.27	MEDIA
	0		5		5				5			9	%	
V-38	2	25	4	5	1	0	0	25	1	25	0	14	36.60	MEDIA
	0		5		5				5			0	%	

V-39	2	25	4	5	1	0	5	25	2	0	5	15	40.20	ALTA
	0		5		5				5			4	%	
V-40	2	25	4	5	5	0	0	25	2	0	4	17	46.73	ALTA
	0		5						5		5	9	%	
V-41	2	25	4	5	1	0	0	5	1	25	0	13	35.29	MEDIA
	0		5		5				5			5	%	
V-42	2	25	4	5	4	0	0	25	1	0	5	16	44.12	ALTA
	0		5		5				5			9	%	
V-43	2	25	4	5	5	0	5	25	2	0	2	16	42.81	ALTA
	0		5						5		5	4	%	
V-44	4	25	4	5	1	2	0	5	1	0	2	19	50.00	ALTA
	5		5		5	5			5		5	1	%	
V-45	2	25	4	5	5	0	0	25	1	25	4	17	45.75	ALTA
	0		5						5		5	5	%	
V-46	2	25	4	5	1	0	0	25	2	0	4	18	49.35	ALTA
	0		5		5				5		5	9	%	
V-47	2	25	4	5	5	0	5	5	1	0	5	12	33.66	MEDIA
	0		5						5			9	%	
V-48	2	25	4	5	1	0	0	25	1	0	4	17	46.73	ALTA
	0		5		5				5		5	9	%	
V-49	2	25	4	45	5	0	5	5	1	0	5	15	41.50	ALTA
	0		5						5			9	%	
V-50	0	5	0	5	5	0	5	25	2	25	5	58	15.03	BAJA
									5				%	
V-51	2	25	4	5	1	0	0	45	4	0	5	17	45.42	ALTA
	0		5		5				5			4	%	
V-52	2	25	4	5	5	0	0	25	4	25	4	20	53.59	ALTA
	0		5						5		5	5	%	
V-53	2	25	4	5	1	0	0	25	1	0	4	17	46.73	ALTA
	0		5		5				5		5	9	%	
V-54	2	25	4	5	1	0	5	25	1	0	2	16	42.81	ALTA
	0		5		5				5		5	4	%	
V-55	2	25	4	5	5	0	0	25	2	0	2	15	41.50	ALTA
	0		5						5		5	9	%	
V-56	2	25	4	5	1	0	0	45	4	0	5	17	45.42	ALTA
	0		5		5				5			4	%	
V-57	2	25	4	5	5	0	0	25	4	25	4	20	53.59	ALTA
	0		5						5		5	5	%	
V-58	2	25	4	5	1	0	0	25	1	0	4	17	46.73	ALTA
	0		5		5				5		5	9	%	
V-59	2	25	4	5	1	0	5	25	1	0	2	16	42.81	ALTA
	0		5		5				5		5	4	%	
V-60	2	25	4	5	5	0	0	25	2	0	2	15	41.50	ALTA
	0		5						5		5	9	%	

8.2. PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 49

Inspección de la vivienda 6 sector 6 (zona de expansión urbana)



Figura 50

Dimensionamiento de columna en vivienda 15 sector 7.



Figura 51

Inspección de vivienda en sector 07 de estudio.



Figura 52

Inspección de cobertura de vivienda en sector 08 de zona de expansión urbana



Figura 53

Medida de mortero en muro de albañilería en sector 08 de estudio.



Figura 54

Presencia de humedad en vivienda estudiada



Figura 55

Mediciones de dimensionamiento de espesor de mortero

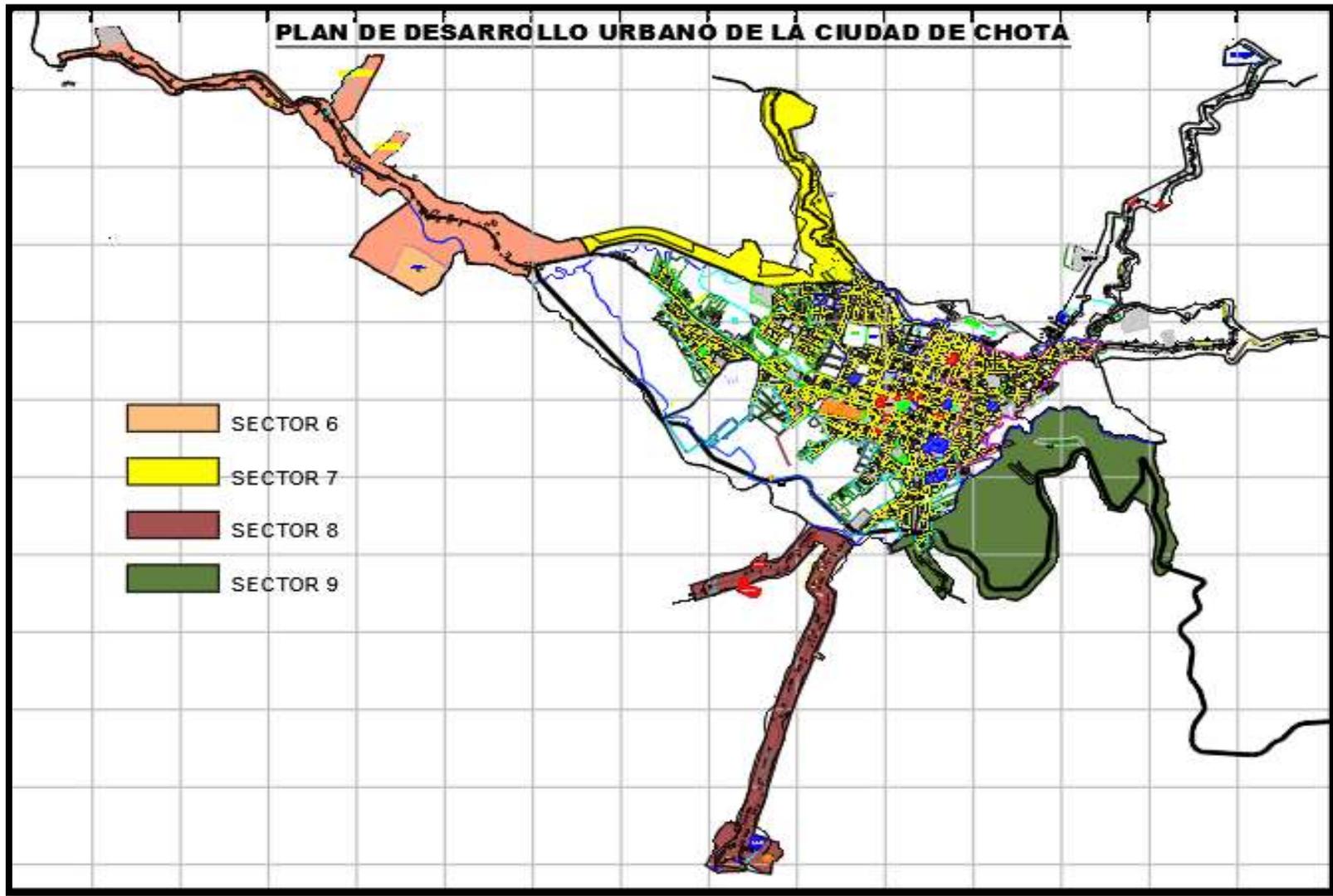


Figura 56

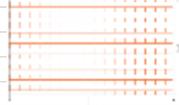
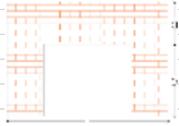
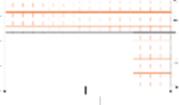
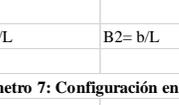
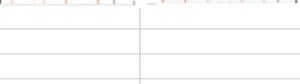
Inspección de vivienda en sector 09 de zona de estudio.



8.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO



8.4. FICHA DE EVALUACIÓN

FICHA DE EVALUACIÓN PARA VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA UTILIZANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI-PETRINI			
		UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA	
		TESIS: "VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI-PETRINI DE LAS VIVIENDAS UBICADAS EN ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE CHOTA, 2022"	
			
DATOS REFERENCIALES	PARÁMETRO	CLASE	ELEMENTO DE EVALUACIÓN
VIVIENDA N°	1	TIPO Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA	Marque según lo observado: Asesoría Técnicas Nueva construcción y/o reparación según Norma Elemento de armoste horizontales y verticales Deficiencias en confinamiento y proceso constructivo Muros sin confinar o autoconstruir
UBICACIÓN			
SECTOR			
FECHA			
USO ACTUAL	2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Marque según lo observado: Muros con mampostería Industrial Muros con mampostería artesanal Buena trabazón en mampostería Mortero de buena calidad
Parámetro 6: Configuración en planta			
	3	RESISTENCIA CONVENIONAL	Especificar según lo observado: Número de pisos(N): Ax: Área de muros en X(m2): Ay: Área de muros en Y(m2): h: Altura promedio de entrepiso(m): pm: Peso de mampostería (tn/m3): Número de diafragmas (M): ps: Peso del diafragma (tn/m2) At: Área total construida (m2): Ac: Área de cubierta(m2): pc: Peso de cubierta (tn/m2):
			
			
	4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y DE LA CIMENTACIÓN	Marque según lo observado: Presencia de sales Presencia de filtraciones Estado de conservación deteriorado
	5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	Marque según lo observado: Discontinuidades abruptas Buena conexión diafragma-muro Deflexión del diafragma
	6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	Especificar según lo observado: X mín: X max: Y mín: Y max:
	7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	Especificar y marcar según lo observado: Aumento o reducción de masas o áreas (%): Piso blando: Irregularidades del Sistema Resistente:
	8	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE MUROS	Especificar: L (espaciamiento de muros trans. En metros) S (espesor del muro maestro en metros) Factor L/S:
B1= a/L B2= b/L	9	TIPO DE CUBIERTA	Marque según lo observado: Cubierta estable: Conexión Cubierta-muro adecuado Cubierta plana. Material liviano. Cubierta en buenas condiciones.
Parámetro 7: Configuración en elevación			
	10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Calificar con B(buena), R(regular) o M(mala) según conexión del S.R Comiz y parapetos. Tanques de agua prefabricados. Balcones y volados. Pequeños elementos.
			
	11	ESTADO DE CONSERVACIÓN	Marcar según lo observado en la vivienda Muros en buenas condiciones, sin fisuras visibles Muros en buenas condiciones, pero con fisuras pequeñas No presenta fisuras, pero se encuentra en mal estado de conservación Muros con fuerte deterioro en sus componentes