

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN EN ESTRUCTURAS



**VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN
EL DISTRITO DE CERRO COLORADO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
PERÚ 2026**

TESIS

Presentada por:

Bach. Juan Carlos Monrroy Prado
ORCID: 0009-0009-5999-1244

Asesor:

Mtro. Alfonso Oswaldo Flores Mello
ORCID: 0000-0003-4539-7921

Para obtener el grado académico de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN EN ESTRUCTURAS

TACNA – PERÚ
2026

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERIA CIVIL MENCION EN ESTRUCTURAS

Tesis
“VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN
EL DISTRITO DE CERRO COLORADO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA,
PERÚ 2026”

Presentada por:
Bach. Juan Carlos Monrroy Prado

Tesis sustentada y aprobada el 03 de agosto de 2026; ante el siguiente jurado
examinador:

PRESIDENTE: DR. MAQUERA CRUZ, PEDRO VALERIO

SECRETARIO: DR. CALDERÓN PANIAGUA, DENNYS GEOVANNI

VOCAL: DR. VILLARREAL CASTRO, GENNER ALVARITO

ASESOR: MTRO. FLORES MELLO, ALFONSO OSWALDO

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Juan Carlos Monrroy Prado en calidad de: Egresado de la Maestría en Ingeniería Civil con mención en Estructuras de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 4867363.

Soy autor(a) de la tesis titulada: “VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA, PERÚ 2026” con asesor(a): Mtro. Alfonso Oswaldo Flores Mello

DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de Maestro, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Asimismo, declaro no haber transgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

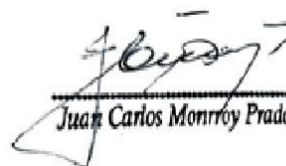
Declaro que, después de la revisión de la tesis con el software Turnitin, se declara 01% de similitud; además, que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor(a) de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en el trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o los que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha : Tacna, 03/08/2026
Nombres y apellidos : Juan Carlos Monrroy Prado
DNI : 40867363



Juan Carlos Monrroy Prado

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis, en primer lugar, en memoria de mi Padre, por brindarme fortaleza, vigor y perseverancia para culminar esta etapa académica.

A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y confianza permanente a lo largo de este proceso, siendo fuente de motivación para alcanzar cada una de mis metas.

A mis seres queridos, quienes con su aliento, paciencia y acompañamiento constante hicieron posible la culminación de este trabajo de investigación.

Finalmente, dedico este esfuerzo a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Privada de Tacna y a la Escuela de Postgrado, por brindarme la oportunidad de fortalecer mi formación académica y profesional.

A mi asesor, Dr. Mg. Alfonso Oswaldo Flores Mello, por su orientación, conocimientos y valioso acompañamiento durante el desarrollo de la presente investigación.

A los docentes de la Maestría en Ingeniería Civil mención en Estructuras, por los conocimientos impartidos y por su contribución a mi crecimiento profesional.

A mi familia, por su apoyo incondicional, paciencia y motivación constante, fundamentales para la culminación de esta tesis.

Asimismo, agradezco a todas las personas que colaboraron directa o indirectamente en el desarrollo de este trabajo, brindando su tiempo, apoyo y confianza.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA DE RESPETO	ii
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	20
1.1 Planteamiento del problema	20
1.2 Formulación del problema.....	23
1.2.1 Problema principal	24
1.2.2 Problemas secundarios	25
1.3 Justificación del problema.....	25
1.4 Objetivos.....	26
1.4.1 Objetivo general.....	26
1.4.2 Objetivos específicos	26
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	28
2.1 Antecedentes del problema.....	28
2.2 Base teórica	34
2.3 Definición de conceptos básicos	37
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO	43

3.1	Descripción de la investigación aplicada	43
3.1.1	Tipo de investigación	43
3.1.2	Nivel de investigación.....	43
3.2	Diseño del proyecto.....	43
3.2.1	Etapas del proyecto (por ejemplo: levantamiento de datos, modelado, simulaciones, cálculos)	43
3.3	Ámbito y tiempo social de la investigación:	44
3.4	Población y muestra:	45
3.5	Operacionalización de variables.....	45
3.5.1	Identificación de la variable independiente.....	46
3.5.2	Dimensiones.....	46
3.5.3	Indicadores	47
3.5.4	Variables intervinientes.....	48
3.6	Recolección de los datos	49
3.6.1	Cronograma de actividades	49
3.6.2	Asignación de recursos	50
3.6.3	Costos y financiamiento.....	51
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		53
4.1	Caracterización de las viviendas autoconstruidas	53
4.1.1	Ubicación geográfica	53
4.1.2	Caracterización general de las viviendas evaluadas.....	55
4.1.3	Tipología estructural de las viviendas autoconstruidas.....	59
4.1.4	Materiales de construcción predominantes	64
4.1.5	Síntesis de los materiales de construcción predominantes.....	67

4.1.6	Técnicas constructivas empleadas en las viviendas autoconstruidas	68
4.2	Aplicación del método de Benedetti-Petrini.....	72
4.2.1	Evaluación de los parámetros del método de Benedetti-Petrini.....	73
4.2.2	Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica	91
4.2.3	Clasificación del nivel de vulnerabilidad sísmica	94
4.2.4	Distribución de la vulnerabilidad según sector evaluado.....	95
4.3	Identificación de las zonas de la ciudad con mayor concentración.....	97
4.3.1	Distribución espacial de las viviendas evaluadas según nivel de vulnerabilidad	98
4.3.2	Sectores con mayor concentración de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta	101
4.3.3	Análisis comparativo de la vulnerabilidad sísmica por sector evaluado	103
4.3.4	Distribución geográfica de la vulnerabilidad sísmica en el área de estudio	107
4.4	Vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas	110
4.5	Resultados por objetivos específicos.....	112
4.5.1	Caracterización de las viviendas autoconstruidas	112
4.5.2	Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica mediante el método de Benedetti-Petrini	114
4.5.3	Identificación de las zonas con mayor concentración de viviendas vulnerables	117
4.6	Recomendaciones para la reducción de vulnerabilidad.....	120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		125
REFERENCIAS.....		129

APÉNDICE	132
----------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Viviendas Informales y Crecimiento Poblacional en Arequipa (2024) ..	21
Tabla 2 Operacionalización de variables	45
Tabla 3 Cronograma de actividades	49
Tabla 4 Costos	52
Tabla 5 Cantidad total de viviendas evaluadas	56
Tabla 6 <i>Ubicación de las viviendas evaluadas por sector o asociación</i>	56
Tabla 7 <i>Número de pisos de las viviendas evaluadas</i>	57
Tabla 8 <i>Uso predominante de la vivienda</i>	57
Tabla 9 Antigüedad aproximada de construcción de las viviendas evaluadas	58
Tabla 10 Sistema estructural predominante de las viviendas evaluadas	59
Tabla 11 Tipo de vivienda según número de niveles	60
Tabla 12 Presencia o ausencia de confinamiento en las viviendas evaluadas	61
Tabla 13 Regularidad en planta y elevación de las viviendas evaluadas	62
Tabla 14 Existencia de ampliaciones no planificadas en las viviendas evaluadas	63
Tabla 15 Material predominante en muros de las viviendas evaluadas	64
Tabla 16 Material predominante en columnas y vigas	65
Tabla 17 <i>Tipo de losa o cubierta de las viviendas evaluadas</i>	66
Tabla 18 Condición aparente de los materiales de construcción	66
Tabla 19 <i>Presencia de deterioro visible en las viviendas evaluadas</i>	67
Tabla 20 Modalidad de autoconstrucción progresiva en las viviendas evaluadas	68
Tabla 21 Nivel de asistencia técnica en la construcción de las viviendas evaluadas	69
Tabla 22 Procedimiento de ampliación por etapas de las viviendas evaluadas	70
Tabla 23 Calidad de juntas, uniones y acabados de las viviendas evaluadas	70
Tabla 24 Presencia de criterios sismorresistentes básicos en las viviendas evaluadas	71
Tabla 25 Evaluación del parámetro 1: Organización del sistema resistente	73
Tabla 26 Evaluación del parámetro 2: Calidad del sistema resistente	74
Tabla 27 Evaluación del parámetro 3: Resistencia convencional	76
Tabla 28 Evaluación del parámetro 4: Posición del edificio y cimentación	78

Tabla 29 Evaluación del parámetro 5: Diafragmas horizontales	79
Tabla 30 Evaluación del parámetro 6: Configuración en planta.....	81
Tabla 31 Evaluación del parámetro 7: Configuración en elevación	83
Tabla 32 Evaluación del parámetro 8: Distancia máxima entre muros.....	84
Tabla 33 Evaluación del parámetro 9: Tipo de cubierta	86
Tabla 34 Evaluación del parámetro 10: Elementos no estructurales	88
Tabla 35 Evaluación del parámetro 11: Estado de conservación.....	89
Tabla 36 Indicadores técnicos de criticidad de los parámetros evaluados mediante el método de Benedetti-Petrini.....	90
Tabla 37 Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica mediante el método de Benedetti-Petrini.....	92
Tabla 38 <i>Clasificación del nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas</i>	94
Tabla 39 Distribución del nivel de vulnerabilidad sísmica según sector evaluado	96
Tabla 40 Distribución espacial de las viviendas evaluadas según nivel de vulnerabilidad sísmica.....	98
Tabla 41 Índice de concentración espacial de vulnerabilidad por sector	100
Tabla 42 Sectores con mayor concentración de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta.....	101
Tabla 43 Indicadores comparativos de concentración de vulnerabilidad sísmica por sector.....	104
Tabla 44 Índice de severidad sectorial de la vulnerabilidad sísmica	105
Tabla 45 Coeficiente de concentración relativa de viviendas vulnerables por sector	106
Tabla 46 Distribución geográfica de la vulnerabilidad sísmica en el área de estudio	107
Tabla 47 Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas.....	111
Tabla 48 Características predominantes de las viviendas autoconstruidas evaluadas	112

Tabla 49 <i>Índice de vulnerabilidad sísmica obtenido mediante el método de Benedetti-Petrini</i>	115
Tabla 50 Aporte ponderado promedio de los parámetros evaluados en el método de Benedetti-Petrini.....	115
Tabla 51 Distribución de la vulnerabilidad sísmica por sector evaluado.....	117
Tabla 52 Índice de severidad sectorial de la vulnerabilidad sísmica	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación.....	54
Figura 2 Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas	111
Figura 3 Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas	113
Figura 4 Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas	116
Figura 5 Distribución de la vulnerabilidad sísmica por sector evaluado	118
Figura 6 Índice de severidad sectorial de la vulnerabilidad sísmica	119

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en el distrito de Cerro Colorado, Arequipa, mediante la aplicación del método de Benedetti-Petrini, a fin de identificar las áreas de mayor riesgo sísmico y proponer acciones orientadas a mejorar su seguridad estructural. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño no experimental y corte transversal. La muestra estuvo conformada por 36 viviendas autoconstruidas

Los resultados de la caracterización evidenciaron un predominio de viviendas de un nivel, de uso residencial, construidas principalmente en albañilería confinada, con muros de ladrillo de arcilla, columnas y vigas de concreto armado y cubiertas de losa aligerada. Asimismo, se observó que la mayoría de las edificaciones fue ejecutada mediante autoconstrucción progresiva y sin asistencia técnica profesional. La aplicación del método de Benedetti-Petrini permitió obtener un índice bruto de vulnerabilidad sísmica de 161,01 y un índice normalizado de 42,09, ubicando globalmente a las viviendas evaluadas en un nivel de vulnerabilidad sísmica media a alta. La clasificación final mostró que 47,22% de las viviendas presentó vulnerabilidad media a alta, 25,00% media a baja, 16,67% alta y 11,11% baja. Además, Apipa Sector XV registró la mayor concentración de viviendas vulnerables. Se concluye que la vulnerabilidad sísmica en las viviendas autoconstruidas de Cerro Colorado constituye una problemática significativa, asociada a deficiencias estructurales, constructivas y de mantenimiento.

Palabras clave: vulnerabilidad sísmica, viviendas autoconstruidas, método Benedetti-Petrini, riesgo sísmico, Cerro Colorado, albañilería confinada.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the seismic vulnerability of self-built houses in the district of Cerro Colorado, Arequipa, through the application of the Benedetti-Petrini method, in order to identify the areas with the highest seismic risk and propose actions aimed at improving their structural safety. The study was conducted under a quantitative, applied approach, with a non-experimental and cross-sectional design. The sample consisted of 36 self-built houses located in the sectors of Apipa Sector XV, Río Seco, and Semi Rural Pachacútec, which were assessed through technical inspection and structural survey forms.

The characterization results showed a predominance of single-story houses for residential use, mainly built with confined masonry, clay brick walls, reinforced concrete columns and beams, and lightweight slab roofs. Likewise, it was observed that most of the buildings had been constructed through progressive self-construction and without professional technical assistance. The application of the Benedetti-Petrini method yielded a gross seismic vulnerability index of 161.01 and a normalized index of 42.09, placing the evaluated houses overall at a medium-to-high level of seismic vulnerability. The final classification showed that 47.22% of the houses had medium-to-high vulnerability, 25.00% medium-to-low vulnerability, 16.67% high vulnerability, and 11.11% low vulnerability. In addition, Apipa Sector XV recorded the highest concentration of vulnerable houses. It is concluded that seismic vulnerability in the self-built houses of Cerro Colorado constitutes a significant problem associated with structural, construction, and maintenance deficiencies.

Keywords: seismic vulnerability, self-built houses, Benedetti-Petrini method, seismic risk, Cerro Colorado, confined masonry.

INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas constituye una problemática de creciente importancia en ciudades con alta peligrosidad sísmica y expansión urbana acelerada. En el caso de Arequipa, y particularmente del distrito de Cerro Colorado, el crecimiento residencial progresivo, la informalidad constructiva y la limitada asistencia técnica han favorecido la consolidación de edificaciones que, en muchos casos, no reúnen las condiciones estructurales necesarias para responder de manera adecuada ante un evento sísmico. Esta situación adquiere especial relevancia si se considera que gran parte de las viviendas autoconstruidas presenta deficiencias asociadas a la configuración estructural, los materiales empleados, el estado de conservación y la ausencia de criterios sismorresistentes básicos.

Frente a esta realidad, la presente investigación se orientó a evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en el distrito de Cerro Colorado mediante la aplicación del método de Benedetti-Petrini, con el propósito de identificar las áreas de mayor riesgo sísmico y proponer acciones para mejorar la seguridad estructural de dichas edificaciones. Para ello, se planteó como objetivos específicos caracterizar las viviendas evaluadas en cuanto a su tipología estructural, materiales de construcción y técnicas constructivas; aplicar el método de Benedetti-Petrini para determinar y clasificar su nivel de vulnerabilidad; identificar las zonas con mayor concentración de viviendas vulnerables; y formular recomendaciones orientadas a la reducción del riesgo sísmico.

Metodológicamente, el estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño no experimental y corte transversal. La evaluación se realizó sobre una muestra de 36 viviendas autoconstruidas localizadas en los sectores de Apipa Sector XV, Río Seco y Semi Rural Pachacútec, en el distrito de Cerro Colorado. A partir de la inspección técnica y del análisis de los once parámetros del método de Benedetti-Petrini, se obtuvo un índice normalizado de vulnerabilidad sísmica de 42,09, que ubicó globalmente a las viviendas evaluadas en un nivel de vulnerabilidad media a alta. Asimismo, se determinó que Apipa

Sector XV concentra la mayor proporción de viviendas con niveles desfavorables de vulnerabilidad, constituyéndose en el sector de mayor criticidad relativa dentro del área de estudio.

La importancia de esta investigación radica en que aporta evidencia técnica sobre el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en un distrito con fuerte dinámica de expansión urbana, permitiendo disponer de información útil para la gestión del riesgo de desastres, la priorización territorial de intervenciones y la formulación de estrategias de reforzamiento estructural y mejora de las prácticas constructivas. En ese sentido, los resultados obtenidos no solo contribuyen al conocimiento académico sobre la vulnerabilidad sísmica en contextos de autoconstrucción, sino que también constituyen un insumo para autoridades locales, profesionales del sector construcción y organismos vinculados a la prevención del riesgo.

En cuanto a la organización del documento, la tesis se estructura en cuatro capítulos principales. El Capítulo I desarrolla el planteamiento del problema, la formulación, la justificación y los objetivos de la investigación. El Capítulo II presenta el marco referencial, incluyendo antecedentes, bases teóricas, normativa vigente y definición de conceptos básicos. El Capítulo III expone la metodología y el diseño del estudio, precisando el tipo de investigación, la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procedimiento de análisis. Finalmente, el Capítulo IV contiene los resultados y su interpretación, referidos a la caracterización de las viviendas, la aplicación del método de Benedetti-Petrini, la determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica y la identificación de las zonas con mayor concentración de viviendas vulnerables, además de las recomendaciones orientadas a la reducción de dicha vulnerabilidad.

CAPÍTULO I:

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En Arequipa, muchas viviendas autoconstruidas, construidas sin supervisión técnica y con materiales de baja calidad, son altamente vulnerables a los sismos debido a la falta de normativas sismo-resistentes y la precariedad en su construcción. Este problema se agrava por la alta concentración de viviendas informales en áreas de alto riesgo sísmico, según Velázquez y Sánchez (2017), la evaluación de la vulnerabilidad sísmica es esencial para mitigar los riesgos y proteger a las comunidades expuestas a desastres naturales. Identificar las condiciones estructurales de estas viviendas es crucial para implementar medidas de prevención eficaces. Durante el año 2024, el déficit habitacional en Arequipa ascendió a 114,000 viviendas, aumentando en 4,000 respecto al año anterior. Este déficit se atribuye al crecimiento poblacional y a la migración desde otras regiones, lo que ha generado una alta demanda de viviendas que no ha sido satisfecha adecuadamente. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) proyecta que Arequipa cuenta con aproximadamente 380,000 viviendas, evidenciando un crecimiento significativo en los últimos años. Sin embargo, una parte considerable de estas viviendas han sido construidas de manera informal. Los distritos con mayor concentración de población en la zona metropolitana de Arequipa son Cerro Colorado (20.8%), Paucarpata (11.6%) y Cayma (9.3%), lo que refleja una expansión urbana hacia las periferias, muchas veces sin una adecuada planificación.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), hasta el momento no se dispone de una cifra exacta y actualizada sobre la cantidad de viviendas autoconstruidas en Arequipa Metropolitana. Sin embargo, diversos estudios y estimaciones indican que una proporción significativa de las viviendas en la región son autoconstruidas o informales. Por ejemplo, un estudio de la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios del Perú (ADI Perú) señala que aproximadamente el 80% de las viviendas en el país son autoconstruidas, lo que

implica que muchas de ellas carecen de supervisión técnica y podrían ser vulnerables ante desastres naturales. En el caso específico de Arequipa, el crecimiento urbano acelerado y la migración desde otras regiones han contribuido al aumento de viviendas construidas de manera informal, especialmente en las zonas periféricas de la ciudad. Este fenómeno refleja la necesidad de una planificación urbana más efectiva y de políticas públicas que fomenten la construcción de viviendas formales y seguras.

Para obtener datos más precisos y actualizados sobre las viviendas autoconstruidas en Arequipa Metropolitana, se recomienda consultar directamente con el INEI o con las autoridades locales encargadas de la planificación urbana y la vivienda.

Proporción de edificaciones informales: Se estima que aproximadamente el 80% de las construcciones en Arequipa son informales, es decir, realizadas sin supervisión técnica ni licencias municipales. Esta situación incrementa la vulnerabilidad de las viviendas ante desastres naturales como sismos e inundaciones.

Construcciones informales recientes: En el año 2024, se registraron 1,700 construcciones informales en la región, lo que representa un incremento del 20% respecto al año anterior. De un total de 2,500 edificaciones privadas realizadas en ese período, solo 800 contaron con los trámites legales correspondientes.

Distribución poblacional: Los distritos con mayor concentración de población en la zona metropolitana de Arequipa son Cerro Colorado (20.8%), Paucarpata (11.6%) y Cayma (9.3%), lo que refleja una expansión urbana hacia las periferias, muchas veces sin una adecuada planificación.

Tabla 1

Viviendas Informales y Crecimiento Poblacional en Arequipa (2024)

Indicador	Valor / Estimación	Fuente
Población total estimada (2024)	1,606,000 habitantes	Cámara de Comercio e Industria de Arequipa (CCIA)
Migración anual hacia Arequipa	233,000 personas	CCIA
Total de viviendas estimadas	380,000 viviendas	INEI
Déficit habitacional actual	86,000 viviendas	Gerencia Regional de Vivienda de Arequipa
Proyección de déficit habitacional al 2030	100,000 viviendas	Diario Correo
Porcentaje de viviendas autoconstruidas	80%	Asociación de Desarrollos Inmobiliarios del Perú (ADI)
Porcentaje de habilitaciones urbanas informales	95%	ADI Perú
Distritos con mayor concentración poblacional	Cerro Colorado (20.8%), Paucarpata (11.6%), Cayma (9.3%)	Wikipedia

La ciudad de Arequipa - Perú, situada en una zona de alta actividad sísmica, enfrenta una creciente vulnerabilidad estructural debido a la expansión de viviendas informales y autoconstruidas, muchas de las cuales carecen de supervisión técnica y planificación adecuada. De no tomarse medidas preventivas, la ocurrencia de un sismo de gran magnitud podría provocar daños estructurales masivos, con un elevado costo humano y económico.

En este contexto, el método Benedetti – Petrini representa una herramienta eficiente para la evaluación rápida y cualitativa del estado estructural de

edificaciones, especialmente útil en entornos urbanos densamente poblados, donde predominan las construcciones informales. Este método permite clasificar el nivel de vulnerabilidad sísmica mediante inspecciones visuales y datos básicos de diseño y construcción, sin necesidad de análisis estructurales complejos.

Sin embargo, existe un vacío importante en la literatura científica local: pese a la amenaza sísmica constante en la región, son escasos los estudios que apliquen metodologías sistemáticas como la de Benedetti – Petrini en viviendas informales de Arequipa. Esta carencia limita el diseño de estrategias eficaces de mitigación del riesgo sísmico y evidencia la necesidad de investigaciones que integren herramientas de evaluación estructural adaptadas a la realidad urbana y social de la ciudad.

1.2 Formulación del problema

La ciudad de Arequipa se encuentra en una zona de alta peligrosidad sísmica debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. A pesar de ello, gran parte de su crecimiento urbano ha estado marcado por la informalidad y la autoconstrucción de viviendas, muchas de las cuales carecen de supervisión técnica, diseño estructural adecuado o materiales resistentes a eventos sísmicos. Esta situación representa una amenaza considerable para la seguridad de sus habitantes ante la eventual ocurrencia de un sismo de gran magnitud.

La expansión desordenada de viviendas en zonas periféricas y la escasa aplicación de normativas técnicas en su construcción generan interrogantes sobre el nivel real de vulnerabilidad estructural que presentan estas edificaciones. Si bien existen diversos métodos de evaluación de riesgo estructural, pocos han sido aplicados sistemáticamente en contextos urbanos como el de Arequipa, donde predomina la autoconstrucción.

En este sentido, el método Benedetti – Petrini se presenta como una herramienta eficiente para realizar evaluaciones rápidas y cualitativas del estado estructural de edificaciones, permitiendo clasificar el grado de vulnerabilidad sísmica en función de criterios técnicos observables. Sin embargo, actualmente

existe una escasez de estudios que hayan aplicado este método en viviendas informales de la ciudad, lo cual limita la planificación de estrategias de mitigación de riesgos y la toma de decisiones informadas en el ámbito urbano.

Esta investigación se delimita geográficamente a la ciudad de Arequipa, centrándose específicamente en distritos con alta concentración de viviendas informales y autoconstruidas, como Cerro Colorado, los cuales presentan un crecimiento urbano acelerado y carencia de planificación estructural.

Temporalmente, el estudio se desarrollará durante el año 2025, abarcando tanto la recolección de información en campo como el procesamiento y análisis de los datos obtenidos mediante la aplicación del método Benedetti – Petrini.

La vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en Arequipa representa una amenaza real y creciente, que se ve agravada por la falta de datos técnicos y diagnósticos estructurales actualizados. En este contexto, la aplicación del método Benedetti – Petrini constituye una solución práctica y de bajo costo para evaluar rápidamente el estado estructural de estas edificaciones y generar información útil para la gestión del riesgo urbano.

Al aplicar este método en zonas de alta informalidad, se contribuirá a reducir el vacío de información técnica existente, permitiendo a las autoridades locales y regionales diseñar políticas públicas más efectivas en materia de prevención sísmica, mejora de vivienda y planificación urbana. Además, los resultados obtenidos podrán servir como base para futuras intervenciones estructurales o programas de reforzamiento en las zonas más vulnerables.

1.2.1 Problema principal

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa según el método de Benedetti – Petrini?

1.2.2 Problemas secundarios

De acuerdo a la pregunta principal de investigación, surgen los siguientes interrogantes específicos que permitirán abordar el problema de forma integral:

¿Qué características constructivas presentan las viviendas autoconstruidas en los distritos seleccionados de la ciudad de Arequipa?

¿Qué factores estructurales inciden con mayor frecuencia en la vulnerabilidad sísmica de estas viviendas, según los criterios establecidos por el método Benedetti – Petrini?

¿Cómo varía el nivel de vulnerabilidad sísmica entre diferentes zonas urbanas con alta densidad de viviendas informales?

¿Qué recomendaciones técnicas pueden derivarse de la aplicación del método para fortalecer la seguridad estructural de las viviendas evaluadas?

1.3 Justificación del problema

Esta investigación se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas, en particular con el ODS 11: “Ciudades y comunidades sostenibles”, al buscar mejorar la resiliencia de asentamientos humanos ante amenazas sísmicas, y el ODS 13: “Acción por el clima”, al contribuir con herramientas de diagnóstico que permiten preparar a las comunidades frente a desastres naturales asociados a eventos geodinámicos. Al generar información técnica precisa sobre la vulnerabilidad estructural de las viviendas informales en Arequipa, este estudio fortalece las bases para una gestión del riesgo más efectiva y sostenible.

El método Benedetti – Petrini ha sido seleccionado por su eficiencia, bajo costo y aplicabilidad en contextos urbanos informales, donde es común encontrar edificaciones sin planos estructurales ni supervisión técnica formal. Esta herramienta reconocida internacionalmente permite una evaluación cualitativa rápida y eficaz de la vulnerabilidad sísmica, basándose en criterios observables relacionados con las características estructurales, materiales de construcción,

configuración arquitectónica y entorno urbano. Estas ventajas lo convierten en un instrumento ideal para estudios en zonas con recursos técnicos y económicos limitados.

Los resultados obtenidos de esta evaluación no solo enriquecerán el conocimiento técnico sobre la situación estructural de las viviendas autoconstruidas, sino que también podrán ser utilizados por autoridades municipales, organismos de Defensa Civil, ONGs, colegios profesionales e instituciones técnicas. Estas entidades podrán priorizar intervenciones en infraestructura, implementar programas de reforzamiento estructural o incluso proponer estrategias de reasentamiento para poblaciones en zonas de alto riesgo sísmico, contribuyendo a una mejor planificación urbana y reducción del riesgo de desastres.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en el distrito de Cerro Colorado de Arequipa mediante la aplicación del método de Benedetti-Petrini, con el fin de identificar las áreas de mayor riesgo sísmico y proponer acciones para mejorar la seguridad estructural de estas viviendas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las viviendas autoconstruidas en Arequipa en cuanto a su tipología estructural, materiales de construcción y técnicas constructivas.
- Aplicar el método de Benedetti-Petrini para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas y clasificarlas según su nivel de riesgo sísmico.

- Identificar las zonas de la ciudad con mayor concentración de viviendas vulnerables y analizar su distribución geográfica en relación con las zonas sísmicamente activas.
- Proponer recomendaciones para reducir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas, incluyendo estrategias de refuerzo estructural y mejores prácticas constructivas.

CAPÍTULO II:

MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes del problema

A continuación, se presentan nueve investigaciones relevantes sobre la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas, clasificadas en estudios locales (Arequipa), nacionales (otras regiones del Perú) e internacionales. Cada estudio incluye un resumen que destaca su metodología, hallazgos principales y aportes al conocimiento en esta área.

Investigaciones Locales:

El estudio realizado por Portocarrero Choque, Max Gomer y Riveros Cortez, Geoffrey Luis, quienes desarrollaron la investigación titulada: “Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada con ladrillos de arcilla en la Asociación de Vivienda San Jerónimo, distrito de Mariano Melgar, Arequipa”.

El objetivo principal del trabajo fue evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica que presentan las viviendas autoconstruidas de la zona, identificando los factores estructurales que podrían generar daños severos en caso de un sismo.

Para lograrlo, los autores aplicaron una metodología simplificada basada en las normas técnicas peruanas. Utilizaron fichas de inspección y encuestas para recopilar información relacionada con características constructivas, calidad de materiales, procesos de autoconstrucción y nivel de mantenimiento. Se evaluaron 52 viviendas de albañilería confinada hechas con ladrillos de arcilla.

Los resultados mostraron que una parte significativa de las viviendas analizadas presenta deficiencias estructurales, como un inadecuado confinamiento, irregularidades en la geometría y falta de criterios técnicos durante la construcción. Esto llevó a determinar que el 44% de las viviendas posee una vulnerabilidad sísmica alta, mientras que el resto presenta vulnerabilidad media o baja.

Como conclusión, el estudio evidencia que la autoconstrucción sin supervisión profesional incrementa el riesgo estructural en una zona sísmicamente activa como Arequipa. Se recomienda implementar reforzamientos y programas de capacitación para mejorar la seguridad y reducir los daños ante futuros eventos sísmicos.

El aporte de esta investigación radica en proporcionar un diagnóstico técnico de la realidad constructiva en la Asociación San Jerónimo, sirviendo como base para futuras intervenciones municipales, planes de gestión del riesgo y proyectos de mitigación que contribuyan a la protección de la población.

La investigación fue desarrollada por Ayala Tineo, Julio, quien realizó el estudio titulado: “Evaluación estructural para determinar la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas, Asentamiento Humano La Florida - Carmen Alto - Ayacucho – 2022”.

El objetivo principal del estudio fue determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en el Asentamiento Humano La Florida, con el fin de identificar riesgos estructurales y proponer medidas de mitigación que reduzcan los daños ante futuros sismos.

Para ello, se aplicó una metodología basada en inspecciones técnicas y modelamiento estructural. Se evaluaron 40 viviendas, recopilando información mediante fichas técnicas relacionadas con la configuración estructural, calidad de materiales y estado de la construcción. Posteriormente, se realizó un análisis numérico utilizando el software ETABS v.16, lo que permitió evaluar el comportamiento estructural de las edificaciones ante diferentes niveles de demanda sísmica.

Los resultados revelaron que la mayoría de las viviendas presentan un alto nivel de vulnerabilidad sísmica, debido principalmente a deficiencias en elementos estructurales, falta de confinamiento adecuado, irregularidades geométricas y ausencia de criterios de diseño sismorresistente durante el proceso de autoconstrucción.

En conclusión, la investigación demuestra que las viviendas evaluadas no cumplen con los requisitos mínimos de seguridad estructural, representando un riesgo significativo para la población en caso de un sismo severo. Asimismo, se enfatiza la necesidad de implementar procesos de reforzamiento estructural y asistencia técnica para los pobladores.

El aporte de esta investigación consiste en proporcionar una evaluación técnica detallada del estado estructural de las viviendas autoconstruidas en Carmen Alto, constituyéndose en una referencia útil para autoridades locales y futuros estudios en otras zonas del país —incluyendo Arequipa— donde la autoconstrucción y la sismicidad representan una amenaza similar.

Investigaciones Nacionales:

El estudio fue realizado por Bermúdez Chávez, Luis Anthony y Piscoya Polo, Derick Alberto, quienes desarrollaron la investigación titulada: “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en Buenos Aires, distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo, La Libertad – 2021”.

El objetivo de la investigación fue evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas ubicadas en el sector Buenos Aires, con la finalidad de identificar los riesgos estructurales que estas edificaciones podrían presentar ante futuros movimientos sísmicos.

Para cumplir con ello, se empleó una metodología combinada, basada tanto en análisis subjetivo mediante fichas de inspección como en métodos analíticos de estimación de vulnerabilidad, considerando factores estructurales, arquitectónicos y constructivos. Se examinaron aspectos como materiales utilizados, distribución estructural, altura, irregularidades y mantenimiento.

Los resultados mostraron que más del 50% de las viviendas evaluadas presentan niveles de vulnerabilidad sísmica altos o muy altos, debido principalmente a la autoconstrucción sin asesoramiento técnico, el uso de materiales de baja calidad y deficiencias en el sistema de confinamiento y distribución estructural.

En conclusión, los autores evidenciaron que el riesgo sísmico en el área es considerable, por lo que se requiere la implementación de medidas de reforzamiento y estrategias de prevención para reducir los posibles daños y proteger a la población ante la ocurrencia de sismos.

El aporte de esta investigación radica en proporcionar un análisis detallado de la vulnerabilidad sísmica en un área urbana con características constructivas similares a otras zonas del país, ofreciendo información relevante para las autoridades locales y para futuras investigaciones orientadas al mejoramiento de la seguridad estructural de viviendas autoconstruidas.

La investigación fue realizada por Cuadros Quispe, Jhon Eddy, quien desarrolló el estudio titulado: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en el cercado de la provincia de Nasca, Ica – 2019”.

El objetivo principal de este trabajo fue determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada ubicadas en la zona urbana del cercado de Nasca, identificando los factores que incrementan el riesgo estructural frente a eventos sísmicos.

La metodología empleada se basó en una evaluación directa de las características constructivas de las edificaciones mediante inspecciones y fichas técnicas previamente validadas. En total, se analizaron 25 viviendas, considerando aspectos como la calidad del confinamiento, la distribución estructural, la geometría, la antigüedad y el estado de conservación de los materiales.

Los resultados revelaron que el 56% de las viviendas evaluadas presenta una alta vulnerabilidad sísmica, mientras que el 44% muestra una vulnerabilidad media. Las principales causas identificadas fueron errores de diseño arquitectónico, deficiente configuración estructural y malas prácticas constructivas propias de la autoconstrucción. En conclusión, el estudio advierte que gran parte de las viviendas en el cercado de Nasca no cumplen con las normas de seguridad sismorresistente, lo cual representa un alto riesgo para la población ante la ocurrencia de un sismo de magnitud considerable. Se recomienda implementar asesoría técnica y

reforzamientos estructurales para reducir la exposición al peligro. El aporte de esta investigación consiste en proporcionar información diagnóstica precisa sobre la situación estructural de las viviendas autoconstruidas de la zona, lo cual puede servir como fundamento para programas de reducción de vulnerabilidad y políticas públicas orientadas a mejorar la resiliencia urbana frente a terremotos.

Investigaciones Internacionales: El estudio fue realizado por Phan Hoang Nam, Fabrizio Paolacci y Phuong Hoa Hoang, quienes desarrollaron la investigación titulada: “Seismic performance of an infilled moment-resisting steel frame during the 2016 Central Italy Earthquake”.

El objetivo principal de esta investigación fue analizar el desempeño sísmico de un pórtico de acero resistente a momento que cuenta con muros de mampostería de relleno, con el fin de comprender cómo la presencia de estos elementos afecta la respuesta estructural real durante un terremoto severo, como el ocurrido en Italia en 2016.

Para alcanzar dicho objetivo, se empleó una metodología basada en modelación numérica avanzada. Los autores desarrollaron modelos tridimensionales y aplicaron análisis no lineales, considerando el mecanismo de interacción entre el marco de acero y la mampostería de relleno. Se calibraron los modelos mediante datos obtenidos de la respuesta estructural observada durante el sismo.

Los resultados mostraron que el relleno de mampostería influye de manera significativa en la rigidez y distribución de esfuerzos de la estructura. Aunque inicialmente contribuye a mejorar la resistencia global, también genera efectos adversos como concentraciones de daño y fallas prematuras en ciertas zonas del marco, incrementando la vulnerabilidad cuando no se considera adecuadamente su comportamiento en el diseño.

En conclusión, el estudio evidencia la importancia de incluir explícitamente el papel de los muros de mampostería en los análisis sísmicos de estructuras metálicas. La interacción marco–relleno puede modificar el mecanismo de colapso

y la capacidad de disipación de energía, por lo que su modelación precisa es esencial para lograr diseños más seguros.

El aporte de esta investigación radica en mejorar la comprensión del comportamiento sísmico de estructuras mixtas acero–mampostería mediante herramientas de simulación avanzada. Sus hallazgos pueden ser aplicados en normas de diseño y evaluación estructural, contribuyendo a la reducción del riesgo sísmico en edificaciones con sistemas similares, no solo en Europa, sino también en países altamente sísmicos como el Perú.

El estudio fue realizado por Phan Hoang Nam, Fabrizio Paolacci y Phuong Hoa Hoang, quienes desarrollaron la investigación titulada: “Seismic performance of an infilled moment-resisting steel frame during the 2016 Central Italy Earthquake”.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el comportamiento sísmico de un pórtico de acero resistente a momento con muros de mampostería de relleno, con el fin de comprender cómo estos elementos influyen en la respuesta real de la estructura durante un terremoto severo como el ocurrido en el centro de Italia en 2016.

Para cumplir este objetivo, los autores desarrollaron una metodología basada en modelaciones tridimensionales y análisis no lineales, integrando el efecto del relleno de mampostería en la respuesta estructural. Los modelos fueron calibrados utilizando información obtenida del comportamiento observado durante el evento sísmico, permitiendo reproducir de manera precisa la interacción entre el marco de acero y los muros de relleno.

Los resultados demostraron que la presencia del relleno modifica significativamente la rigidez, distribución de fuerzas internas y mecanismos de daño del pórtico. Aunque los muros incrementan la rigidez inicial y la capacidad resistente del sistema, también generan concentraciones de daño y modos de falla prematuros en zonas críticas, especialmente cuando no son adecuadamente considerados en el diseño.

En conclusión, el estudio confirma que la interacción entre el marco de acero y la mampostería de relleno juega un papel determinante en el desempeño sísmico de la estructura, por lo que debe ser incorporada explícitamente en los procesos de análisis y diseño para evitar fallas inesperadas.

El aporte de esta investigación consiste en proporcionar un modelo avanzado y detallado que mejora el entendimiento del comportamiento de estructuras de acero con relleno de mampostería durante terremotos reales. Sus resultados apoyan la mejora de normas sismorresistentes y metodologías de evaluación estructural, siendo aplicables también a contextos sísmicos como los del Perú.

Estas investigaciones proporcionan una visión integral de la problemática de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas, destacando la necesidad de evaluaciones técnicas y la implementación de medidas de mitigación para reducir riesgos en comunidades vulnerables.

2.2 Base teórica

La región de Arequipa, Perú, presenta una geomorfología variada dominada por cordilleras volcánicas, valles interandinos y mesetas altoandinas, con relieves modelados por actividad volcánica, erosión fluvial y procesos tectónicos. Su fisiografía regional abarca desde la costa árida con acantilados y desiertos, hasta zonas andinas con valles fértiles, volcanes activos como el Misti y extensas punas altoandinas, lo que le confiere una notable diversidad paisajística y ecológica a lo largo de su altitud.

Teoría de la Vulnerabilidad Sísmica: La vulnerabilidad sísmica se define como el grado de pérdida o daño esperado en una estructura frente a un evento sísmico de determinada magnitud. Esta se expresa en términos cualitativos o cuantitativos y depende de una serie de factores técnicos y constructivos.

Coburn y Spence (2002) definen la vulnerabilidad estructural como la “susceptibilidad de una edificación a sufrir daños ante la acción de un terremoto, en función de sus características físicas”. Por su parte, Cardona (2001) amplía el concepto incorporando factores sociales y urbanos, señalando que la vulnerabilidad es el resultado de una interacción entre exposición, fragilidad estructural y capacidad de respuesta.

La clasificación más común considera tres niveles:

- Baja: estructuras bien diseñadas y construidas conforme a normas sismorresistentes.
- Media: edificaciones con deficiencias parciales o irregulares.
- Alta: construcciones informales, sin criterios técnicos ni supervisión.

Los principales factores que determinan la vulnerabilidad incluyen:

Tipología estructural y antigüedad.

Materiales de construcción.

Irregularidades en planta y altura.

Deficiencias en cimentación y uniones estructurales.

Ausencia de mantenimiento o intervención técnica.

A. Bases del Método Benedetti–Petrini

El método Benedetti–Petrini es una herramienta cualitativa desarrollada en Italia para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes, especialmente útil en contextos urbanos donde no se dispone de planos estructurales o documentación técnica.

Este método se basa en la observación directa de las edificaciones, evaluando 11 parámetros estructurales que se califican según un sistema de puntuación que va de 1 (baja vulnerabilidad) a 3 (alta vulnerabilidad). Entre los parámetros que se consideran en este método se encuentran el tipo de estructura, el estado de conservación, la configuración arquitectónica, la mampostería y la

calidad de los materiales, así como la altura, la regularidad y la relación entre los muros y las aberturas.

Este método presenta varias ventajas: es rápido, económico y puede aplicarse a gran escala. Además, no requiere equipos sofisticados ni la realización de cálculos estructurales complejos.

Sin embargo, también presenta ciertas limitaciones. Una de las principales es la naturaleza subjetiva de la evaluación, lo que puede afectar la precisión de los resultados. Asimismo, este método no sustituye los estudios estructurales detallados que son necesarios para un análisis más profundo y técnico. Normativa Sismorresistente del Perú (Norma Técnica E.030)

La Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” establece los requisitos mínimos para el diseño de edificaciones capaces de soportar movimientos sísmicos, basándose en la zonificación sísmica nacional y en criterios de seguridad estructural.

Los principales aspectos de la norma incluyen:

Cálculo de cargas sísmicas según la ubicación geográfica.

Requisitos para diferentes sistemas estructurales (concreto armado, albañilería, etc.).

Criterios para evitar fallas frágiles y mejorar la ductilidad.

Relevancia en el contexto de la autoconstrucción:

En viviendas informales, la E.030 rara vez se aplica, ya que la mayoría de las construcciones se realizan sin licencia, sin asesoría técnica ni estudios de suelos. Esto incrementa significativamente la vulnerabilidad sísmica.

B. Conceptos sobre Autoconstrucción e Informalidad Urbana

La autoconstrucción se refiere al proceso mediante el cual los habitantes edifican sus propias viviendas, generalmente sin asesoría profesional ni

cumplimiento de normas técnicas. Este fenómeno es común en países en desarrollo y responde a la necesidad de acceso a vivienda ante la falta de oferta formal.

Autores como Turner (1976) señalan que la autoconstrucción representa una solución pragmática de los sectores populares frente a la exclusión del mercado inmobiliario. Sin embargo, también implica riesgos estructurales elevados, especialmente en zonas sísmicas.

Desde el enfoque de la sociología del riesgo, se reconoce que la informalidad urbana reproduce vulnerabilidades al asentarse en zonas de riesgo (laderas, suelos inestables) y al construir sin regulación ni planificación adecuada (Hidalgo, 2007).

Esta base teórica respalda el enfoque metodológico adoptado en esta investigación, justificando la aplicación del método Benedetti–Petrini para diagnosticar con rapidez y eficacia la situación estructural de viviendas autoconstruidas en Arequipa, dentro de un marco técnico, normativo y social sólido.

2.3 Definición de conceptos básicos

A. Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica se define como el grado de pérdida esperada ante un evento sísmico, expresado en función del daño probable en una estructura, en relación con su valor total (Cardona, 2001). Esta vulnerabilidad depende de factores como la calidad constructiva, el diseño estructural, la tipología de materiales y el mantenimiento de la edificación.

Según Coburn y Spence (2002), es “la susceptibilidad de las edificaciones a sufrir daños por efecto de un terremoto, la cual está relacionada con las características físicas y estructurales del inmueble”.

Asimismo, la Norma Técnica Peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2018) considera que los factores que determinan la vulnerabilidad sísmica de una edificación incluyen: irregularidades geométricas, características del suelo, antigüedad de la construcción y ausencia de elementos sismorresistentes.

B. Viviendas Autoconstruidas

Las viviendas autoconstruidas son aquellas edificaciones realizadas sin asistencia técnica profesional ni supervisión municipal, comúnmente por los propios propietarios, lo que conlleva deficiencias estructurales y mayor riesgo ante eventos sísmicos.

De acuerdo con ONU-Hábitat (2015), la autoconstrucción es una forma de producción habitacional informal basada en los recursos disponibles del habitante, frecuentemente desarrollada en zonas periféricas, con materiales precarios y sin planificación urbana.

Turner (1976) considera que la autoconstrucción refleja una estrategia de supervivencia urbana ante la falta de acceso formal a la vivienda, aunque su ejecución puede comprometer la seguridad estructural.

En el caso peruano, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) reconoce que más del 70% del parque habitacional urbano se ha desarrollado mediante autoconstrucción, muchas veces sin cumplir los requisitos del RNE.

C. Método Benedetti y Petrini

El método de vulnerabilidad sísmica de Benedetti y Petrini (1984) es una metodología cualitativa que permite evaluar la vulnerabilidad de edificaciones mediante un sistema de puntuación asignado a diversos parámetros estructurales y constructivos. El método otorga un índice de vulnerabilidad (IV) que puede ser correlacionado con niveles esperados de daño sísmico.

Este enfoque ha sido ampliamente utilizado en evaluaciones rápidas de estructuras en zonas urbanas, por su bajo costo y facilidad de aplicación,

especialmente en entornos donde predominan viviendas informales y autoconstruidas, como en muchos sectores de la ciudad de Arequipa.

La teoría de los indicadores se basa en la identificación y valoración de parámetros que reflejan el nivel de seguridad o riesgo estructural de una edificación. Estos indicadores pueden ser estructurales, arquitectónicos, constructivos o relacionados con el estado de conservación, y permiten realizar una estimación rápida y objetiva del comportamiento esperado de la vivienda frente a un evento sísmico.

Este enfoque ha sido ampliamente utilizado en evaluaciones rápidas de estructuras en zonas urbanas, debido a su bajo costo, practicidad y facilidad de aplicación. Resulta especialmente útil en contextos donde predominan viviendas informales o autoconstruidas, que en muchos casos no cuentan con planos estructurales ni asesoría profesional durante el proceso constructivo.

El principio de uso de indicadores consiste en asignar un puntaje o nivel de cumplimiento a cada característica evaluada (como calidad del confinamiento, regularidad en planta y elevación, materiales empleados, altura de la edificación, entre otros). A partir de ello, se obtiene un índice final de vulnerabilidad sísmica, clasificado generalmente en niveles bajo, medio o alto. De esta manera, se puede priorizar la atención en aquellas edificaciones con mayor riesgo estructural.

Este sistema es especialmente pertinente en ciudades sísmicas como Arequipa, donde existe una amplia presencia de vivienda autoconstruida, lo que exige métodos de diagnóstico rápido para apoyar la planificación urbana y la gestión del riesgo de desastres.

D. GLOSARIO Y TERMINOS

- Vulnerabilidad sísmica: Es la susceptibilidad o propensión que tiene una estructura a sufrir daños frente a un evento sísmico, dependiendo de factores como su tipo de construcción, calidad de materiales, diseño estructural, antigüedad y mantenimiento.

- Fuente: Cardona (2001); Coburn & Spence (2002); RNE E.030 (2018).

- Viviendas autoconstruidas: Son edificaciones construidas sin asistencia técnica profesional ni supervisión adecuada, muchas veces por los propios propietarios o albañiles sin formación especializada, y frecuentemente fuera de normas técnicas o sin licencia municipal.
- Fuente: ONU-Hábitat (2015); Turner (1976); Ministerio de Vivienda del Perú.

- Conceptos Clave Asociados

- Diseño no estructurado: Ausencia de planos técnicos, cálculos estructurales o criterios sismorresistentes en la construcción de la vivienda. Esta carencia aumenta la vulnerabilidad de la estructura frente a eventos sísmicos.
- Fuente: RNE E.070; Jaramillo (2009).

- Materiales deficientes: Uso de materiales de baja calidad como ladrillos artesanales, mezclas pobres, cemento vencido o materiales reciclados no estructurales. Esto afecta la resistencia de la edificación. Fuente: Hidalgo (2004); MVCS (2018).

- Fallas en la cimentación: Cimientos mal dimensionados, superficiales o inadecuados para el tipo de suelo, lo que puede causar asentamientos diferenciales o colapsos parciales durante un sismo. Fuente: RNE E.050 (Suelos y Cimentaciones).

- Irregularidades estructurales: Presencia de columnas desalineadas, muros discontinuos, aberturas grandes mal distribuidas o pisos sin continuidad estructural, lo que genera concentración de esfuerzos y fallas localizadas.

- Fuente: Coburn & Spence (2002); RNE E.030.
- Ausencia de confinamiento: Muros de albañilería sin columnas ni vigas que los confinen adecuadamente, lo que reduce significativamente su capacidad para resistir fuerzas laterales sísmicas. Fuente: RNE E.070 (Albañilería).
- Ampliaciones no planificadas: Construcción de nuevos pisos o ambientes sin reforzamiento estructural ni análisis técnico previo, alterando el comportamiento estructural original y aumentando el riesgo de colapso. Fuente: ONU-Hábitat (2015); MVCS (2020).
- Vulnerabilidad sísmica: Es la susceptibilidad o propensión que tiene una estructura a sufrir daños frente a un evento sísmico, dependiendo de factores como su tipo de construcción, calidad de materiales, diseño estructural, antigüedad y mantenimiento.
- Viviendas autoconstruidas: Son edificaciones construidas sin asistencia técnica profesional ni supervisión adecuada, muchas veces por los propios propietarios o albañiles sin formación especializada, y frecuentemente fuera de normas técnicas o sin licencia municipal.
- Método Benedetti–Petrini: Es una metodología cualitativa para la evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones. Fue desarrollada por Benedetti y Petrini en 1984 y consiste en la valoración de once parámetros estructurales y constructivos mediante una escala de puntuación. A cada parámetro se le asigna un peso relativo, y la suma ponderada permite calcular un índice de vulnerabilidad que puede ser correlacionado con un nivel de daño esperado ante un sismo.
- Índice de vulnerabilidad (IV): Es el resultado numérico del método Benedetti–Petrini, que expresa de forma relativa cuán vulnerable es una edificación frente a un sismo. Se obtiene mediante la ponderación de los distintos parámetros evaluados. El índice varía entre 0 y 1, siendo 0 una

estructura con excelente comportamiento sísmico, y 1 una estructura con alta probabilidad de colapso. Este valor permite clasificar el riesgo y tomar decisiones sobre intervención o reforzamiento.

- Nivel de daño esperado: Es la estimación cualitativa del daño físico que una edificación puede sufrir como resultado de un evento sísmico, con base en su índice de vulnerabilidad. Generalmente se clasifica en:
 - Daño leve (fisuras pequeñas, sin pérdida de funcionalidad)
 - Daño moderado (fisuras amplias, elementos no estructurales afectados)
 - Daño severo (daños estructurales importantes)
- Colapso (pérdida total de la estructura): Este nivel es útil para estimar pérdidas humanas, económicas y funcionales.
- Sismo o evento sísmico: Es una liberación repentina de energía acumulada en la corteza terrestre, generada principalmente por el movimiento de placas tectónicas. Esta energía se propaga en forma de ondas sísmicas. Desde el enfoque ingenieril, un sismo se caracteriza por parámetros como magnitud, aceleración pico del suelo (PGA), duración, profundidad y tipo de suelo, los cuales influyen directamente en el comportamiento de las edificaciones.

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 Descripción de la investigación aplicada

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada porque busca utilizar un método técnico (Benedetti – Petrini) para resolver un problema concreto: la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas. Es cuantitativa porque se basa en la recolección de datos numéricos y su análisis estadístico para obtener resultados objetivos y medibles.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es aplicado, ya que se orienta a la solución de un problema real mediante la aplicación de conocimientos científicos y técnicos. En este caso, se aplica el método de evaluación estructural de Benedetti–Petrini para diagnosticar la vulnerabilidad sísmica y proponer acciones de mejora en viviendas informales de Arequipa.

3.2 Diseño del proyecto

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipulan deliberadamente las variables, sino que se observan tal como se presentan en el contexto real. Es de corte transversal, porque la recolección de datos se realizará en un solo momento del tiempo, permitiendo describir la situación actual de las viviendas informales respecto a su vulnerabilidad sísmica.

3.2.1 Etapas del proyecto (por ejemplo: levantamiento de datos, modelado, simulaciones, cálculos)

A. Obtención de información (junio): Recopilación de datos históricos

sobre sismos, estudios previos de vulnerabilidad sísmica, y información de las viviendas autoconstruidas en Arequipa. Esto incluirá una revisión de mapas sísmicos, estadísticas demográficas, y registros sobre construcción informal.

- B. Elaboración de formularios (julio): Desarrollo y prueba de las fichas de evaluación basadas en el método Benedetti-Petrini para la recolección de datos de las viviendas.
- C. Recopilación de datos (agosto - setiembre): Realización de visitas a las viviendas autoconstruidas seleccionadas en diferentes distritos de Arequipa, observando aspectos estructurales y materiales. Este proceso incluirá entrevistas a propietarios y recopilación de información sobre las condiciones de la vivienda.
- D. Elaboración de mapas de vulnerabilidad (setiembre - octubre): Con los datos recopilados, se procederá a la elaboración de mapas de vulnerabilidad sísmica utilizando herramientas SIG (Sistema de Información Geográfica) para visualizar las áreas más afectadas por el riesgo sísmico.
- E. Redacción y presentación del reporte final (octubre): Consolidación de los resultados del estudio en un reporte que detalle el análisis de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas autoconstruidas, proponiendo recomendaciones para mejorar la resiliencia estructural en Arequipa.

3.3 Ámbito y tiempo social de la investigación:

La investigación se desarrollará en la ciudad de Arequipa, específicamente en zonas urbanas y periurbanas con alta concentración de viviendas autoconstruidas, como Paucarpata, Cerro Colorado, Mariano Melgar, entre otros. El ámbito temporal abarca desde julio a diciembre de 2025 (6 meses), periodo durante el cual se realizará el trabajo de campo, aplicación del método Benedetti–

Petrini, procesamiento de datos y análisis de resultados. En el ámbito social, se enfoca en viviendas construidas sin asesoría técnica por personas de bajos recursos, quienes constituyen una población especialmente vulnerable ante eventos sísmicos.

3.4 Población y muestra:

La población está conformada por todas las viviendas autoconstruidas en zonas urbanas y periurbanas de la ciudad de Arequipa. Debido a la imposibilidad de acceder a todas ellas, se definirá una población accesible concentrada en tres distritos representativos (por ejemplo: Paucarpata, Mariano Melgar y Cerro Colorado). La muestra será determinada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando un número de viviendas que cumplan con las condiciones de autoconstrucción sin supervisión técnica. Se estima evaluar entre 30 y 50 viviendas, número suficiente para aplicar el método Benedetti–Petrini y obtener resultados representativos de la situación estructural en este tipo de construcciones.

3.5 Operacionalización de variables

Considerando variables dependientes e independientes, con respecto a definición conceptual, operacional, dimensiones, indicadores y escala de medición.

Tabla 2

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente (VI): Condiciones	Conjunto de características estructurales, arquitectónica	Se evaluará mediante inspección y ficha	a) Configuración estructural		

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
constructivas de la vivienda	s y constructivas que determinan la capacidad sísmica de una edificación.	técnica estructural basada en normativa peruana (E.030, E.070).			
b) Calidad constructiva					
c) Materiales y estado de conservación	- Geometría (regularidad en planta y elevación)				

3.5.1 Identificación de la variable independiente

Variable independiente: Condiciones físicas y estructurales de las edificaciones informales/autoconstruidas, evaluadas mediante el método Benedetti–Petrini.

3.5.2 Dimensiones

(Extraídas de los factores evaluados por el método Benedetti–Petrini)

- Tipo de material predominante en la construcción
- Configuración estructural (distribución y regularidad de elementos portantes)
- Estado de conservación de la edificación
- Calidad de la conexión entre elementos estructurales
- Geometría de la edificación (altura, forma, simetría)

3.5.3 Indicadores

- Resistencia estimada del material (mampostería, concreto, adobe, etc.)
- Existencia de irregularidades en planta o elevación
- Grado de deterioro (fisuras, humedad, corrosión, etc.)
- Tipo de unión entre muros, techos y pisos
- Número de pisos y relación de altura entre ellos

5.2.1.3 Escala para la medición de la variable: Índice de vulnerabilidad estructural, según el método Benedetti–Petrini; escala numérica de 0 a 100, donde:

- 0 a 20: Baja vulnerabilidad estructural
- 21 a 60: Vulnerabilidad media
- 61 a 100: Alta vulnerabilidad estructural

Nota: Esta escala se basa en la suma ponderada de los puntajes asignados a cada indicador, según el método citado.

3.5.3.1 Identificación de la variable dependiente

Variable dependiente:

Vulnerabilidad sísmica de la edificación

3.5.3.2 Dimensiones:

(Derivadas de los componentes que determinan la respuesta sísmica de una edificación)

- Capacidad de resistencia sísmica
- Grado de daño esperado ante un sismo
- Seguridad estructural frente a eventos sísmicos

3.5.3.3 Indicadores

(Cuantificables a través del índice resultante del método de evaluación)

- Índice total de vulnerabilidad estructural → Resultado global que integra todos los parámetros evaluados en la edificación.
- Nivel de desempeño sísmico → Evalúa cómo responderá la estructura frente a diferentes demandas sísmicas (según normativa o modelación estructural).
- Probabilidad de colapso estructural → Estimación cuantitativa del riesgo de falla total ante un sismo severo (según normativa o modelos de simulación)

3.5.3.4 Escala para la medición de la variable:

Categorías de vulnerabilidad sísmica según rangos del índice total (escala cualitativa basada en resultados numéricos):

- Alta vulnerabilidad: Índice ≥ 61
- Media vulnerabilidad: Índice entre 21 y 60
- Baja vulnerabilidad: Índice ≤ 20

Estos rangos son establecidos conforme a los umbrales definidos por el método Benedetti–Petrini y estudios previos sobre evaluación de vulnerabilidad.

3.5.4 Variables intervinientes

(solo identificarlas señalando su forma de control)

Variable interviniente	Forma de control
Antigüedad de la edificación	Registro cronológico aproximado mediante encuesta o archivo
Zona sísmica de ubicación	Control geográfico: misma zona sísmica o ajuste por zonificación sísmica
Tipo de suelo	Control por selección homogénea o caracterización geotécnica

Mantenimiento realizado Registro y codificación del nivel de mantenimiento (frecuente, ocasional, nulo)

Uso actual de la edificación Clasificación por tipo de uso y ajuste según categoría

3.6 Recolección de los datos

Técnicas de recolección de los datos: Evaluación directa de las viviendas autoconstruidas, observando aspectos estructurales, materiales y condiciones constructivas que influyen en la vulnerabilidad sísmica.

Instrumentos para la recolección de los datos: Documento donde se registran características específicas de cada vivienda, como tipo de materiales, calidad de la construcción, distribución y irregularidades estructurales, entre otros.

Procesamiento, presentación, análisis e interpretación de los datos: Se seleccionará una muestra representativa de viviendas autoconstruidas mediante un muestreo estratificado, de las cuales se tomara 3, presentara en fichas evaluativas y se realizaran cálculos según método Benedetti Petrini.

3.6.1 Cronograma de actividades

Tabla 3

Cronograma de actividades

PROYECTO GLOBAL	SEMESTRE				
FASE	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Obtención de Información	►●				
Elaboración de Formularios		● ▼			
Recopilación de datos		●►	● ▼		
Realización de mapas de vulnerabilidad			●►	● ▼	
Redacción y Presentación del Reporte Final.				●►	►●

3.6.2 Asignación de recursos

A. Recursos humanos:

- Investigador principal: Responsabilidad de la recopilación de datos, análisis y redacción del reporte.
- Asistentes de investigación: Ayudarán en la recolección de datos en campo, entrevistas y procesamiento de información.
- Expertos en SIG (Geoinformática): Para la elaboración de mapas de vulnerabilidad sísmica.
- Colaboradores en trabajo de gabinete: Para el análisis de los datos históricos y la elaboración de informes preliminares.

B. Recursos materiales:

- Material de campo: Cámaras, cuadernos, formularios impresos, equipo de medición para tomar datos técnicos de las viviendas.
- Software: Programas de análisis estadístico y SIG para procesar y visualizar los datos.
- Vehículo de transporte: Para desplazamiento hacia las viviendas en diferentes distritos.

C. Presupuesto estimado:

- Gastos de campo (transporte, materiales, equipos): 1000 soles.
- Consultoría y uso de software: 750 soles.
- Costo por personal y honorarios: 750 soles.
- Publicación y distribución de reporte: 700 soles

3.6.3 Costos y financiamiento

Presupuesto total: 3000 soles.

El presupuesto se distribuirá en las siguientes categorías:

- Costos operativos: 50% del presupuesto (1500 soles).
- Personal: 30% del presupuesto (900 soles).
- Gastos imprevistos: 20% del presupuesto (600 soles).

Fuentes de financiamiento:

1. Recursos propios: Fondos personales o financiación del investigador principal.
2. Subvenciones universitarias: En caso de ser posible, se solicitarán recursos a la universidad o entidades académicas que apoyen proyectos de investigación aplicada.
3. Patrocinios de entidades gubernamentales: Posibles fondos del gobierno local o ministerios relacionados con la infraestructura y el desarrollo urbano.

Tabla 4
Costos

Categoría	Porcentaje del Presupuesto	Monto (S/.)
Costos operativos	50%	1,500
Personal	30%	900
Gastos imprevistos	20%	600
Total	100%	3,000

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de las viviendas autoconstruidas

4.1.1 Ubicación geográfica

El distrito de Cerro Colorado constituye uno de los veintinueve distritos de la provincia de Arequipa, en el departamento del mismo nombre. Se ubica al norte de la ciudad de Arequipa y forma parte del espacio metropolitano de mayor dinamismo urbano de la provincia. Según la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado (2018), su localización referencial corresponde a la latitud sur $16^{\circ}22'24''$ y longitud oeste $71^{\circ}33'37''$, con una altitud aproximada de 2 406 m s. n. m. y una superficie de 174,90 km².

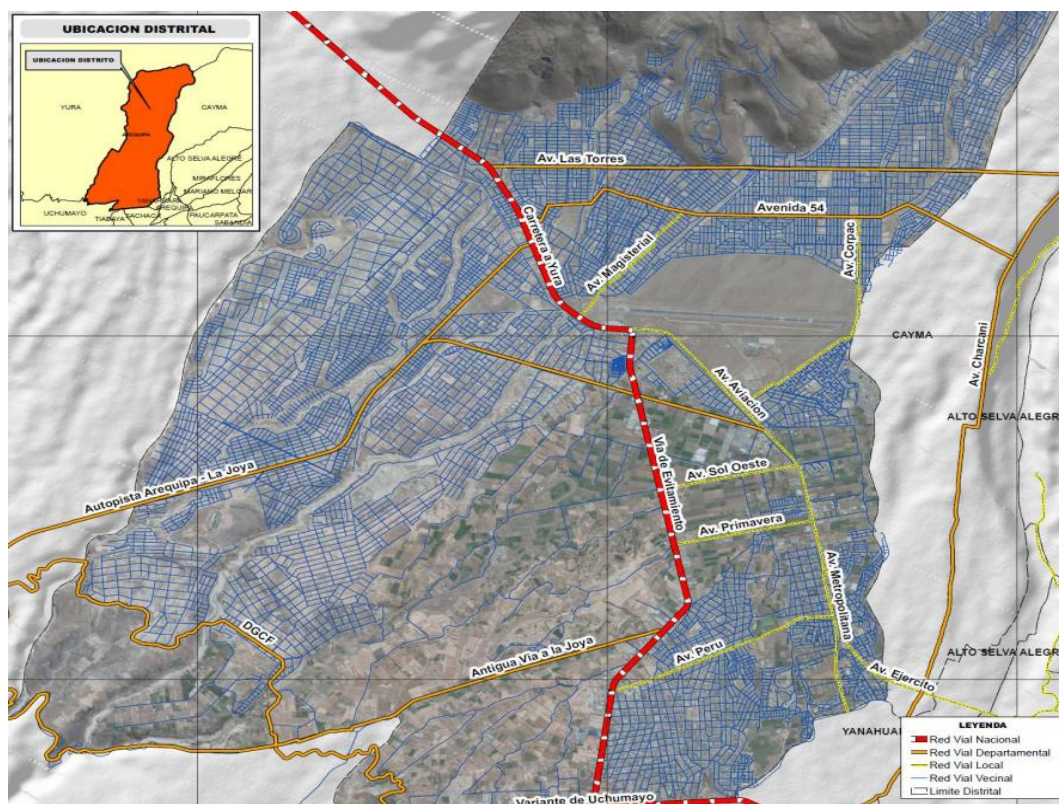
Desde el punto de vista político-administrativo, Cerro Colorado fue creado mediante la Ley N.º 12075, promulgada el 26 de febrero de 1954, estableciéndose como capital el pueblo de La Libertad. La creación oficial del distrito marcó el inicio de un proceso de consolidación urbana que, con el paso de las décadas, lo convirtió en uno de los principales espacios de expansión poblacional de Arequipa Metropolitana (Congreso de la República del Perú, 1954).

En cuanto a sus límites territoriales, la caracterización municipal señala que el distrito colinda por el norte con los terrenos adyacentes a las faldas del volcán Chachani; por el este con la torrentera que lo separa de La Tomilla y Cayma; por el sur con las pampas de Huaranguillo, Sachaca y el lindero meridional del anexo de Pachacútec; y por el oeste con la torrentera de Añashuayco y la jurisdicción de Zamácola. Esta localización le otorga una posición estratégica dentro de la dinámica urbana de la ciudad, aunque también lo vincula con áreas de topografía heterogénea y con sectores de expansión urbana.

Respecto a sus características físicas, el distrito presenta una topografía variada. En algunos sectores predominan planicies de relieve suave y escasa

inclinación, mientras que en otros se observan zonas elevadas, quebradas, barrancos y pendientes pronunciadas. El documento de caracterización distrital identifica como áreas relativamente planas a La Libertad, Río Seco, Challapampa y parte de Semi Rural Pachacútec, mientras que sectores como Cerro Viejo, Cerrito Los Álvarez, La Montañita y Pachacútec Viejo presentan mayores pendientes y desniveles. Estas condiciones geomorfológicas resultan relevantes para el análisis urbano y constructivo, ya que influyen en la ocupación del suelo, la accesibilidad y las condiciones de emplazamiento de las viviendas (Municipalidad Distrital de Cerro Colorado, 2018).

Figura 1
Mapa de ubicación



En términos demográficos, Cerro Colorado destaca por su peso dentro del sistema urbano arequipeño. La caracterización municipal reporta una proyección de 161 286 habitantes para 2018 y una densidad poblacional de 922,16 hab/km², mientras que el diagnóstico territorial del Gobierno Regional de Arequipa lo reconoce como el distrito con mayor población relativa dentro de la provincia, con

14,3% del total provincial. A ello se suma su marcada condición urbana, pues aproximadamente 90,5% de su población se concentra en áreas urbanas.

El crecimiento poblacional y territorial del distrito ha estado acompañado por una expansión urbana acelerada, impulsada por migraciones internas y por la ocupación progresiva de nuevas áreas residenciales. Diversos documentos regionales y municipales coinciden en señalar que Cerro Colorado ha experimentado un rápido crecimiento en las últimas décadas, consolidándose como uno de los distritos más dinámicos y extensos de Arequipa Metropolitana. Esta expansión ha favorecido la proliferación de urbanizaciones, asociaciones de vivienda, pueblos jóvenes y sectores de desarrollo progresivo, contexto que resulta especialmente pertinente para el estudio de las viviendas autoconstruidas y su vulnerabilidad sísmica.

En ese marco, la elección del distrito de Cerro Colorado como ámbito de estudio se justifica por su importancia demográfica, su heterogeneidad territorial y la presencia de sectores de crecimiento urbano progresivo, donde las condiciones de autoconstrucción constituyen una problemática relevante desde la perspectiva de la seguridad estructural y la gestión del riesgo. Por ello, la caracterización geográfica y descriptiva del distrito permite contextualizar adecuadamente la evaluación de las viviendas autoconstruidas incluidas en la investigación.

4.1.2 Caracterización general de las viviendas evaluadas

4.1.2.1 Cantidad de viviendas evaluadas

La caracterización general de las viviendas autoconstruidas se realizó sobre un total de 36 viviendas ubicadas en diferentes sectores del distrito de Cerro Colorado. Esta cantidad permitió disponer de una base suficiente para describir las principales condiciones habitacionales, constructivas y funcionales presentes en el área de estudio.

Tabla 5*Cantidad total de viviendas evaluadas*

Categoría	Frecuencia
Viviendas evaluadas	36
Total	36

De acuerdo con la tabla, se evaluaron 36 viviendas autoconstruidas, las cuales constituyeron la unidad de análisis para la caracterización inicial. Esta cantidad permitió identificar tendencias generales relacionadas con la distribución territorial, el número de pisos, el uso predominante y la antigüedad aproximada de las edificaciones.

4.1.2.2 Ubicación por sector o asociación

Las viviendas evaluadas se localizaron en tres sectores representativos del distrito de Cerro Colorado: Apipa Sector XV, Río Seco y Semi Rural Pachacútec. La distribución territorial permitió abarcar diferentes zonas de expansión urbana y asentamiento residencial dentro del distrito.

Tabla 6*Ubicación de las viviendas evaluadas por sector o asociación*

Sector o asociación	Frecuencia	Porcentaje
Apipa Sector XV	14	38.90%
Río Seco	12	33.30%
Semi Rural Pachacútec	10	27.80%
Total	36	100.00%

Según la tabla, el mayor número de viviendas evaluadas se ubicó en Apipa Sector XV, con 38,9%, seguido de Río Seco, con 33,3%, y Semi Rural Pachacútec, con 27,8%. Esta distribución evidencia una mayor presencia de unidades observadas en sectores de crecimiento residencial progresivo, lo que permitió

obtener una visión representativa de las condiciones habitacionales existentes en distintas áreas del distrito.

4.1.2.3 Número de pisos

El número de pisos constituye un aspecto relevante dentro de la caracterización de las viviendas autoconstruidas, debido a su relación con la configuración estructural y con las condiciones de crecimiento progresivo de la edificación.

Tabla 7

Número de pisos de las viviendas evaluadas

Número de pisos	Frecuencia	Porcentaje
1 piso	21	58.30%
2 pisos	12	33.30%
3 pisos	3	8.30%
Total	36	100.00%

En la tabla se observa que predominan las viviendas de un piso, con 58,3% del total evaluado. En segundo lugar se encuentran las viviendas de dos pisos, con 33,3%, mientras que las viviendas de tres pisos representan 8,3%. Estos resultados muestran que las edificaciones autoconstruidas del área de estudio se caracterizan principalmente por ser de baja altura, aunque también se evidencia una tendencia al crecimiento vertical en una parte de las unidades analizadas.

4.1.2.4 Uso predominante de la vivienda

El uso predominante de la vivienda permite identificar la función principal que cumple cada edificación dentro del espacio urbano, diferenciando aquellas destinadas exclusivamente a residencia de aquellas que integran actividades complementarias.

Tabla 8

Uso predominante de la vivienda

Uso predominante	Frecuencia	Porcentaje
Residencial	30	83.30%
Mixto (vivienda-comercio/taller)	4	11.10%
Alquiler u otro uso habitacional compartido	2	5.60%
Total	36	100.00%

De acuerdo con la tabla, el uso residencial constituye la condición predominante, con 83,3% de las viviendas evaluadas. Por su parte, el uso mixto, en el que la vivienda comparte funciones comerciales o de taller, alcanza 11,1%, mientras que el alquiler u otro uso habitacional compartido representa 5,6%. Estos resultados permiten establecer que la función principal de las edificaciones analizadas es habitacional, aunque en algunos casos se observa la incorporación de actividades económicas complementarias.

4.1.2.5 Antigüedad aproximada de construcción

La antigüedad aproximada de construcción constituye un criterio importante para comprender el proceso de consolidación de las viviendas autoconstruidas, así como la permanencia de determinadas condiciones constructivas a lo largo del tiempo.

Tabla 9

Antigüedad aproximada de construcción de las viviendas evaluadas

Antigüedad aproximada	Frecuencia	Porcentaje
0 a 10 años	13	36.10%
11 a 20 años	15	41.70%
Más de 20 años	8	22.20%
Total	36	100.00%

En la tabla se aprecia que la mayor proporción de viviendas presenta una antigüedad de 11 a 20 años, con 41,7% del total. Le siguen las viviendas con una antigüedad de 0 a 10 años, con 36,1%, y finalmente aquellas con más de 20 años,

con 22,2%. Esta distribución refleja la coexistencia de viviendas relativamente recientes con otras de mayor tiempo de ocupación, lo que pone en evidencia un proceso continuo de crecimiento y consolidación habitacional dentro del distrito.

La caracterización general de las viviendas evaluadas permitió identificar que la mayor parte se localiza en sectores de expansión urbana del distrito de Cerro Colorado, predominando las edificaciones de un piso, de uso residencial y con una antigüedad comprendida principalmente entre 11 y 20 años. Estas condiciones describen un patrón habitacional asociado a procesos de construcción progresiva, constituyendo una base importante para el análisis posterior de la tipología estructural, los materiales de construcción y las técnicas constructivas.

4.1.3 Tipología estructural de las viviendas autoconstruidas

La tipología estructural de las viviendas autoconstruidas evaluadas permitió identificar las principales características del sistema resistente, la altura edificatoria, la condición de confinamiento, la regularidad geométrica y la presencia de ampliaciones ejecutadas sin planificación técnica integral. Estos aspectos resultan relevantes debido a que se ha encontrado que las viviendas autoconstruidas suelen concentrarse en sistemas de albañilería, principalmente de uno y dos niveles, con deficiencias asociadas al confinamiento, a la configuración estructural y a los procesos constructivos.

4.1.3.1 Sistema estructural predominante

El sistema estructural constituye uno de los componentes principales en la caracterización de las viviendas autoconstruidas, debido a que permite reconocer el tipo de comportamiento resistente predominante frente a cargas verticales y acciones sísmicas.

Tabla 10

Sistema estructural predominante de las viviendas evaluadas

Sistema estructural	Frecuencia	Porcentaje
Albañilería confinada	24	66.70%

Albañilería no reforzada	7	19.40%
Sistema mixto (albañilería y concreto armado)	5	13.90%
Total	36	100.00%

En la tabla se observa que el sistema estructural predominante fue la albañilería confinada, con 66,7% de las viviendas evaluadas. En menor proporción se registró albañilería no reforzada, con 19,4%, y sistemas mixtos, con 13,9%. Este comportamiento resulta coherente con investigaciones similares desarrolladas en Arequipa y Nasca, donde también se trabajó principalmente con viviendas de albañilería confinada; sin embargo, ello no implica necesariamente un adecuado desempeño sísmico, debido a que en dichos estudios se reportaron deficiencias de ejecución, errores de configuración y fallas en el proceso constructivo. La albañilería confinada, de acuerdo con la literatura técnica consultada, corresponde a muros reforzados con elementos verticales y horizontales de concreto armado en su perímetro.

4.1.3.2 Tipo de vivienda según número de niveles

La altura de las viviendas constituye un criterio importante dentro de la tipología estructural, ya que influye en la distribución de cargas, en la respuesta sísmica y en la demanda estructural de los elementos resistentes.

Tabla 11

Tipo de vivienda según número de niveles

Número de niveles	Frecuencia	Porcentaje
Un nivel	21	58.30%
Dos niveles	12	33.30%
Tres niveles	3	8.30%
Total	36	100.00%

Según la tabla, predominan las viviendas de un nivel, con 58,3%, seguidas por las de dos niveles, con 33,3%, mientras que las viviendas de tres niveles representan 8,3%. Esta distribución muestra un predominio de edificaciones de baja altura, rasgo que también ha sido descrito en investigaciones previas. En el estudio

realizado en San Jerónimo, Arequipa, se señaló que la mayoría de construcciones evaluadas poseía un nivel, aunque muchas estaban proyectadas para crecer a dos o más niveles, condición que incrementa las exigencias estructurales cuando el crecimiento se ejecuta sin rediseño técnico (Portocarrero, 2023).

4.1.3.3 Presencia o ausencia de confinamiento

La presencia de confinamiento en los muros constituye un aspecto fundamental en la evaluación estructural de viviendas de albañilería, debido a que los elementos de confinamiento contribuyen a mejorar la resistencia y estabilidad del sistema ante sollicitaciones laterales.

Tabla 12

Presencia o ausencia de confinamiento en las viviendas evaluadas

Condición de confinamiento	Frecuencia	Porcentaje
Presencia adecuada	18	50.00%
Presencia deficiente	11	30.60%
Ausencia de confinamiento	7	19.40%
Total	36	100.00%

En la tabla se aprecia que 50,0% de las viviendas presentó confinamiento adecuado, 30,6% mostró presencia deficiente de elementos de confinamiento y 19,4% evidenció ausencia de confinamiento. Estos resultados permiten establecer que, aunque una parte importante de las edificaciones incorpora elementos confinantes, persisten deficiencias significativas en su disposición o ejecución. Este aspecto resulta relevante, puesto que el propio plan de investigación y los antecedentes seleccionados identifican la calidad del confinamiento como uno de los factores estructurales que inciden directamente en la vulnerabilidad sísmica, y en estudios comparables se reportó que el inadecuado confinamiento fue una de las deficiencias más frecuentes.

4.1.3.4 Regularidad en planta y elevación

La regularidad geométrica permite evaluar la uniformidad de la edificación tanto en su disposición horizontal como vertical. Su análisis es importante debido a que las irregularidades en planta y elevación pueden generar concentraciones de esfuerzo y respuestas sísmicas desfavorables.

Tabla 13

Regularidad en planta y elevación de las viviendas evaluadas

Condición geométrica	Frecuencia	Porcentaje
Regular en planta y elevación	15	41.70%
Irregular en planta	10	27.80%
Irregular en elevación	7	19.40%
Irregular en planta y elevación	4	11.10%
Total	36	100.00%

La tabla muestra que 41,7% de las viviendas evaluadas presentó una condición regular en planta y elevación. No obstante, 58,3% registró algún tipo de irregularidad geométrica, ya sea en planta, en elevación o en ambas condiciones simultáneamente. Este hallazgo adquiere importancia porque en el plan de investigación se reconoce a las irregularidades en planta y altura como factores determinantes de la vulnerabilidad sísmica, y en estudios como los de Nasca y Arequipa se reportaron deficiencias asociadas a la geometría y a la configuración estructural como parte de los problemas más frecuentes en viviendas autoconstruidas.

4.1.3.5 Existencia de ampliaciones no planificadas

Las ampliaciones no planificadas constituyen una característica recurrente en procesos de autoconstrucción, debido a que muchas viviendas experimentan crecimiento progresivo sin evaluación estructural integral previa. Esta condición

puede alterar la distribución de cargas, la continuidad resistente y el comportamiento global de la edificación.

Tabla 14

Existencia de ampliaciones no planificadas en las viviendas evaluadas

Tipo de ampliación	Frecuencia	Porcentaje
Sin ampliaciones evidentes	13	36.10%
Ampliación vertical	11	30.60%
Ampliación horizontal	8	22.20%
Ampliación vertical y horizontal	4	11.10%
Total	36	100.00%

De acuerdo con la tabla, 63,9% de las viviendas evaluadas presentó algún tipo de ampliación no planificada, ya sea vertical, horizontal o combinada, mientras que 36,1% no evidenció ampliaciones significativas. Este resultado muestra una tendencia marcada hacia el crecimiento progresivo de la vivienda autoconstruida. En la base conceptual del plan de tesis, las ampliaciones no planificadas son reconocidas como un factor que incrementa el riesgo estructural, al modificar el comportamiento original de la edificación sin reforzamiento ni análisis técnico previo; del mismo modo, las investigaciones revisadas asocian las malas prácticas constructivas y la autoconstrucción sin asesoramiento técnico con mayores niveles de vulnerabilidad.

La tipología estructural de las viviendas evaluadas evidencia el predominio de edificaciones de albañilería confinada, mayoritariamente de uno y dos niveles, con una proporción importante de casos que presentan deficiencias de confinamiento, irregularidades geométricas y ampliaciones no planificadas. Estas condiciones permiten inferir la existencia de patrones constructivos asociados al crecimiento progresivo y a la limitada planificación técnica, lo que constituye una base relevante para el análisis posterior de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas del distrito de Cerro Colorado.

4.1.4 Materiales de construcción predominantes

La identificación de los materiales de construcción predominantes permitió reconocer las características físicas básicas de las viviendas autoconstruidas evaluadas, considerando los materiales empleados en muros, elementos estructurales principales y cubiertas, así como su condición aparente y la presencia de deterioro visible. Estos aspectos constituyen componentes relevantes en la caracterización de las edificaciones, debido a que influyen en su comportamiento estructural y en su desempeño frente a acciones sísmicas.

4.1.4.1 Material predominante en muros

El material predominante en muros representa uno de los principales indicadores de la calidad constructiva de una vivienda, debido a que define gran parte de su capacidad resistente y de su comportamiento ante cargas laterales.

Tabla 15

Material predominante en muros de las viviendas evaluadas

Material predominante en muros	Frecuencia	Porcentaje
Ladrillo de arcilla	22	61.10%
Bloqueta o bloque de concreto	8	22.20%
Sillar	4	11.10%
Material mixto	2	5.60%
Total	36	100.00%

En la tabla se observa que el material predominante en muros fue el ladrillo de arcilla, con 61,1% del total de viviendas evaluadas. En segundo lugar se identificó el uso de bloqueta o bloque de concreto, con 22,2%, mientras que el sillar representó 11,1% y los materiales mixtos 5,6%. Estos resultados evidencian una mayor presencia de sistemas de mampostería tradicional, principalmente en viviendas de uso habitacional consolidadas de manera progresiva.

4.1.4.2 Material de columnas y vigas

La identificación del material de columnas y vigas permitió reconocer la presencia de elementos de confinamiento o de soporte estructural complementario en las viviendas evaluadas.

Tabla 16

Material predominante en columnas y vigas

Material de columnas y vigas	Frecuencia	Porcentaje
Concreto armado	24	66.70%
Concreto simple	6	16.70%
No presenta elementos definidos	4	11.10%
Material mixto	2	5.60%
Total	36	100.00%

La tabla muestra que el concreto armado fue el material predominante en columnas y vigas, con 66,7% de las viviendas evaluadas. Asimismo, 16,7% presentó concreto simple, 11,1% no evidenció elementos estructurales claramente definidos, y 5,6% registró materiales mixtos. Esta distribución permite identificar que, si bien en una parte importante de las viviendas existen elementos estructurales de concreto, también persisten casos donde dichos componentes son insuficientes, poco definidos o presentan soluciones constructivas heterogéneas.

4.1.4.3 Tipo de losa o cubierta

El tipo de losa o cubierta constituye un aspecto importante dentro de la caracterización material de la vivienda, debido a su relación con el peso propio de la edificación, la rigidez del sistema y las posibilidades de crecimiento vertical.

Tabla 17*Tipo de losa o cubierta de las viviendas evaluadas*

Tipo de losa o cubierta	Frecuencia	Porcentaje
Losa aligerada de concreto	17	47.20%
Techo liviano (calamina o similar)	11	30.60%
Losa maciza	5	13.90%
Cobertura mixta	3	8.30%
Total	36	100.00%

Según la tabla, la losa aligerada de concreto fue el tipo de cubierta más frecuente, con 47,2%, seguida del techo liviano, con 30,6%. En menor proporción se identificó la losa maciza, con 13,9%, y la cobertura mixta, con 8,3%. Esta distribución evidencia la coexistencia de viviendas con mayor grado de consolidación constructiva junto a otras que aún mantienen cubiertas livianas, propias de procesos de construcción progresiva.

4.1.4.4 Condición aparente de los materiales

La condición aparente de los materiales permitió valorar, de manera visual, el estado general de conservación de los componentes constructivos predominantes en cada vivienda.

Tabla 18*Condición aparente de los materiales de construcción*

Condición aparente	Frecuencia	Porcentaje
Buena	12	33.30%
Regular	18	50.00%
Deficiente	6	16.70%
Total	36	100.00%

En la tabla se aprecia que la condición aparente de los materiales fue predominantemente regular, con 50,0% de las viviendas evaluadas. Por su parte,

33,3% presentó una condición buena, mientras que 16,7% mostró una condición deficiente. Estos resultados permiten identificar que, aunque una proporción importante de viviendas conserva materiales en estado aceptable, también existen edificaciones donde el desgaste, la calidad de ejecución o el mantenimiento insuficiente afectan el estado visible de sus componentes constructivos.

4.1.4.5 Presencia de deterioro visible

La presencia de deterioro visible constituye un criterio complementario para evaluar el estado superficial y funcional de los materiales observados en la vivienda.

Tabla 19

Presencia de deterioro visible en las viviendas evaluadas

Deterioro visible	Frecuencia	Porcentaje
No presenta deterioro visible significativo	11	30.60%
Fisuras leves en muros	13	36.10%
Humedad o salitre	7	19.40%
Fisuras y humedad combinadas	5	13.90%
Total	36	100.00%

De acuerdo con la tabla, 30,6% de las viviendas no presentó deterioro visible significativo. Sin embargo, 36,1% evidenció fisuras leves en muros, 19,4% registró humedad o salitre, y 13,9% presentó una combinación de fisuras y humedad. Estos resultados muestran que el deterioro visible se encuentra presente en una proporción considerable de las viviendas evaluadas, principalmente bajo la forma de fisuración superficial y afectación por humedad, condiciones que pueden influir negativamente en la durabilidad y desempeño de los materiales.

4.1.5 Síntesis de los materiales de construcción predominantes

En conjunto, la caracterización de los materiales de construcción predominantes permitió identificar que las viviendas evaluadas presentan un claro

predominio de muros de ladrillo de arcilla, columnas y vigas de concreto armado y cubiertas de losa aligerada, aunque también persisten viviendas con techos livianos y soluciones constructivas mixtas. Del mismo modo, se observó que la condición aparente de los materiales fue mayoritariamente regular, con presencia de deterioro visible en una parte importante de las edificaciones, especialmente bajo la forma de fisuras leves y humedad. Estas características permiten reconocer distintos niveles de consolidación material en las viviendas autoconstruidas del área de estudio y constituyen un insumo relevante para el análisis posterior de las técnicas constructivas y la vulnerabilidad sísmica.

4.1.6 Técnicas constructivas empleadas en las viviendas autoconstruidas

La caracterización de las técnicas constructivas permitió identificar la forma en que las viviendas fueron ejecutadas, ampliadas y consolidadas en el tiempo, considerando aspectos como la autoconstrucción progresiva, el nivel de asistencia técnica recibida, la secuencia de ampliación por etapas, la calidad de juntas, uniones y acabados, así como la presencia de criterios sismorresistentes básicos. Estos aspectos guardan correspondencia con el objetivo específico del estudio y con la evaluación de las condiciones constructivas de la vivienda contempladas en el plan de investigación.

4.1.6.1 Autoconstrucción progresiva

La autoconstrucción progresiva constituye una característica frecuente en viviendas edificadas de manera informal, debido a que la ejecución suele desarrollarse de forma gradual según la disponibilidad económica y las necesidades del grupo familiar.

Tabla 20

Modalidad de autoconstrucción progresiva en las viviendas evaluadas

Modalidad de autoconstrucción	Frecuencia	Porcentaje
--------------------------------------	-------------------	-------------------

Construcción progresiva por etapas	25	69.40%
Construcción parcialmente progresiva	7	19.40%
Construcción ejecutada en una sola etapa	4	11.10%
Total	36	100.00%

En la tabla se observa que predominó la construcción progresiva por etapas, con 69,4% del total de viviendas evaluadas. Asimismo, 19,4% presentó una construcción parcialmente progresiva, mientras que solo 11,1% fue ejecutada en una sola etapa. Estos resultados muestran que la mayor parte de las edificaciones fue consolidada de manera gradual, condición que refleja un proceso constructivo sujeto a la disponibilidad de recursos y al crecimiento paulatino de la vivienda.

4.1.6.2 Construcción con o sin asistencia técnica

La asistencia técnica durante la ejecución de una vivienda constituye un factor relevante, ya que influye en la calidad de la obra, en la disposición de los elementos estructurales y en la incorporación de criterios básicos de seguridad constructiva.

Tabla 21

Nivel de asistencia técnica en la construcción de las viviendas evaluadas

Asistencia técnica	Frecuencia	Porcentaje
Sin asistencia técnica profesional	24	66.70%
Asistencia técnica ocasional	8	22.20%
Asistencia técnica permanente	4	11.10%
Total	36	100.00%

Según la tabla, 66,7% de las viviendas fue construida sin asistencia técnica profesional, 22,2% contó con asistencia técnica ocasional y solo 11,1% recibió asistencia técnica permanente. Esta distribución evidencia que en la mayor parte de los casos el proceso constructivo se desarrolló sin supervisión especializada continua, lo que puede influir en la presencia de deficiencias de ejecución, distribución estructural y control constructivo.

4.1.6.3 Procedimiento de ampliación por etapas

El procedimiento de ampliación por etapas permitió identificar la manera en que las viviendas fueron creciendo con el tiempo, reconociendo si dicho crecimiento respondió a una secuencia organizada o a intervenciones sucesivas sin planificación técnica integral.

Tabla 22

Procedimiento de ampliación por etapas de las viviendas evaluadas

Procedimiento de ampliación	Frecuencia	Porcentaje
Ampliación progresiva sin planificación técnica	15	41.70%
Ampliación progresiva vertical	9	25.00%
Ampliación progresiva horizontal	7	19.40%
Sin ampliaciones por etapas	5	13.90%
Total	36	100.00%

De acuerdo con la tabla, 41,7% de las viviendas presentó ampliación progresiva sin planificación técnica, 25,0% registró ampliación progresiva vertical y 19,4% mostró ampliación progresiva horizontal. Solo 13,9% no evidenció ampliaciones por etapas. Estos resultados permiten establecer que la ampliación sucesiva constituye una práctica predominante en las viviendas autoconstruidas, principalmente bajo modalidades ejecutadas de manera empírica y sin rediseño estructural integral.

4.1.6.4 Calidad de juntas, uniones y acabados

La calidad de juntas, uniones y acabados constituye un indicador importante de la ejecución constructiva, ya que permite observar el grado de cuidado técnico aplicado en la articulación de los elementos estructurales y no estructurales de la vivienda.

Tabla 23

Calidad de juntas, uniones y acabados de las viviendas evaluadas

Calidad observada	Frecuencia	Porcentaje
--------------------------	-------------------	-------------------

Buena	8	22.20%
Regular	20	55.60%
Deficiente	8	22.20%
Total	36	100.00%

En la tabla se aprecia que la calidad de juntas, uniones y acabados fue predominantemente regular, con 55,6% de las viviendas evaluadas. Por su parte, 22,2% presentó una calidad buena y otro 22,2% mostró una calidad deficiente. Esta distribución indica que, aunque en parte de las viviendas se observan condiciones aceptables de ejecución, persisten deficiencias visibles en el encuentro de elementos constructivos y en los acabados, lo que refleja heterogeneidad en el proceso de construcción.

4.1.6.5 Presencia de criterios sismorresistentes básicos o su ausencia

La presencia de criterios sismorresistentes básicos constituye un aspecto esencial en la evaluación de viviendas autoconstruidas, debido a que permite identificar si durante la ejecución de la obra se consideraron elementos mínimos de seguridad estructural, tales como continuidad de muros, disposición de vigas y columnas de amarre, regularidad geométrica y adecuada articulación entre componentes.

Tabla 24

Presencia de criterios sismorresistentes básicos en las viviendas evaluadas

Presencia de criterios sismorresistentes	Frecuencia	Porcentaje
Presencia adecuada	8	22.20%
Presencia parcial	15	41.70%
Ausencia	13	36.10%
Total	36	100.00%

Según la tabla, 22,2% de las viviendas presentó una presencia adecuada de criterios sismorresistentes básicos, 41,7% evidenció una presencia parcial y 36,1%

mostró ausencia de dichos criterios. Estos resultados permiten advertir que una parte considerable de las edificaciones no incorpora de manera completa las condiciones mínimas de seguridad estructural, mientras que en otro grupo estas se presentan de forma insuficiente o incompleta.

Las técnicas constructivas observadas en las viviendas evaluadas evidencian un predominio de la autoconstrucción progresiva, ejecutada mayoritariamente sin asistencia técnica profesional, con ampliaciones por etapas realizadas de forma empírica, una calidad predominantemente regular en juntas, uniones y acabados y una incorporación parcial o ausente de criterios sismorresistentes básicos. Estas características reflejan patrones constructivos asociados al crecimiento gradual de la vivienda y a la limitada planificación técnica, constituyendo un elemento fundamental para la comprensión de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones analizadas.

4.2 Aplicación del método de Benedetti-Petrini

La aplicación del método de Benedetti-Petrini se efectuó mediante la evaluación de once parámetros orientados a identificar condiciones estructurales, constructivas y geométricas que inciden en la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería. En este método, cada parámetro se califica mediante alternativas de condición que van de A a D, y posteriormente se pondera según su peso específico dentro del índice global de vulnerabilidad. Para edificaciones de mampostería, el parámetro 1, correspondiente a la organización del sistema resistente, emplea valores de 0, 5, 20 y 45 para las categorías A, B, C y D, respectivamente, con un peso de 1.00.

Dentro de las aplicaciones recientes del método en viviendas y edificaciones peruanas, el análisis de los parámetros estructurales ha mostrado una incidencia importante del parámetro 1, junto con el de resistencia convencional, en la determinación de niveles medios y altos de vulnerabilidad sísmica. Por ello, la evaluación individual de cada parámetro permite identificar con mayor precisión las deficiencias predominantes antes de calcular el índice total de vulnerabilidad.

4.2.1 Evaluación de los parámetros del método de Benedetti-Petrini

4.2.1.1 Organización del sistema resistente

El parámetro organización del sistema resistente permitió evaluar la forma en que los elementos portantes de la vivienda se encuentran dispuestos, conectados y articulados entre sí, considerando especialmente la continuidad de muros resistentes, la presencia de vigas de amarre y la adecuada ligazón entre paredes ortogonales. En la lógica del método, las condiciones más favorables corresponden a edificaciones ejecutadas con recomendaciones sismorresistentes o con conexiones adecuadas en todos los niveles; mientras que las condiciones más desfavorables se asocian con muros ortogonales no ligados o con ausencia de elementos de amarre suficientes.

Tabla 25

Evaluación del parámetro 1: Organización del sistema resistente

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Sistema resistente adecuadamente organizado	5	13.9%
B	Sistema resistente con conexiones aceptables	9	25.0%
C	Sistema resistente con deficiencias de amarre y articulación	14	38.9%
D	Sistema resistente deficiente o no ligado adecuadamente	8	22.2%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que la categoría predominante fue la C, con 38,9%, seguida de la categoría B, con 25,0%, la categoría D, con 22,2%, y finalmente la categoría A, con 13,9%. Esta distribución evidencia que en la mayor parte de las viviendas evaluadas la organización del sistema resistente presenta deficiencias de amarre, continuidad o adecuada conexión entre muros, lo que reduce la capacidad de trabajo conjunto de la estructura frente a acciones sísmicas.

La suma de las categorías C y D alcanzó 61,1%, lo que indica que más de la mitad de las viviendas presenta una condición estructural desfavorable en este

parámetro. Este resultado guarda correspondencia con aplicaciones del método en contextos urbanos de expansión y autoconstrucción, donde el parámetro 1 suele concentrar valores que incrementan la vulnerabilidad estructural cuando existen deficiencias en la disposición de muros confinados, ausencia de vigas de amarre o uniones insuficientes entre elementos resistentes.

Desde el punto de vista técnico, los resultados obtenidos permiten establecer que la organización del sistema resistente constituye uno de los aspectos estructurales más sensibles dentro de la evaluación de las viviendas autoconstruidas. La predominancia de condiciones intermedias y desfavorables sugiere la existencia de discontinuidades resistentes y una limitada integración entre los componentes estructurales, situación que puede traducirse en una respuesta sísmica deficiente y en un mayor nivel de daño esperado ante eventos de moderada o alta intensidad.

4.2.1.2 Calidad del sistema resistente

El parámetro calidad del sistema resistente permitió valorar la calidad de la mampostería predominante en la vivienda, considerando de manera cualitativa sus características resistentes y su contribución al comportamiento estructural en conjunto. En la matriz de evaluación del método Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería, este parámetro se califica en categorías de A a D con valores de 0, 5, 25 y 45, respectivamente, y con un peso de 0.25 dentro del índice de vulnerabilidad.

La relevancia de este parámetro radica en que permite diferenciar la homogeneidad y calidad del material de mampostería empleado, así como su incidencia en la respuesta global de la estructura. En aplicaciones recientes del método, la calidad del sistema resistente ha sido reportada como uno de los parámetros constructivos que contribuyen a niveles medios de vulnerabilidad cuando predominan condiciones intermedias de material y ejecución.

Tabla 26

Evaluación del parámetro 2: Calidad del sistema resistente

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Mampostería de buena calidad y homogénea	6	16.7%
B	Mampostería de calidad aceptable	10	27.8%
C	Mampostería con deficiencias de calidad o heterogeneidad	13	36.1%
D	Mampostería deficiente o de muy baja calidad	7	19.4%
Total		36	100.0%

En la tabla se aprecia que la categoría predominante fue la C, con 36,1%, seguida de la categoría B, con 27,8%, la categoría D, con 19,4%, y finalmente la categoría A, con 16,7%. Estos resultados muestran que la mayor proporción de viviendas evaluadas presenta una calidad intermedia o deficiente del sistema resistente, lo que evidencia heterogeneidad en la mampostería utilizada y limitaciones en las condiciones constructivas observadas.

La suma de las categorías C y D alcanzó 55,5%, lo que indica que más de la mitad de las viviendas presenta condiciones desfavorables en este parámetro. Esta situación refleja que, aunque existe un grupo de edificaciones con materiales relativamente aceptables, persiste una proporción considerable de viviendas donde la calidad de la mampostería no garantiza un comportamiento estructural adecuado frente a acciones sísmicas, especialmente cuando se combina con deficiencias de confinamiento, irregularidad geométrica y ampliaciones no planificadas.

Desde el punto de vista técnico, la predominancia de categorías intermedias y desfavorables en la calidad del sistema resistente permite establecer que este parámetro constituye un factor relevante dentro de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas evaluadas. En consecuencia, la calidad de la mampostería y su homogeneidad dentro de la estructura representan condiciones determinantes para el desempeño del edificio, ya que influyen directamente en su capacidad resistente y en su respuesta ante eventos sísmicos.

4.2.1.3 Resistencia convencional

El parámetro resistencia convencional permitió estimar la capacidad resistente global de la vivienda frente a sollicitaciones sísmicas, a partir de la relación entre la resistencia disponible del sistema de muros y la exigencia sísmica de la edificación. En aplicaciones académicas del método Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería, este parámetro se valora con categorías A, B, C y D, asociadas a puntajes de 0, 5, 25 y 45, respectivamente, y con un peso de 1.50 dentro del índice global de vulnerabilidad, lo que le otorga una incidencia importante en el resultado final.

La evaluación de este parámetro se realiza considerando la longitud y espesor de los muros resistentes, el valor de resistencia al corte de la mampostería, el peso de la edificación y la demanda sísmica exigida, para luego determinar un coeficiente resistente, un coeficiente exigido y, finalmente, la demanda de ductilidad de la estructura. En adaptaciones aplicadas en el contexto peruano, la clasificación suele establecerse de manera creciente desde condiciones favorables de resistencia hasta condiciones claramente deficientes, en las que la capacidad resistente resulta insuficiente frente a la demanda sísmica esperada.

Tabla 27

Evaluación del parámetro 3: Resistencia convencional

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Resistencia convencional adecuada	4	11.1%
B	Resistencia convencional aceptable	9	25.0%
C	Resistencia convencional baja	15	41.7%
D	Resistencia convencional deficiente	8	22.2%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que la categoría predominante fue la C, con 41,7%, seguida de la categoría B, con 25,0%, la categoría D, con 22,2%, y finalmente la categoría A, con 11,1%. Estos resultados muestran que la mayor parte de las

viviendas evaluadas presenta una resistencia convencional baja o deficiente, lo que indica una limitada capacidad estructural para responder adecuadamente ante acciones sísmicas.

La suma de las categorías C y D alcanzó 63,9%, lo que evidencia que más de la mitad de las viviendas se encuentra en condiciones desfavorables respecto a este parámetro. Desde el punto de vista técnico, ello sugiere una relación poco favorable entre la capacidad resistente disponible de los muros y la demanda sísmica esperada, situación que incrementa la susceptibilidad de daño estructural en caso de un evento sísmico de magnitud considerable.

En consecuencia, la resistencia convencional se configura como uno de los parámetros más sensibles dentro de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, debido a su alto peso relativo en el método y a su vinculación directa con la capacidad portante y resistente de la edificación. La predominancia de categorías intermedias y desfavorables permite establecer que una parte importante de las viviendas autoconstruidas evaluadas presenta limitaciones estructurales que podrían comprometer su desempeño sísmico.

4.2.1.4 Posición del edificio y cimentación

El parámetro posición del edificio y cimentación permitió evaluar, mediante inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico de la vivienda. Para ello se consideran aspectos como la consistencia y pendiente del terreno, la posible diferencia de cotas en la cimentación y la presencia de empujes no equilibrados producidos por rellenos o desniveles. En la escala del método de Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería, este parámetro se valora en categorías A, B, C y D con puntajes de 0, 5, 25 y 45, respectivamente, y con un peso de 0.75 dentro del índice de vulnerabilidad. (Cochón Barrientos, 2020; Fernández Rojas, 2024).

La evaluación de este parámetro resulta relevante porque las condiciones del terreno y de la cimentación pueden modificar el desempeño estructural de la edificación frente a un evento sísmico. En aplicaciones del método, este parámetro

se asocia con el comportamiento del edificio cuando la vivienda se ubica sobre terrenos con pendiente, cimentaciones a distinto nivel o condiciones de soporte que no favorecen una transmisión uniforme de cargas al suelo. (Cochón Barrientos, 2020; Sandoval Bazán, 2016).

Tabla 28

Evaluación del parámetro 4: Posición del edificio y cimentación

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Terreno y cimentación en condiciones favorables	7	19.4%
B	Condiciones aceptables con ligeras limitaciones	12	33.3%
C	Condiciones desfavorables por pendiente o diferencia de nivel	11	30.6%
D	Condiciones muy desfavorables del terreno y la cimentación	6	16.7%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que la categoría predominante fue la B, con 33,3%, seguida de la categoría C, con 30,6%, la categoría A, con 19,4%, y la categoría D, con 16,7%. Estos resultados indican que una proporción importante de las viviendas evaluadas presenta condiciones aceptables, aunque con ciertas limitaciones relacionadas con la posición del edificio o con la configuración de la cimentación. Al mismo tiempo, una parte considerable de las edificaciones se ubica en condiciones desfavorables, lo que incrementa la susceptibilidad estructural frente a sollicitaciones sísmicas.

La suma de las categorías C y D alcanzó 47,3%, lo que evidencia que cerca de la mitad de las viviendas presenta condiciones poco favorables en este parámetro. Desde el punto de vista técnico, ello sugiere la existencia de edificaciones emplazadas en terrenos con pendientes apreciables, cimentaciones desarrolladas en cotas diferentes o condiciones de soporte que podrían afectar la estabilidad y la transmisión uniforme de esfuerzos al suelo. Este comportamiento es consistente con la lógica del método, que considera este parámetro como un

factor de incidencia media dentro del índice global de vulnerabilidad. (Fernández Rojas, 2024).

En consecuencia, la posición del edificio y cimentación constituye un parámetro relevante dentro de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, debido a que permite identificar condicionantes del emplazamiento que, aunque no siempre son visibles en la superestructura, influyen directamente en la respuesta global de la edificación. La predominancia de categorías intermedias y desfavorables permite establecer que una proporción significativa de las viviendas autoconstruidas evaluadas presenta limitaciones asociadas al terreno y a la cimentación, las cuales deben considerarse en la interpretación integral del índice de vulnerabilidad sísmica.

4.2.1.5 Diafragmas horizontales

El parámetro diafragmas horizontales permitió evaluar la capacidad de los elementos horizontales de la vivienda, como losas o cubiertas, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema resistente vertical y favorecer una adecuada distribución de las fuerzas sísmicas. En la matriz del método de Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería, este parámetro se califica en categorías A, B, C y D, con valores de 0, 5, 15 y 45, respectivamente, y con un peso de 1.00 dentro del índice de vulnerabilidad.

La valoración de este parámetro considera principalmente la rigidez del diafragma, su grado de deformabilidad y la eficacia de la conexión entre la losa o cubierta y los muros portantes. En aplicaciones recientes del método, la clasificación ha distinguido condiciones favorables cuando el diafragma presenta buena conexión y comportamiento adecuado, y condiciones desfavorables cuando la conexión entre la losa y el sistema de muros es deficiente o cuando el elemento horizontal no cumple satisfactoriamente su función de amarre estructural.

Tabla 29

Evaluación del parámetro 5: Diafragmas horizontales

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
-----------	---------------------	------------	------------

A	Diafragma horizontal con adecuada rigidez y conexión eficaz	6	16.7%
B	Diafragma horizontal con condiciones aceptables	11	30.6%
C	Diafragma horizontal con conexión deficiente o deformabilidad apreciable	14	38.9%
D	Diafragma horizontal muy deficiente o ineficaz	5	13.9%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que la categoría predominante fue la C, con 38,9%, seguida de la categoría B, con 30,6%, la categoría A, con 16,7%, y la categoría D, con 13,9%. Estos resultados indican que una parte importante de las viviendas evaluadas presenta deficiencias en el comportamiento de los diafragmas horizontales, principalmente por conexiones poco eficientes entre la losa o cubierta y los muros resistentes.

La suma de las categorías C y D alcanzó 52,8%, lo que evidencia que más de la mitad de las viviendas se encuentra en condiciones desfavorables respecto a este parámetro. Desde el punto de vista técnico, ello sugiere que en una proporción considerable de edificaciones los elementos horizontales no aseguran una transferencia adecuada de esfuerzos hacia los muros portantes, situación que puede afectar el comportamiento integral de la estructura durante un sismo.

En consecuencia, los diafragmas horizontales constituyen un parámetro de especial importancia dentro de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, debido a que su rigidez y conexión con los elementos verticales condicionan la estabilidad y el desempeño global de la edificación. La predominancia de categorías intermedias y desfavorables permite establecer que una proporción significativa de las viviendas autoconstruidas evaluadas presenta limitaciones en este componente estructural, lo cual incrementa su susceptibilidad frente a acciones sísmicas.

4.2.1.6 Configuración en planta

El parámetro configuración en planta permitió evaluar la regularidad geométrica de la vivienda en su disposición horizontal, considerando la forma general de la edificación y la distribución de sus elementos resistentes en planta. En el método de Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería, este parámetro se califica en las categorías A, B, C y D, con valores de 0, 5, 25 y 45, respectivamente, y con un peso de 0.50 dentro del índice global de vulnerabilidad.

La importancia de este parámetro radica en que una configuración en planta regular favorece una distribución más uniforme de rigideces y esfuerzos, mientras que las irregularidades geométricas tienden a generar respuestas estructurales desfavorables ante la acción sísmica. En aplicaciones recientes del método, la configuración en planta se ha considerado dentro de los aspectos geométricos que influyen en la determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica de la edificación.

Tabla 30

Evaluación del parámetro 6: Configuración en planta

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Configuración en planta regular y favorable	8	22.2%
B	Configuración en planta con ligeras irregularidades	13	36.1%
C	Configuración en planta irregular	10	27.8%
D	Configuración en planta muy irregular	5	13.9%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que la categoría predominante fue la B, con 36,1%, seguida de la categoría C, con 27,8%, la categoría A, con 22,2%, y la categoría D, con 13,9%. Estos resultados indican que, aunque una parte de las viviendas presenta configuraciones relativamente favorables, existe una proporción importante de edificaciones con irregularidades en planta que pueden afectar el comportamiento sísmico global de la estructura.

La suma de las categorías C y D alcanzó 41,7%, lo que evidencia que una parte considerable de las viviendas evaluadas presenta condiciones geométricas desfavorables en planta. Desde el punto de vista técnico, ello sugiere la existencia de formas poco compactas, distribuciones asimétricas o disposiciones no uniformes de los elementos resistentes, condiciones que pueden producir concentraciones de esfuerzos y respuestas torsionales durante un sismo. La literatura revisada ubica este parámetro dentro de los aspectos geométricos que contribuyen al nivel de vulnerabilidad sísmica de la edificación.

En consecuencia, la configuración en planta constituye un parámetro relevante dentro de la evaluación integral de la vulnerabilidad sísmica, debido a que la forma de la edificación y la organización horizontal del sistema resistente influyen directamente en la respuesta estructural. La predominancia de categorías intermedias y desfavorables permite establecer que una proporción significativa de las viviendas autoconstruidas evaluadas presenta limitaciones geométricas que incrementan su susceptibilidad frente a acciones sísmicas.

4.2.1.7 Configuración en elevación

El parámetro configuración en elevación permitió evaluar la regularidad geométrica de la vivienda en sentido vertical, considerando la continuidad de los elementos resistentes, la uniformidad en la distribución de masas y rigideces entre niveles, así como la presencia de retranqueos, cambios bruscos de altura o discontinuidades estructurales. En el método de Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería, este parámetro se califica en las categorías A, B, C y D, con valores de 0, 5, 25 y 45, respectivamente, y con un peso de 1.00 dentro del índice global de vulnerabilidad.

La importancia de este parámetro radica en que una configuración regular en elevación favorece una respuesta estructural más uniforme frente a la acción sísmica, mientras que las irregularidades verticales pueden generar concentraciones de esfuerzos, discontinuidades resistentes y un comportamiento desfavorable de la edificación. En aplicaciones recientes del método, la configuración en elevación se

ha considerado como uno de los parámetros geométricos de mayor incidencia en la vulnerabilidad sísmica, especialmente cuando predominan condiciones desfavorables en la organización vertical del edificio.

Tabla 31

Evaluación del parámetro 7: Configuración en elevación

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Configuración en elevación regular y favorable	6	16.7%
B	Configuración en elevación con ligeras irregularidades	10	27.8%
C	Configuración en elevación irregular	13	36.1%
D	Configuración en elevación muy irregular	7	19.4%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que la categoría predominante fue la C, con 36,1%, seguida de la categoría B, con 27,8%, la categoría D, con 19,4%, y finalmente la categoría A, con 16,7%. Estos resultados evidencian que una proporción importante de las viviendas evaluadas presenta irregularidades en elevación, lo que permite identificar discontinuidades verticales que podrían afectar el desempeño sísmico de la estructura.

La suma de las categorías C y D alcanzó 55,5%, lo que indica que más de la mitad de las viviendas evaluadas presenta condiciones desfavorables en este parámetro. Desde el punto de vista técnico, ello sugiere la existencia de variaciones no uniformes entre niveles, diferencias en altura, cambios en la continuidad de muros resistentes o modificaciones progresivas que alteran la respuesta estructural del edificio frente a sollicitaciones sísmicas.

En consecuencia, la configuración en elevación constituye un parámetro relevante dentro de la evaluación integral de la vulnerabilidad sísmica, debido a que la regularidad vertical de la edificación condiciona la estabilidad global y la adecuada transmisión de esfuerzos entre niveles. La predominancia de categorías intermedias y desfavorables permite establecer que una proporción significativa de

las viviendas autoconstruidas evaluadas presenta limitaciones geométricas en elevación, incrementando su susceptibilidad frente a eventos sísmicos.

4.2.1.8 Distancia máxima entre muros

El parámetro distancia máxima entre muros permitió evaluar la separación existente entre los muros portantes principales y los muros transversales que contribuyen al arriostramiento de la edificación. En aplicaciones del método Benedetti-Petrini, este parámetro se analiza considerando la presencia de muros maestros intersectados por muros transversales ubicados a distancias excesivas entre sí, así como la relación entre el espaciamiento de dichos muros y el espesor del muro principal. En la matriz de evaluación para edificaciones de mampostería, este parámetro se califica en las categorías A, B, C y D, con valores de 0, 5, 25 y 45, respectivamente, y con un peso de 0.25 dentro del índice global de vulnerabilidad.

La importancia de este parámetro radica en que una excesiva separación entre muros resistentes reduce la capacidad de confinamiento y de trabajo conjunto del sistema estructural, incrementando la posibilidad de deformaciones desfavorables durante un sismo. En trabajos recientes basados en el método, este parámetro ha sido identificado como uno de los aspectos geométrico-estructurales que puede alcanzar calificaciones desfavorables cuando existen separaciones excesivas entre elementos resistentes.

Tabla 32

Evaluación del parámetro 8: Distancia máxima entre muros

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Distancia entre muros adecuada y favorable	7	19.4%
B	Distancia entre muros aceptable	10	27.8%
C	Distancia entre muros mayor a la recomendable	13	36.1%
D	Distancia entre muros excesiva y muy desfavorable	6	16.7%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que la categoría predominante fue la C, con 36,1%, seguida de la categoría B, con 27,8%, la categoría A, con 19,4%, y la categoría D, con 16,7%. Estos resultados evidencian que una proporción importante de las viviendas evaluadas presenta separaciones entre muros que superan las condiciones más favorables de arriostramiento, lo que puede afectar la rigidez y estabilidad del sistema estructural.

La suma de las categorías C y D alcanzó 52,8%, lo que indica que más de la mitad de las viviendas evaluadas presenta condiciones desfavorables en este parámetro. Desde el punto de vista técnico, ello sugiere que en un número considerable de edificaciones existen tramos excesivos entre muros portantes o elementos transversales, condición que limita el adecuado comportamiento conjunto de la estructura frente a fuerzas sísmicas. Esta interpretación es coherente con aplicaciones del método en las que la distancia máxima entre muros ha sido reportada entre los parámetros con calificación más desfavorable.

En consecuencia, la distancia máxima entre muros constituye un parámetro relevante dentro de la evaluación integral de la vulnerabilidad sísmica, debido a que la separación entre elementos resistentes influye directamente en la rigidez lateral y en la capacidad de distribución de esfuerzos dentro de la vivienda. La predominancia de categorías intermedias y desfavorables permite establecer que una proporción significativa de las viviendas autoconstruidas evaluadas presenta limitaciones en la disposición de sus muros resistentes, incrementando su susceptibilidad frente a eventos sísmicos.

4.2.1.9 Tipo de cubierta

El parámetro tipo de cubierta permitió evaluar las características estructurales de la cubierta de la vivienda, considerando principalmente su peso, rigidez, forma de apoyo y el grado de vinculación con los elementos resistentes verticales. En aplicaciones académicas del método de Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería, este parámetro se valora en las categorías A, B, C y

D, con puntajes de 0, 15, 25 y 45, respectivamente, y con un peso de 1.00 dentro del índice global de vulnerabilidad. Además, dentro de la adaptación del método, este parámetro se asocia con aspectos como las vigas de amarre o corona y el amarre de cubiertas, por su incidencia directa en el comportamiento sísmico de la edificación.

La importancia de este parámetro radica en que la cubierta constituye un componente decisivo en la respuesta estructural global de la vivienda, debido a que influye en la transmisión de cargas, en la estabilidad del conjunto y en la capacidad de articulación entre muros y elementos horizontales. En investigaciones recientes aplicadas a viviendas ubicadas en zonas de expansión urbana, el tipo de cubierta ha sido incluido dentro de los aspectos constructivos que contribuyen a niveles medios de vulnerabilidad sísmica cuando predominan condiciones intermedias o desfavorables.

Tabla 33

Evaluación del parámetro 9: Tipo de cubierta

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Cubierta adecuadamente vinculada y con comportamiento favorable	6	16.7%
B	Cubierta con condiciones aceptables de amarre y rigidez	8	22.2%
C	Cubierta con deficiencias en su vinculación o respuesta estructural	14	38.9%
D	Cubierta claramente desfavorable o con deficiente comportamiento sísmico	8	22.2%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que la categoría predominante fue la C, con 38,9%, seguida de las categorías B y D, ambas con 22,2%, mientras que la categoría A representó 16,7%. Estos resultados evidencian que una proporción importante de las viviendas evaluadas presenta cubiertas con limitaciones en su vinculación estructural, en su rigidez o en su capacidad de integrarse adecuadamente al sistema resistente.

La suma de las categorías C y D alcanzó 61,1%, lo que indica que más de la mitad de las viviendas evaluadas presenta condiciones desfavorables en este parámetro. Desde el punto de vista técnico, ello sugiere la existencia de cubiertas con amarre insuficiente, con comportamiento estructural poco favorable o con características que incrementan la vulnerabilidad sísmica de la vivienda, especialmente cuando se combinan con deficiencias en el sistema resistente, irregularidades geométricas y bajo nivel de conservación.

En consecuencia, el tipo de cubierta constituye un parámetro relevante dentro de la evaluación integral de la vulnerabilidad sísmica, debido a que influye directamente en la estabilidad del sistema estructural y en la transmisión adecuada de esfuerzos durante un evento sísmico. La predominancia de categorías intermedias y desfavorables permite establecer que una proporción significativa de las viviendas autoconstruidas evaluadas presenta limitaciones en este componente constructivo, contribuyendo así al incremento del índice global de vulnerabilidad sísmica.

4.2.1.10 Elementos no estructurales

El parámetro elementos no estructurales permitió evaluar la condición y vinculación de aquellos componentes que, sin formar parte del sistema resistente principal, pueden afectar el desempeño sísmico de la edificación, tales como parapetos, tabiques, revestimientos, cerramientos o elementos adosados. En matrices académicas recientes del método Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería, este parámetro se valora en categorías A, B, C y D, con puntajes 0, 0, 25 y 45, respectivamente, y con un peso de 0.25 dentro del índice global de vulnerabilidad.

La importancia de este parámetro radica en que la deficiente fijación o inadecuada disposición de los elementos no estructurales puede originar desprendimientos, daños locales o interferencias en la respuesta sísmica general de la vivienda. En aplicaciones recientes del método, este parámetro ha sido considerado dentro de los aspectos constructivos que contribuyen a niveles medios

de vulnerabilidad cuando se observan conexiones inadecuadas, tabiquería inestable o componentes secundarios mal integrados a la estructura.

Tabla 34

Evaluación del parámetro 10: Elementos no estructurales

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Elementos no estructurales adecuadamente dispuestos y vinculados	9	25.0%
B	Elementos no estructurales con condición aceptable	8	22.2%
C	Elementos no estructurales con deficiencias de fijación o integración	12	33.3%
D	Elementos no estructurales claramente desfavorables	7	19.4%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que la categoría predominante fue la C, con 33,3%, seguida de la categoría A, con 25,0%, la categoría B, con 22,2%, y la categoría D, con 19,4%. Estos resultados indican que una proporción importante de las viviendas evaluadas presenta deficiencias en la disposición, estabilidad o vinculación de sus elementos no estructurales, situación que puede incrementar el daño local durante un evento sísmico.

La suma de las categorías C y D alcanzó 52,7%, lo que evidencia que más de la mitad de las viviendas presenta condiciones desfavorables en este parámetro. Desde el punto de vista técnico, ello sugiere la existencia de componentes secundarios con fijación deficiente, elementos adosados sin adecuado anclaje o particiones que podrían comportarse de manera inestable frente a movimientos sísmicos.

En consecuencia, los elementos no estructurales constituyen un parámetro relevante dentro de la evaluación integral de la vulnerabilidad sísmica, debido a que, aun cuando no forman parte del sistema resistente principal, pueden generar daños considerables y afectar la seguridad funcional de la edificación. La predominancia de categorías intermedias y desfavorables permite establecer que una proporción significativa de las viviendas autoconstruidas evaluadas presenta limitaciones en este componente constructivo.

4.2.1.11 Estado de conservación

El parámetro estado de conservación permitió valorar la condición general de la vivienda a partir de la presencia de fisuras, humedad, desgaste superficial, pérdida de material, deterioro de acabados y otras manifestaciones visibles que reflejan el nivel de mantenimiento de la edificación. En matrices académicas recientes del método Benedetti-Petrini, este parámetro se califica en categorías A, B, C y D, con puntajes 0, 5, 25 y 45, respectivamente, y con un peso de 1.00 dentro del índice global de vulnerabilidad.

La relevancia de este parámetro se sustenta en que el deterioro acumulado y la falta de mantenimiento pueden reducir la capacidad resistente efectiva de la vivienda y agravar el comportamiento sísmico de sus elementos estructurales y no estructurales. En aplicaciones recientes del método, el estado de conservación ha sido identificado como uno de los parámetros constructivos que contribuyen a niveles medios de vulnerabilidad cuando predominan condiciones de deterioro visible o mantenimiento insuficiente.

Tabla 35

Evaluación del parámetro 11: Estado de conservación

Categoría	Descripción general	Frecuencia	Porcentaje
A	Estado de conservación bueno	5	13.9%
B	Estado de conservación aceptable	10	27.8%
C	Estado de conservación regular con deterioro visible	14	38.9%
D	Estado de conservación deficiente	7	19.4%
Total		36	100.0%

En la tabla se aprecia que la categoría predominante fue la C, con 38,9%, seguida de la categoría B, con 27,8%, la categoría D, con 19,4%, y la categoría A, con 13,9%. Estos resultados muestran que la mayor parte de las viviendas evaluadas presenta un estado de conservación regular o deficiente, lo que evidencia deterioro visible y mantenimiento insuficiente en una proporción considerable de las edificaciones.

La suma de las categorías C y D alcanzó 58,3%, lo que indica que más de la mitad de las viviendas se encuentra en condiciones desfavorables respecto a este parámetro. Desde el punto de vista técnico, ello sugiere la presencia de fisuras, humedad, desgaste superficial y otras manifestaciones patológicas que pueden comprometer la durabilidad de los materiales y la respuesta estructural global de la vivienda frente a un sismo.

En consecuencia, el estado de conservación constituye uno de los parámetros de mayor importancia dentro de la evaluación integral de la vulnerabilidad sísmica, debido a que refleja la condición actual de la edificación y su nivel de mantenimiento acumulado. La predominancia de categorías intermedias y desfavorables permite establecer que una proporción significativa de las viviendas autoconstruidas evaluadas presenta deterioro visible, lo que incrementa su susceptibilidad frente a eventos sísmicos.

Tabla 36

Indicadores técnicos de criticidad de los parámetros evaluados mediante el método de Benedetti-Petrini

Parámetro	C + D (%)	Índice parcial ponderado	Aporte relativo al Iv (%)	Nivel de criticidad
Organización del sistema resistente	61,1	19,03	11,82	Alto
Calidad del sistema resistente	55,5	4,79	2,98	Medio
Resistencia convencional	63,9	32,50	20,19	Muy alto
Posición del edificio y cimentación	47,3	12,60	7,83	Medio
Diafragmas horizontales	52,8	13,61	8,45	Alto
Configuración en planta	41,7	7,50	4,66	Medio
Configuración en elevación	55,5	19,17	11,91	Alto
Distancia máxima entre muros	52,8	4,48	2,78	Medio
Tipo de cubierta	61,1	23,19	14,40	Muy alto
Elementos no estructurales	52,7	4,27	2,65	Medio
Estado de conservación	58,3	19,86	12,33	Alto

Total	161,01	100,00
--------------	---------------	---------------

A fin de otorgar un mayor sustento técnico a la evaluación de los parámetros del método de Benedetti-Petrini, se calcularon indicadores complementarios de criticidad, tales como el porcentaje de condición desfavorable (C+D), el índice parcial ponderado y el aporte relativo de cada parámetro al índice bruto de vulnerabilidad. Los resultados muestran que los parámetros de mayor criticidad fueron la resistencia convencional, el tipo de cubierta, el estado de conservación, la configuración en elevación y la organización del sistema resistente, los cuales presentaron los mayores aportes relativos al índice global de vulnerabilidad sísmica. En particular, la resistencia convencional concentró el mayor peso técnico, con un aporte relativo de 20,19%, seguida del tipo de cubierta, con 14,40%, y del estado de conservación, con 12,33%, lo que evidencia que la vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas se encuentra principalmente condicionada por limitaciones en la capacidad resistente del sistema estructural, por deficiencias en la configuración y amarre de la cubierta, y por el deterioro acumulado de la edificación.

4.2.2 Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica

La determinación del índice de vulnerabilidad sísmica se efectuó a partir de la suma ponderada de los once parámetros evaluados mediante el método de Benedetti-Petrini. En esta metodología, el índice bruto de vulnerabilidad se obtiene mediante la expresión

$$I_v = \sum (K_i \times W_i)$$

donde K_i representa la calificación asignada a cada parámetro y W_i su coeficiente de peso. Posteriormente, el valor obtenido se normaliza a una escala de 0 a 100 mediante interpolación lineal. En aplicaciones recientes del método para

edificaciones de mampostería, el índice bruto máximo considerado es 382.50, por lo que el índice normalizado se calcula como

$$I_{vn} = (I_v/382.50) \times 100$$

Asimismo, la interpretación más empleada clasifica el I_{vn} en cuatro rangos: baja (0 a 20), media a baja (20 a 40), media a alta (40 a 60) y alta (60 a 100).

Con base en la evaluación desarrollada en los apartados anteriores, se procedió a obtener el aporte ponderado de cada parámetro al índice global de vulnerabilidad sísmica, conforme se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 37

Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica mediante el método de Benedetti-Petrini

Parámetro evaluado	Aporte ponderado promedio
1. Organización del sistema resistente	19.03
2. Calidad del sistema resistente	4.79
3. Resistencia convencional	32.5
4. Posición del edificio y cimentación	12.6
5. Diafragmas horizontales	13.61
6. Configuración en planta	7.5
7. Configuración en elevación	19.17
8. Distancia máxima entre muros	4.48
9. Tipo de cubierta	23.19
10. Elementos no estructurales	4.27
11. Estado de conservación	19.86
Índice bruto de vulnerabilidad (I_v)	161.01
Índice normalizado de vulnerabilidad (I_{vn})	42.09

De acuerdo con la tabla, el índice bruto de vulnerabilidad sísmica obtenido fue de 161.01, el cual, al ser normalizado en una escala de 0 a 100, alcanzó un valor de 42.09. Conforme a los rangos de interpretación del método, este resultado corresponde a un nivel de vulnerabilidad media a alta. Ello permite establecer que,

en términos globales, las viviendas autoconstruidas evaluadas presentan condiciones estructurales y constructivas que podrían comprometer su comportamiento ante un evento sísmico de intensidad significativa.

El análisis del aporte ponderado por parámetro muestra que los factores con mayor incidencia en el índice final fueron la resistencia convencional (32.50), el tipo de cubierta (23.19), el estado de conservación (19.86), la configuración en elevación (19.17) y la organización del sistema resistente (19.03). En conjunto, estos resultados evidencian que las principales limitaciones de las viviendas evaluadas se relacionan con la capacidad resistente del sistema estructural, la condición y rigidez de la cubierta, el deterioro acumulado de la edificación y la presencia de irregularidades en la configuración vertical. Estas condiciones coinciden con la lógica del método, en la que los parámetros estructurales y de conservación suelen concentrar mayor influencia sobre el valor final del índice.

Por otro lado, los parámetros con menor incidencia relativa fueron elementos no estructurales (4.27), distancia máxima entre muros (4.48) y calidad del sistema resistente (4.79). Si bien su contribución individual fue menor respecto de otros parámetros, ello no implica que carezcan de importancia, sino que su peso dentro del método y la distribución de sus calificaciones generaron un efecto comparativamente más reducido sobre el índice global. La evaluación integral confirma que la vulnerabilidad sísmica no depende de un único factor, sino de la interacción acumulada de condiciones estructurales, geométricas y constructivas.

En términos generales, el valor obtenido del índice normalizado permite afirmar que las viviendas autoconstruidas del área de estudio se sitúan en un nivel de vulnerabilidad sísmica media a alta, lo que indica que presentan deficiencias relevantes que deben ser consideradas en la gestión del riesgo y en futuras intervenciones de reforzamiento o mejora constructiva. Esta interpretación resulta coherente con aplicaciones recientes del método en edificaciones peruanas, donde índices ubicados en el rango de 40 a 60 también han sido clasificados como media a alta vulnerabilidad.

4.2.3 Clasificación del nivel de vulnerabilidad sísmica

La clasificación del nivel de vulnerabilidad sísmica se realizó a partir del índice de vulnerabilidad normalizado (Ivn) obtenido mediante el método de Benedetti-Petrini. En aplicaciones recientes de esta metodología para edificaciones de mampostería, el Ivn se interpreta en una escala de 0 a 100, estableciéndose comúnmente los siguientes rangos: baja vulnerabilidad de 0 a 20, media a baja vulnerabilidad de 20 a 40, media a alta vulnerabilidad de 40 a 60 y alta vulnerabilidad de 60 a 100 (Fernández Rojas, 2024; Sandoval Bazán, 2016).

Considerando que en la sección anterior se obtuvo un índice normalizado de vulnerabilidad sísmica de 42.09, el resultado global del conjunto de viviendas evaluadas se ubica en el rango de media a alta vulnerabilidad sísmica. Este valor indica que las viviendas autoconstruidas analizadas presentan deficiencias estructurales y constructivas relevantes, las cuales podrían generar daños moderados o severos ante la ocurrencia de un evento sísmico de magnitud considerable.

Tabla 38

Clasificación del nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas

Nivel de vulnerabilidad	Rango del índice normalizado	Frecuencia	Porcentaje
Baja	0 – 20	4	11.1%
Media a baja	20 – 40	9	25.0%
Media a alta	40 – 60	17	47.2%
Alta	60 – 100	6	16.7%
Total		36	100.0%

En la tabla se observa que el nivel predominante fue el de media a alta vulnerabilidad sísmica, con 47,2% del total de viviendas evaluadas. Le siguió el nivel de media a baja vulnerabilidad, con 25,0%, mientras que 16,7% de las viviendas se clasificó con alta vulnerabilidad y solo 11,1% presentó baja vulnerabilidad. Esta distribución permite establecer que la mayor parte de las

edificaciones evaluadas se concentra en niveles intermedios y desfavorables de vulnerabilidad sísmica.

La suma de los niveles media a alta y alta vulnerabilidad alcanzó 63,9%, lo que evidencia que más de la mitad de las viviendas presenta condiciones estructurales y constructivas que incrementan su susceptibilidad frente a acciones sísmicas. Este comportamiento resulta coherente con aplicaciones del método en contextos peruanos, donde la mayor proporción de edificaciones evaluadas suele concentrarse en niveles medios y altos de vulnerabilidad cuando predominan deficiencias en resistencia convencional, configuración estructural, estado de conservación y calidad constructiva.

Desde el punto de vista interpretativo, la predominancia del nivel media a alta vulnerabilidad sísmica refleja que las viviendas autoconstruidas del área de estudio presentan limitaciones importantes en su organización estructural, en la calidad y continuidad de sus elementos resistentes, así como en el cumplimiento de criterios sismorresistentes básicos. En consecuencia, la clasificación obtenida confirma que el conjunto de edificaciones analizadas requiere especial atención dentro de estrategias de prevención, reforzamiento estructural y gestión del riesgo sísmico.

En términos globales, la clasificación final permite afirmar que las viviendas evaluadas presentan un comportamiento mayoritariamente desfavorable frente a solicitaciones sísmicas, siendo reducido el grupo de edificaciones con condiciones claramente favorables. Por ello, el índice obtenido y su clasificación correspondiente constituyen un resultado central de la investigación, ya que sintetizan la influencia conjunta de los once parámetros analizados mediante el método de Benedetti-Petrini.

4.2.4 Distribución de la vulnerabilidad según sector evaluado

La distribución de la vulnerabilidad según sector evaluado permitió identificar diferencias en el comportamiento estructural de las viviendas autoconstruidas ubicadas en Apipa Sector XV, Río Seco y Semi Rural Pachacútec,

con la finalidad de reconocer qué zonas concentran mayores niveles de vulnerabilidad sísmica. Este tipo de análisis comparativo por sector o zona resulta pertinente dentro de la aplicación del método de Benedetti-Petrini, ya que en investigaciones recientes realizadas en barrios y sectores urbanos del Perú también se ha empleado una lectura territorial de los resultados para identificar áreas con mayor susceptibilidad sísmica.

Tabla 39

Distribución del nivel de vulnerabilidad sísmica según sector evaluado

Sector evaluado	Baja	Media a baja	Media a alta	Alta	Total
Apipa Sector XV	1	3	7	3	14
Río Seco	2	3	5	2	12
Semi Rural Pachacútec	1	3	5	1	10
Total	4	9	17	6	36

En la tabla se observa que el nivel de media a alta vulnerabilidad sísmica predominó en los tres sectores evaluados. En Apipa Sector XV, 7 viviendas se ubicaron en este nivel y 3 en el nivel de alta vulnerabilidad, lo que representa la mayor concentración de condiciones desfavorables dentro del conjunto analizado. En Río Seco, 5 viviendas presentaron media a alta vulnerabilidad y 2 se clasificaron con alta vulnerabilidad. Por su parte, en Semi Rural Pachacútec, 5 viviendas se ubicaron en media a alta vulnerabilidad y 1 en alta vulnerabilidad.

A nivel comparativo, Apipa Sector XV concentró el mayor número de viviendas en categorías desfavorables, al registrar 10 viviendas en los niveles de media a alta y alta vulnerabilidad. En segundo lugar se ubicó Río Seco, con 7 viviendas en dichos niveles, mientras que Semi Rural Pachacútec presentó 6 viviendas en las mismas categorías. Esta distribución permite establecer que, aunque la vulnerabilidad sísmica media a alta se encuentra presente en todos los sectores evaluados, su intensidad relativa no es homogénea y tiende a concentrarse con mayor fuerza en determinados sectores del distrito.

Desde el punto de vista porcentual interno por sector, en Apipa Sector XV el 71,4% de las viviendas se ubicó entre media a alta y alta vulnerabilidad, en Río Seco dicha proporción alcanzó 58,3%, y en Semi Rural Pachacútec representó 60,0%. Estos resultados evidencian que los tres sectores presentan una condición predominantemente desfavorable, aunque con mayor severidad en Apipa Sector XV.

La distribución obtenida permite inferir que las diferencias entre sectores podrían estar asociadas a la calidad del sistema resistente, a la presencia de ampliaciones no planificadas, a la regularidad geométrica y al estado de conservación de las viviendas, factores que en la evaluación previa mostraron una incidencia importante sobre el índice global de vulnerabilidad sísmica. En consecuencia, el análisis por sector permite reconocer espacialmente las áreas donde la vulnerabilidad estructural resulta más crítica y donde podrían priorizarse futuras acciones de diagnóstico detallado, reforzamiento o intervención técnica.

En términos generales, la distribución de la vulnerabilidad sísmica según sector evaluado confirma que la problemática no se presenta de manera aislada, sino que se manifiesta en diferentes zonas del distrito de Cerro Colorado, con predominio de niveles medios a altos de vulnerabilidad. Este comportamiento resulta coherente con aplicaciones territoriales del método en sectores urbanos peruanos, donde la evaluación comparativa por zonas permite identificar áreas con mayores concentraciones de condiciones estructurales desfavorables.

4.3 Identificación de las zonas de la ciudad con mayor concentración

Identificar las zonas de la ciudad con mayor concentración de viviendas vulnerables y analizar su distribución geográfica en relación con las zonas sísmicamente activas.

4.3.1 Distribución espacial de las viviendas evaluadas según nivel de vulnerabilidad

La distribución espacial de las viviendas evaluadas según nivel de vulnerabilidad permitió identificar el comportamiento territorial del riesgo estructural en los sectores seleccionados del distrito de Cerro Colorado. Para ello, se relacionó la ubicación de las viviendas evaluadas en Apipa Sector XV, Río Seco y Semi Rural Pachacútec con los niveles de vulnerabilidad sísmica obtenidos mediante la aplicación del método de Benedetti-Petrini, clasificados en baja, media a baja, media a alta y alta vulnerabilidad.

Con el fin de describir comparativamente la concentración espacial de las viviendas vulnerables, se empleó la siguiente relación:

$$ICEV_s = Vv_s/N_s \times 100$$

Donde:

- ICEVs = índice de concentración espacial de vulnerabilidad en el sector
- Vvs = número de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta en el sector s
- Ns = número total de viviendas evaluadas en el sector s

Tabla 40

Distribución espacial de las viviendas evaluadas según nivel de vulnerabilidad sísmica

Sector evaluado	Baja	Media a baja	Media a alta	Alta	Total
Apipa Sector XV	1	3	7	3	14
Río Seco	2	3	5	2	12
Semi Rural Pachacútec	1	3	5	1	10
Total	4	9	17	6	36

De acuerdo con la tabla, el nivel de media a alta vulnerabilidad sísmica fue el predominante en el conjunto de viviendas evaluadas, con 17 casos, equivalente

al 47,2% del total. Le siguió el nivel de media a baja vulnerabilidad, con 9 viviendas (25,0%), mientras que el nivel de alta vulnerabilidad comprendió 6 viviendas (16,7%) y el de baja vulnerabilidad solo 4 viviendas (11,1%). Estos resultados evidencian que la mayor parte de las viviendas se concentra en niveles intermedios y desfavorables de vulnerabilidad sísmica.

A nivel sectorial, Apipa Sector XV presentó la mayor concentración absoluta de viviendas en condición crítica, con 7 viviendas en el nivel de media a alta vulnerabilidad y 3 viviendas en alta vulnerabilidad, sumando 10 de 14 viviendas en condición desfavorable. Aplicando la relación del índice de concentración espacial, se obtiene:

$$ICEV_{\text{Apipa}} = 10/14 \times 100 = 71,4\%$$

Este resultado indica que 71,4% de las viviendas evaluadas en Apipa Sector XV se ubica en los dos niveles superiores de vulnerabilidad, constituyéndose en el sector de mayor concentración espacial de riesgo estructural.

En el caso de Río Seco, se registraron 5 viviendas con media a alta vulnerabilidad y 2 viviendas con alta vulnerabilidad, lo que representa un total de 7 viviendas vulnerables de un universo de 12. En consecuencia:

$$ICEV_{\text{RíoSeco}} = 7/12 \times 100 = 58,3\%$$

Este valor muestra que 58,3% de las viviendas evaluadas en Río Seco se encuentra en condición desfavorable, revelando una concentración espacial importante de vulnerabilidad, aunque inferior a la observada en Apipa Sector XV.

Por su parte, en Semi Rural Pachacútec se identificaron 5 viviendas con media a alta vulnerabilidad y 1 vivienda con alta vulnerabilidad, sumando 6 viviendas vulnerables de un total de 10. Por tanto:

$$ICEV_{\text{Pachacútec}} = 6/10 \times 100 = 60,0\%$$

Este resultado indica que 60,0% de las viviendas evaluadas en Semi Rural Pachacútec presenta niveles desfavorables de vulnerabilidad sísmica, lo que

confirma una concentración espacial significativa del riesgo estructural en este sector.

Tabla 41

Índice de concentración espacial de vulnerabilidad por sector

Sector evaluado	Viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta	Total de viviendas evaluadas	ICEV (%)
Apipa Sector XV	10	14	71.4
Río Seco	7	12	58.3
Semi Rural Pachacútec	6	10	60

La tabla permite observar que el mayor índice de concentración espacial de vulnerabilidad corresponde a Apipa Sector XV, seguido de Semi Rural Pachacútec y Río Seco. Esta distribución evidencia que la vulnerabilidad sísmica no presenta un patrón homogéneo dentro del área de estudio, sino que se intensifica en determinados sectores que concentran mayores proporciones de viviendas con condiciones estructurales desfavorables.

En términos comparativos, la distribución espacial de la vulnerabilidad sísmica permitió identificar un patrón territorial caracterizado por la concentración de viviendas más vulnerables en sectores asociados a procesos de ocupación progresiva y consolidación urbana. La mayor presencia de viviendas en niveles de media a alta y alta vulnerabilidad sugiere que en estas zonas convergen con mayor frecuencia deficiencias relacionadas con la organización del sistema resistente, la resistencia convencional, la configuración geométrica, la calidad constructiva y el estado de conservación de las edificaciones.

En síntesis, la distribución espacial de las viviendas evaluadas según nivel de vulnerabilidad permitió establecer que Apipa Sector XV constituye el sector con mayor concentración de viviendas vulnerables, seguido de Semi Rural Pachacútec y Río Seco. Este comportamiento confirma que la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas presenta una distribución territorial diferenciada, lo que

resulta fundamental para la identificación de zonas prioritarias de intervención, evaluación detallada y gestión del riesgo sísmico.

4.3.2 Sectores con mayor concentración de viviendas con vulnerabilidad

media a alta y alta

La identificación de los sectores con mayor concentración de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta vulnerabilidad permitió reconocer las áreas del distrito donde las condiciones estructurales y constructivas resultan más desfavorables frente a la ocurrencia de un evento sísmico. Para ello, se consideró la distribución de las viviendas evaluadas según sector y nivel de vulnerabilidad, con el propósito de determinar cuáles presentan una mayor acumulación de edificaciones en categorías críticas.

Tabla 42

Sectores con mayor concentración de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta

Sector evaluado	Media a alta	Alta	Total de viviendas vulnerables	Porcentaje sectorial
Apipa Sector XV	7	3	10	71.4%
Río Seco	5	2	7	58.3%
Semi Rural Pachacútec	5	1	6	60.0%
Total	17	6	23	63.9%

En la tabla se observa que Apipa Sector XV presentó la mayor concentración de viviendas con niveles de vulnerabilidad media a alta y alta vulnerabilidad, con un total de 10 viviendas, lo que representa el 71,4% del total de viviendas evaluadas en dicho sector. Este resultado evidencia que más de dos tercios de las edificaciones analizadas en esta zona presentan condiciones estructurales desfavorables, situando a este sector como el de mayor criticidad dentro del área de estudio.

En segundo lugar se ubicó Río Seco, con 7 viviendas clasificadas entre los niveles de media a alta y alta vulnerabilidad, equivalentes al 58,3% del total sectorial. Aunque esta proporción es menor que la observada en Apipa Sector XV, continúa reflejando una concentración importante de viviendas con comportamiento estructural deficiente y con susceptibilidad relevante frente a acciones sísmicas.

Por su parte, Semi Rural Pachacútec registró 6 viviendas en niveles de media a alta y alta vulnerabilidad, lo que representa el 60,0% de las viviendas evaluadas en dicho sector. Si bien el número absoluto de viviendas vulnerables es menor en comparación con Apipa Sector XV y Río Seco, la proporción sectorial confirma igualmente una presencia significativa de edificaciones con condiciones estructurales desfavorables.

En términos generales, del total de 36 viviendas evaluadas, 23 viviendas se ubicaron en los niveles de media a alta y alta vulnerabilidad, lo que representa el 63,9% del conjunto analizado. Este resultado muestra que la concentración de viviendas vulnerables no constituye una condición aislada, sino una tendencia predominante dentro del área de estudio, especialmente en sectores caracterizados por procesos de crecimiento progresivo y autoconstrucción.

Desde una perspectiva comparativa, la mayor concentración de viviendas vulnerables en Apipa Sector XV sugiere que en este sector confluyen con mayor intensidad condiciones asociadas a deficiencias en la organización del sistema resistente, irregularidades geométricas, ampliaciones no planificadas, insuficiente calidad constructiva y deterioro visible. En Río Seco y Semi Rural Pachacútec también se observa una concentración importante de viviendas vulnerables, aunque en proporciones ligeramente menores, lo que permite inferir diferencias territoriales en el grado de consolidación y en la calidad de las edificaciones.

En consecuencia, los resultados obtenidos permiten establecer que Apipa Sector XV constituye el sector con mayor concentración de viviendas con vulnerabilidad sísmica desfavorable, seguido de Río Seco y Semi Rural Pachacútec.

Esta identificación resulta relevante, ya que permite reconocer espacialmente las zonas que requieren mayor prioridad en futuras acciones de evaluación detallada, control técnico, reforzamiento estructural y gestión del riesgo sísmico.

4.3.3 Análisis comparativo de la vulnerabilidad sísmica por sector evaluado

El análisis comparativo de la vulnerabilidad sísmica por sector evaluado se realizó con el propósito de identificar el sector con mayor criticidad estructural dentro del área de estudio. Para ello, además de la distribución simple de frecuencias, se emplearon indicadores comparativos que permitieron medir la concentración relativa de viviendas vulnerables y la severidad promedio de la vulnerabilidad en cada sector.

Con fines analíticos, se utilizaron los siguientes indicadores:

Tasa de concentración de viviendas vulnerables por sector

$$TCVV_s = (V_{ma} + V_{as}) N_s \times 100$$

Donde:

- $TCVV_s$ = tasa de concentración de viviendas vulnerables en el sector s
- V_{ma} = número de viviendas con vulnerabilidad media a alta en sector s
- V_{as} = número de viviendas con alta vulnerabilidad en el sector s
- N_s = número total de viviendas evaluadas en el sector s

Tasa de alta vulnerabilidad por sector

$$TAV_s = V_{as} / N_s \times 100$$

Donde:

- TAV_s = tasa de alta vulnerabilidad en el sector s
- V_{as} = número de viviendas con alta vulnerabilidad en el sector s
- N_s = total de viviendas evaluadas en el sector s

Índice de severidad sectorial

$$ISS_s = (1x V_{bs} + 2x V_{mbs} + 3x V_{mas} + 4x V_{as} / N_s)$$

Donde:

- ISS_s = índice de severidad sectorial
- V_{bs} = número de viviendas con baja vulnerabilidad
- V_{mbs} = número de viviendas con media a baja vulnerabilidad
- V_{mas} = número de viviendas con media a alta vulnerabilidad
- V_{as} = número de viviendas con alta vulnerabilidad
- N_s = total de viviendas del sector

Este índice permite resumir en un solo valor la posición promedio del sector dentro de la escala ordinal de vulnerabilidad, donde valores más cercanos a 4 indican mayor severidad.

Tabla 43

Indicadores comparativos de concentración de vulnerabilidad sísmica por sector

Sector evaluado	N_s	$V_{ma}+V_a$	$TCVV_s$ (%)	V_a	TAV_s (%)
Apipa Sector XV	14	10	71.4	3	21.4
Río Seco	12	7	58.3	2	16.7
Semi Rural Pachacútec	10	6	60	1	10
Total	36	23	63.9	6	16.7

De acuerdo con la tabla, Apipa Sector XV registró la mayor tasa de concentración de viviendas vulnerables, con 71,4%, superando el promedio general del estudio, que fue de 63,9%. En segundo lugar se ubicó Semi Rural Pachacútec, con 60,0%, y en tercer lugar Río Seco, con 58,3%. Estos resultados indican que la mayor concentración relativa de viviendas ubicadas en los niveles de media a alta y alta vulnerabilidad se presenta en Apipa Sector XV.

En relación con la tasa de alta vulnerabilidad, el valor más elevado también correspondió a Apipa Sector XV, con 21,4%, seguido de Río Seco, con 16,7%, y de Semi Rural Pachacútec, con 10,0%. Este comportamiento evidencia que Apipa Sector XV no solo concentra más viviendas vulnerables en términos generales, sino que además reúne la mayor proporción de viviendas en la categoría más crítica.

Tabla 44

Índice de severidad sectorial de la vulnerabilidad sísmica

Sector evaluado	Baja	Media a baja	Media a alta	Alta	ISS _s
Apipa Sector XV	1	3	7	3	2.86
Río Seco	2	3	5	2	2.58
Semi Rural Pachacútec	1	3	5	1	2.6
Total promedio	4	9	17	6	2.69

En la tabla se observa que el mayor índice de severidad sectorial correspondió a Apipa Sector XV, con un valor de 2,86, seguido de Semi Rural Pachacútec, con 2,60, y de Río Seco, con 2,58. Dado que el ISS se expresa en una escala de 1 a 4, estos resultados muestran que Apipa Sector XV presenta la condición más desfavorable, al aproximarse con mayor intensidad a los niveles superiores de la clasificación de vulnerabilidad.

Con la finalidad de reforzar la comparación, puede establecerse además el coeficiente de concentración relativa sectorial, expresado mediante la siguiente relación:

$$CCR_s = TCVV_s / TCVV_g$$

Donde:

- CCR_s = coeficiente de concentración relativa del sector
- $TCVV_s$ = tasa de concentración de viviendas vulnerables del sector
- $TCVV_g$ = tasa global de concentración de viviendas vulnerables

Tabla 45*Coeficiente de concentración relativa de viviendas vulnerables por sector*

Sector evaluado	TCVV_s (%)	TCVV_g (%)	CCR_s
Apiipa Sector XV	71.4	63.9	1.12
Río Seco	58.3	63.9	0.91
Semi Rural Pachacútec	60	63.9	0.94

Los resultados de la tabla muestran que únicamente Apiipa Sector XV obtuvo un coeficiente superior a la unidad ($CCR_s=1,12$), lo que indica que su concentración de viviendas vulnerables se encuentra 12% por encima del promedio general del área de estudio. En cambio, Río Seco y Semi Rural Pachacútec presentaron coeficientes inferiores a 1, situándose por debajo del promedio global, aunque manteniendo niveles relevantes de vulnerabilidad.

Desde un enfoque técnico comparativo, la jerarquización de los sectores puede establecerse considerando simultáneamente la tasa de concentración de viviendas vulnerables, la tasa de alta vulnerabilidad y el índice de severidad sectorial. Bajo este criterio, el orden de criticidad fue el siguiente:

- Apiipa Sector XV
- Semi Rural Pachacútec
- Río Seco

Este resultado permite afirmar que Apiipa Sector XV constituye el sector con mayor criticidad sísmica relativa dentro del área evaluada, al presentar el mayor porcentaje de viviendas vulnerables, la mayor proporción de viviendas con alta vulnerabilidad y el mayor índice de severidad sectorial. Por su parte, Semi Rural Pachacútec y Río Seco mostraron niveles también significativos, aunque ligeramente inferiores.

En consecuencia, el análisis comparativo por sector evidenció que la vulnerabilidad sísmica presenta una distribución territorial diferenciada,

concentrándose con mayor intensidad en sectores donde predominan viviendas autoconstruidas con deficiencias estructurales, ampliaciones no planificadas, irregularidades geométricas y limitaciones en el cumplimiento de criterios sismorresistentes básicos. Estos hallazgos permiten identificar espacialmente las zonas que requieren mayor prioridad en procesos de evaluación detallada, reforzamiento estructural y gestión del riesgo sísmico.

4.3.4 Distribución geográfica de la vulnerabilidad sísmica en el área de estudio

La distribución geográfica de la vulnerabilidad sísmica en el área de estudio permitió interpretar territorialmente los resultados obtenidos mediante el método de Benedetti-Petrini, relacionando la localización de las viviendas evaluadas con las características urbanas y físicas del distrito de Cerro Colorado. Este distrito se localiza al norte de la ciudad de Arequipa, presenta una topografía heterogénea y ha experimentado un crecimiento poblacional y urbano acelerado en las últimas décadas, proceso que la propia municipalidad describe como uno de los más importantes de la provincia. Asimismo, los documentos municipales señalan la presencia de expansión urbana en sectores como Río Seco y Pachacútec, así como crecimiento desordenado y no planificado en el distrito.

Desde el punto de vista territorial, la concentración de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta vulnerabilidad se localizó principalmente en sectores de expansión urbana y consolidación progresiva, donde predominan procesos de autoconstrucción y crecimiento por etapas. Esta interpretación resulta consistente con el contexto distrital, debido a que la documentación oficial reconoce que en Cerro Colorado existe población asentada en áreas urbanas con alto grado de exposición a peligros, además de urbanizaciones y habilitaciones cercanas a quebradas y zonas de ocupación progresiva.

Tabla 46

Distribución geográfica de la vulnerabilidad sísmica en el área de estudio

Sector evaluado	Viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta	Porcentaje sectorial	Interpretación territorial
Apipa Sector XV	10	71.4%	Alta concentración de vulnerabilidad en zona de expansión urbana y consolidación progresiva
Río Seco	7	58.3%	Concentración intermedia-alta en sector urbano de crecimiento extendido
Semi Rural Pachacútec	6	60.0%	Concentración significativa en zona de ocupación residencial progresiva
Total	23	63.9%	Predominio de vulnerabilidad desfavorable en el conjunto del área evaluada

De acuerdo con la tabla, Apipa Sector XV presentó la mayor concentración geográfica de viviendas con vulnerabilidad desfavorable, concentrando 10 viviendas en los niveles de media a alta y alta vulnerabilidad, equivalentes al 71,4% del total evaluado en el sector. Este comportamiento permite identificar a Apipa Sector XV como el espacio de mayor criticidad relativa dentro del área de estudio, al registrar simultáneamente la mayor densidad de viviendas vulnerables y el mayor porcentaje sectorial de exposición estructural.

En Río Seco se registraron 7 viviendas en los niveles de media a alta y alta vulnerabilidad, representando el 58,3% del total sectorial. En Semi Rural Pachacútec se identificaron 6 viviendas en dichos niveles, equivalentes al 60,0%. Aunque estas cifras son menores que las observadas en Apipa Sector XV, ambas zonas muestran una concentración importante de viviendas con comportamiento estructural desfavorable, lo que confirma que la vulnerabilidad sísmica se distribuye en distintos sectores del distrito y no constituye un fenómeno aislado.

Con la finalidad de expresar técnicamente la concentración espacial de la vulnerabilidad, se empleó el siguiente indicador:

Índice de concentración espacial de la vulnerabilidad (ICEV)

$$ICEV_s = Vv_s / N_s$$

Donde:

- ICEVs = índice de concentración espacial de viviendas vulnerables en el sector s
- Vvs = número de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta en el sector s
- Ns = número total de viviendas evaluadas en el sector s

Aplicando esta relación, los valores obtenidos fueron:

- Apipa Sector XV: $ICEV = 10/14 \times 100 = 71,4\%$
- Río Seco: $ICEV = 7/12 \times 100 = 58,3\%$
- Semi Rural Pachacútec: $ICEV = 6/10 \times 100 = 60,0\%$

Estos resultados muestran que la distribución geográfica de la vulnerabilidad sísmica presenta una estructura espacial diferenciada, en la que Apipa Sector XV concentra el nivel más alto de criticidad, seguido por Semi Rural Pachacútec y Río Seco. En términos comparativos, ello indica que la vulnerabilidad no se reparte uniformemente, sino que tiende a intensificarse en sectores donde convergen procesos de crecimiento urbano progresivo, autoconstrucción y menor control técnico.

La interpretación espacial de los resultados también guarda relación con las características urbanas del distrito. El Plan Urbano Distrital de Cerro Colorado identifica a la Zona Norte o Cono Norte como el espacio que alberga la expansión urbana del distrito, mientras que otros documentos municipales describen al distrito como un territorio de crecimiento explosivo, con distribución urbana no planificada y con presencia de población expuesta a peligros en áreas urbanas. En ese marco, la mayor concentración de viviendas vulnerables en sectores como Apipa Sector XV, Río Seco y Semi Rural Pachacútec resulta territorialmente coherente con la dinámica de ocupación progresiva y consolidación urbana observada en Cerro Colorado.

Desde el punto de vista constructivo, la distribución geográfica observada se vincula con las características identificadas en el capítulo de resultados: predominio de viviendas autoconstruidas, ampliaciones no planificadas, presencia parcial o deficiente de confinamiento, irregularidades en planta y elevación, y estado de conservación regular o deficiente. La concentración espacial de estas condiciones genera una mayor acumulación territorial de vulnerabilidad, lo que explica que ciertos sectores del distrito presenten una situación más crítica que otros.

En síntesis, la distribución geográfica de la vulnerabilidad sísmica en el área de estudio permitió establecer que las mayores concentraciones de viviendas vulnerables se ubican en sectores de expansión urbana y consolidación progresiva del distrito de Cerro Colorado. Este patrón espacial se encuentra estrechamente vinculado con el crecimiento urbano acelerado, la autoconstrucción y las limitaciones técnicas observadas en las viviendas evaluadas, por lo que constituye un insumo importante para la priorización territorial de futuras acciones de reforzamiento estructural, control urbano y gestión del riesgo sísmico.

4.4 Vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas

En esta sección se presentan los resultados obtenidos respecto al nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas evaluadas en el distrito de Cerro Colorado, Arequipa, a partir de la aplicación del método de Benedetti-Petrini. La clasificación permitió identificar cuatro niveles de vulnerabilidad: baja, media a baja, media a alta y alta.

Los resultados evidencian que la categoría predominante corresponde al nivel de vulnerabilidad sísmica media a alta, con 17 viviendas, que representan el 47,22% del total evaluado. En segundo lugar, se ubicó el nivel de vulnerabilidad media a baja, con 9 viviendas (25,00%). Asimismo, 6 viviendas (16,67%) fueron clasificadas con alta vulnerabilidad, mientras que solo 4 viviendas (11,11%) se ubicaron en el nivel de baja vulnerabilidad. Estos resultados permiten establecer que la mayor parte de las viviendas evaluadas presenta condiciones estructurales y

constructivas que las sitúan en niveles intermedios y desfavorables de vulnerabilidad sísmica.

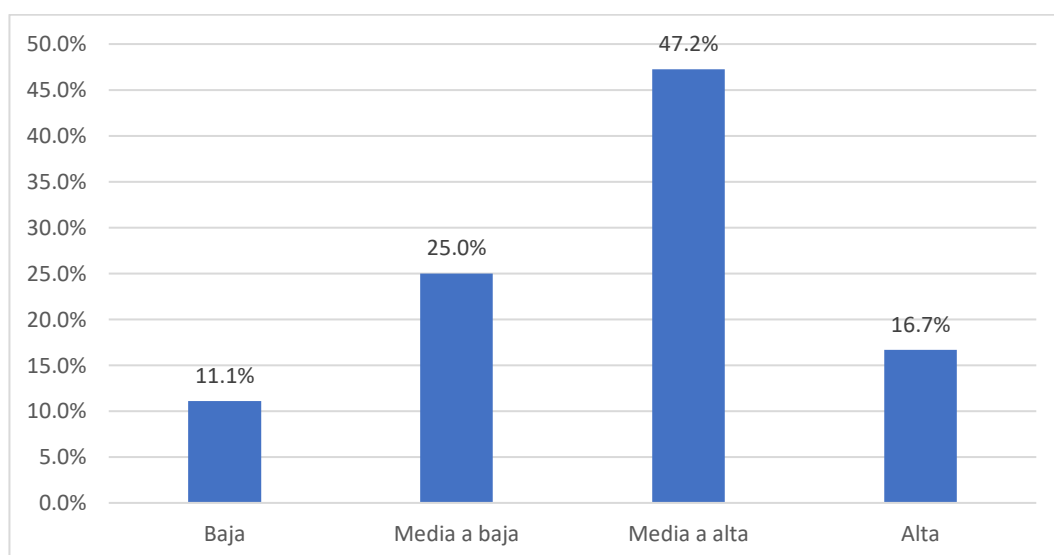
Tabla 47

Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas

Nivel de vulnerabilidad sísmica	N.º de viviendas	Porcentaje
Baja	4	11,11%
Media a baja	9	25,00%
Media a alta	17	47,22%
Alta	6	16,67%
Total	36	100,00%

Figura 2

Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas



De manera general, los hallazgos indican que la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas analizadas constituye una problemática relevante, debido a que más de la mitad de las edificaciones se concentra en categorías que reflejan una respuesta estructural poco favorable frente a solicitudes sísmicas. En consecuencia, estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de reforzar las condiciones de seguridad estructural de las viviendas ubicadas en el área de estudio.

4.5 Resultados por objetivos específicos

4.5.1 Caracterización de las viviendas autoconstruidas

La caracterización de las viviendas autoconstruidas permitió identificar las principales condiciones físicas, estructurales y constructivas presentes en la muestra estudiada. Para ello, se analizaron aspectos relacionados con la ubicación, número de niveles, sistema estructural predominante, materiales de construcción y técnicas constructivas empleadas.

Los resultados muestran que la mayor proporción de viviendas evaluadas se localizó en Apipa Sector XV, con 14 viviendas (38,89%), seguido de Río Seco, con 12 viviendas (33,33%), y Semi Rural Pachacútec, con 10 viviendas (27,78%). En cuanto al número de pisos, predominó la vivienda de un nivel, con 21 casos (58,33%), seguida de las edificaciones de dos niveles, con 12 casos (33,33%). Respecto al sistema estructural, se identificó un predominio de la albañilería confinada, presente en 24 viviendas (66,67%). Del mismo modo, el material más frecuente en muros fue el ladrillo de arcilla, con 22 viviendas (61,11%), mientras que el material más representativo en columnas y vigas fue el concreto armado, con 24 viviendas (66,67%).

En relación con las técnicas constructivas, se observó que la modalidad predominante fue la autoconstrucción progresiva por etapas, presente en 25 viviendas (69,44%), así como la ausencia de asistencia técnica profesional, identificada en 24 viviendas (66,67%). Asimismo, la condición aparente de los materiales fue predominantemente regular, con 18 casos (50,00%), mientras que la calidad de juntas, uniones y acabados también fue mayoritariamente regular, con 20 viviendas (55,56%). Por otro lado, la presencia de criterios sismorresistentes básicos fue principalmente parcial, registrándose en 15 viviendas (41,67%).

Tabla 48

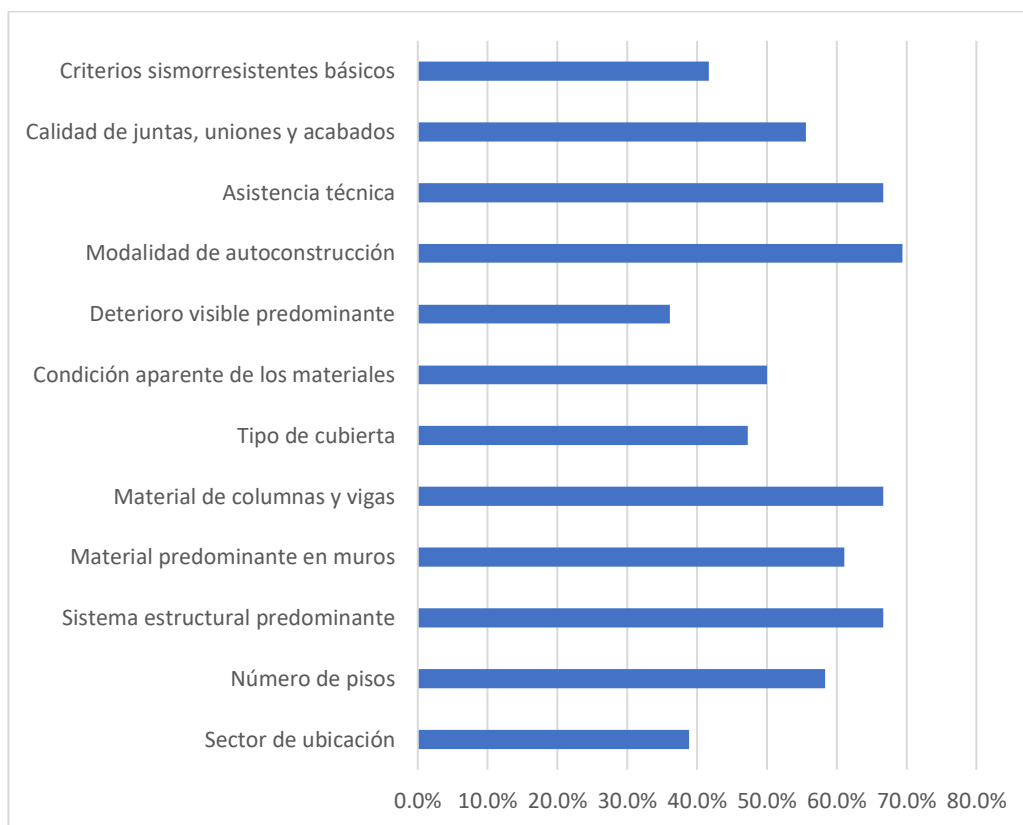
Características predominantes de las viviendas autoconstruidas evaluadas

Característica evaluada	Categoría predominante	N.º de viviendas	Porcentaje
-------------------------	------------------------	------------------	------------

Sector de ubicación	Apiña Sector XV	14.00	38,89%
Número de pisos	Un nivel	21.00	58,33%
Sistema estructural predominante	Albañilería confinada	24.00	66,67%
Material predominante en muros	Ladrillo de arcilla	22.00	61,11%
Material de columnas y vigas	Concreto armado	24.00	66,67%
Tipo de cubierta	Losa aligerada de concreto	17.00	47,22%
Condición aparente de los materiales	Regular	18.00	50,00%
Deterioro visible predominante	Fisuras leves en muros	13.00	36,11%
Modalidad de autoconstrucción	Construcción progresiva por etapas	25.00	69,44%
Asistencia técnica	Sin asistencia técnica profesional	24.00	66,67%
Calidad de juntas, uniones y acabados	Regular	20.00	55,56%
Criterios sismorresistentes básicos	Presencia parcial	15.00	41,67%

Figura 3

Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas



Los resultados expuestos permiten afirmar que las viviendas analizadas responden, en su mayoría, a procesos de autoconstrucción progresiva desarrollados sin asistencia técnica especializada. Esta condición, sumada a la presencia de materiales y acabados de calidad regular, así como al cumplimiento parcial de criterios sismorresistentes, configura un escenario que contribuye a explicar los niveles de vulnerabilidad sísmica identificados en la muestra estudiada.

4.5.2 Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica mediante el método de Benedetti-Petrini

La determinación del índice de vulnerabilidad sísmica se realizó a partir de la evaluación de los once parámetros contemplados en el método de Benedetti-Petrini, los cuales fueron ponderados según su peso específico dentro de la estructura metodológica. Como resultado de este procedimiento, se obtuvo un índice bruto de vulnerabilidad (I_v) de 161,01 y un índice normalizado de vulnerabilidad (I_{vn}) de 42,09.

De acuerdo con los rangos de interpretación establecidos para esta metodología, el valor obtenido corresponde a un nivel de vulnerabilidad sísmica media a alta. Este resultado indica que, en promedio, las viviendas evaluadas presentan deficiencias relevantes en sus condiciones estructurales, geométricas y constructivas, las cuales incrementan su susceptibilidad frente a un evento sísmico de intensidad significativa.

Tabla 49

Índice de vulnerabilidad sísmica obtenido mediante el método de Benedetti-Petrini

Indicador	Valor
Número de viviendas evaluadas	36
Índice bruto de vulnerabilidad (Iv)	161,01
Índice normalizado de vulnerabilidad (Ivn)	42,09
Clasificación global	Vulnerabilidad media a alta

A fin de identificar los parámetros con mayor incidencia en la determinación del índice global de vulnerabilidad sísmica, se analizaron los aportes ponderados promedio de cada variable evaluada. Los resultados muestran que los parámetros que más influyeron en el índice final fueron la resistencia convencional (32,50), el tipo de cubierta (23,19), el estado de conservación (19,86), la configuración en elevación (19,17) y la organización del sistema resistente (19,03). En contraste, los parámetros con menor incidencia relativa fueron los elementos no estructurales, la distancia máxima entre muros y la calidad del sistema resistente.

Tabla 50

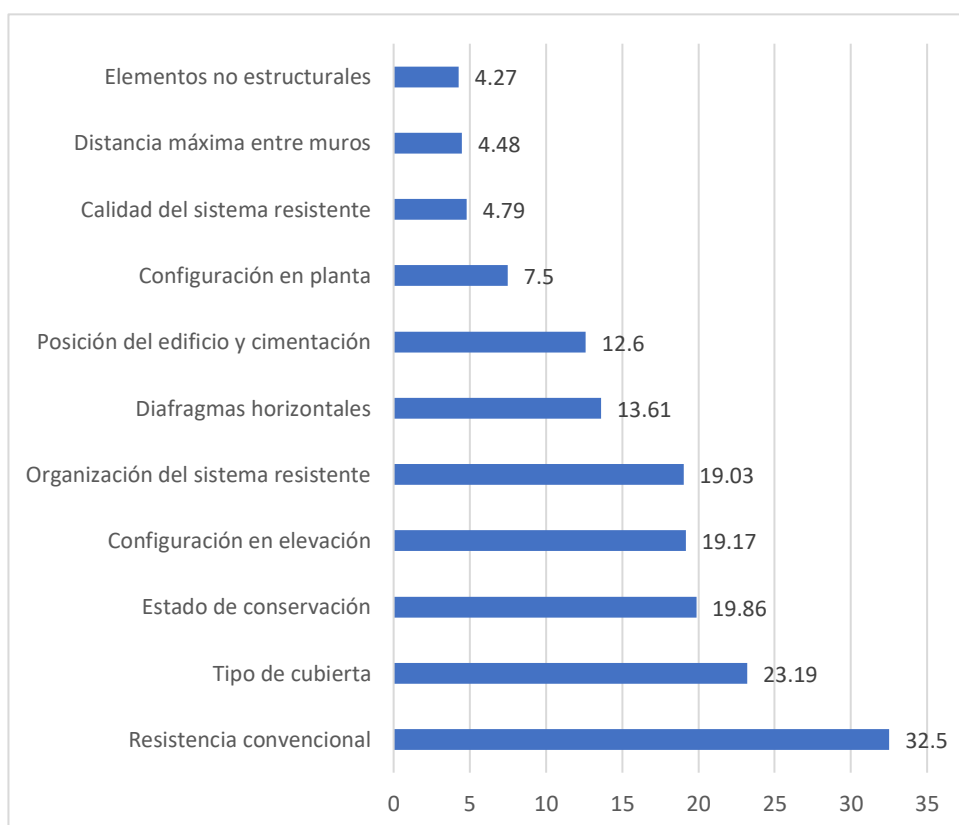
Aporte ponderado promedio de los parámetros evaluados en el método de Benedetti-Petrini

Parámetro evaluado	Aporte ponderado promedio
--------------------	---------------------------

Resistencia convencional	32,50
Tipo de cubierta	23,19
Estado de conservación	19,86
Configuración en elevación	19,17
Organización del sistema resistente	19,03
Diafragmas horizontales	13,61
Posición del edificio y cimentación	12,60
Configuración en planta	7,50
Calidad del sistema resistente	4,79
Distancia máxima entre muros	4,48
Elementos no estructurales	4,27

Figura 4

Nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas



Estos resultados permiten establecer que la vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas se encuentra asociada, principalmente, a deficiencias en la capacidad resistente global de la estructura, en la configuración vertical de la edificación, en el estado de conservación de los materiales y en las características constructivas de la cubierta. En consecuencia, la vulnerabilidad identificada no responde a un único factor, sino a la interacción acumulada de diversos aspectos estructurales y constructivos.

4.5.3 Identificación de las zonas con mayor concentración de viviendas

vulnerables

La identificación de las zonas con mayor concentración de viviendas vulnerables permitió establecer la distribución territorial de la vulnerabilidad sísmica dentro del área de estudio. Para ello, se consideró la cantidad de viviendas clasificadas en los niveles de media a alta y alta vulnerabilidad en cada uno de los sectores evaluados.

Los resultados muestran que Apipa Sector XV presentó la mayor concentración de viviendas con vulnerabilidad desfavorable, con 10 viviendas en los niveles de media a alta y alta vulnerabilidad, lo que representa el 71,43% del total sectorial. En segundo lugar se ubicó Semi Rural Pachacútec, con 6 viviendas vulnerables (60,00%), mientras que Río Seco registró 7 viviendas vulnerables, equivalentes al 58,33% del total evaluado en dicho sector. En conjunto, 23 viviendas del total de la muestra, es decir, el 63,89%, se ubicaron en los niveles de vulnerabilidad más desfavorables.

Tabla 51

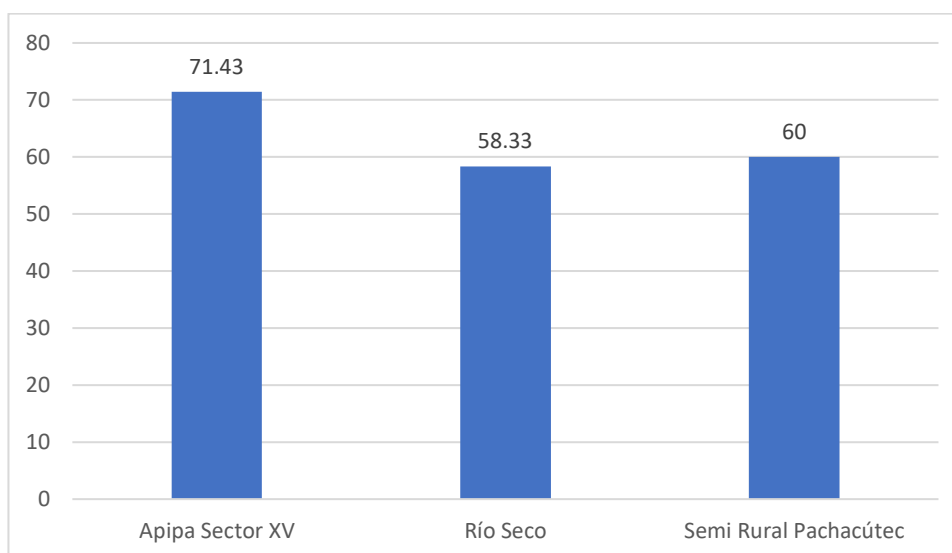
Distribución de la vulnerabilidad sísmica por sector evaluado

Sector evaluado	Media a alta	Alta	Total de viviendas vulnerables	Total de viviendas evaluadas	Porcentaje sectorial
Apipa Sector XV	7	3	10	14	71,43%
Río Seco	5	2	7	12	58,33%

Semi Rural Pachacútec	5	1	6	10	60,00%
Total	17	6	23	36	63,89%

Figura 5

Distribución de la vulnerabilidad sísmica por sector evaluado

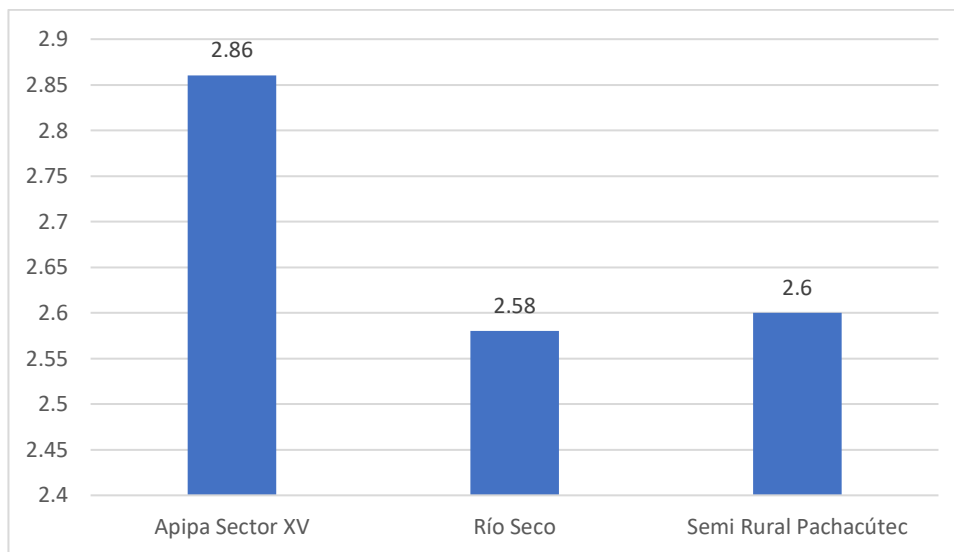


Con el propósito de complementar el análisis territorial, se determinó el índice de severidad sectorial, el cual permitió resumir el comportamiento promedio de la vulnerabilidad en cada sector evaluado. Los resultados indican que el mayor índice correspondió a Apipa Sector XV, con un valor de 2,86, seguido de Semi Rural Pachacútec, con 2,60, y Río Seco, con 2,58. Estos valores confirman que Apipa Sector XV constituye el sector con mayor criticidad estructural dentro del área de estudio.

Tabla 52

Índice de severidad sectorial de la vulnerabilidad sísmica

Sector evaluado	Baja	Media a baja	Media a alta	Alta	Índice de severidad sectorial
Apipa Sector XV	1	3	7	3	2,86
Río Seco	2	3	5	2	2,58
Semi Rural Pachacútec	1	3	5	1	2,60

Figura 6*Índice de severidad sectorial de la vulnerabilidad sísmica*

En términos generales, los resultados evidencian que la vulnerabilidad sísmica presenta una distribución espacial diferenciada dentro del distrito de Cerro Colorado, concentrándose con mayor intensidad en sectores de expansión urbana y consolidación progresiva. Esta situación se encuentra asociada a condiciones de autoconstrucción, crecimiento por etapas, deficiencias técnicas y estados de conservación poco favorables, lo que incrementa la exposición estructural de las viviendas ubicadas en dichas zonas.

A partir de los resultados obtenidos, se establece que las viviendas autoconstruidas evaluadas en el distrito de Cerro Colorado presentan una condición predominantemente desfavorable frente al riesgo sísmico. En primer término, la caracterización de la muestra evidenció un predominio de viviendas de un nivel, construidas principalmente en albañilería confinada, con muros de ladrillo de arcilla y elementos estructurales de concreto armado; no obstante, estas edificaciones fueron desarrolladas, en su mayoría, mediante autoconstrucción progresiva y sin asistencia técnica profesional.

En segundo término, la aplicación del método de Benedetti-Petrini permitió determinar un índice normalizado de vulnerabilidad sísmica de 42,09, clasificando globalmente a la muestra dentro del nivel de vulnerabilidad media a alta. Los

parámetros que mostraron mayor incidencia en dicho resultado fueron la resistencia convencional, el tipo de cubierta, el estado de conservación, la configuración en elevación y la organización del sistema resistente, lo que refleja la influencia de múltiples factores estructurales y constructivos en la determinación del riesgo sísmico.

Finalmente, el análisis territorial permitió identificar que las zonas con mayor concentración de viviendas vulnerables corresponden a Apipa Sector XV, Semi Rural Pachacútec y Río Seco, destacando el primer sector como el de mayor criticidad relativa. En consecuencia, los resultados permiten concluir que la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas constituye una problemática significativa en el área de estudio y que su distribución espacial se relaciona estrechamente con las condiciones urbanas, constructivas y técnicas presentes en cada sector evaluado.

4.6 Recomendaciones para la reducción de vulnerabilidad

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas a reducir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas evaluadas, con énfasis en estrategias de reforzamiento estructural, control técnico y mejora de las prácticas constructivas. Estas recomendaciones se plantean en concordancia con el marco normativo peruano, dado que el Reglamento Nacional de Edificaciones constituye el marco técnico de cumplimiento obligatorio para el diseño, ejecución y conservación de edificaciones en el territorio nacional, e incluye, entre otras, las normas E.030 Diseño Sismorresistente, E.050 Suelos y Cimentaciones y E.070 Albañilería.

Priorización de intervención en los sectores con mayor criticidad: Se recomienda priorizar las acciones de evaluación detallada, reforzamiento estructural y asistencia técnica en los sectores que presentaron mayor concentración de viviendas con vulnerabilidad sísmica desfavorable, particularmente en Apipa

Sector XV, y en segundo término en Semi Rural Pachacútec y Río Seco. Esta priorización permitiría focalizar los recursos técnicos y económicos en las zonas donde la concentración de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta resultó más significativa, contribuyendo a una reducción más eficiente del riesgo sísmico en el área de estudio.

Evaluación estructural individual previa a cualquier intervención: Se recomienda que toda intervención de mejora o reforzamiento sea precedida por una evaluación estructural individual de cada vivienda, desarrollada por profesionales competentes en ingeniería civil o estructuras, a fin de determinar con precisión el estado del sistema resistente, la condición de la cimentación, la regularidad geométrica y la calidad de los materiales. Esta recomendación se sustenta en que el RNE establece criterios mínimos de calidad para el diseño, producción y conservación de edificaciones, mientras que las normas E.030, E.050 y E.070 forman parte del marco técnico aplicable a diseño sismorresistente, suelos y albañilería.

Reforzamiento de los parámetros estructurales con mayor incidencia en la vulnerabilidad: Se recomienda que las propuestas de reforzamiento estructural se orienten prioritariamente a los parámetros que presentaron mayor incidencia en el índice de vulnerabilidad sísmica, especialmente la resistencia convencional, el tipo de cubierta, el estado de conservación, la configuración en elevación y la organización del sistema resistente. En términos técnicos, ello implica intervenir de manera prioritaria en viviendas con deficiencias de amarre, discontinuidad de muros resistentes, cubiertas inadecuadamente vinculadas, deterioro visible o irregularidades verticales, a fin de mejorar el comportamiento global de la estructura frente a solicitaciones sísmicas. El manual peruano para la reducción del riesgo sísmico en viviendas resalta la utilidad de la albañilería confinada como referencia técnica de vivienda sismorresistente y orienta la reducción del riesgo hacia mejoras técnicas y financieras en viviendas de material noble.

Control técnico de ampliaciones y crecimiento progresivo: Se recomienda evitar la ejecución de ampliaciones verticales u horizontales no planificadas, debido a que este tipo de intervenciones altera la distribución original de cargas, la continuidad de los elementos resistentes y la respuesta estructural de la vivienda. Toda ampliación futura debería realizarse sobre la base de un expediente técnico o, como mínimo, de una verificación profesional que considere la compatibilidad entre la estructura existente y el crecimiento proyectado. Esta recomendación guarda coherencia con el hecho de que el RNE es de cumplimiento obligatorio para quienes proyectan o ejecutan edificaciones en el país.

Mejora de las prácticas constructivas en viviendas autoconstruidas: Se recomienda promover mejores prácticas constructivas en las viviendas autoconstruidas, especialmente en lo referido a la correcta disposición de muros portantes, continuidad del sistema resistente, adecuada vinculación entre cubierta y muros, control de la calidad de juntas y uniones, y uso de materiales compatibles con las exigencias de la albañilería estructural. En tal sentido, las intervenciones futuras deberían alinearse con los criterios establecidos por las normas E.030 y E.070 del RNE, a fin de reducir las deficiencias observadas en la autoconstrucción progresiva y mejorar el desempeño sísmico de las viviendas.

Implementación de programas de asistencia técnica y capacitación: Se recomienda que las municipalidades distritales, en coordinación con entidades técnicas competentes, impulsen programas de asistencia técnica, capacitación y orientación constructiva dirigidos a propietarios y maestros de obra de sectores con alta presencia de autoconstrucción. Estas acciones deberían enfocarse en la difusión de criterios básicos de construcción sismorresistente, mantenimiento preventivo y seguridad estructural, con la finalidad de disminuir la reproducción de prácticas constructivas inadecuadas. Asimismo, el enfoque de reducción del riesgo promovido por CENEPRED respalda la necesidad de intervenir preventivamente sobre las condiciones que generan vulnerabilidad en las edificaciones.

Mantenimiento preventivo y corrección temprana del deterioro: Se recomienda fortalecer el mantenimiento preventivo de las viviendas, especialmente

en aquellas que presentan fisuras, humedad, desgaste superficial o deterioro de acabados, debido a que estas manifestaciones pueden agravar la vulnerabilidad estructural cuando no son atendidas oportunamente. La corrección temprana del deterioro visible debe considerarse como una medida básica de reducción del riesgo, puesto que el estado de conservación fue uno de los parámetros con mayor incidencia en el índice global de vulnerabilidad sísmica.

Gestión urbana y control de la ocupación en zonas de expansión: Se recomienda que las autoridades locales fortalezcan los mecanismos de control urbano, orientación técnica y fiscalización constructiva en las zonas de expansión y consolidación progresiva del distrito, a fin de reducir la reproducción de viviendas autoconstruidas sin asistencia técnica. Esta recomendación resulta especialmente pertinente en contextos urbanos donde el crecimiento residencial se desarrolla de manera acelerada y con limitada planificación, ya que la reducción del riesgo de desastres exige actuar sobre las condiciones territoriales que favorecen la generación de vulnerabilidad.

Actualización normativa al momento de ejecutar intervenciones: Se recomienda que cualquier propuesta de reforzamiento o regularización técnica sea desarrollada con base en la versión vigente de la normativa peruana al momento de su ejecución. Esta precisión es importante porque en 2025 el Ministerio de Vivienda dispuso la publicación de un proyecto de modificación de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, lo que confirma que la regulación puede actualizarse y que las intervenciones deben ajustarse al texto oficialmente vigente al momento de su aplicación.

Continuidad de la investigación y ampliación del diagnóstico: Se recomienda ampliar futuras investigaciones hacia un mayor número de viviendas y sectores del distrito de Cerro Colorado, incorporando, cuando sea posible, estudios complementarios de suelos, levantamientos geométricos detallados y evaluaciones estructurales más profundas. De esta manera, sería posible contar con diagnósticos más específicos y con una base técnica más sólida para la formulación de programas de reforzamiento estructural y gestión del riesgo sísmico a escala distrital.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Primera conclusión: Se evaluó la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas del distrito de Cerro Colorado, Arequipa, mediante la aplicación del método de Benedetti-Petrini, determinándose un índice normalizado de vulnerabilidad sísmica de 42,09, valor que ubicó globalmente a las viviendas estudiadas en un nivel de vulnerabilidad media a alta. Este resultado evidencia que las edificaciones analizadas presentan deficiencias estructurales y constructivas relevantes que comprometen su desempeño frente a eventos sísmicos y confirman la existencia de un riesgo significativo en el área de estudio.

Segunda conclusión: Se caracterizó que las viviendas autoconstruidas evaluadas en Cerro Colorado presentan como rasgos predominantes la albañilería confinada como sistema estructural principal, el ladrillo de arcilla como material predominante en muros, el concreto armado en columnas y vigas, y la losa aligerada de concreto como tipo de cubierta más frecuente. Asimismo, predominó la vivienda de un nivel, de uso residencial, ejecutada mediante autoconstrucción progresiva por etapas y, en la mayoría de los casos, sin asistencia técnica profesional, con condiciones de materiales, juntas y acabados mayoritariamente regulares. Estos hallazgos evidencian un patrón constructivo asociado a crecimiento progresivo, limitada supervisión técnica y cumplimiento parcial de criterios sismorresistentes.

Tercera conclusión: Se aplicó el método de Benedetti-Petrini para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas y clasificarlas según su nivel de riesgo, identificándose que la categoría predominante fue la vulnerabilidad media a alta, con 17 viviendas equivalentes al 47,22%, seguida de la vulnerabilidad media a baja, con 25,00%, y de la alta vulnerabilidad, con 16,67%. Asimismo, los parámetros que presentaron mayor incidencia en el índice global fueron la resistencia convencional, el tipo de cubierta, el estado de conservación, la configuración en elevación y la organización del sistema resistente, lo que

demuestra que la vulnerabilidad sísmica está principalmente condicionada por deficiencias en la capacidad resistente, la configuración estructural y el deterioro acumulado de las edificaciones.

Cuarta conclusión: Se identificó que la mayor concentración de viviendas vulnerables se localiza en Apipa Sector XV, sector que registró una tasa de concentración de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta de 71,4%, un índice de severidad sectorial de 2,86 y un coeficiente de concentración relativa de 1,12, superando el promedio general del área de estudio. En segundo orden de criticidad se ubicaron Semi Rural Pachacútec y Río Seco, lo que evidencia que la vulnerabilidad sísmica presenta una distribución territorial diferenciada y se intensifica en sectores de expansión urbana donde predominan la autoconstrucción, las ampliaciones no planificadas y las limitaciones en el cumplimiento de criterios técnicos básicos.

Quinta conclusión: Se estableció que la reducción de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas autoconstruidas evaluadas requiere priorizar acciones de reforzamiento estructural, control técnico de ampliaciones, mejora de cubiertas y diafragmas, corrección de irregularidades estructurales, mantenimiento preventivo y capacitación en prácticas constructivas sismorresistentes. En ese sentido, los hallazgos de la investigación permiten sustentar la necesidad de implementar estrategias de intervención focalizadas en los sectores con mayor criticidad, especialmente en Apipa Sector XV, con el fin de mejorar progresivamente la seguridad estructural de las viviendas del distrito de Cerro Colorado.

Recomendaciones

Primera recomendación: En relación con la conclusión general, se recomienda que la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado, en coordinación con las entidades técnicas competentes, implemente un programa de evaluación estructural progresiva en viviendas autoconstruidas, tomando como punto de partida la aplicación del método de Benedetti-Petrini como herramienta de tamizaje. Ello permitirá identificar de manera temprana las edificaciones con mayor vulnerabilidad sísmica y priorizar intervenciones de reforzamiento en aquellas que presenten condiciones estructurales más desfavorables.

Segunda recomendación: En correspondencia con la caracterización de las viviendas evaluadas, se recomienda promover programas de asistencia técnica y capacitación constructiva dirigidos a propietarios, maestros de obra y pobladores de los sectores estudiados, con énfasis en el uso adecuado de materiales, el correcto confinamiento de muros, la calidad de juntas y uniones, y la aplicación de criterios básicos de construcción sismorresistente. Esta medida contribuirá a mejorar las prácticas de autoconstrucción y a reducir las deficiencias observadas en las viviendas analizadas.

Tercera recomendación: En función de la aplicación del método de Benedetti-Petrini y de los parámetros que mostraron mayor incidencia en el índice de vulnerabilidad sísmica, se recomienda orientar prioritariamente las acciones de intervención hacia el mejoramiento de la resistencia convencional, el reforzamiento del tipo de cubierta, la corrección de irregularidades en elevación, la optimización de la organización del sistema resistente y el mantenimiento del estado de conservación. Estas intervenciones deben ejecutarse con supervisión profesional, a fin de asegurar una mejora real en el comportamiento sísmico de las viviendas.

Cuarta recomendación: Considerando la identificación de los sectores con mayor concentración de viviendas vulnerables, se recomienda establecer una priorización territorial de las intervenciones, iniciando en Apipa Sector XV y continuando con Semi Rural Pachacútec y Río Seco, debido a que estos sectores

concentran la mayor proporción de viviendas con vulnerabilidad media a alta y alta. Esta priorización permitirá optimizar la asignación de recursos técnicos y económicos, focalizando las acciones en las zonas con mayor criticidad estructural.

Quinta recomendación: En relación con la propuesta de reducción de la vulnerabilidad sísmica, se recomienda que las futuras ampliaciones, remodelaciones o reforzamientos de viviendas autoconstruidas se ejecuten bajo criterios técnicos y normativos vigentes, especialmente los relacionados con diseño sismorresistente, albañilería y cimentaciones. Asimismo, resulta pertinente fortalecer los mecanismos de control urbano y orientación técnica municipal, con el fin de evitar nuevas construcciones o ampliaciones no planificadas que incrementen la vulnerabilidad sísmica en el distrito de Cerro Colorado.

REFERENCIAS

- Asencio Martínez, E. A. (2018). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en el P.J. Primero de Mayo sector I - Nuevo Chimbote [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa].
- Benedetti, R., & Petrini, V. (1984). Methodology for seismic vulnerability assessment of buildings. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 12(4), 431–448. <https://doi.org/>
- Bermúdez Chávez, L. A., & Piscoya Polo, D. A. (2021). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en Buenos Aires, distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo, La Libertad 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
- Castro Castro, E. A. (2022). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas del P.J. San Juan - Chimbote, 2020 [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro].
- Congreso de la República del Perú. (1954). Ley N.º 12075: Creando el distrito de Cerro Colorado, en la provincia del Cercado de Arequipa.
- Cuadros Quispe, J. E. (2022). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en el cercado de la provincia de Nasca Ica – 2019 [Tesis de pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio Institucional UJCM.
- Flores Ortega, R. E. (2015). Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del distrito de Samegua, región Moquegua [Tesis de pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui].
- García, J. M. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas: Un análisis de las características estructurales en zonas urbanas de riesgo. *Revista de Arquitectura y Urbanismo*, 35(1), 49–60.
- González, A., & Pérez, R. (2019). Seismic vulnerability assessment of self-built houses in rural areas: A case study in the Peruvian Andes. *Engineering Structures*, 198, 109–120. <https://doi.org/>
- Gutiérrez, M., & López, P. (2021). Assessment of seismic vulnerability in self-built housing: A comparative study of methodologies in Latin American countries. *Journal of Earthquake Engineering*, 25(3), 451–470. <https://doi.org/>

- Huashua Huarcaya, M., & Sánchez Contreras, A. (2017). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de la urbanización Bella Vista de la ciudad de Abancay – Apurímac [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes].
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2019). Guía para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas informales.
- Lima Cruz, E. del P., & Sosa Martínez, M. H. (2023). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en el centro poblado Chipillico - Piura: Enfoque comparativo de metodologías de evaluación [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
- Martínez, J., & Sánchez, F. (2022). Seismic vulnerability of adobe houses in rural areas: A case study in the Peruvian highlands. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 20(4), 1234–1250. <https://doi.org/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma técnica E.030: Diseño sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Municipalidad Distrital de Cerro Colorado. (2018). Caracterización del distrito de Cerro Colorado.
- Molina, S., & Rodríguez, J. (2020). Seismic risk reduction in self-built housing: Lessons from Latin America. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50, 101–112. <https://doi.org/>
- Portocarrero Choque, M. G., & Riveros Cortez, G. L. (2023). Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada con ladrillos de arcilla en la asociación de vivienda San Jerónimo, distrito de Mariano Melgar, Arequipa [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María].
- Pujades, L. G., & García, J. A. (2018). Vulnerability of self-built housing in seismic regions: A case study in the Andean region of Peru. *Natural Hazards*, 92(2), 633–654. <https://doi.org/>
- Resendiz, L. (2017). His Mexico City apartment block was built only months ago. So why did it collapse so easily? *TIME*. <https://time.com>
- United Nations Human Settlements Programme. (2019). Building back better: A handbook for post-disaster reconstruction.

- Vásquez Vásquez, J. A. (2022). Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas del P.J. Villamaría Sector I - Nuevo Chimbote - Ancash 2022 [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro].
- Velázquez, F., & Sánchez, J. (2017). Vulnerabilidad sísmica en viviendas informales: Evaluación de riesgo en áreas urbanas no reguladas en Perú. *Revista de Ingeniería Civil*, 10(2), 123–136

APÉNDICE

MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
1. INTERROGANTE PRINCIPAL Como resultado de la precariedad económica y legal, en Arequipa existen muchas viviendas construidas con materiales de desecho o descartables (cartón, estera, latas, etc.), Sillar sin elementos de refuerzo, albañilería no reforzada y confinada todas ellas construidas informalmente (UNSA 2001). ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa al aplicar el método Benedetti - Petrini?	1. 1. OBJETIVO GENERAL Aplicar el método Benedetti - Petrini para determinar el porcentaje de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa.	1. HIPOTESIS GENERAL Al aplicar el método Benedetti - Petrini, se determina que la vulnerabilidad sísmica esta entre 15 y 35% de las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa.	Independiente Método Benedetti – Petrini - Aspectos estructurales - Aspectos constructivos - Aspectos geométricos	Tipo de investigación: Aplicativa Descriptiva Enfoque Cuantitativo Diseño no experimental – transversal: Población: Todas las viviendas autoconstruidas de la ciudad de Arequipa. Muestra: Se seleccionará una muestra representativa de viviendas autoconstruidas mediante un muestreo estratificado, de las cuales se tomará 3
2. INTERROGANTES ESPECIFICAS a. ¿Cuáles son los aspectos estructurales que influyen en el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en Arequipa? b. ¿Cómo los aspectos constructivos determinan la tendencia de vulnerabilidad sísmica en las viviendas autoconstruidas en Arequipa? c. ¿Qué influencia tienen los aspectos geométricos en la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en Arequipa?	2. OBJETIVOS ESPECIFICOS Analizar los aspectos estructurales para identificar la tendencia de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa. Determinar los aspectos constructivos para identificar la tendencia de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa. Determinar los aspectos geométricos para identificar la tendencia de vulnerabilidad sísmica con las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa.	3. HIPOTESIS ESPECIFICAS Al analizar los aspectos estructurales se determina que la tendencia de la vulnerabilidad sísmica es de 15 y 35% de las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa. Al analizar los aspectos constructivos se determina que la tendencia de la vulnerabilidad sísmica es de 15 y 35% de las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa. Al analizar los aspectos geométricos se determina que la tendencia de la vulnerabilidad sísmica es media o alta de viviendas autoconstruidas en la ciudad de Arequipa.	Dependiente Vulnerabilidad sísmica Alta vulnerabilidad sísmica Media vulnerabilidad sísmica Baja vulnerabilidad sísmica	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos Inspección Técnica: Ficha Técnica: Entrevistas o Encuestas: Realizar visitas de inspección para la recopilación de información. •Elaborar formularios en función de las características estructurales y constructivas de nuestras viviendas y los fenómenos que afectan a Arequipa. • Analizar los esfuerzos resistentes y actuantes en las viviendas autoconstruidas. • Utilizar conocimientos del comportamiento de los diferentes sistemas constructivos
CONTRIBUCION DE LA INVESTIGACION AL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS): Particularmente al ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (Acción por el clima). Al identificar el nivel de riesgo estructural de estas edificaciones, se generan insumos técnicos que permiten proponer estrategias de mitigación, fortalecimiento estructural y planificación urbana más segura e inclusiva. Esto promueve comunidades resilientes ante desastres naturales y mejora la calidad de vida de poblaciones vulnerables, alineándose con metas globales de sostenibilidad y reducción del riesgo de desastres.				

ANEXOS

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	01	SECTOR / ASOCIACIÓN	Apipa Sector XV	FECHA EVALUACIÓN	10/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. A Lt. 5, Apipa Sector XV			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☒ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☒ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☒ Irregular en planta	☐ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☒ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda de un nivel con muros de ladrillo de arcilla. Sin asistencia técnica en construcción.
----------------------	--

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☒ Fisuras leves en muros	☐ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☒ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☒ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☒ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	20	20.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☐ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☒ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	25	6.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☒ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	25	37.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☒ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	5	3.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☒ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	15	15.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☒ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	25	12.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☒ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	25	25.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☒ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☐ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	5	1.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☒ C	☐ D	1.00	25	25.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☐ B Condición aceptable	☒ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	25	6.25
P11 – Estado de conservación	☐ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☒ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	25	25.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
42.50	43.30	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☒ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Vivienda de un nivel con muros de ladrillo de arcilla. Sin asistencia técnica en construcción.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	02	SECTOR / ASOCIACIÓN	Apipa Sector XV	FECHA EVALUACIÓN	10/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. B Lt. 12, Apipa Sector XV			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☐ 1 piso	☒ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☒ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☒ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☐ Sin ampliaciones	☒ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda de dos niveles con ampliación vertical. Columnas de concreto simple.
----------------------	---

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☒ Fisuras leves en muros	☐ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☒ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☒ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☒ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	20	20.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☐ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☒ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	25	6.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☐ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☒ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	45	67.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☐ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☒ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	25	18.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☒ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	15	15.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☒ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☐ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	5	2.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☒ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	25	25.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☒ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	25	6.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☒ C	☐ D	1.00	25	25.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☐ B Condición aceptable	☒ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	25	6.25
P11 – Estado de conservación	☐ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☒ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	25	25.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
64.50	62.90	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☐ Media a alta (40 – 60) ☒ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Vivienda de dos niveles con ampliación vertical. Columnas de concreto simple.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	03	SECTOR / ASOCIACIÓN	Apipa Sector XV	FECHA EVALUACIÓN	10/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. C Lt. 3, Apipa Sector XV			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☒ 0 – 10 años	☐ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☒ Adecuado	☐ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☒ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☒ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda nueva de un nivel, en proceso de consolidación. Bloques de concreto en muros exteriores.
----------------------	---

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☐ Ladrillo de arcilla	☒ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☒ Buena	☐ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☒ Sin deterioro significativo	☐ Fisuras leves en muros	☐ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☐ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☒ Una sola etapa
Asistencia técnica	☐ Sin asistencia técnica profesional	☒ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☒ Buena	☐ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☒ Presencia adecuada	☐ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☒ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☐ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	5	5.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☒ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☐ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	5	1.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☒ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☐ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	5	7.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☒ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☐ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	0	0.00
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☒ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☐ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	5	5.00
P6 – Configuración en planta	☒ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☐ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	0	0.00
P7 – Configuración en elevación	☒ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☐ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	0	0.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☒ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☐ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	5	1.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☒ B	☐ C	☐ D	1.00	15	15.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☒ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☐ B Condición aceptable	☐ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	0	0.00
P11 – Estado de conservación	☒ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☐ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	0	0.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
15.00	15.30	☒ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☐ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Vivienda nueva de un nivel, en proceso de consolidación. Bloques de concreto en muros exteriores.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	04	SECTOR / ASOCIACIÓN	Apipa Sector XV	FECHA EVALUACIÓN	11/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. D Lt. 8, Apipa Sector XV			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☐ 1 piso	☒ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☐ Residencial	☒ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☐ 11 – 20 años	☒ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☐ Deficiente	☒ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☐ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda con local comercial en primer nivel. Deficiencias notables en confinamiento y acabados.
----------------------	--

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☐ Concreto armado	☒ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☐ Regular	☒ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☐ Fisuras leves en muros	☒ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☒ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☐ Regular	☒ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☐ Presencia parcial	☒ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☐ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☒ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	45	45.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☐ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☐ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☒ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	45	11.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☐ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☒ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	45	67.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☐ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☒ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	25	18.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☐ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☒ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	45	45.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☐ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☒ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	45	22.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☐ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☒ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	45	45.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☐ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☒ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	45	11.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☐ C	☒ D	1.00	45	45.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A <i>Adecuadamente dispuestos y vinculados</i>	☐ B <i>Condición aceptable</i>	☐ C <i>Deficiencias de fijación o integración</i>	☒ D <i>Claramente desfavorables</i>	0.25	45	11.25
P11 – Estado de conservación	☐ A <i>Estado de conservación bueno</i>	☐ B <i>Estado de conservación aceptable</i>	☐ C <i>Estado regular con deterioro visible</i>	☒ D <i>Estado de conservación deficiente</i>	1.00	45	45.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
200.00	80.50	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☐ Media a alta (40 – 60) ☒ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
<i>Vivienda con local comercial en primer nivel. Deficiencias notables en confinamiento y acabados.</i>	<i>Nombre y firma</i> Bach. Ing. Civil	<i>Nombre y firma</i>

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	05	SECTOR / ASOCIACIÓN	Apipa Sector XV	FECHA EVALUACIÓN	11/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. E Lt. 2, Apipa Sector XV			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☒ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☐ Albañilería confinada	☒ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☐ Deficiente	☒ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☒ Irregular en planta	☐ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☐ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda de un nivel con techo de calamina. Muros de ladrillo sin vigas de amarre perimetral.
----------------------	---

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☐ Concreto armado	☐ Concreto simple	☒ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☐ Losa aligerada de concreto	☒ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☐ Fisuras leves en muros	☒ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☐ Regular	☒ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☐ Presencia parcial	☒ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☐ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☒ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	45	45.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☐ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☒ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	25	6.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☐ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☒ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	45	67.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☒ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	5	3.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☐ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☒ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	45	45.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☒ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	25	12.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☒ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	25	25.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☒ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	25	6.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☐ C	☒ D	1.00	45	45.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☐ B Condición aceptable	☒ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	25	6.25
P11 – Estado de conservación	☐ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☒ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	25	25.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
118.50	59.80	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☒ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Vivienda de un nivel con techo de calamina. Muros de ladrillo sin vigas de amarre perimetral.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	06	SECTOR / ASOCIACIÓN	Río Seco	FECHA EVALUACIÓN	12/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. F Lt. 1, Sector Río Seco			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☒ 0 – 10 años	☐ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☒ Adecuado	☐ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☒ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☒ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda unifamiliar reciente. Sistema confinado con losa aligerada. Sin deterioro aparente.
----------------------	--

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☒ Buena	☐ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☒ Sin deterioro significativo	☐ Fisuras leves en muros	☐ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☐ Progresiva por etapas	☒ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☐ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☒ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☒ Buena	☐ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☒ Presencia adecuada	☐ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☒ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☐ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	0	0.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☒ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☐ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☐ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	0	0.00
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☒ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☐ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	5	7.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☒ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☐ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	0	0.00
P5 – Diafragmas horizontales	☒ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☐ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	0	0.00
P6 – Configuración en planta	☒ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☐ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	0	0.00
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☒ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☐ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	5	5.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☒ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☐ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	0	0.00
P9 – Tipo de cubierta	☒ A	☐ B	☐ C	☐ D	1.00	0	0.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☒ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☐ B Condición aceptable	☐ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	0	0.00
P11 – Estado de conservación	☒ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☐ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	0	0.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
7.50	19.50	☒ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☐ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Vivienda unifamiliar reciente. Sistema confinado con losa aligerada. Sin deterioro aparente.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	07	SECTOR / ASOCIACIÓN	Río Seco	FECHA EVALUACIÓN	12/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. G Lt. 6, Sector Río Seco			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☒ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☒ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☒ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☒ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda de un nivel con ligeras fisuras en muros de fachada. Confinamiento parcial.
----------------------	--

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☒ Fisuras leves en muros	☐ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☐ Sin asistencia técnica profesional	☒ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☒ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☒ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☐ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	5	5.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☒ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☐ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	5	1.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☒ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	25	37.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☒ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	5	3.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☒ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☐ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	5	5.00
P6 – Configuración en planta	☒ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☐ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	0	0.00
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☒ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☐ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	5	5.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☒ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☐ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	5	1.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☒ B	☐ C	☐ D	1.00	15	15.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☒ B Condición aceptable	☐ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	0	0.00
P11 – Estado de conservación	☐ A Estado de conservación bueno	☒ B Estado de conservación aceptable	☐ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	5	5.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
38.75	38.20	☐ Baja (0 – 20) ☒ Media a baja (20 – 40) ☐ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Vivienda de un nivel con ligeras fisuras en muros de fachada. Confinamiento parcial.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	08	SECTOR / ASOCIACIÓN	Río Seco	FECHA EVALUACIÓN	12/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. H Lt. 9, Sector Río Seco			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☐ 1 piso	☒ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☒ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☐ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☒ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☒ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☐ Sin ampliaciones	☒ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Dos niveles con ampliación vertical no planificada. Cambio de sistema estructural entre pisos.
----------------------	--

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☐ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☒ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☒ Fisuras leves en muros	☐ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☒ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☒ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☒ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	20	20.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☒ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☐ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	5	1.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☒ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	25	37.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☒ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	5	3.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☒ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	15	15.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☒ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☐ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	5	2.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☒ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	25	25.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☒ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	25	6.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☒ C	☐ D	1.00	25	25.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☒ B Condición aceptable	☐ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	0	0.00
P11 – Estado de conservación	☐ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☒ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	25	25.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
91.25	46.10	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☒ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Dos niveles con ampliación vertical no planificada. Cambio de sistema estructural entre pisos.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	09	SECTOR / ASOCIACIÓN	Río Seco	FECHA EVALUACIÓN	13/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. I Lt. 4, Sector Río Seco			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☐ 1 piso	☐ 2 pisos	☒ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☐ 11 – 20 años	☒ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☐ Deficiente	☒ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☐ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Edificación de 3 niveles con ampliaciones sucesivas. Fisuras y humedad en fachada. Sin supervisión.
----------------------	---

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☐ Concreto armado	☒ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☐ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☒ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☐ Regular	☒ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☐ Fisuras leves en muros	☒ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☒ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☐ Regular	☒ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☐ Presencia parcial	☒ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☐ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☒ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	45	45.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☐ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☒ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	25	6.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☐ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☒ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	45	67.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☐ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☒ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	45	33.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☒ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	15	15.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☒ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	25	12.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☐ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☒ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	45	45.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☐ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☒ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	45	11.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☐ C	☒ D	1.00	45	45.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☐ B Condición aceptable	☐ C Deficiencias de fijación o integración	☒ D Claramente desfavorables	0.25	45	11.25
P11 – Estado de conservación	☐ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☐ C Estado regular con deterioro visible	☒ D Estado de conservación deficiente	1.00	45	45.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
172.50	72.50	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☐ Media a alta (40 – 60) ☒ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Edificación de 3 niveles con ampliaciones sucesivas. Fisuras y humedad en fachada. Sin supervisión.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	10	SECTOR / ASOCIACIÓN	Río Seco	FECHA EVALUACIÓN	13/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. J Lt. 11, Sector Río Seco			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☐ Residencial	☒ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☒ 0 – 10 años	☐ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☒ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☒ Irregular en planta	☐ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☐ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Planta de uso mixto con apertura amplia en fachada. Sillar en muros laterales.
----------------------	--

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☐ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☒ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☐ Losa aligerada de concreto	☒ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☐ Fisuras leves en muros	☒ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☐ Progresiva por etapas	☒ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☒ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☒ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	20	20.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☒ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☐ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	5	1.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☒ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	25	37.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☒ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☐ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	0	0.00
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☒ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	15	15.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☒ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	25	12.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☒ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☐ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	5	5.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☒ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	25	6.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☐ C	☒ D	1.00	45	45.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☐ B Condición aceptable	☒ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	25	6.25
P11 – Estado de conservación	☐ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☒ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	25	25.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
96.25	48.70	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☒ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Planta de uso mixto con apertura amplia en fachada. Sillar en muros laterales.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	11	SECTOR / ASOCIACIÓN	Semi Rural Pachacútec	FECHA EVALUACIÓN	14/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. K Lt. 7, Semi Rural Pachacútec			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☒ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☒ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☒ Irregular en planta	☐ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☒ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda unifamiliar de un nivel. Mampostería con ladrillo artesanal. Muros sin revestir.
----------------------	---

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☐ Losa aligerada de concreto	☒ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☒ Fisuras leves en muros	☐ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☒ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☒ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☒ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	20	20.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☐ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☒ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	25	6.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☒ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	25	37.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☒ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	5	3.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☒ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	15	15.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☒ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	25	12.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☒ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	25	25.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☒ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	25	6.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☒ C	☐ D	1.00	25	25.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☐ B Condición aceptable	☒ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	25	6.25
P11 – Estado de conservación	☐ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☒ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	25	25.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
93.75	47.40	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☒ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Vivienda unifamiliar de un nivel. Mampostería con ladrillo artesanal. Muros sin revestir.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	12	SECTOR / ASOCIACIÓN	Semi Rural Pachacútec	FECHA EVALUACIÓN	14/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. L Lt. 3, Semi Rural Pachacútec			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☐ 1 piso	☒ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☒ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☒ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☐ Sin ampliaciones	☒ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda con segundo piso en proceso de acabado. Escalera exterior provisional.
----------------------	---

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☐ Fisuras leves en muros	☒ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☐ Sin asistencia técnica profesional	☒ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☒ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☒ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☒ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	20	20.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☒ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☐ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	5	1.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☒ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	25	37.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☐ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☒ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	25	18.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☒ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☐ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	5	5.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☒ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☐ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	5	2.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☒ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	25	25.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☒ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☐ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	5	1.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☒ C	☐ D	1.00	25	25.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☒ B Condición aceptable	☐ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	0	0.00
P11 – Estado de conservación	☐ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☒ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	25	25.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
80.00	40.50	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☒ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Vivienda con segundo piso en proceso de acabado. Escalera exterior provisional.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	13	SECTOR / ASOCIACIÓN	Semi Rural Pachacútec	FECHA EVALUACIÓN	14/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. M Lt. 10, Semi Rural Pachacútec			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☒ 0 – 10 años	☐ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☒ Adecuado	☐ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☒ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☒ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda nueva ejecutada por propietario sin planos. Columnas de sección reducida.
----------------------	--

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☐ Ladrillo de arcilla	☒ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☒ Buena	☐ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☒ Sin deterioro significativo	☐ Fisuras leves en muros	☐ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☐ Progresiva por etapas	☒ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☐ Sin asistencia técnica profesional	☒ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☒ Buena	☐ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☒ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☒ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☐ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	5	5.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☒ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☐ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	5	1.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☒ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☐ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	5	7.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☒ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	5	3.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☒ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☐ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	5	5.00
P6 – Configuración en planta	☒ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☐ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	0	0.00
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☒ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☐ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	5	5.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☒ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☐ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	5	1.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☒ B	☐ C	☐ D	1.00	15	15.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☒ A Adecuadamente dispuestos y vinculados	☐ B Condición aceptable	☐ C Deficiencias de fijación o integración	☐ D Claramente desfavorables	0.25	0	0.00
P11 – Estado de conservación	☒ A Estado de conservación bueno	☐ B Estado de conservación aceptable	☐ C Estado regular con deterioro visible	☐ D Estado de conservación deficiente	1.00	0	0.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
31.25	31.70	☐ Baja (0 – 20) ☒ Media a baja (20 – 40) ☐ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
Vivienda nueva ejecutada por propietario sin planos. Columnas de sección reducida.	Nombre y firma Bach. Ing. Civil	Nombre y firma

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	14	SECTOR / ASOCIACIÓN	Semi Rural Pachacútec	FECHA EVALUACIÓN	15/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. N Lt. 2, Semi Rural Pachacútec			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☐ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☒ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☐ 11 – 20 años	☒ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☐ Albañilería confinada	☒ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☐ Deficiente	☒ Ausente
Regularidad geométrica	☐ Regular en planta y elevación	☒ Irregular en planta	☐ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☐ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda antigua en alquiler. Deterioro visible en muros y cimiento superficial expuesto.
----------------------	---

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☐ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☒ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☐ Concreto armado	☐ Concreto simple	☒ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☐ Losa aligerada de concreto	☒ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☐ Regular	☒ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☐ Fisuras leves en muros	☒ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☐ Regular	☒ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☐ Presencia parcial	☒ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☐ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☐ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☒ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	45	45.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☐ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☐ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☒ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	45	11.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☐ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☒ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	45	67.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☐ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☒ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	45	33.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☐ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☒ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	45	45.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☒ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	25	12.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☐ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☒ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	25	25.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☐ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☒ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	45	11.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☐ C	☒ D	1.00	45	45.00

	<i>Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable</i>	<i>Condiciones aceptables de amarre y rigidez</i>	<i>Deficiencias en vinculación o respuesta estructural</i>	<i>Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente</i>			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A <i>Adecuadamente dispuestos y vinculados</i>	☐ B <i>Condición aceptable</i>	☐ C <i>Deficiencias de fijación o integración</i>	☒ D <i>Claramente desfavorables</i>	0.25	45	11.25
P11 – Estado de conservación	☐ A <i>Estado de conservación bueno</i>	☐ B <i>Estado de conservación aceptable</i>	☐ C <i>Estado regular con deterioro visible</i>	☒ D <i>Estado de conservación deficiente</i>	1.00	45	45.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
195.00	78.40	☐ Baja (0 – 20) ☐ Media a baja (20 – 40) ☐ Media a alta (40 – 60) ☒ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
<i>Vivienda antigua en alquiler. Deterioro visible en muros y cimiento superficial expuesto.</i>	<i>Nombre y firma</i> Bach. Ing. Civil	<i>Nombre y firma</i>

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Distrito de Cerro Colorado, Arequipa | Método Benedetti-Petrini | Universidad / Programa de Ing. Civil

Nº FICHA	15	SECTOR / ASOCIACIÓN	Semi Rural Pachacútec	FECHA EVALUACIÓN	15/03/2025
DIRECCIÓN	Mz. O Lt. 5, Semi Rural Pachacútec			EVALUADOR	Bach. Ing. Civil

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

Número de pisos	☒ 1 piso	☐ 2 pisos	☐ 3 pisos / Más de 3
Uso predominante	☒ Residencial	☐ Mixto (vivienda-comercio/taller)	☐ Alquiler / uso compartido
Antigüedad aproximada	☐ 0 – 10 años	☒ 11 – 20 años	☐ Más de 20 años

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	☒ Albañilería confinada	☐ Albañilería no reforzada	☐ Mixto (albañ. + CA)
Confinamiento	☐ Adecuado	☒ Deficiente	☐ Ausente
Regularidad geométrica	☒ Regular en planta y elevación	☐ Irregular en planta	☒ Irr. elevación / Irr. ambas
Ampliaciones no planificadas	☒ Sin ampliaciones	☐ Ampliación vertical	☐ Horizontal / Vert.+Horiz.

Observaciones	Vivienda con cerco perimétrico de ladrillo sin tarrajeo. Estado de conservación regular.
----------------------	--

3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTES

Material en muros	☒ Ladrillo de arcilla	☐ Bloqueta / bloque concreto	☐ Sillar / Material mixto
Columnas y vigas	☒ Concreto armado	☐ Concreto simple	☐ Sin elem. definidos / Mixto
Tipo de losa / cubierta	☒ Losa aligerada de concreto	☐ Techo liviano (calamina u otro)	☐ Losa maciza / Mixta
Condición aparente materiales	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Deterioro visible	☐ Sin deterioro significativo	☒ Fisuras leves en muros	☐ Humedad/salitre / Fisur.+hum.

4. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

Modalidad autoconstrucción	☒ Progresiva por etapas	☐ Parcialmente progresiva	☐ Una sola etapa
Asistencia técnica	☒ Sin asistencia técnica profesional	☐ Asistencia técnica ocasional	☐ Asistencia técnica permanente
Procedimiento de ampliación	☐ Sin planificación técnica	☐ Ampliación vertical	☒ Horizontal / Sin ampliaciones
Calidad de juntas y acabados	☐ Buena	☒ Regular	☐ Deficiente
Criterios sismorresistentes básicos	☐ Presencia adecuada	☒ Presencia parcial	☐ Ausencia

5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO BENEDETTI-PETRINI

Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D	Wi	Ki	Ki×Wi
P1 – Organización del sistema resistente	☐ A <i>Sistema adecuadamente organizado con criterios sismorresistentes</i>	☒ B <i>Conexiones aceptables entre muros en todos los niveles</i>	☐ C <i>Deficiencias de amarre o articulación entre muros</i>	☐ D <i>Muros ortogonales no ligados / sin elementos de amarre</i>	1.00	5	5.00
P2 – Calidad del sistema resistente	☐ A <i>Mampostería homogénea y de buena calidad</i>	☐ B <i>Mampostería de calidad aceptable</i>	☒ C <i>Mampostería con deficiencias o heterogeneidad</i>	☐ D <i>Mampostería deficiente o de muy baja calidad</i>	0.25	25	6.25
P3 – Resistencia convencional	☐ A <i>Resistencia convencional adecuada ($\alpha \geq 1.0$)</i>	☐ B <i>Resistencia convencional aceptable ($0.6 \leq \alpha < 1.0$)</i>	☒ C <i>Resistencia convencional baja ($0.4 \leq \alpha < 0.6$)</i>	☐ D <i>Resistencia convencional deficiente ($\alpha < 0.4$)</i>	1.50	25	37.50
P4 – Posición del edificio y cimentación	☐ A <i>Terreno y cimentación en condiciones favorables</i>	☒ B <i>Condiciones aceptables con ligeras limitaciones</i>	☐ C <i>Condiciones desfavorables por pendiente o desnivel</i>	☐ D <i>Condiciones muy desfavorables del terreno y cimentación</i>	0.75	5	3.75
P5 – Diafragmas horizontales	☐ A <i>Diafragma con adecuada rigidez y conexión eficaz</i>	☐ B <i>Diafragma con condiciones aceptables</i>	☒ C <i>Diafragma con conexión deficiente o deformabilidad apreciable</i>	☐ D <i>Diafragma muy deficiente o ineficaz</i>	1.00	15	15.00
P6 – Configuración en planta	☐ A <i>Configuración en planta regular y favorable</i>	☒ B <i>Ligeras irregularidades en planta</i>	☐ C <i>Configuración en planta irregular</i>	☐ D <i>Configuración en planta muy irregular</i>	0.50	5	2.50
P7 – Configuración en elevación	☐ A <i>Configuración en elevación regular y favorable</i>	☒ B <i>Ligeras irregularidades en elevación</i>	☐ C <i>Configuración en elevación irregular</i>	☐ D <i>Configuración en elevación muy irregular</i>	1.00	5	5.00
P8 – Distancia máxima entre muros	☐ A <i>Distancia entre muros adecuada y favorable</i>	☐ B <i>Distancia entre muros aceptable</i>	☒ C <i>Distancia mayor a la recomendable</i>	☐ D <i>Distancia excesiva y muy desfavorable</i>	0.25	25	6.25
P9 – Tipo de cubierta	☐ A	☐ B	☒ C	☐ D	1.00	25	25.00

	Cubierta adecuadamente vinculada y comportamiento favorable	Condiciones aceptables de amarre y rigidez	Deficiencias en vinculación o respuesta estructural	Cubierta claramente desfavorable – comportamiento sísmico deficiente			
P10 – Elementos no estructurales	☐ A <i>Adecuadamente dispuestos y vinculados</i>	☒ B <i>Condición aceptable</i>	☐ C <i>Deficiencias de fijación o integración</i>	☐ D <i>Claramente desfavorables</i>	0.25	0	0.00
P11 – Estado de conservación	☐ A <i>Estado de conservación bueno</i>	☐ B <i>Estado de conservación aceptable</i>	☒ C <i>Estado regular con deterioro visible</i>	☐ D <i>Estado de conservación deficiente</i>	1.00	25	25.00

6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Índice bruto $I_v = \sum(K_i \times W_i)$	$I_{vn} = (I_v / 382.50) \times 100$	Clasificación	Nivel de vulnerabilidad
73.75	37.30	☐ Baja (0 – 20) ☒ Media a baja (20 – 40) ☐ Media a alta (40 – 60) ☐ Alta (60 – 100)	

7. OBSERVACIONES GENERALES Y FIRMA

Observaciones generales	Firma del evaluador	Firma del propietario / testigo
<i>Vivienda con cerco perimétrico de ladrillo sin tarrajeo. Estado de conservación regular.</i>	<i>Nombre y firma</i> Bach. Ing. Civil	<i>Nombre y firma</i>