

VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES EN ZONAS URBANO-MARGINALES

Identificación, evaluación y mitigación del riesgo sísmico

Primera Edición Digital

Erasmus Alejandro FERNÁNDEZ SIXTO.
Edgar Grimaldo MATTO PABLO.
Elisa Raquel QUINTANILLA HERRERA.
Charles Jiammy ALCEDO DÍAZ.



VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES EN ZONAS URBANO-MARGINALES

Identificación, evaluación y mitigación del riesgo sísmico

Primera Edición Digital



Ho Nexus
EDITORIAL



Erasmus Alejandro FERNÁNDEZ SIXTO.
Edgar Grimaldo MATTO PABLO.
Elisa Raquel QUINTANILLA HERRERA.
Charles Jiammy ALCEDO DÍAZ.

VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES EN ZONAS URBANO-MARGINALES

Identificación, evaluación y mitigación del riesgo sísmico

© Erasmo Alejandro FERNÁNDEZ SIXTO.

© Edgar Grimaldo MATTO PABLO.

© Elisa Raquel QUINTANILLA HERRERA.

© Charles Jiammy ALCEDO DÍAZ.

Editor de contenido: Natalia Beltran

Diseño de cubierta: Ho Nexus

1ª edición digital, julio 2026

Editado por:

© HO NEXUS E.I.R.L.

Dirección legal: Urb. Paseo del Mar Mz L4, Lt 33

Nuevo Chimbote, Santa, Áncash - Perú

Correo electrónico; ed.honexus@gmail.com

teléfono: 978 653 152

<https://books.honexus.org>

DOI: <https://doi.org/10.70504/978-612-99401-7-5>

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma; siendo su contenido protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente reprodujeren o plagieren, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica.

Depósito Legal: 2026-07727

ISBN: 978-612-99401-7-5

Revisión por pares:

Este libro (o monografía) fue sometido a evaluación de pares mediante el sistema de doble ciego (doubleblinded review), garantizando la calidad, pertinencia, ética y rigor académico de la obra, conforme a los estándares internacionales de revisión científica y las políticas editoriales de Ho Nexus.

ÍNDICE

PRÓLOGO.....	4
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: ¿QUÉ ES LA VULNERABILIDAD Y POR QUÉ NOS IMPORTA? ...	13
1.1 Conceptos clave: vulnerabilidad, peligro, riesgo y desastre	13
1.2 La vulnerabilidad en el mundo, en el Perú y en nuestra región.....	16
1.3 ¿Cómo se ha evaluado la vulnerabilidad hasta ahora?	20
1.4 ¿Qué dice la ley peruana sobre la construcción segura?	23
1.5 La realidad de Huánuco: un territorio con desafíos propios	27
CAPÍTULO II: HERRAMIENTAS PARA EVALUAR EL RIESGO: LOS MÉTODOS MÁS UTILIZADOS	32
2.1 El método INDECI: evaluando vivienda por vivienda.....	33
2.2 El método CENEPRED: un enfoque integral	39
2.3 El método FEMA P-154: la evaluación visual rápida	43
2.4 Otras metodologías complementarias	48
.....	53
CAPÍTULO III: ¿CÓMO ESTÁN NUESTRAS VIVIENDAS? UN DIAGNÓSTICO EN SIETE ZONAS DE HUÁNUCO.....	54
3.1 La gente: condiciones de vida y organización comunitaria	55
3.2 El entorno: riesgos naturales y geográficos	59
3.3 La estructura: ¿cómo están construidas las viviendas?.....	67
3.4 La construcción: materiales y procesos.....	79
3.5 El suelo: la base de todo.....	84
CAPÍTULO IV: ¿QUÉ TAN VULNERABLES SOMOS? RESULTADOS POR ZONA	91
4.1 Las zonas estudiadas: descripción y ubicación	92
4.2 Peligros y riesgos identificados	109
4.3 Resultados: niveles de vulnerabilidad en cada zona	114
CAPÍTULO V: MEJORANDO LAS HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN.....	128
5.1 ¿Qué funcionó y qué no?	129
5.2 ¿Cómo podemos mejorar estos métodos?.....	132
5.3 Propuestas concretas para el futuro	136
CAPÍTULO VI: ¿QUÉ PODEMOS HACER? MEDIDAS PRÁCTICAS PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD.....	143
6.1 Fortaleciendo a la comunidad	144

6.2 Cuidando el entorno	147
6.3 Construyendo mejor	149
6.4 Reforzando las estructuras	152
6.5 Un plan paso a paso para actuar	155
BIBLIOGRAFÍA.....	162

PRÓLOGO

América Latina es una de las regiones más sísmicas del planeta. Cada año, cientos de miles de familias ven amenazadas sus vidas y sus patrimonios por terremotos que, en muchas ocasiones, no son tan devastadores por su magnitud como por la fragilidad de las construcciones que habitan.

En las zonas urbano-marginales de nuestras ciudades, esta realidad se agrava. Allí, la urgencia de contar con una vivienda propia, la falta de recursos económicos y la ausencia de planificación urbana han dado lugar a un crecimiento desordenado, donde la autoconstrucción, muchas veces sin asesoría técnica, es la norma. Las viviendas se levantan en laderas inestables, con materiales inadecuados y sin considerar las normas sismorresistentes. El resultado es un escenario de alto riesgo que, ante un sismo de mediana intensidad, puede traducirse en pérdidas humanas y materiales irreparables.

Esta obra nace de la necesidad de documentar y difundir los hallazgos de una investigación realizada en siete asentamientos humanos de la ciudad de Huánuco, Perú. Pero no se trata de un simple informe académico. Hemos querido convertirla en una herramienta práctica, accesible y útil para todos aquellos que, desde diferentes roles: autoridades, técnicos, estudiantes o vecinos, buscan comprender el problema de la vulnerabilidad sísmica y, sobre todo, actuar para reducirlo.

A lo largo de estas páginas, el lector encontrará explicaciones claras de conceptos que suelen parecer complejos, descripciones detalladas de los métodos de evaluación más utilizados, y, lo más importante, resultados concretos que muestran cómo la falta de asesoría técnica, la mala calidad de los materiales y la ubicación en terrenos inestables se combinan para generar un

alto nivel de vulnerabilidad. También ofrecemos propuestas de mejora y medidas de mitigación que pueden ser implementadas con recursos limitados.

Confiamos en que este texto contribuya a generar conciencia sobre la urgencia de actuar, y que sirva como una referencia práctica para construir comunidades más seguras y resilientes. La prevención es posible, y empieza por conocer los riesgos.

Huánuco, 2026.

RESUMEN

La vulnerabilidad de las edificaciones en zonas urbano-marginales es uno de los problemas más urgentes que enfrentan las ciudades latinoamericanas. Esta obra ofrece un recorrido práctico para comprender, evaluar y reducir el riesgo sísmico en asentamientos humanos contruidos de manera informal, a partir de un estudio exhaustivo realizado en siete zonas urbano-marginales de la ciudad de Huánuco, Perú.

A lo largo de sus capítulos, el lector encontrará:

- Conceptos fundamentales sobre vulnerabilidad, peligro, riesgo y desastre, explicados de manera sencilla.
- Una revisión del contexto actual de la vulnerabilidad de edificaciones a nivel internacional, nacional y local.
- Los principales métodos de evaluación utilizados en el Perú y el mundo: INDECI, CENEPRED, FEMA P-154 y PREDES.
- Un diagnóstico detallado de los aspectos sociales, ambientales, estructurales, constructivos y geológicos que influyen en la vulnerabilidad de las viviendas.
- La aplicación práctica de estos métodos en siete asentamientos humanos, con resultados concretos que evidencian la gravedad del problema.
- Propuestas de mejora para los métodos de análisis existentes, incorporando tecnologías como la georreferenciación, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el uso de drones.
- Medidas de mitigación concretas, organizadas por aspectos sociales, ambientales, constructivos y estructurales, acompañadas de protocolos de intervención.

Esta obra está dirigida a autoridades locales, estudiantes, profesionales de la construcción, gestores del riesgo y, especialmente, a los habitantes de zonas urbano-marginales que deseen conocer los riesgos de sus viviendas y las acciones que pueden tomar para protegerse. Con un lenguaje claro y ejemplos prácticos, este texto busca contribuir a la construcción de ciudades más seguras y resilientes frente a desastres sísmicos.

Palabras clave: Vulnerabilidad sísmica, Autoconstrucción, Zonas urbano-marginales, FEMA P-154, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Gestión del riesgo de desastres.

INTRODUCCIÓN

El desafío de vivir en zonas sísmicas

El Perú, por su ubicación geográfica en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, es un país expuesto de manera permanente a eventos sísmicos de alta magnitud. Esta condición natural convierte a una gran parte del territorio nacional en una zona de riesgo sísmico latente, tanto en áreas urbanas como rurales. Sin embargo, el grado de vulnerabilidad frente a estos fenómenos no se explica únicamente por la recurrencia geológica, sino también por las debilidades estructurales, sociales y normativas que persisten en todo el país (Péguy & Brissaud, 2002).

La vulnerabilidad se define como la predisposición de un sistema, elemento o grupo humano a sufrir daños ante la acción de una amenaza específica (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales, 2019). En las zonas urbano-marginales, esta condición se intensifica debido a factores como la informalidad constructiva, las condiciones socioeconómicas precarias, la ubicación en terrenos inestables y la limitada provisión de servicios públicos. Estas áreas concentran edificaciones expuestas a peligros de origen natural como sismos, inundaciones, huaicos o deslizamientos que, combinados con la falta de planificación urbana, incrementan significativamente el riesgo de pérdidas materiales y humanas.

La autoconstrucción como factor de riesgo

Uno de los fenómenos más extendidos en las zonas urbano-marginales es la autoconstrucción. La urgencia de las personas de contar con una vivienda propia genera un proceso constructivo alternativo, basado en la poca información de los propietarios, el bajo presupuesto para materiales y mano de

obra, y la ausencia de supervisión técnica (Arevalo Casas, 2020). Las viviendas autoconstruidas se desarrollan en zonas no urbanizadas o en asentamientos humanos y se caracterizan por presentar deficiencias en sus elementos estructurales, arquitectónicos y en los procesos constructivos, volviéndose vulnerables ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico.

Estudios recientes han evidenciado la gravedad de esta problemática. (Calderón Paniagua et al., 2026) En una investigación sobre autoconstrucción informal y vulnerabilidad sísmica, se halló que el 89,3 % de las edificaciones evaluadas carecía de juntas sísmicas entre construcciones colindantes, y el 59,8 % presentaba irregularidades estructurales que incrementaban significativamente el riesgo de colapso. Asimismo, (Acuña García, 2023) Evaluó viviendas autoconstruidas en una provincia peruana con riesgo sísmico, encontrando que las estructuras presentan distorsiones mayores a las permitidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones, lo que evidencia la necesidad de priorizar estudios geológicos y diseños sismorresistentes en futuras construcciones.

Metodologías de evaluación y su aplicación en el Perú

Para el análisis de la vulnerabilidad estructural, existen múltiples metodologías cuya aplicación depende del tipo de amenaza, la escala del estudio y los recursos disponibles. Entre las más utilizadas se encuentran los métodos de FEMA (Federal Emergency Management Agency, Estados Unidos), INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil, Perú) y CENEPRED (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, Perú), los cuales permiten identificar condiciones de riesgo y proponer medidas de mitigación.

El método FEMA P-154, conocido como "Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards", es un método cualitativo de

evaluación sísmica rápida que permite identificar edificaciones vulnerables a través de un índice de puntuación (Quispe Chipana & Mamani Gallegos, 2021). (Mora-Albán & Baque-Solís, 2025) Aplicaron este método en el sector El Matal, Ecuador, evaluando 93 viviendas y demostrando su eficacia como herramienta de identificación preliminar de edificaciones vulnerables, así como la necesidad de reforzar construcciones antiguas y de mampostería sin refuerzo.

En el Perú, el marco normativo vigente cumple un papel crucial en la gestión del riesgo sísmico. La Ley N.º 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), establece un enfoque integral para reducir la vulnerabilidad y evitar la generación de nuevos riesgos (CENEPRED - Centro Nacional de Estimación, 2014). A nivel técnico, el Reglamento Nacional de Edificaciones, a través de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente", establece criterios mínimos para el diseño y construcción de edificaciones seguras frente a sismos, siendo de obligatorio cumplimiento en todo el país (Ministerio de Vivienda, 2021).

El aporte de las tecnologías geoespaciales

En el presente estudio se hace uso complementario de tecnologías como la georreferenciación espacial, la teledetección, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), Google Earth, GPS diferencial y drones para obtener información precisa del entorno y de las viviendas evaluadas. Estas herramientas permiten integrar información estructural, tipológica y de exposición de los inmuebles con variables territoriales como tipo de suelo, peligrosidad sísmica y accesibilidad, facilitando la visualización espacial del riesgo y la priorización de intervenciones en áreas críticas (Cruz Cordova & Castañeda Avendaño, 2022); (Cabello Rivadeneyra & Sotelo Fuentes, 2020).

El área de estudio y la metodología empleada

El área de estudio comprende siete asentamientos humanos y zonas urbano-marginales de los alrededores de la ciudad de Huánuco: AA. HH. Aparicio Pomares, AA. HH. Jorge Chávez, Cayhuayna Alta, San Luis (Sectores I–V), Jancao Alto, La Florida y el Centro Poblado de Llicua. Para determinar la muestra, se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, obteniéndose un promedio de 80 viviendas por cada núcleo poblacional.

Los datos fueron recopilados mediante cuestionarios, fichas de inspección ocular y herramientas de geoinformación, lo que permitió caracterizar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones y establecer patrones comunes asociados a la autoconstrucción, las deficiencias estructurales y las condiciones del terreno. Los resultados obtenidos contribuyen a la formulación de estrategias de mitigación orientadas a reducir el riesgo en zonas urbano-marginales y fortalecer la resiliencia comunitaria.

Estructura de la obra

Este texto está organizado en seis capítulos. El Capítulo I presenta los conceptos fundamentales y el contexto actual de la vulnerabilidad de edificaciones. El Capítulo II describe los principales métodos de evaluación utilizados. El Capítulo III ofrece un diagnóstico detallado del estado situacional de las edificaciones en las zonas de estudio. El Capítulo IV presenta la determinación del grado de vulnerabilidad en cada zona. El Capítulo V analiza las posibilidades de mejora de los métodos existentes. Finalmente, el Capítulo VI propone medidas de mitigación concretas y protocolos de intervención. La obra cierra con conclusiones, recomendaciones y una bibliografía actualizada.



CAPÍTULO I: ¿QUÉ ES LA VULNERABILIDAD Y POR QUÉ NOS IMPORTA?

1.1 Conceptos clave: vulnerabilidad, peligro, riesgo y desastre

- PELIGRO**: Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino.
- VULNERABILIDAD**: Condiciones de fragilidad de las personas, edificaciones y sistemas frente al peligro.
- RIESGO**: Combinación de la probabilidad del peligro y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.
- DESASTRE**: Consecuencias graves por la materialización del riesgo que supera la capacidad de respuesta.

1.2 La vulnerabilidad en el mundo, en el Perú y en nuestra región

1.3 ¿Cómo se ha evaluado la vulnerabilidad hasta ahora?

- Métodos cualitativos**: Basados en observación, experiencia y juicio de expertos.
- Métodos semicuantitativos**: Uso de matrices y ponderaciones para estimar niveles de vulnerabilidad.
- Métodos cuantitativos**: Modelos matemáticos y estadísticos para estimar el riesgo.
- Sistemas de información geográfica (SIG)**: Para mapear y analizar la vulnerabilidad espacialmente.

1.4 ¿Qué dice la ley peruana sobre la construcción segura?

- La Constitución y la Ley Orgánica de Municipalidades establecen la seguridad como responsabilidad del Estado.
- La Ley N° 29090 y su Reglamento promueven la gestión del riesgo de desastres.
- El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece los requisitos técnicos para construcciones seguras.
- Las municipalidades deben fiscalizar y garantizar el cumplimiento de las normas de construcción.

1.5 La realidad de Huánuco: un territorio con desafíos propios

- Ubicación en zona sísmica de alta peligrosidad.
- Viviendas autoconstruidas sin asesoría técnica.
- Asentamientos en laderas y zonas de riesgo.
- Déficit de servicios básicos y equipamiento urbano.
- Limitada cultura de prevención y gestión del riesgo.

¿POR QUÉ NOS IMPORTA?

- Porque la vulnerabilidad no solo depende del peligro, sino de nuestras condiciones de vida y decisiones.
- Porque entenderla nos permite prevenir y reducir las pérdidas.
- Porque todos podemos contribuir a construir comunidades más seguras y resilientes.
- Porque cada acción hoy puede salvar vidas mañana.

1.1 Conceptos clave: vulnerabilidad, peligro, riesgo y desastre

Para comprender por qué tantas viviendas en zonas urbano-marginales están en peligro frente a un sismo, es necesario empezar por lo más básico: entender cuatro conceptos fundamentales que suelen confundirse. Estos conceptos, vulnerabilidad, peligro, riesgo y desastre, son las piezas de un rompecabezas que, cuando se ensamblan, nos explican por qué un mismo terremoto puede ser devastador en un lugar y apenas perceptible en otro.

¿Qué es la vulnerabilidad?

Imaginemos dos viviendas vecinas. Una está construida con ladrillos, columnas de concreto y fue supervisada por un ingeniero. La otra fue levantada con adobe, sin cimientos adecuados y siguiendo el conocimiento empírico de sus propietarios. Ante un mismo sismo de mediana intensidad, la primera probablemente resistirá con daños menores; la segunda podría colapsar. Esa diferencia en la predisposición a sufrir daños es exactamente lo que llamamos vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se define como la predisposición de un sistema, elemento o grupo humano a sufrir afectación ante la acción de una amenaza específica. Como explica el (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales, 2019) Es preciso hacer una clara diferenciación entre vulnerabilidad estructural y vulnerabilidad humana. La vulnerabilidad estructural se refiere al daño que sufrirá una edificación ante una amenaza determinada, y suele medirse en términos de porcentaje de daño o costo de reparación. La vulnerabilidad humana, en cambio, hace referencia al nivel de afectación de los ocupantes: el número esperado de víctimas, heridos o cualquier otro nivel de afectación que se defina.

En las zonas urbano-marginales que estudiaremos a lo largo de este texto, ambos tipos de vulnerabilidad están estrechamente relacionados. Una vivienda frágil no solo pone en riesgo el patrimonio de una familia, sino su vida misma.

¿Qué es el peligro?

El peligro (o amenaza) es el factor externo que puede desencadenar el daño. Se define como un factor de riesgo externo de un sistema o de un sujeto expuesto, que se puede expresar como la probabilidad de que ocurra un suceso

con una cierta intensidad, en un sitio específico y durante un tiempo determinado (Juárez Valencia & Loayza Rodríguez, 2015).

En el caso de los sismos, el peligro está determinado por la actividad tectónica de la zona. El Perú, por ejemplo, se encuentra en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, una de las regiones con mayor actividad sísmica del planeta. Pero el peligro también puede ser de origen antrópico (causado por el ser humano), como la contaminación, los accidentes industriales o la pérdida del empleo.

¿Qué es el riesgo?

Si la vulnerabilidad es la "debilidad" de un sistema y el peligro es la "amenaza" externa, el riesgo es el resultado de la interacción entre ambos. El riesgo corresponde al potencial de pérdidas que puede ocurrirle al sujeto o sistema expuesto, resultado de la interacción del peligro y la vulnerabilidad (Juárez Valencia & Loayza Rodríguez, 2015).

Matemáticamente, el riesgo se expresa como la probabilidad de que ocurran consecuencias económicas, sociales y ambientales en un cierto sitio y durante un cierto periodo de tiempo. Es importante entender que el riesgo no existe si no hay vulnerabilidad: un sismo en medio del desierto, sin edificaciones ni personas, no representa un riesgo. El riesgo nace cuando el peligro encuentra a alguien o algo vulnerable.

¿Qué es un desastre?

Finalmente, el desastre es la materialización del riesgo. Se define como la interrupción severa del funcionamiento de una comunidad causada por la activación de un peligro de origen natural o antrópico, ocasionando pérdidas

económicas, de vidas humanas, de infraestructura, entre otras (Juárez Valencia & Loayza Rodríguez, 2015).

Un desastre no es simplemente "un terremoto" o "una inundación". Es la consecuencia de que ese fenómeno natural haya encontrado a una comunidad vulnerable. Por eso, dos fenómenos de similar intensidad pueden generar resultados muy distintos: uno puede ser una noticia menor, el otro un desastre de proporciones catastróficas. La diferencia está en el nivel de vulnerabilidad de la población y sus edificaciones.

1.2 La vulnerabilidad en el mundo, en el Perú y en nuestra región

En el mundo: un problema global con rostro local

Los sismos representan una de las amenazas naturales más destructivas para las zonas urbanas, especialmente en países con alta informalidad constructiva y escaso control técnico. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones es crucial para prevenir colapsos y mitigar riesgos urbanos.

A nivel internacional, diversos estudios han aplicado metodologías como el FEMA P-154 para evaluar la vulnerabilidad sísmica en diferentes contextos. Por ejemplo, en el sector El Matal, en el cantón Jama de la provincia de Manabí, Ecuador, se evaluaron 93 viviendas mediante inspección visual rápida, encontrando que, si bien la mayoría presenta vulnerabilidad sísmica baja o moderada, existe un porcentaje significativo de estructuras con irregularidades graves y altos niveles de riesgo. Este estudio evidenció la necesidad de reforzar las construcciones más antiguas y de mampostería sin refuerzo, así como de revisar y fortalecer los códigos sismorresistentes (Mora-Albán & Baque-Solís, 2025).

En Colombia, investigaciones como la de (Camargo Salazar, 2018) En la localidad de Santa Fe, Bogotá, emplearon herramientas probabilísticas y metodologías cualitativas para analizar las condiciones físicas de las viviendas y su antigüedad, identificando las zonas de mayor exposición al riesgo y estimando posibles pérdidas humanas y económicas ante un eventual sismo. De manera similar, (Clavijo Palacio, 2022) Determinó que, de 213 unidades habitacionales en el barrio Villa Lorena de Villavicencio, el 87.32 % fueron construidas con hormigón armado, pero más del 20 % de estas se encontraban en categorías de vulnerabilidad media, alta o muy alta.

Estos ejemplos muestran que la vulnerabilidad sísmica no es un problema exclusivo del Perú, sino una realidad compartida por toda América Latina y otras regiones sísmicas del mundo. Sin embargo, cada país y cada ciudad presenta particularidades que requieren soluciones adaptadas a su contexto.

En el Perú: un país en el Cinturón de Fuego

El Perú está considerado como uno de los países con mayor actividad sísmica en el mundo debido a su ubicación en el "Cinturón de Fuego". Esta condición geográfica convierte a gran parte del territorio nacional en una zona de riesgo sísmico latente. Sin embargo, como hemos visto, el riesgo no depende solo del peligro, sino también de la vulnerabilidad.

En el Perú, la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones es especialmente alta debido a varios factores:

- 1) **La autoconstrucción:** La urgencia de las personas de contar con una vivienda propia genera procesos constructivos basados en el conocimiento empírico, sin supervisión técnica y con materiales de baja calidad. Como señala (Arevalo Casas, 2020), los propietarios construyen

informalmente al utilizar materiales de baja calidad, no incluyen personal técnico especializado y no consideran los reglamentos ni las normas establecidas para un proceso constructivo adecuado.

- 2) **La expansión urbana descontrolada:** El crecimiento acelerado de la población en las últimas décadas ha generado asentamientos humanos en zonas no aptas para la construcción, como laderas inestables, suelos blandos o áreas propensas a inundaciones y huaicos.
- 3) **La falta de control urbano:** La ausencia de políticas eficaces de ordenamiento territorial y el insuficiente control urbano han favorecido la proliferación de viviendas informales construidas sin criterios técnicos.

Estudios recientes han evidenciado la gravedad de esta problemática. (Calderón Paniagua et al., 2026) En una investigación sobre autoconstrucción informal y vulnerabilidad sísmica, se halló que el 89.3 % de las edificaciones evaluadas carecía de juntas sísmicas entre construcciones colindantes, y el 59.8 % presentaba irregularidades estructurales que incrementaban significativamente el riesgo de colapso. Asimismo, (Acuña García, 2023) Evaluó viviendas autoconstruidas en una provincia peruana con riesgo sísmico, encontrando que las estructuras presentan distorsiones mayores a las permitidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

En Lima, (Cruz Cordova & Castañeda Avendaño, 2022) Emplearon un sistema de información geográfica con la metodología FEMA P-154 para evaluar la vulnerabilidad sísmica en la urbanización El Cercado, Villa María del Triunfo. Los resultados fueron alarmantes: el 82.89 % de las edificaciones fueron construidas con pórticos de concreto y muros de albañilería no reforzada, y el 56.15 % presentó vulnerabilidad alta, mientras que el 17.38 % presentó vulnerabilidad muy alta.

En el ámbito nacional, (Tinoco Meyhuay et al., 2017) aplicaron el método del índice de vulnerabilidad diseñado por los investigadores italianos Benedetti

y Petrini en el distrito de Jangas, Áncash, determinando que el 34.9 % de las edificaciones presentaban vulnerabilidad alta y el 4.5 % vulnerabilidad muy alta. Concluyeron que 112 edificaciones estaban expuestas a sufrir un colapso total.

En nuestra región: el caso de Huánuco

La ciudad de Huánuco y sus alrededores no son ajenos a esta realidad. Diversos estudios locales han evidenciado altos niveles de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona. (Cervantes Gonzales, 2019) En su estudio en la urbanización Paucarbamba, distrito de Amarilis, encontró que el 70 % de las viviendas presentaban vulnerabilidad media debido a su construcción empírica sin respaldo técnico. La falta de asesoramiento técnico en la construcción fue identificada como el factor principal que incide en la vulnerabilidad.

(Trujillo Sanchez, 2019) Aplicando el método FEMA 154 en 100 viviendas de la ciudad de Huánuco, se obtuvo que el 86 % de las viviendas presentaban vulnerabilidad sísmica alta y el 6 % vulnerabilidad muy alta. Concluyó que gran parte de las viviendas no fueron diseñadas de acuerdo con las normas técnicas y fueron ejecutadas de manera empírica.

(Falera Atanacio, 2020) En el sector San Luis del distrito de Amarilis, aplicó los métodos Benedetti-Petrini y FEMA 154, encontrando que el 87 % de las viviendas presentaban vulnerabilidad alta según el método FEMA, y el 70 % vulnerabilidad media según el método italiano. La principal causa identificada fue la autoconstrucción sin asesoría técnica especializada.

Estos estudios locales confirman que Huánuco enfrenta un problema estructural profundo: la mayoría de sus viviendas en zonas urbano-marginales han sido construidas sin criterios sismorresistentes, lo que las convierte en un escenario de alto riesgo ante un eventual sismo de mediana o gran magnitud.

1.3 ¿Cómo se ha evaluado la vulnerabilidad hasta ahora?

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de una edificación, los expertos han desarrollado diversos métodos a lo largo de los años. Estos métodos se pueden clasificar en tres grandes grupos: cualitativos, cuantitativos y mixtos.

Los métodos cualitativos se basan en la inspección visual y la experiencia del evaluador. Son rápidos, económicos y permiten evaluar un gran número de edificaciones en poco tiempo. Sin embargo, su precisión es limitada y depende en gran medida del criterio del evaluador.

Los métodos cuantitativos implican cálculos numéricos y análisis estructurales detallados. Son más precisos, pero requieren más tiempo, recursos y personal especializado. Generalmente se aplican a edificaciones críticas o cuando los métodos cualitativos han identificado un riesgo potencial.

Los métodos mixtos combinan ambos enfoques, utilizando una primera fase cualitativa para identificar edificaciones potencialmente vulnerables y una segunda fase cuantitativa para aquellas que requieren un análisis más detallado.

El método FEMA P-154

El método más utilizado a nivel internacional para la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica es el FEMA P-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards), desarrollado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de Estados Unidos.

Este método se basa en una inspección visual rápida desde el exterior de la edificación. El evaluador registra información sobre el sistema estructural, la altura, la antigüedad, las irregularidades geométricas, el tipo de suelo y otros factores que pueden influir en el comportamiento sísmico. A cada edificación

se le asigna un puntaje básico según su sistema estructural, el cual se modifica con factores de ajuste por irregularidades, antigüedad y tipo de suelo.

El resultado final es un índice que indica la probabilidad de colapso de la edificación ante un sismo severo. Si el índice es bajo (≤ 2), la edificación requiere una evaluación más detallada. Si es alto (≥ 2), se considera que tiene un desempeño sísmico aceptable (Quispe Chipana & Mamani Gallegos, 2021).

La principal ventaja del FEMA P-154 es su rapidez y aplicabilidad a gran escala. Permite clasificar edificaciones y priorizar intervenciones a nivel urbano o regional. Sin embargo, presenta limitaciones: depende de la apreciación visual, no sustituye un análisis estructural detallado y requiere adaptación a las tipologías constructivas locales (como el adobe o la quincha en Perú) y a la normativa sísmica nacional.

El método del INDECI

En el Perú, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) ha desarrollado su propio método para la determinación de la vulnerabilidad de las viviendas ante sismos.

Este método consiste en el llenado de una ficha de verificación mediante inspección visual, que evalúa 12 características de la vivienda: material predominante, participación de ingeniero civil en el diseño y/o construcción, antigüedad, tipo de suelo, topografía del terreno, configuración geométrica en planta y elevación, juntas de dilatación sísmica, concentración de masas, estado de los elementos estructurales y otros factores incidentes (INDECI - Instituto Nacional de Defensa Civil, 2010).

Cada característica recibe un valor numérico que permite clasificar la vivienda en cuatro niveles de vulnerabilidad: bajo, moderado, alto y muy alto.

Este método es ampliamente utilizado por los gobiernos locales y regionales para identificar viviendas en situación de riesgo.

El método del CENEPRED

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) utiliza el Proceso de Análisis Jerárquico para calcular la vulnerabilidad y el riesgo frente a fenómenos de origen natural.

Este método analiza tres factores: exposición (cantidad, distribución y características de los elementos ubicados en áreas afectadas por un peligro), fragilidad (condiciones internas que hacen que un elemento expuesto sea más propenso a sufrir daños) y resiliencia (capacidad de respuesta, adaptación y recuperación ante un fenómeno natural).

El análisis se desarrolla considerando tres dimensiones fundamentales: social, económica y ambiental. Cada dimensión es evaluada de manera independiente, pero articulada, permitiendo identificar las principales debilidades y capacidades existentes en el territorio frente a los peligros naturales. El resultado final es un mapa de vulnerabilidad que representa espacialmente los niveles obtenidos.

Otros métodos

Además de los mencionados, existen otros métodos complementarios. El método de PREDES (Proyecto Regional de Educación para la Prevención de Desastres) ha diseñado una metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo físico ante inundaciones y sismos, considerando variables como materiales de construcción, alturas de edificación y estado de conservación.

El método de Benedetti-Petrini, de origen italiano, es ampliamente utilizado en Perú para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones históricas y viviendas. Este método considera 11 parámetros que incluyen el tipo de sistema estructural, la calidad de los materiales, el estado de conservación y la configuración geométrica.

La evolución hacia enfoques integrados

En los últimos años, se ha observado una evolución de los métodos tradicionales hacia enfoques mixtos e integrados, que combinan inspección visual, inteligencia artificial, modelos numéricos y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta integración permite obtener evaluaciones más precisas y contextualizadas.

Como señalan (Fernandez-Romero & Roque, 2025) Aunque existen avances significativos en metodologías y tecnología aplicada, persisten brechas técnicas y sociales. Se recomienda avanzar hacia modelos más contextualizados, inclusivos y escalables, así como integrar estrategias de refuerzo estructural y participación comunitaria en los procesos de mitigación del riesgo sísmico.

1.4 ¿Qué dice la ley peruana sobre la construcción segura?

El Perú cuenta con un marco normativo que, en teoría, debería garantizar que las edificaciones sean seguras frente a sismos. Sin embargo, como veremos, la existencia de leyes no es suficiente si estas no se cumplen ni se fiscalizan adecuadamente.

El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)

La piedra angular de la gestión del riesgo en el Perú es la Ley N.º 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). Esta ley, promulgada en 2011, establece un enfoque integral para reducir la vulnerabilidad y evitar la generación de nuevos riesgos (CENEPRED - Centro Nacional de Estimación, 2014).

El SINAGERD es un sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo. Su finalidad es identificar y reducir los riesgos asociados a peligros, así como minimizar sus efectos. La ley define cinco niveles de gestión de riesgos de desastres: estimación, prevención, reducción, preparación, respuesta y rehabilitación.

Esta ley se articula con el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PLANAGERD), instrumento de planificación que orienta las políticas públicas sobre prevención, preparación y rehabilitación a nivel nacional.

El Reglamento Nacional de Edificaciones y la Norma E.030

A nivel técnico, el Reglamento Nacional de Edificaciones es el documento que establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones en el Perú. Dentro de este reglamento, la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" es la encargada de establecer los criterios para que las edificaciones puedan resistir sismos.

La Norma E.030 establece las condiciones mínimas para el diseño sismorresistente de las edificaciones, con el objetivo de prevenir pérdidas humanas y daños materiales. Entre sus disposiciones más importantes se encuentran (Ministerio de Vivienda, 2021):

- La clasificación del territorio peruano en zonas sísmicas según la aceleración máxima esperada.
- Los requisitos para el análisis estructural, incluyendo la consideración de cargas sísmicas.
- Los criterios para el diseño de elementos estructurales como columnas, vigas y muros.
- Las limitaciones para la altura y configuración de las edificaciones.
- Los requisitos para el control de calidad de los materiales y la ejecución de la obra.

Esta norma es de obligatorio cumplimiento en todo el país. Sin embargo, su aplicación enfrenta serias dificultades en las zonas urbano-marginales, donde la mayoría de las viviendas se construyen sin ningún tipo de control ni supervisión técnica.

La brecha entre la norma y la realidad

A pesar de la existencia de este marco normativo, la realidad en las zonas urbano-marginales es muy diferente. Como señala (Fernandez-Romero & Roque, 2025), en cuanto a normativas, se evidencia su aplicación parcial y desigual, especialmente en regiones con edificación informal.

Las razones de esta brecha son múltiples:

- 1) **Falta de acceso a la formalidad:** Muchas familias de bajos recursos no pueden costear los servicios de un ingeniero o arquitecto, ni los materiales y procesos que exige la norma.
- 2) **Urgencia habitacional:** La necesidad de contar con una vivienda propia lleva a las familias a construir de manera acelerada, sin considerar los requisitos técnicos.

- 3) **Ausencia de fiscalización:** Los gobiernos locales carecen de la capacidad y los recursos para supervisar todas las construcciones informales que proliferan en sus jurisdicciones.
- 4) **Desconocimiento:** Muchos pobladores desconocen la existencia de la norma o no comprenden su importancia para la seguridad de sus viviendas.

Esta brecha entre la norma y la realidad es una de las causas fundamentales de la alta vulnerabilidad sísmica en las zonas urbano-marginales.

Instrumentos complementarios

Además de la Norma E.030, el marco normativo peruano incluye otros instrumentos relevantes para la gestión del riesgo sísmico:

- Norma Técnica E.060 "Concreto Armado" : Establece los requisitos para el diseño y construcción de estructuras de concreto armado.
- Norma Técnica E.070 "Albañilería" : Regula el diseño y construcción de edificaciones de albañilería.
- Ley N.º 30191 "Bono de Protección de Viviendas Vulnerables a los Riesgos Sísmicos" : Crea un subsidio para el reforzamiento de viviendas en situación de vulnerabilidad.
- Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA: Aprueba el Reglamento Nacional de Edificaciones y sus normas técnicas.

Estos instrumentos, sin embargo, enfrentan los mismos desafíos de aplicación que la Norma E.030. La brecha entre el "deber ser" y la realidad sigue siendo uno de los principales desafíos para la reducción de la vulnerabilidad sísmica en el Perú.

1.5 La realidad de Huánuco: un territorio con desafíos propios

La ciudad de Huánuco, capital del departamento del mismo nombre, se encuentra en la sierra central del Perú, en una zona de alta actividad sísmica. Su crecimiento urbano, como el de muchas ciudades peruanas, ha sido acelerado y desordenado en las últimas décadas, dando lugar a la formación de numerosos asentamientos humanos en zonas periurbanas.

Un territorio en ladera

Una de las características más distintivas de Huánuco es su topografía accidentada. La ciudad se extiende sobre un valle rodeado de cerros, lo que ha llevado a que muchos asentamientos humanos se ubiquen en laderas de pendientes pronunciadas. Esta condición geográfica, combinada con la falta de planificación urbana, ha generado una situación de alto riesgo.

En las laderas, las viviendas se construyen sin los estudios geotécnicos necesarios, sobre suelos que pueden ser inestables. Las lluvias intensas, comunes en la región, pueden saturar el terreno y provocar deslizamientos. Un sismo, por moderado que sea, puede activar estos procesos, con consecuencias devastadoras.

Siete asentamientos, un mismo problema

Este estudio se ha centrado en siete asentamientos humanos y zonas urbano-marginales de los alrededores de Huánuco: AA. HH. Aparicio Pomares, AA. HH. Jorge Chávez, Cayhuayna Alta, San Luis (Sectores I–V), Jancao Alto, La Florida y el Centro Poblado de Llicua. Aunque cada uno tiene sus particularidades, comparten características comunes:

- Ubicación en zonas de riesgo: La mayoría se encuentra en laderas o cerca de quebradas, expuestas a deslizamientos, huaicos e inundaciones.
- Viviendas autoconstruidas: La gran mayoría de las viviendas han sido construidas por sus propios dueños, sin asesoría técnica ni cumplimiento de normas sismorresistentes.
- Materiales inadecuados: Predominan el adobe, el tapial y, en menor medida, el ladrillo sin refuerzo adecuado.
- Falta de servicios básicos: Muchas viviendas carecen de acceso a agua potable, desagüe y electricidad.
- Calles estrechas y sin pavimentar: La falta de planificación urbana ha generado vías de acceso reducidas, que dificultan la evacuación en caso de emergencia.
- Ausencia de zonas seguras: No existen áreas designadas como puntos de reunión seguros en caso de sismo.

El peso de la pobreza

Detrás de estas características hay un factor común: la pobreza. La mayoría de los habitantes de estos asentamientos son personas de escasos recursos que, ante la falta de opciones, han optado por construir sus viviendas en terrenos de bajo costo, aunque sean inseguros. La urgencia de contar con un techo propio ha primado sobre la seguridad estructural.

Esta situación se agrava porque la pobreza no solo limita el acceso a materiales de calidad y asesoría técnica, sino también la capacidad de las familias para hacer frente a las consecuencias de un desastre. Una familia que pierde su vivienda en un sismo no tiene los recursos para reconstruirla adecuadamente, lo que perpetúa el ciclo de vulnerabilidad.

Estudios previos en Huánuco

Los estudios realizados en la región confirman la gravedad de la situación. (Cervantes Gonzales, 2019) en Paucarbamba, (Trujillo Sanchez, 2019) en la ciudad de Huánuco, y (Falera Atanacio, 2020) en San Luis, coinciden en que la mayoría de las viviendas evaluadas presentan niveles de vulnerabilidad media, alta o muy alta. La causa principal, en todos los casos, es la autoconstrucción sin asesoría técnica.

(Coral Benites & Silva Villar, 2021) En su estudio en el Centro Poblado San Sebastián de Quera, distrito de Santa María del Valle, encontraron un valor de vulnerabilidad total del 55 %, revelando una vulnerabilidad alta en el área de estudio. Utilizando los parámetros de peligro y vulnerabilidad, determinaron un grado de riesgo alto en el caso de deslizamientos y derrumbes.

Estos estudios locales, sumados a la evidencia nacional e internacional, pintan un panorama preocupante. Sin embargo, también ofrecen una oportunidad: la de actuar antes de que ocurra un desastre.

¿Qué podemos aprender de esta realidad?

La realidad de Huánuco no es única. Se repite en cientos de ciudades de América Latina y el mundo. Pero eso no la hace menos urgente. Comprender las causas de la vulnerabilidad, la autoconstrucción, la falta de planificación, la pobreza, la ausencia de fiscalización es el primer paso para poder abordarlas.

En los capítulos siguientes, exploraremos en detalle cómo se manifiesta esta vulnerabilidad en cada uno de los siete asentamientos estudiados, qué métodos se han utilizado para evaluarla y, lo más importante, qué medidas se pueden tomar para reducirla. Porque, como veremos, aunque el problema es

grave, no es irreversible. La prevención es posible, y empieza por conocer los riesgos.



CAPÍTULO II: HERRAMIENTAS PARA EVALUAR EL RIESGO: LOS MÉTODOS MÁS UTILIZADOS



Imaginemos que queremos saber si una vivienda es segura frente a un sismo. ¿Por dónde empezamos? ¿Qué aspectos debemos revisar? ¿Cómo podemos cuantificar el nivel de riesgo? Estas preguntas han sido abordadas por diferentes instituciones y expertos a lo largo de los años, dando lugar a diversos métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

Cada método tiene sus propias características, ventajas y limitaciones. Algunos son rápidos y sencillos, ideales para evaluar cientos de viviendas en poco tiempo. Otros son más detallados y requieren personal especializado, pero ofrecen resultados más precisos. La elección del método adecuado depende del objetivo del estudio, los recursos disponibles y el nivel de detalle requerido.

En este capítulo, exploraremos los métodos más utilizados en el Perú y el mundo para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones. Comenzaremos con el método del INDECI, ampliamente utilizado por los gobiernos locales; luego revisaremos el enfoque integral del CENEPRED; continuaremos con el método FEMA P-154, de origen estadounidense y creciente uso en la región; y finalmente, conoceremos otras metodologías complementarias como el enfoque de PREDES, que incluye evaluaciones específicas para inundaciones y sismos.

Al final del capítulo, el lector tendrá una visión clara de las herramientas disponibles para evaluar el riesgo sísmico y podrá comprender mejor los resultados que presentaremos en los capítulos siguientes.

2.1 El método INDECI: evaluando vivienda por vivienda

El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) es la entidad encargada de coordinar las acciones de gestión del riesgo de desastres en el Perú. Dentro de sus funciones, ha desarrollado un método práctico y sencillo para determinar la vulnerabilidad de las viviendas ante sismos, con el objetivo de identificar, calificar y cuantificar las estructuras que presentan un alto nivel de vulnerabilidad.

¿En qué consiste?

El método del INDECI se basa en el llenado de una ficha de verificación mediante inspección visual directa de la vivienda. Esta ficha evalúa 12 características de la edificación, que han sido seleccionadas por su influencia en el comportamiento sísmico de las viviendas.

Ficha de verificación INDECI

A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VIVIENDA											
1. ubicación geográfica				2. ubicación censal (fuente INE)				3. fecha y hora			
1 departamento				1 zona	n.º			dd	mm	aa	
2 provincia				2 manzana	n.º			hora	:	horas	
3 distrito				3 lote	n.º						
4. dirección de la vivienda				1 avenida () 2 jirón () 3 pasaje () 4 carretera () 5 otro: ()							
nombre de la calle, av., jr. etc.				puerta n.º		interior	piso	mz	lote	km	
nombre de la urbanización / asentamiento humano / asoc. de vivienda / otros											
referencia:											
5. apellidos y nombres del jefe(a) de hogar o entrevistado(a)											
apellido paterno								6. DNI			
apellido materno											
nombres											
B. INFORMACIÓN DEL INMUEBLE POR OBSERVACIÓN DIRECTA											
1. desde el exterior se puede observar que:						2. la vivienda se encuentra ...					
1	en caso de colapso, por el predominante deterioro, compromete el área colindante					1	habitada				
2	ante posible colapso, por el predominante deterioro, No compromete el área colindante					2	no habitada				
3	no muestra precariedad					3	habitada, pero sin ocupantes				
4	no fue posible observar el estado general de la vivienda										
En caso la respuesta corresponda a la Vivienda se encuentra NO habitada se deberá pasar al campo n.º 6 de la sección "C" y CONCLUIR LA VERIFICACIÓN											
C. CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE VIVIENDA											
1. cuenta con puerta independiente				2. forma parte de un complejo				3. total de ocupantes (cantidad de personas)			
1	sí cuenta con puerta de calle			1	multifamiliar horizontal			1	de la vivienda		
2	no es parte de un complejo multifamiliar			2	multifamiliar vertical			2	del complejo multifamiliar (aproximado)		
				3	no aplica						
4. cantidad de pisos de la vivienda				5. cantidad de pisos del complejo multifamiliar							
1	cantidad de niveles superiores (incluido el 1º piso)			1	cantidad de niveles superiores (incluido el 1º piso)						
2	cantidad de niveles inferiores (sótanos)			2	cantidad de niveles inferiores (sótanos)						
3	no aplica por ser vivienda multifamiliar			3	no aplica por ser vivienda multifamiliar						
6. factores críticos para la determinación del nivel de vulnerabilidad "muy alto" o "Alto":											
1	El inmueble se encuentra en un terreno insustentado para edificar										
2	Encontrarse el inmueble en una ubicación expuesta a derrumbes y/o deslizamientos										
3	otro:										
4	otro:										
5	no aplica										
Do ser necesario, se deberá especificar los factores y tener en consideración esta información para la evaluación de las edificaciones colindantes.											
La Vulnerabilidad será determinada considerando la posibilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Las labores de reforzamiento recomendadas son de responsabilidad del jefe(a) de hogar. Para estas tareas deberán ser asistidos por profesionales de la materia. Las consultas podrán ser absolutes en la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad de su jurisdicción.											
Mayor información en www.indeci.gob.pe											
D. CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA											
1. MATERIAL predominante de la edificación											
características		valor	características		valor	características		valor	características		
1 adobe	()		6 adobe reforzado	()		8 albañilería confinada	()		9 concreto armado	()	
2 quíncha	()		7 albañilería	()			()		10 acero	()	
3 mampostería	()	4			3					1	
4 madera	()										
5 otros	()										
2. la edificación contó con la participación de ingñieros civiles en el diseño y/o construcción											
características		valor	características		valor	características		valor	características		
1 no	()	4	2 solo construcción	()	3	3 solo diseño	()	4	4 sí, totalmente	1	
3. antigüedad de la edificación											
características		valor	características		valor	características		valor	características		
1 más de 50 años	()	4	2 de 20 a 49 años	()	3	3 de 3 a 19 años	()	2	4 de 0 a 2 años	1	
2 rellenos	()	4	4 depósito de suelos finos	()	3	6 granular fino y arcilloso	()	2	7 suelos rocosos	1	
3 depósitos marinos	()	4	5 arena de gran espesor	()	3						
4 pantanosos, turba	()										
5. topografía del terreno de la vivienda											
características		valor	características		valor	características		valor	características		
1 muy pronunciada	()	4	2 entre 45% a 20%	()	3	3 entre 20% a 10%	()	2	4 hasta 10%	1	
6. topografía del terreno colindante a la vivienda y/o en área de influencia											
características		valor	características		valor	características		valor	características		
1 muy pronunciada	()	4	2 entre 45% a 20%	()	3	3 entre 20% a 10%	()	2	4 hasta 10%	1	
7. configuración geométrica en planta											
características		valor	características		valor	características		valor	características		
1 irregular	()	4	2 irregular	()	4	3 no / no existen	()	4	8 superiores	()	
2 regular	()		3 regular	()		4 otros: ---	()	2	2 inferiores	1	
8. juntas de dilatación planificadas son correctas y amarradas a la estructura											
10. existe concentración de masas en niveles ...											
8 superiores ()											
2 inferiores ()											
E. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA											
E.1. sumatoria de valores de la sección "D" características de la construcción de la vivienda											
Llevar los valores más críticos de cada uno de los puntos de la sección D											
Σ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 = total											
E.2. Sumatoria = 2. calificación del nivel de vulnerabilidad de la vivienda											
características del nivel de vulnerabilidad											
nivel de vulnerabilidad	rango del valor	características del nivel de vulnerabilidad							calificación según E.1. (marcar con "x")		
muy alto	mayor a 24	En las condiciones actuales NO es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación.									
alto	entre 16 a 24	En las condiciones actuales NO es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación, requiere cambios drásticos en la estructura.									
moderado	entre 15 a 17	Requiere reforzamiento en potencial Zona de Seguridad Interna.									
bajo	hasta 14	En las condiciones actuales es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación.									
F. RECOMENDACIONES DE CARÁCTER INMEDIATO PARA JEFE(A) DE HOGAR											
Calificación viene de la sección "E"											
nivel de vulnerabilidad	recomendaciones generales para caso de sismos (*)								calificación (marcar con "x")		
muy alto	La Vivienda NO DEBE SER HABITADA. Muy importantes: - Si el Nivel de Vulnerabilidad responde a factores inherentes al Tipo de Suelo, Ubicación y/o normas vigentes, la restricción del uso del terreno es Definitiva. - Si el Nivel de Vulnerabilidad corresponde a elementos estructurales de la vivienda considerar reconstrucción al uso del terreno es adecuado. En caso de Sismo se debe EVACUAR la edificación en forma inmediata.								()		
alto	Reforzar la vía de evacuación, eliminar los elementos susceptibles que puedan caer y los obstáculos. Reforzar la Zona de Seguridad Exterior. Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.								()		
moderado	Reforzar la vía de evacuación, eliminar los elementos susceptibles que puedan caer y los obstáculos. Reforzar la Zona de Seguridad Interior. Reforzar la vía de evacuación, eliminar los elementos susceptibles que puedan caer y los obstáculos. Reforzar la Zona de Seguridad Exterior. Después de un Sismo se debe evacuar la edificación lo antes posible. Reforzar la Zona de Seguridad Exterior. Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.								()		
bajo	Reforzar la vía de evacuación, eliminar los elementos susceptibles que puedan caer y los obstáculos. Reforzar la Zona de Seguridad Interior. Reforzar la vía de evacuación, eliminar los elementos susceptibles que puedan caer y los obstáculos. Reforzar la Zona de Seguridad Exterior. Después de un Sismo se debe evacuar la edificación lo antes posible. Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.								()		
Otras recomendaciones:											
G. RECOMENDACIÓN REFERIDA A LA POTENCIAL "ZONA DE SEGURIDAD" Y/O "VÍA DE EVACUACIÓN"											
El Nivel de Vulnerabilidad viene de la sección "E"											
nivel de vulnerabilidad	Recomendación										
alto	No aplica, la Vulnerabilidad es alta y no se puede acceder a una Zona de Seguridad.										

Fuente: INDECI.

El procedimiento es relativamente simple: un evaluador capacitado, preferentemente un ingeniero civil o arquitecto, visita la vivienda, observa sus características y registra la información en la ficha. Cada característica recibe un valor numérico según la condición observada, y al final se suman los puntajes para determinar el nivel de vulnerabilidad.

Las 12 características evaluadas

A continuación, describimos cada una de las características que el método del INDECI considera para evaluar la vulnerabilidad de una vivienda (INDECI - Instituto Nacional de Defensa Civil, 2010):

1. Material predominante de la edificación

El evaluador identifica el material constructivo principal utilizado en la vivienda: ladrillo, concreto, adobe, tapial, quincha, madera, etc. En caso de existir más de un material, se considera el valor más desfavorable para la determinación del nivel de vulnerabilidad. Los materiales más frágiles, como el adobe o el tapial, reciben puntajes más altos (mayor vulnerabilidad).

2. Participación de ingeniero civil en el diseño y/o construcción

Este ítem busca determinar si la edificación contó con la intervención de un profesional en ingeniería civil durante las etapas de diseño estructural y/o ejecución de la obra. La información se obtiene directamente del jefe de hogar o del entrevistado. La ausencia de asesoría técnica especializada incrementa significativamente el nivel de vulnerabilidad.

3. Antigüedad de la edificación

Se evalúa el tiempo transcurrido desde la construcción de la vivienda, considerando rangos de antigüedad. Las viviendas más antiguas suelen tener

mayor vulnerabilidad, especialmente si fueron construidas antes de la implementación de códigos sismorresistentes.

4. Tipo de suelo

El evaluador clasifica el suelo de cimentación según su aptitud para la construcción: roca, grava arenosa, grava con bolonería, arena, arcilla, etc. Los suelos más firmes (roca) ofrecen mejor comportamiento sísmico, mientras que los suelos blandos (arena, arcilla) amplifican las ondas sísmicas y aumentan el riesgo.

5. Topografía del terreno de la vivienda

Se analiza la configuración topográfica del terreno donde se emplaza la vivienda: plano, pendiente menor a 45°, pendiente mayor a 45°, ondulado, etc. Las pendientes pronunciadas incrementan el riesgo de deslizamientos y amplifican los efectos sísmicos.

6. Topografía del terreno colindante y/o área de influencia

Se consideran las condiciones topográficas del entorno inmediato, incluyendo taludes, pendientes u otras formaciones que puedan generar riesgos adicionales sobre la vivienda ante un sismo, como deslizamientos o derrumbes.

7. Configuración geométrica en planta

Se evalúa la forma y distribución horizontal de la edificación. Las plantas regulares (cuadradas o rectangulares con proporciones adecuadas) tienen mejor comportamiento sísmico que las plantas irregulares, que pueden generar concentraciones de esfuerzos durante un sismo.

8. Configuración geométrica en elevación

Se analiza la disposición vertical de la estructura, considerando cambios bruscos de rigidez, escalonamientos o irregularidades en altura. Las discontinuidades estructurales en elevación pueden provocar daños significativos durante un evento sísmico.

9. Juntas de dilatación sísmica

Se verifica si las juntas de dilatación sísmica existentes son adecuadas y funcionales, permitiendo el movimiento independiente entre cuerpos estructurales. La ausencia o deficiencia de estas juntas incrementa la probabilidad de colisión entre edificaciones durante un sismo.

10. Concentración de masas en niveles superiores o inferiores

Se identifica la presencia de elementos pesados concentrados en determinados niveles de la edificación, como tanques de agua, equipos o depósitos. La concentración de masas, especialmente en niveles elevados, incrementa las fuerzas sísmicas y el riesgo de volcamiento.

11. Estado de los principales elementos estructurales

Se evalúa el estado de conservación de los elementos estructurales principales (cimientos, columnas, muros portantes, vigas y techos), clasificándolos según su condición: buen estado, estado regular, deterioro con humedad o condición precaria/inexistente.

12. Otros factores que inciden en la vulnerabilidad

Permite registrar factores adicionales que incrementen la vulnerabilidad de la vivienda, tales como humedad excesiva, agrietamientos, colapso de elementos del entorno, modificaciones estructurales inadecuadas o sobrecargas.

Niveles de vulnerabilidad

Una vez evaluados todos los ítems, se procede a sumar los valores numéricos obtenidos. Dependiendo del puntaje total, la vivienda se clasifica en uno de cuatro niveles de vulnerabilidad:

- Vulnerabilidad baja: La vivienda presenta condiciones adecuadas de construcción y es probable que tenga un buen comportamiento sísmico.
- Vulnerabilidad moderada: La vivienda presenta algunas deficiencias que podrían generar daños moderados ante un sismo.
- Vulnerabilidad alta: La vivienda presenta deficiencias significativas y es probable que sufra daños severos o colapse ante un sismo de mediana intensidad.
- Vulnerabilidad muy alta: La vivienda presenta deficiencias críticas y es muy probable que colapse ante un sismo.

Ventajas y limitaciones

El método del INDECI tiene varias ventajas: es sencillo de aplicar, no requiere equipos especializados, permite evaluar un gran número de viviendas en poco tiempo y ha sido ampliamente difundido entre los gobiernos locales y regionales.

Sin embargo, también presenta limitaciones. Depende en gran medida de la experiencia y criterio del evaluador, no considera aspectos dinámicos del comportamiento sísmico, y algunos ítems (como la participación de ingeniero) se basan en información proporcionada por el propietario, que puede no ser precisa.

2.2 El método CENEPRED: un enfoque integral

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) es la entidad técnica del SINAGERD encargada de generar conocimiento y herramientas para la gestión del riesgo de desastres en el Perú. Su método para evaluar la vulnerabilidad es más complejo e integral que el del INDECI, ya que considera no solo las características físicas de las edificaciones, sino también factores sociales, económicos y ambientales.

El Proceso de Análisis Jerárquico

El método del CENEPRED se basa en el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), una técnica de toma de decisiones que permite evaluar múltiples criterios y establecer ponderaciones entre ellos. Este proceso permite determinar la importancia relativa de cada factor en la vulnerabilidad total.

El análisis se desarrolla considerando tres factores fundamentales: exposición, fragilidad y resiliencia.

1. Exposición

La exposición analiza la cantidad, distribución y características de los elementos ubicados dentro de las áreas afectadas por un peligro determinado. Este análisis permite identificar qué tan susceptibles son los componentes sociales, económicos y ambientales de sufrir daños directos o indirectos, considerando su proximidad, permanencia y relación con la zona de influencia del fenómeno natural.

Por ejemplo, en una zona de riesgo sísmico, la exposición considera cuántas viviendas, personas, escuelas, hospitales y otras infraestructuras se encuentran en el área afectada.

2. Fragilidad

La fragilidad evalúa las condiciones internas que hacen que un elemento expuesto sea más propenso a sufrir daños. En este análisis se consideran factores como:

- La calidad constructiva de las edificaciones.
- El nivel socioeconómico de la población.
- La dependencia de actividades económicas vulnerables.
- El estado de conservación de los ecosistemas.

A mayor fragilidad, mayor será el nivel de afectación frente a un evento de igual intensidad.

3. Resiliencia

La resiliencia se relaciona con la capacidad de respuesta, adaptación y recuperación de la población, las actividades económicas y el medio ambiente ante un fenómeno natural. Este factor incluye aspectos como:

- La organización social y redes comunitarias.
- El acceso a servicios básicos.
- La capacidad institucional.
- La preparación ante emergencias.
- La capacidad de regeneración de los ecosistemas.

La resiliencia permite reducir los impactos negativos y restablecer las condiciones previas al evento.

Las tres dimensiones de la vulnerabilidad

El método del CENEPRED evalúa la vulnerabilidad en tres dimensiones fundamentales:

1) Dimensión social

La dimensión social analiza la población y los servicios esenciales. La exposición social se refiere a la localización de la población dentro de las zonas de peligro. La fragilidad social considera las condiciones socioeconómicas que limitan la capacidad de protección (pobreza, hacinamiento, bajo nivel educativo). La resiliencia social evalúa la capacidad de organización y respuesta de la comunidad.

2) Dimensión económica

La dimensión económica considera las actividades productivas, la infraestructura económica y los medios de vida. La exposición económica identifica las actividades y bienes económicos localizados en zonas de peligro. La fragilidad económica evalúa la dependencia de actividades vulnerables y la limitada capacidad financiera para enfrentar pérdidas. La resiliencia económica se relaciona con la capacidad de reactivación productiva y acceso a financiamiento.

3) Dimensión ambiental

La dimensión ambiental analiza los ecosistemas y recursos naturales. La exposición ambiental identifica los ecosistemas ubicados en zonas susceptibles al fenómeno natural. La fragilidad ambiental evalúa el grado de degradación de los ecosistemas. La resiliencia ambiental considera la capacidad natural de los ecosistemas para regenerarse y mantener sus funciones.

Determinación de los niveles de vulnerabilidad

La determinación de los niveles de vulnerabilidad se realiza mediante la integración de los factores evaluados en cada dimensión, aplicando procedimientos multicriterio que permiten establecer categorías de vulnerabilidad, generalmente clasificadas como:

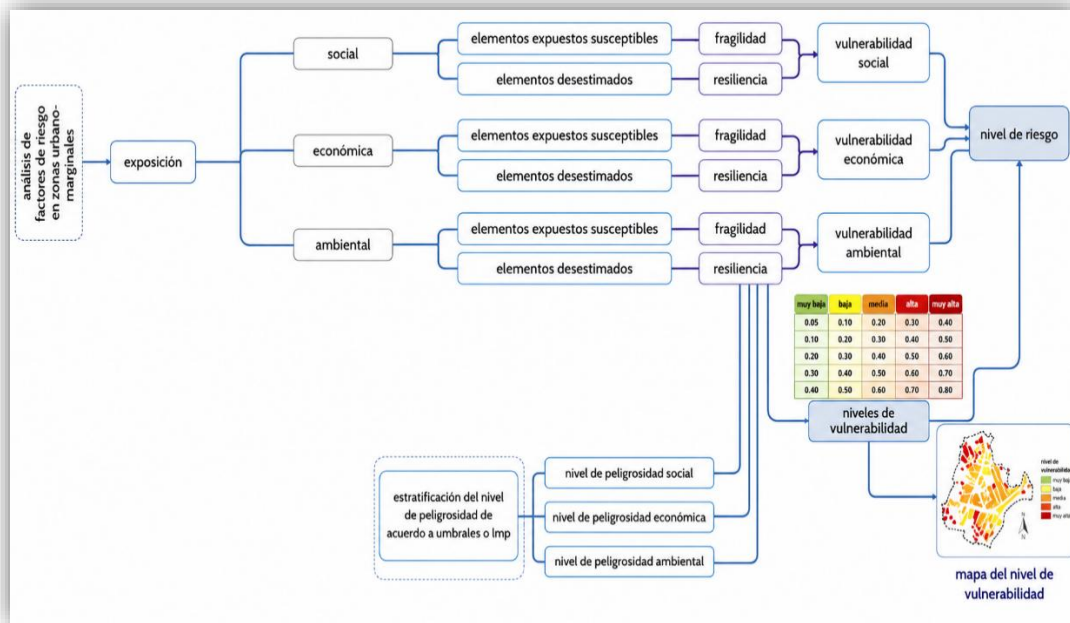
- Vulnerabilidad baja
- Vulnerabilidad media
- Vulnerabilidad alta
- Vulnerabilidad muy alta

Esta clasificación facilita la identificación de áreas críticas y la priorización de intervenciones.

El mapa de vulnerabilidad

El resultado final del análisis es un mapa de vulnerabilidad que representa de manera espacial los niveles obtenidos, integrando información social, económica y ambiental. Esta herramienta cartográfica constituye un insumo fundamental para la estimación del riesgo, la formulación de medidas de prevención y reducción, y la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes.

Flujograma del método CENEPRED



Fuente: CENEPRED.

Ventajas y limitaciones

El método del CENEPRED tiene la ventaja de ser integral, considerando múltiples dimensiones de la vulnerabilidad. Proporciona un diagnóstico completo que permite entender no solo las debilidades físicas, sino también las causas sociales y económicas del riesgo.

Sin embargo, su aplicación es más compleja y requiere más tiempo y recursos que el método del INDECI. Necesita personal especializado y sistemas de información geográfica para su implementación adecuada.

2.3 El método FEMA P-154: la evaluación visual rápida

El método FEMA P-154, conocido como "Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards", fue desarrollado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de Estados Unidos (FEMA, por sus

siglas en inglés). Es uno de los métodos más utilizados a nivel internacional para la evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones.

¿En qué consiste?

El FEMA P-154 es un método cualitativo que permite identificar edificaciones potencialmente vulnerables mediante una inspección visual rápida desde el exterior de la edificación. El evaluador registra información sobre el sistema estructural, la altura, la antigüedad, las irregularidades geométricas, el tipo de suelo y otros factores que pueden influir en el comportamiento sísmico.

A cada edificación se le asigna un puntaje básico según su sistema estructural, el cual se modifica con factores de ajuste por irregularidades, antigüedad y tipo de suelo. El resultado final es un índice que indica si la edificación requiere o no una evaluación estructural más detallada.

El formulario FEMA P-154

El método utiliza un formulario estandarizado que incluye:

- Información general: Localización, número de pisos, año de construcción, área de construcción, nombre del edificio y uso.
- Croquis: Espacio para esquematizar irregularidades tanto en planta como en elevación.
- Ocupación: Número de personas que ocupan la edificación.
- Tipo de suelo: Clasificación del suelo de cimentación.
- Elementos no estructurales: Presencia de elementos que puedan desprenderse y causar daños.
- Sistemas estructurales: 15 tipologías estructurales con índices básicos según el riesgo sísmico de la localidad.

- Factores de ajuste: Modificadores por altura, irregularidades, antigüedad, etc.

Formulario FEMA P-154

rapid visual screening of Buildings for potential seismic hazards FEMA-154 Data Collection Form												HIGH Seismicity									
												Address: _____ Zip _____ Other Identifiers _____ No. Stories _____ Year Built _____ Screener _____ Date _____ Total Floor Area (sq. ft.) _____ Building Name _____ Use _____					PHOTOGRAPH				
OCCUPANCY				SOIL				TYPE				FALLING HAZARDS									
Assembly Commercial Emer. Services		Govt Historic Industrial		Office Residential School		Number of Persons 0 – 10 11 – 100 101 – 1000 1000+		A B C D E F Hard Avg. Dense Stiff Soft Poor Rock Rock Soil Soil Soil Soil				☐ Unreinforced Chimneys		☐ Parapets		☐ Cladding		☐ Other: _____			
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S																					
BUILDING TYPE		W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (SW)	S4 (S<2)	S5 (S≥2)	C1 (MRF)	C2 (BR)	C3 (URM INF)	PC1 (TIL)	PC2	RM1 (PS)	RM2 (PB)	URM					
Basic Score		4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8					
Mid Rise (4 to 7 stories)		N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0					
High Rise (> 7 stories)		N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A					
Vertical Irregularity		-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0					
Plan Irregularity		-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5					
Pre-Code		0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2					
Post-Benchmark		+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	+2.4	+2.4	N/A	+2.8	+2.8	N/A					
Soil Type C		0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4					
Soil Type D		0.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8					
Soil Type E		0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8					
FINAL SCORE, S																					
COMMENTS															Detailed Evaluation Required YES NO						
* = Estimated, subjective, or unreliable data BR = Braced frame MRF = Moment-resisting frame SW = Shear wall PS = Precast diaphragm URM INF = Unreinforced masonry infill TIL = Tilt up																					

Fuente: FEMA P-154.

Los sistemas estructurales

El FEMA P-154 clasifica las edificaciones en 15 tipos estructurales, agrupados en cinco categorías principales (Quispe Chipana & Mamani Gallegos, 2021):

- Madera (W1, W2)
- Acero (S1, S2, S3, S4, S5)
- Concreto armado (C1, C2, C3)
- Mampostería (RM1, RM2, URM)
- Sistemas prefabricados y compuestos (PC1, PC2)

Cada tipo estructural tiene un puntaje básico (B_s) que refleja su comportamiento sísmico esperado. Por ejemplo, los sistemas de concreto armado con muros de corte (C2) tienen puntajes más altos (menor vulnerabilidad) que los sistemas de mampostería no reforzada (URM).

Factores de ajuste

El puntaje básico se modifica mediante factores de ajuste que consideran:

Factores negativos (aumentan la vulnerabilidad) :

- Irregularidades en planta (esquinas entrantes, proporciones inadecuadas, discontinuidad de piso).
- Irregularidades en elevación (piso blando, escalonamiento, masa concentrada).
- Edificaciones adyacentes con separaciones insuficientes (golpeteo sísmico).
- Columnas cortas.

- Mal mantenimiento.
- Suelos blandos.

Factores positivos (disminuyen la vulnerabilidad) :

- Diseño bajo códigos sísmicos modernos.
- Suelos firmes (roca).

Cálculo de la calificación final

La calificación final (S) se obtiene sumando algebraicamente el puntaje básico del sistema estructural y todos los modificadores identificados durante la inspección:

$$S = B_s + \Sigma \text{ factores de ajuste}$$

El valor obtenido se compara con una puntuación de corte (S_0) , que generalmente se establece en 2. Si la calificación final es menor o igual que 2 ($S \leq 2$), la edificación requiere una evaluación estructural más detallada. Si es mayor que 2 ($S > 2$), se considera que tiene un desempeño sísmico aceptable.

Probabilidad de colapso

El índice S está relacionado con la probabilidad de colapso de la edificación ante un sismo severo. Una edificación con $S = 2$ tiene una probabilidad de colapso de 1 en 100 (1 %). Valores más bajos indican mayor probabilidad de colapso. Por ejemplo, $S = 1$ significa probabilidad de colapso de 1 en 10 (10 %), y $S = 0$ significa probabilidad de colapso de 1 en 1 (100 %).

Ventajas y limitaciones

El método FEMA P-154 tiene varias ventajas significativas:

- **Rapidez:** Permite evaluar una edificación en aproximadamente 15-30 minutos.
- **Estandarización:** Utiliza un formulario y criterios estandarizados.
- **Aplicabilidad a gran escala:** Ideal para evaluar inventarios urbanos completos.
- **Priorización:** Permite identificar y priorizar edificaciones que requieren estudios más detallados.

Sin embargo, también presenta limitaciones:

- **Dependencia de la apreciación visual:** La precisión depende del criterio y experiencia del evaluador.
- **No sustituye un análisis estructural:** Es una herramienta de tamizaje, no de diagnóstico definitivo.
- **Requiere adaptación local:** Los sistemas estructurales y factores de ajuste fueron diseñados para el contexto estadounidense y pueden no ser directamente aplicables a tipologías constructivas locales como el adobe o la quinchá.
- **Subjetividad en algunos criterios:** Algunos factores de ajuste, como "mal mantenimiento", son difíciles de cuantificar objetivamente.

2.4 Otras metodologías complementarias

Además de los tres métodos principales, existen otras metodologías complementarias que abordan aspectos específicos de la vulnerabilidad o se enfocan en amenazas particulares. Conocerlas es importante porque, como veremos en los capítulos siguientes, las zonas urbano-marginales no solo

enfrentan riesgos sísmicos, sino también inundaciones, deslizamientos y otros fenómenos.

2.4.1. El enfoque de PREDES

El Proyecto Regional de Educación para la Prevención de Desastres (PREDES) es una iniciativa que ha diseñado metodologías para el análisis de vulnerabilidad y riesgo físico ante inundaciones y sismos, especialmente en centros urbanos de la región andina.

El método de PREDES se basa en el análisis de tres variables principales:

1) Materiales predominantes de construcción

Algunos materiales son más vulnerables tanto a inundaciones como a sismos. Por ejemplo, el adobe es especialmente frágil ante ambos fenómenos. El método de PREDES clasifica los materiales según su vulnerabilidad, siendo los más vulnerables aquellos que reciben los puntajes más altos.

2) Alturas de edificación

A mayor altura, se incrementa la vulnerabilidad ante sismos. Las edificaciones de varios pisos tienen mayor masa y están sujetas a mayores fuerzas sísmicas, lo que aumenta su vulnerabilidad.

3) Estado de conservación de las edificaciones

El mal o muy mal estado de conservación vuelve vulnerables a las edificaciones frente a inundaciones y sismos, inclusive sin necesidad de que ocurran estos fenómenos, podrían desplomarse.

Estas tres variables se obtienen de la base de datos catastral, actualizada con trabajo de campo, y se enlazan a través de sistemas de información geográfica (SIG) para generar mapas temáticos.

2.4.2. Evaluación frente a inundaciones

El método de PREDES incluye un enfoque específico para la evaluación de la vulnerabilidad ante inundaciones, considerando variables adicionales como:

- Emplazamiento al borde del río o cursos de agua: Las edificaciones que tienen esta condición son más vulnerables.
- Zonas bajas con respecto a la vía: En algunas ciudades existen manzanas cuyo nivel se encuentra por debajo de la vía, lo cual, en caso de inundaciones, puede originar el ingreso del agua a las edificaciones.

El método utiliza dos enfoques complementarios:

Metodología cualitativa

Identifica las manzanas o frentes de manzana que tienen los indicadores críticos de vulnerabilidad, estableciendo una relación directa entre la zona de peligro y el nivel de vulnerabilidad.

Metodología heurística

Combina lo cualitativo con lo cuantitativo mediante los siguientes pasos:

- 1) Elección de las variables más representativas de vulnerabilidad ante inundaciones.
- 2) Asignación de un peso (ponderación) a cada variable, de acuerdo con su incidencia.
- 3) Asignación de un valor a cada indicador de cada variable.
- 4) Aplicación, mediante el SIG, a cada manzana, multiplicando la ponderación de la variable por el valor del indicador.
- 5) Establecimiento de rangos para definir los niveles de vulnerabilidad.

2.4.3. Evaluación frente a sismos

Para el análisis de vulnerabilidad de las edificaciones ante sismos, PREDES utiliza la misma metodología heurística descrita para inundaciones, pero con otras variables e indicadores. Las variables consideradas incluyen:

- Materiales predominantes de construcción: Los materiales más frágiles (adobe, tapial) reciben mayor ponderación.
- Altura de la edificación: mayor altura implica mayor vulnerabilidad.
- Estado de conservación: El peor estado implica mayor vulnerabilidad.
- Configuración geométrica: Irregularidades en planta y elevación incrementan la vulnerabilidad.
- Tipo de suelo: Suelos blandos amplifican las ondas sísmicas.

2.4.4. Síntesis de los métodos

Para facilitar la comprensión de las diferencias y similitudes entre los métodos presentados, a continuación se presenta un cuadro comparativo:

Método	Institución	Enfoque	Variables principales	Resultado	Aplicabilidad
INDECI	INDECI (Perú)	Cualitativo	12 características de la vivienda	Nivel de vulnerabilidad (bajo a muy alto)	Evaluación rápida de viviendas individuales
CENEPR ED	CENEPRED (Perú)	Integral (cualitativo-cuantitativo)	Exposición, fragilidad, resiliencia; dimensiones social, económica, ambiental	Mapa de vulnerabilidad	Planificación territorial y gestión del riesgo
FEMA P-154	FEMA (EE.UU.)	Cualitativo	Sistema estructural, irregularidades,	Índice S y probabilidad de colapso	Evaluación rápida de

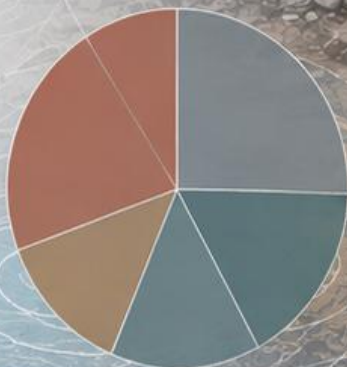
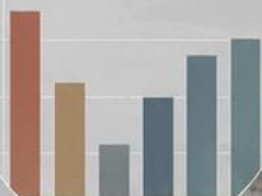
Método	Institución	Enfoque	Variables principales	Resultado	Aplicabilidad
			tipo de suelo, antigüedad		inventarios urbanos
PREDES	PREDES (Región Andina)	Cualitativo y heurístico	Materiales, altura, estado de conservación; variables específicas para inundaciones y sismos	Nivel de vulnerabilidad y mapas temáticos	Centros urbanos pequeños y medianos

Conclusión del capítulo

Como hemos visto a lo largo de este capítulo, existen múltiples herramientas para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones. Cada método tiene sus propias características y es adecuado para diferentes contextos y objetivos.

El método del INDECI es sencillo y práctico, ideal para evaluaciones rápidas de viviendas individuales. El método del CENEPRED ofrece un enfoque integral que considera múltiples dimensiones del riesgo. El método FEMA P-154 proporciona una evaluación estandarizada y rápida, ampliamente utilizada a nivel internacional. Y el enfoque de PREDES complementa los anteriores con una visión específica para inundaciones y sismos en contextos andinos.

En los capítulos siguientes, aplicaremos estos métodos en las siete zonas de estudio de Huánuco, para determinar el nivel de vulnerabilidad de sus edificaciones y proponer medidas de mitigación adecuadas.



CAPÍTULO III: ¿CÓMO ESTÁN NUESTRAS VIVIENDAS? UN DIAGNÓSTICO EN SIETE ZONAS DE HUÁNUCO



Hasta ahora hemos definido qué es la vulnerabilidad, hemos revisado los conceptos clave y hemos conocido las herramientas que nos permiten evaluarla. Llegó el momento de poner todo ese conocimiento en práctica. En este capítulo, realizaremos un recorrido por siete asentamientos humanos y zonas urbano-marginales de la ciudad de Huánuco para conocer, en detalle, cómo viven sus habitantes, cuáles son los riesgos que enfrentan y, sobre todo, qué características hacen que sus viviendas sean más o menos vulnerables frente a un sismo.

Este diagnóstico no es un simple listado de problemas. Es una mirada profunda a la realidad de miles de familias que, día a día, habitan viviendas construidas sin criterios técnicos, en terrenos inestables y con materiales inadecuados. Conocer esta realidad es el primer paso para poder transformarla.

A lo largo de este capítulo, exploraremos cinco dimensiones fundamentales:

- La gente: sus condiciones de vida, su organización comunitaria y el acceso a servicios básicos.
- El entorno: los riesgos naturales y geográficos que amenazan las viviendas.
- La estructura: los sistemas constructivos y las irregularidades que afectan el comportamiento sísmico.
- La construcción: los materiales utilizados, los procesos y la presencia o ausencia de asesoría técnica.
- El suelo: el terreno sobre el cual se asientan las viviendas.

Para cada una de estas dimensiones, examinaremos los siete asentamientos que forman parte de este estudio: AA. HH. Aparicio Pomares, AA. HH. Jorge Chávez, Cayhuayna Alta, San Luis (Sectores I al V), Jancao Alto, La Florida y el Centro Poblado de Llicua.

3.1 La gente: condiciones de vida y organización comunitaria

Las condiciones de vida de los habitantes de las zonas urbano-marginales son un factor determinante de la vulnerabilidad. No es lo mismo vivir en una vivienda segura, con acceso a servicios básicos y una comunidad organizada, que hacerlo en una vivienda precaria, sin agua ni desagüe, y sin redes de apoyo. La pobreza, la falta de educación y la ausencia de planificación urbana no solo limitan el acceso a una vivienda adecuada, sino que también reducen la capacidad de las familias para prepararse y responder ante un desastre.

A continuación, exploraremos las condiciones sociales de cada uno de los siete asentamientos.

3.1.1. AA.HH. Aparicio Pomares

El asentamiento humano Aparicio Pomares es uno de los más consolidados entre los estudiados. Sus habitantes tienen acceso a los servicios básicos de agua y desagüe, y algunos cuentan incluso con conexión a internet. En materia de infraestructura social, el asentamiento dispone de un centro de salud y colegios que brindan educación en los tres niveles (inicial, primaria y secundaria).

Sin embargo, la calidad vial es deficiente. La mayoría de sus calles no están pavimentadas y son muy estrechas, lo que dificulta el tránsito vehicular y, en caso de emergencia, complica las labores de evacuación y el acceso de vehículos de rescate. Esta situación es el resultado de un crecimiento poblacional acelerado que ha saturado el espacio geográfico disponible, sin una planificación urbana adecuada.

A pesar de estas limitaciones, la población de Aparicio Pomares muestra cierto nivel de organización comunitaria, con juntas vecinales que gestionan mejoras locales y coordinan acciones ante situaciones de emergencia.

3.1.2. AA. HH. Jorge Chávez

El asentamiento humano Jorge Chávez presenta una realidad más precaria. Más del 50 % de las viviendas no cuentan con acceso a desagüe, y solo el 70 % tiene acceso a los servicios de agua y electricidad. Esto refleja una condición socioeconómica de pobreza que limita el acceso a servicios básicos esenciales.

En cuanto a los servicios de salud y educación, el asentamiento cuenta con postas médicas y centros educativos, pero estos se encuentran alejados de las zonas más pobladas, lo que obliga a los residentes a recorrer largas distancias

para acceder a ellos. La calidad vial también es deficiente: aunque existen calles principales bien definidas, ninguna está pavimentada.

La falta de servicios básicos y la lejanía de los centros de salud y educación son factores que incrementan la vulnerabilidad de la población, no solo frente a sismos, sino también ante cualquier situación de emergencia.

3.1.3. Cayhuayna Alta

Cayhuayna Alta es una zona urbano-marginal donde la mayoría de las viviendas son de uso residencial. Sin embargo, no toda la población tiene acceso a los servicios de agua y desagüe, lo que refleja la condición periférica del asentamiento. A esto se suma una alta densidad demográfica que ha generado una expansión urbana descontrolada, sin considerar la creación de espacios públicos como parques o la ubicación estratégica de centros de salud.

Las calles, en muchas partes del asentamiento, son extremadamente estrechas, lo que dificulta el tránsito y la movilización en caso de emergencia. La falta de planificación urbana y la carencia de servicios básicos son características comunes en esta zona, que comparte con otros asentamientos de la periferia de Huánuco.

3.1.4. San Luis Sectores 1, 2, 3, 4 y 5

El asentamiento de San Luis es el más extenso de los estudiados, por lo que su realidad no es homogénea. Sin embargo, comparte características comunes como el crecimiento acelerado de la población y la baja planificación urbana, lo que genera una calidad de vida baja debido al poco acceso a los servicios de salud y educación. Los residentes deben recorrer grandes distancias para acceder a estos servicios.

Los sectores 1, 2 y 3 evidencian una carencia económica mayor en comparación con los sectores 4 y 5. En estos sectores, casi el 50 % de la población no cuenta con acceso a agua y desagüe. Además, el espacio geográfico saturado ha generado calles muy estrechas que dificultan la movilidad y la evacuación.

En los sectores 4 y 5, la situación es ligeramente mejor, pero la falta de servicios básicos y la precariedad de las construcciones siguen siendo problemas centrales.

3.1.5. Jancao Alto

El asentamiento humano Jancao Alto alberga una población con una condición socioeconómica que oscila entre pobre y pobre extremo. Esto se refleja en el acceso limitado a servicios básicos: solo el 80 % de las viviendas tiene acceso a agua potable, y apenas el 57 % cuenta con desagüe.

Los servicios de salud y educación no se encuentran cerca del asentamiento, lo que obliga a los residentes a desplazarse largas distancias para acceder a ellos. Esta situación agrava la vulnerabilidad de la población, especialmente en casos de emergencia, cuando el acceso rápido a atención médica puede ser crítico.

3.1.6. La Florida

La Florida presenta una población con una condición socioeconómica de pobreza generalizada. El rápido crecimiento poblacional ha generado un desarrollo urbano desordenado, con calles de acceso reducido que dificultan la movilidad. Con la rápida expansión poblacional, se dejaron de lado los servicios

de salud y educación, que se crearon lejos de la zona de estudio, lo que obliga a los residentes a largos desplazamientos.

A pesar de estas carencias, la comunidad muestra cierto nivel de organización vecinal, aunque todavía insuficiente para enfrentar una emergencia de gran escala.

3.1.7. Centro Poblado de Llicua

El Centro Poblado de Llicua presenta dos condiciones socioeconómicas diferenciadas: una zona de población no pobre, ubicada en la parte baja, y una zona marginal, ubicada en las laderas y cerros, donde la pobreza es más evidente. El crecimiento urbano no controlado ha generado accesos estrechos en la zona marginal, lo que dificulta el tránsito y la evacuación.

El lugar cuenta con acceso a servicios de salud y educación, pero estos están ubicados en la zona no pobre, lo que obliga a los residentes de la zona marginal a recorrer largas distancias para acceder a ellos.

3.2 El entorno: riesgos naturales y geográficos

El entorno físico en el que se ubican las viviendas es un factor determinante de su vulnerabilidad. Una vivienda puede estar bien construida, pero si se encuentra en una ladera inestable, cerca de una quebrada o en una zona propensa a inundaciones, su riesgo será alto. Por el contrario, una vivienda con deficiencias constructivas pero ubicada en un terreno firme y estable puede tener un riesgo menor.

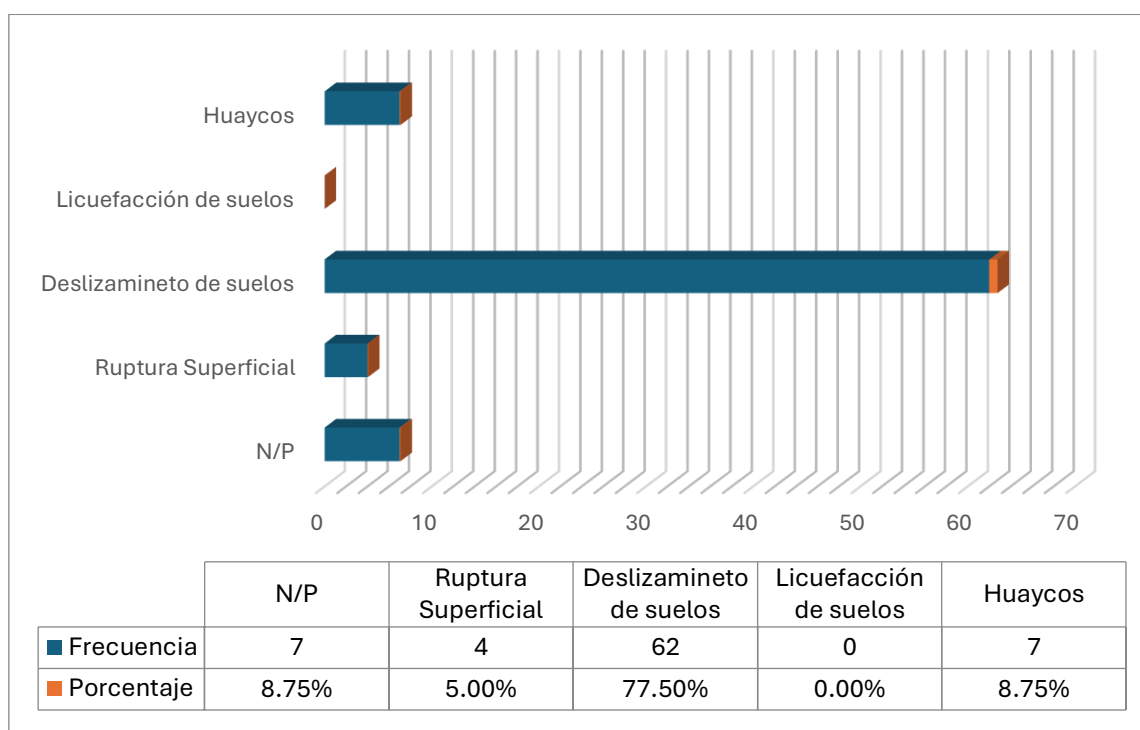
En esta sección, analizaremos los riesgos naturales y geográficos que enfrenta cada uno de los siete asentamientos.

3.2.1. AA.HH. Aparicio Pomares

De las 80 viviendas evaluadas en Aparicio Pomares, se identificaron diversos riesgos geológicos:

- Deslizamiento de suelos: 62 viviendas (77.5 %) presentaban este riesgo, lo que indica que la mayoría de las viviendas se encuentran en laderas o zonas con pendientes pronunciadas.
- Riesgo de huaycos: 7 viviendas (8.75 %) se encuentran en zonas propensas a huaycos.
- Ruptura superficial: 4 viviendas (5 %) presentaban este riesgo.
- Sin riesgo geológico: Solo 7 viviendas (8.75 %) no presentaban ningún riesgo geológico.

Gráfico 1. Riesgo geológico en viviendas (Aparicio Pomares)

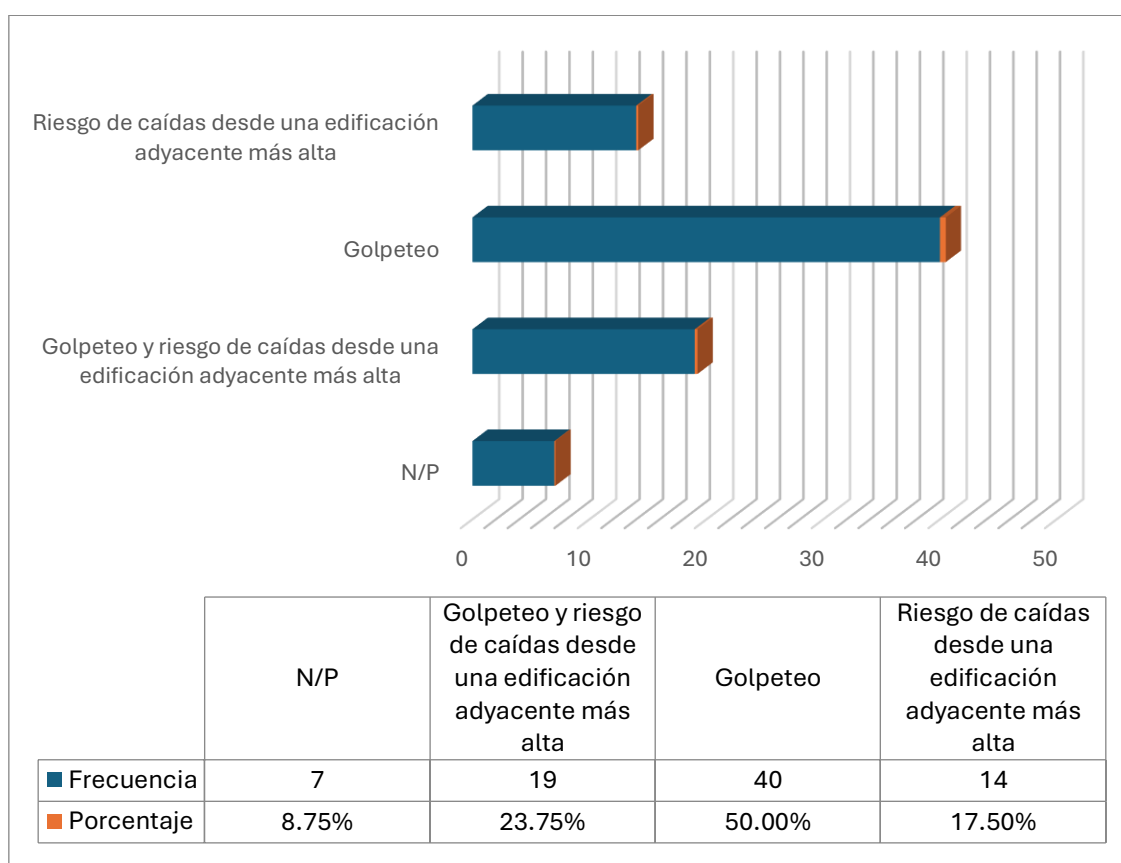


Fuente: Elaboración propia.

Además, se evaluaron los riesgos adyacentes, es decir, aquellos que provienen de edificaciones vecinas:

- Golpeteo: 40 viviendas (50 %) presentaban riesgo de golpeteo entre edificaciones adyacentes por falta de juntas sísmicas.
- Caídas desde edificación adyacente más alta: 14 viviendas (17.5 %) presentaban este riesgo.
- Ambos riesgos: 19 viviendas (23.75 %) presentaban ambos riesgos.
- Sin riesgo adyacente: Solo 7 viviendas (8.75 %) no presentaban riesgos adyacentes.

Gráfico 2. Riesgo adyacente en viviendas (Aparicio Pomares)



Fuente: Elaboración propia.

Estos datos evidencian que la gran mayoría de las viviendas en Aparicio Pomares están expuestas a riesgos geológicos y adyacentes que incrementan significativamente su vulnerabilidad.

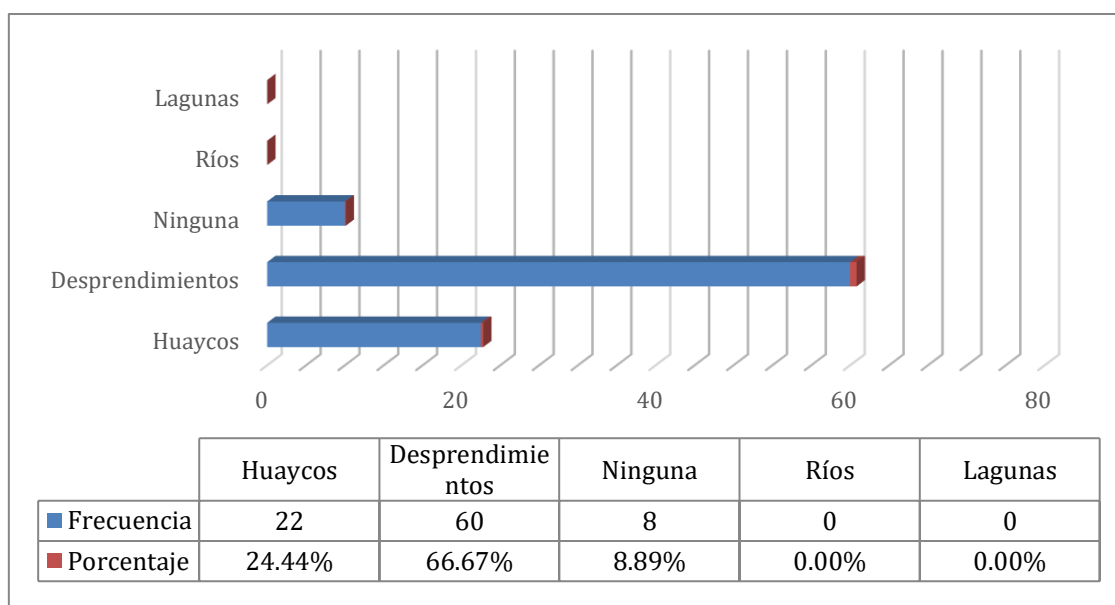
3.2.2. AA. HH. Jorge Chávez

En Jorge Chávez, los riesgos geomorfológicos son igualmente preocupantes:

- Riesgo de desprendimientos: 60 viviendas (66.7 %) se ubican en zonas propensas a desprendimientos de rocas o tierra.
- Riesgo de huaicos: 22 viviendas (24.4 %) se encuentran en zonas con riesgo de huaicos.
- Sin riesgo: Solo 8 viviendas (8.9 %) no presentan riesgos geomorfológicos.

Ninguna vivienda se encuentra en proximidad de ríos o lagunas, lo que reduce el riesgo de inundaciones, pero la alta incidencia de desprendimientos y huaicos evidencia la fragilidad del entorno.

Gráfico 3. Riesgos geomorfológicos (Jorge Chávez)



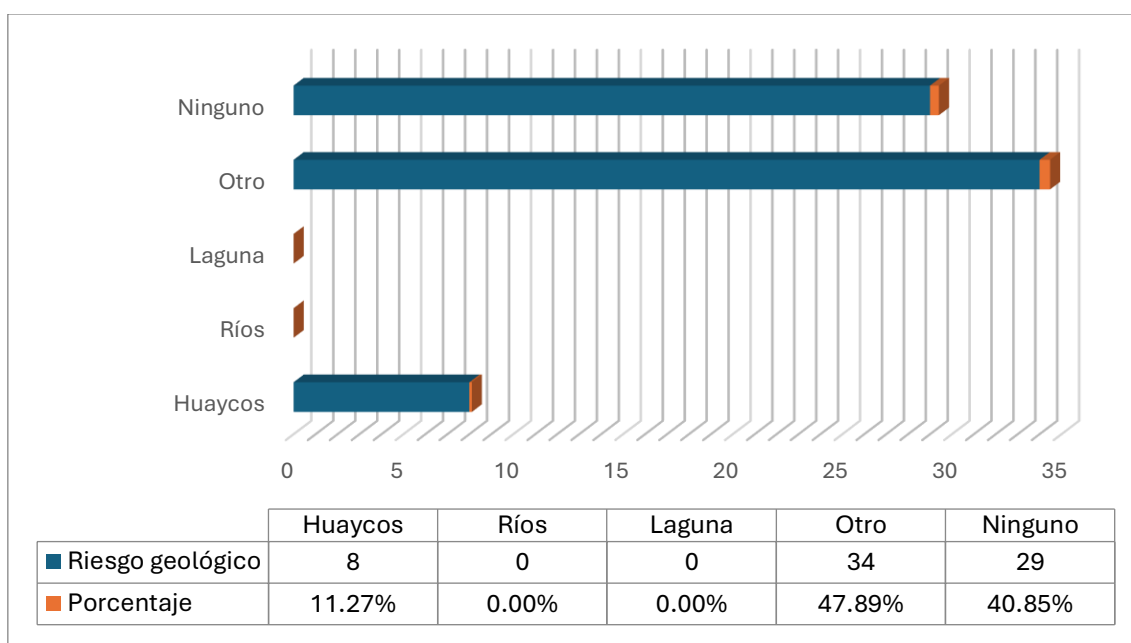
Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Cayhuayna Alta

En Cayhuayna Alta, los riesgos geomorfológicos se distribuyen de la siguiente manera:

- Zonas propensas a huaycos: 8 viviendas (11.27 %) se encuentran en áreas cercanas a zonas propensas a huaycos.
- Otras áreas vulnerables (laderas y acequias) : 34 viviendas (47.89 %) se encuentran en proximidad de laderas y acequias, lo que implica un riesgo moderado.
- Sin riesgo: 29 viviendas (40.85 %) se encuentran alejadas de zonas vulnerables.

Gráfico 4. Riesgo geomorfológico (Cayhuayna Alta)

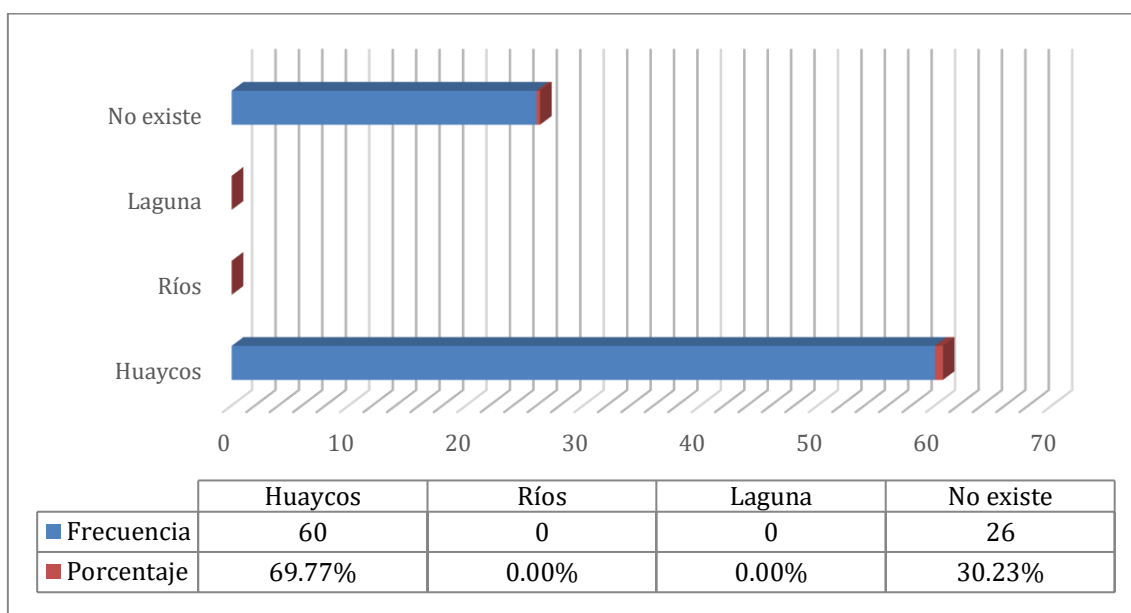


Fuente: Elaboración propia.

La ubicación de casi la mitad de las viviendas en áreas vulnerables es un factor que incrementa significativamente el riesgo en caso de lluvias intensas o sismos.

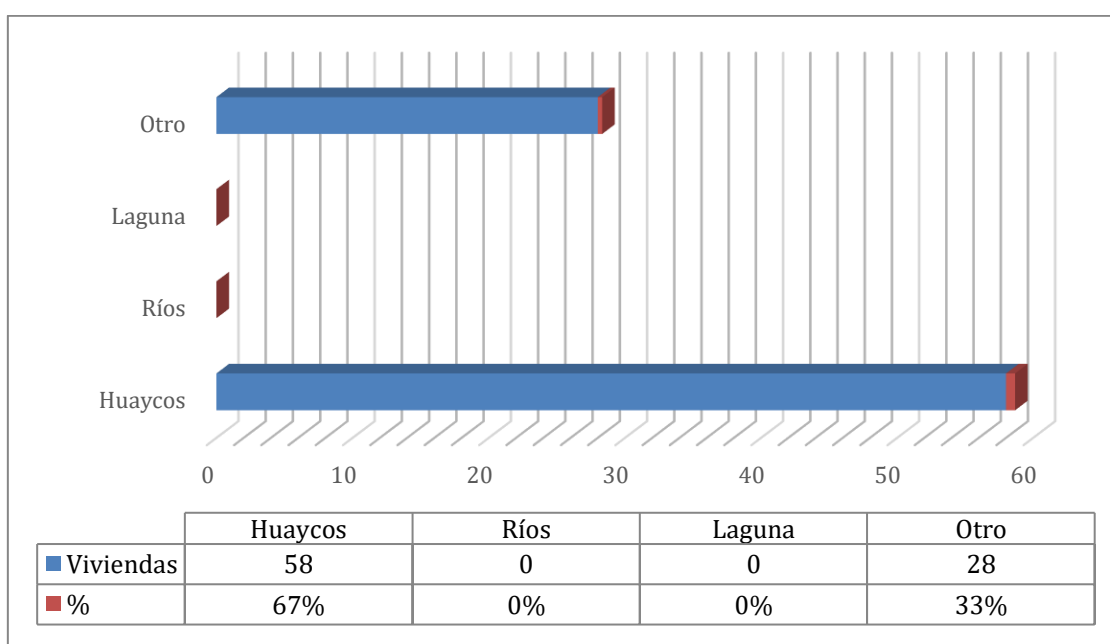
3.2.4. San Luis Sectores 1, 2, 3, 4 y 5

En los sectores 1, 2 y 3 de San Luis, el 69.77 % de las viviendas se encuentra ubicado en zonas con riesgo de huaicos, mientras que el 30.23 % restante no presenta riesgos geomorfológicos.

Gráfico 5. Riesgos geomorfológicos (San Luis 1,2,3)

Fuente: Elaboración propia.

En los sectores 4 y 5, el 67 % de las viviendas se encuentran en zonas vulnerables a huaycos en épocas de invierno, y el 33 % restante se encuentra en otras zonas de riesgo (caídas de piedras y deslizamientos de tierra), debido a la ubicación de las viviendas colindantes con una quebrada del cerro San Cristóbal.

Gráfico 6. Zonas vulnerables (San Luis 4,5)

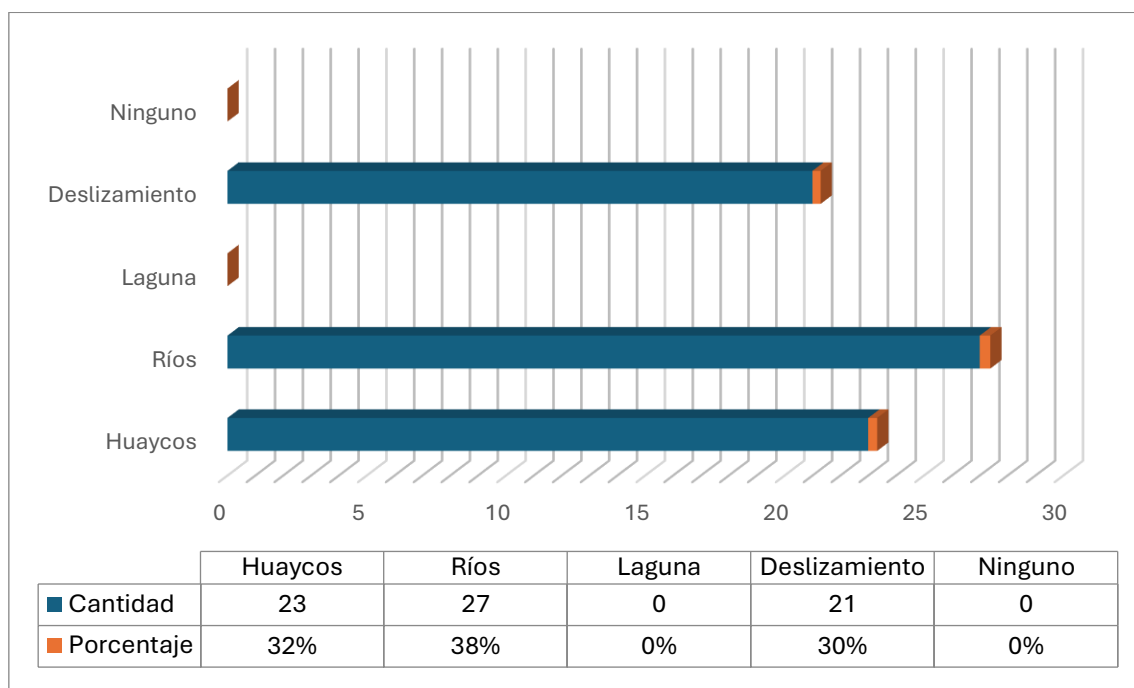
Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Jancao Alto

En Jancao Alto, los riesgos naturales se distribuyen de la siguiente manera:

- Inundaciones por cercanía al río: 38 % de las viviendas se encuentran ubicadas en zonas cercanas al río, expuestas a inundaciones y desbordamientos.
- Huaycos: 32 % de las viviendas son vulnerables a ser afectadas por huaycos.
- Deslizamientos: 30 % de las viviendas son vulnerables a deslizamientos debido a la pendiente del terreno.
- Lagunas: Ninguna vivienda se encuentra cercana a lagunas, lo que reduce el riesgo de inundaciones por desbordamiento de cuerpos de agua.

Gráfico 7. Zona de riesgo (Jancao Alto)



Fuente: Elaboración propia.

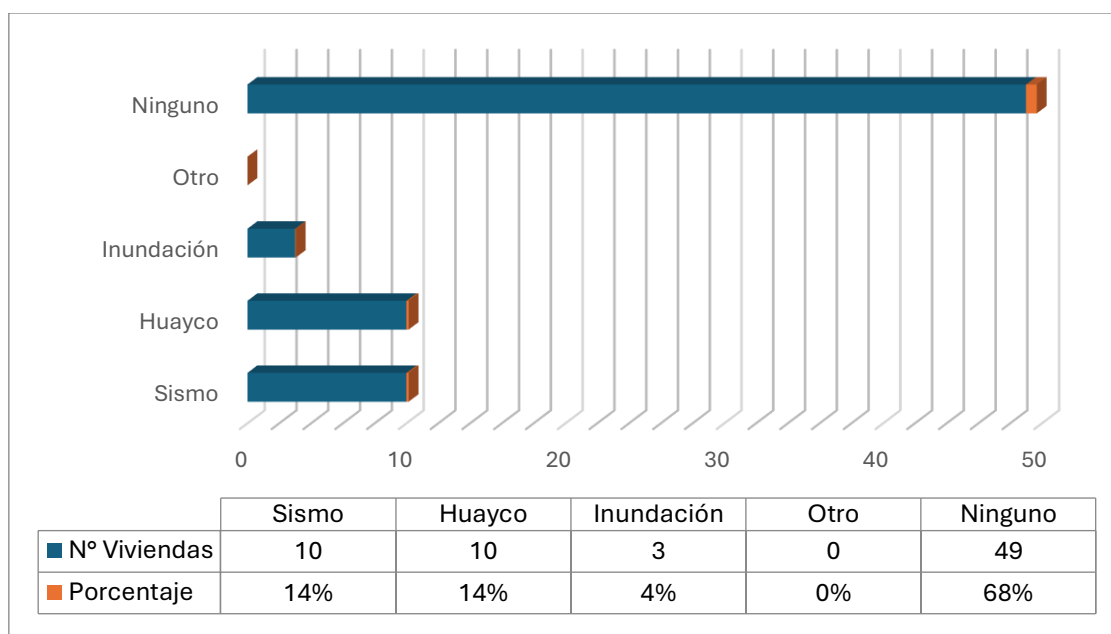
Estos datos evidencian que prácticamente la totalidad de las viviendas en Jancao Alto están expuestas a algún tipo de riesgo natural.

3.2.6. La Florida

En la Florida, los propietarios encuestados reportaron los siguientes eventos de riesgo ocurridos cerca de sus viviendas:

- Huaycos: 14 % de los encuestados afirmaron que ocurrió un huayco cerca de su zona.
- Sismos severos: 14 % reportaron que sucedió un sismo severo.
- Sin eventos o desconocimiento: 68 % mencionaron que no hubo o desconocen si sucedió algún acontecimiento de riesgo.

Gráfico 8. Eventos de riesgo (La Florida)



Fuente: Elaboración propia.

Estos datos son importantes porque reflejan la percepción de riesgo de la población, que en su mayoría no ha experimentado eventos catastróficos recientes, lo que puede generar una falsa sensación de seguridad.

3.2.7. Centro Poblado de Llicua

En el Centro Poblado de Llicua, los peligros son causados por factores meteorológicos y geológicos:

- Vientos fuertes: Ocurren entre los meses de julio y agosto (periodo seco), afectando principalmente la parte alta de Llicua.
- Lluvias intensas: se definen como fenómenos meteorológicos en los cuales la caída de agua es superior a los 60 mm en el transcurso de una hora. En Llicua, los meses más lluviosos son de diciembre a marzo.
- Sismos: Ocurren con poca regularidad, pero la zona es sísmica.

Además, la ubicación de las viviendas en laderas y cerca de quebradas incrementa el riesgo de deslizamientos y huaicos durante las lluvias intensas.

3.3 La estructura: ¿cómo están construidas las viviendas?

El sistema estructural de una vivienda determina en gran medida su comportamiento frente a un sismo. No es lo mismo una vivienda con un sistema porticado de concreto armado, que una vivienda de adobe con muros portantes sin refuerzo. En esta sección, analizaremos los sistemas estructurales predominantes y las irregularidades geométricas que afectan el comportamiento sísmico de las viviendas en los siete asentamientos.

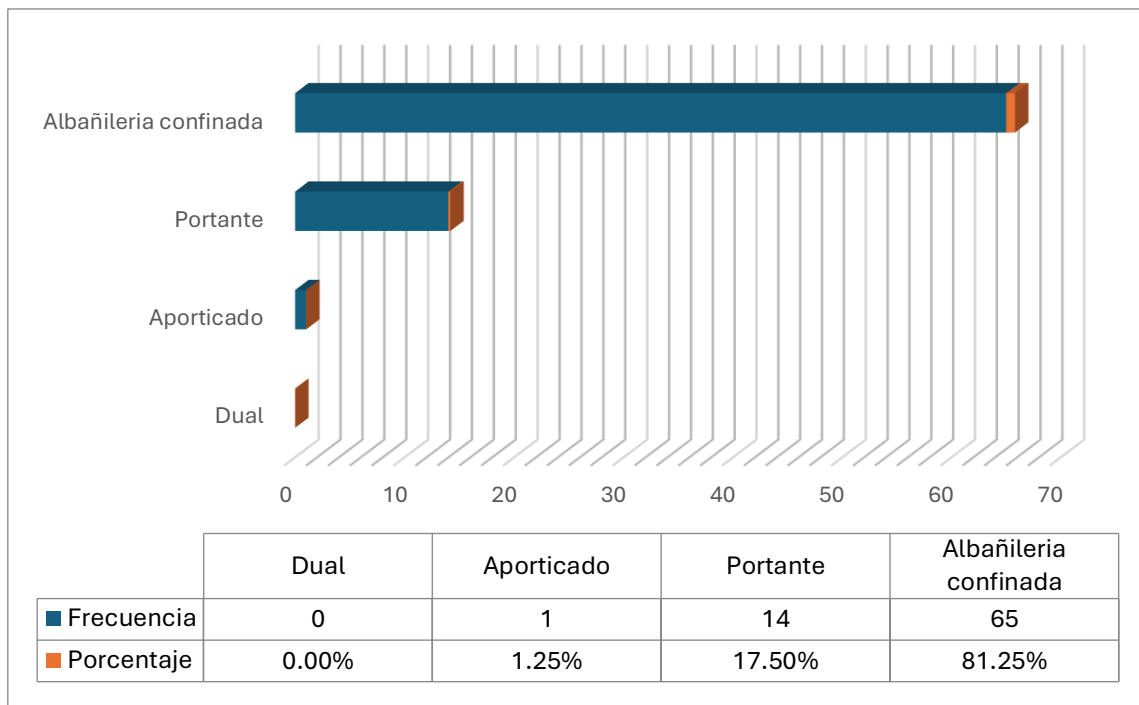
3.3.1. AA.HH. Aparicio Pomares

De las 80 viviendas evaluadas en Aparicio Pomares:

- Albañilería confinada: 65 viviendas (81.25 %) presentaban este sistema, que es el más común y consiste en muros de ladrillo con columnas y vigas de concreto que los confinan.

- Sistema portante: 14 viviendas (17.5 %) presentaban sistema portante, típico de viviendas de adobe o tapial.
- Sistema aporticado: 1 vivienda (1.25 %) presentaba sistema aporticado, con columnas y vigas que soportan la carga.
- Sistema dual: No se encontraron viviendas con sistema dual.

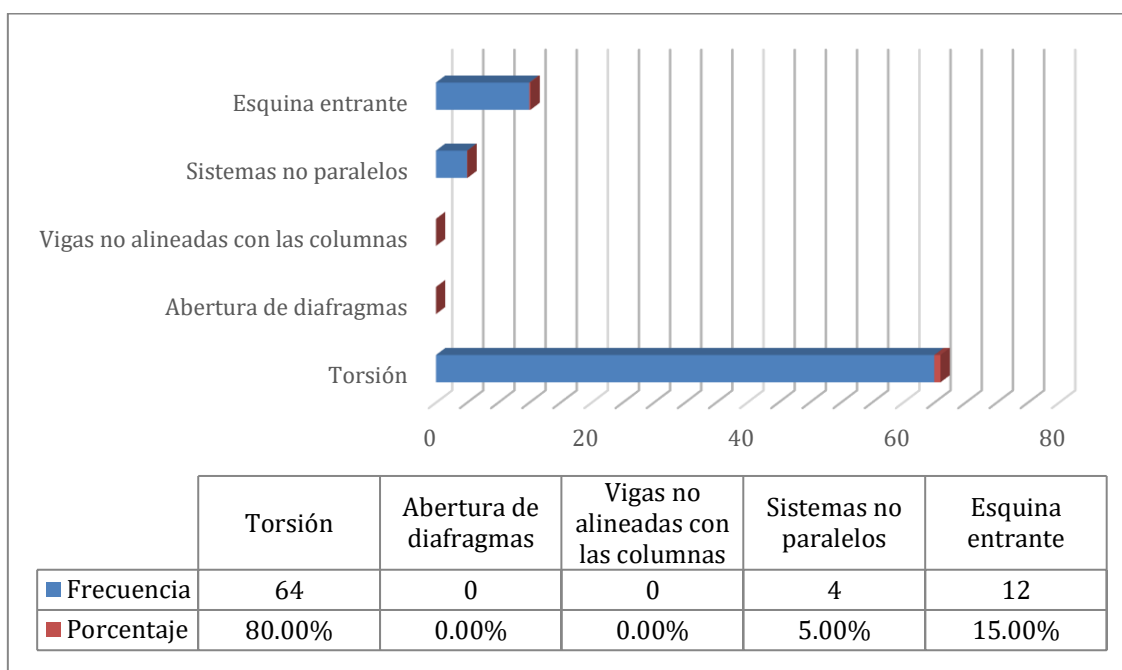
Gráfico 9. Sistema estructural (Aparicio Pomares)



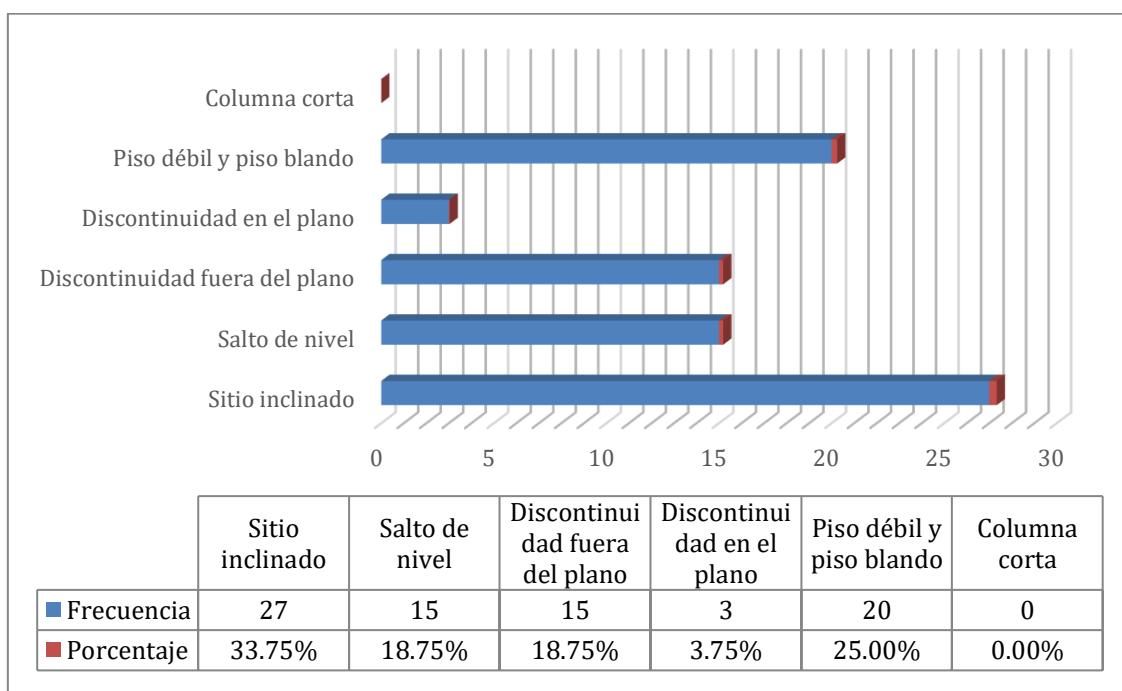
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las irregularidades geométricas:

- Irregularidades en planta: El 43.75 % de las viviendas presentaban irregularidades en planta, como proporciones inadecuadas ($L > 4a$) o esquinas entrantes.
- Irregularidades verticales: El 38.75 % de las viviendas presentaban irregularidades verticales, como discontinuidad de piso o escalonamiento.

Gráfico 10. Irregularidad en planta (Aparicio Pomares)

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11. Irregularidad vertical (Aparicio Pomares)

Fuente: Elaboración propia.

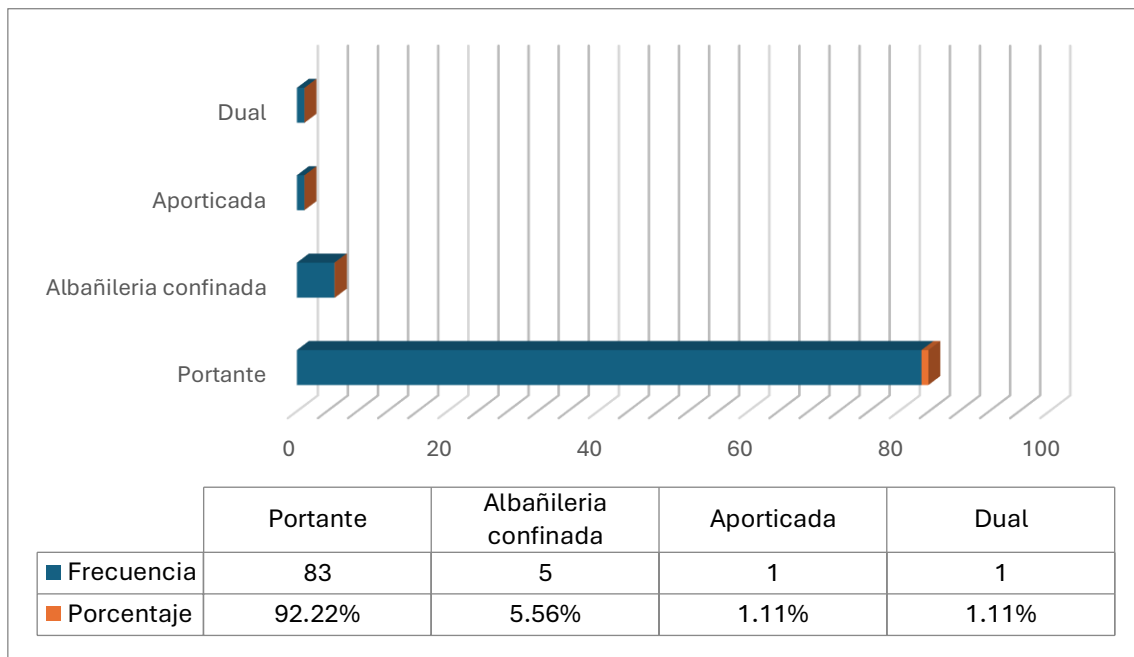
Estos porcentajes son preocupantes, ya que las irregularidades geométricas incrementan significativamente la vulnerabilidad sísmica al generar concentraciones de esfuerzos durante un sismo.

3.3.2. AA. HH. Jorge Chávez

De las 90 viviendas evaluadas en Jorge Chávez:

- Sistema portante: 83 viviendas (92.2 %) fueron construidas utilizando muros portantes, principalmente de adobe y tapial.
- Albañilería confinada: 5 viviendas (5.6 %) presentaban albañilería confinada.
- Sistema aporticado: 1 vivienda (1.1 %).
- Sistema dual: 1 vivienda (1.1 %).

Gráfico 12. Sistema estructural (Jorge Chávez)

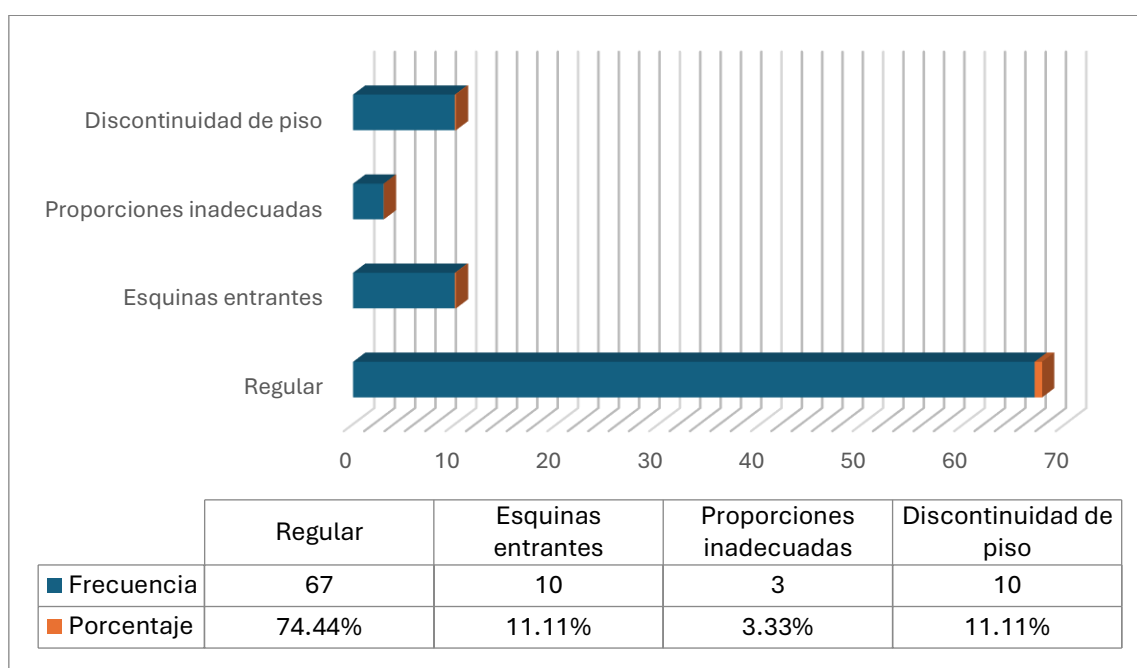


Fuente: Elaboración propia.

La predominancia del sistema portante (muros de adobe) es alarmante, ya que este sistema es especialmente vulnerable frente a sismos. En cuanto a las irregularidades horizontales:

- Discontinuidad de piso: 10 viviendas (11.1 %).
- Proporciones inadecuadas: 3 viviendas (3.3 %).
- Esquinas entrantes: 10 viviendas (11.1 %).
- Sin irregularidades: 67 viviendas (74.4 %).

Gráfico 13. Irregularidades (Jorge Chávez)



Fuente: Elaboración propia.

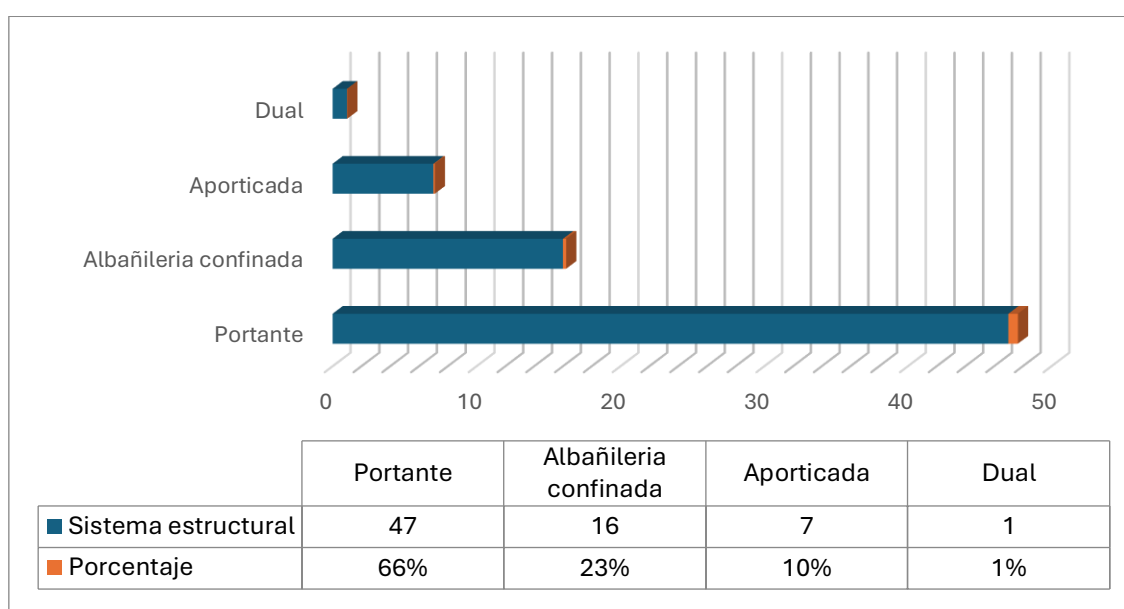
Aunque la mayoría de las viviendas son regulares en planta, la alta proporción de viviendas con sistema portante de adobe las hace altamente vulnerables.

3.3.3. Cayhuayna Alta

De las 71 viviendas evaluadas en Cayhuayna Alta:

- Sistema portante: 47 viviendas (66 %).
- Albañilería confinada: 16 viviendas (23 %).
- Sistema aporticado: 7 viviendas (10 %).
- Sistema dual: 1 vivienda (1 %).

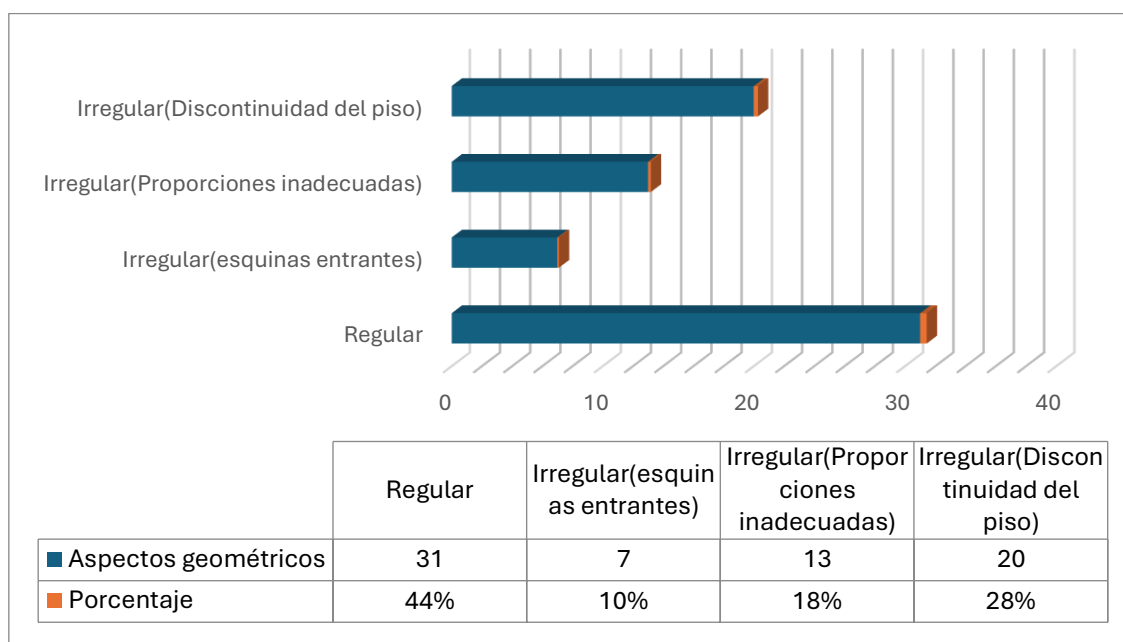
Gráfico 14. Sistema estructural (Cayhuayna Alta)



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los aspectos geométricos:

- Forma regular: 31 viviendas (44 %).
- Discontinuidad de pisos: 20 viviendas (28 %).
- Proporciones inadecuadas: 13 viviendas (18 %).
- Esquinas entrantes: 7 viviendas (10 %).

Gráfico 15. Aspectos geométricos (Cayhuayna Alta)

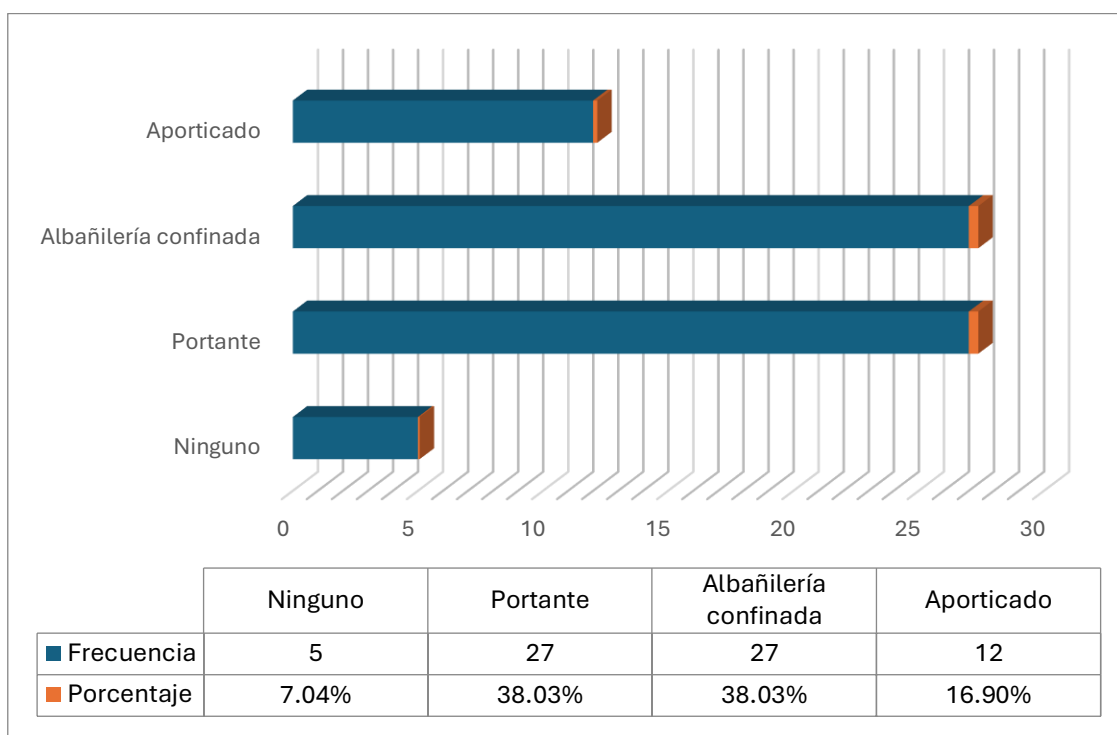
Fuente: Elaboración propia.

La alta proporción de viviendas con sistema portante y con irregularidades geométricas confirma la vulnerabilidad de esta zona.

3.3.4. San Luis Sectores 1, 2, 3, 4 y 5

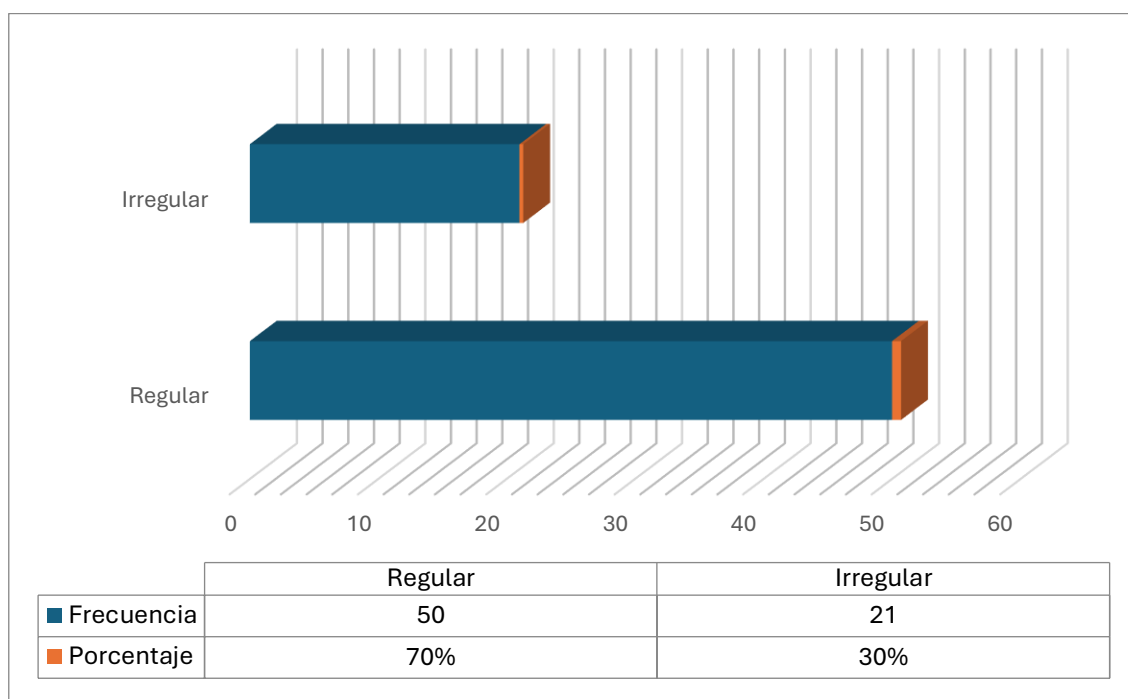
En los sectores 1, 2 y 3 de San Luis:

- Albañilería confinada: 38.03 % de las viviendas.
- Sistema portante: 38.03 %.
- Sistema aporricado: 16.90 %.
- Sin sistema definido (mezcla) : 7.04 %.

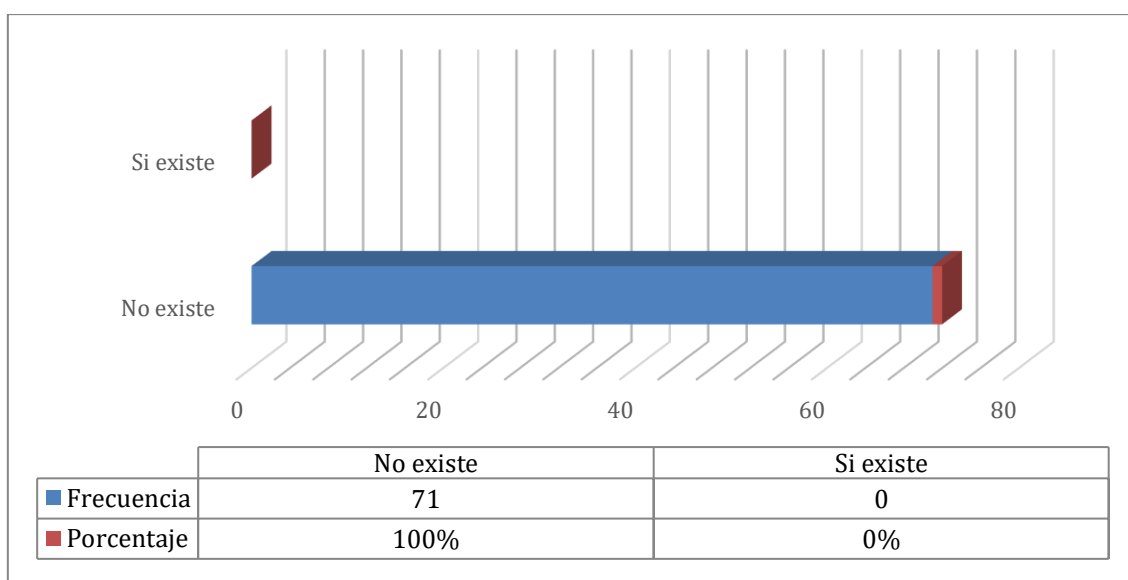
Gráfico 16. Sistema estructural (San Luis 1,2,3)

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la configuración geométrica en planta, el 70 % de las viviendas presentaban geometría regular, mientras que el 30 % presentaban geometría irregular con proporciones inadecuadas. Todas las viviendas (100 %) presentaban ausencia de juntas de dilatación, lo que es preocupante desde el punto de vista de la resistencia sísmica.

Gráfico 17. Configuración geométrica (San Luis 1,2,3)

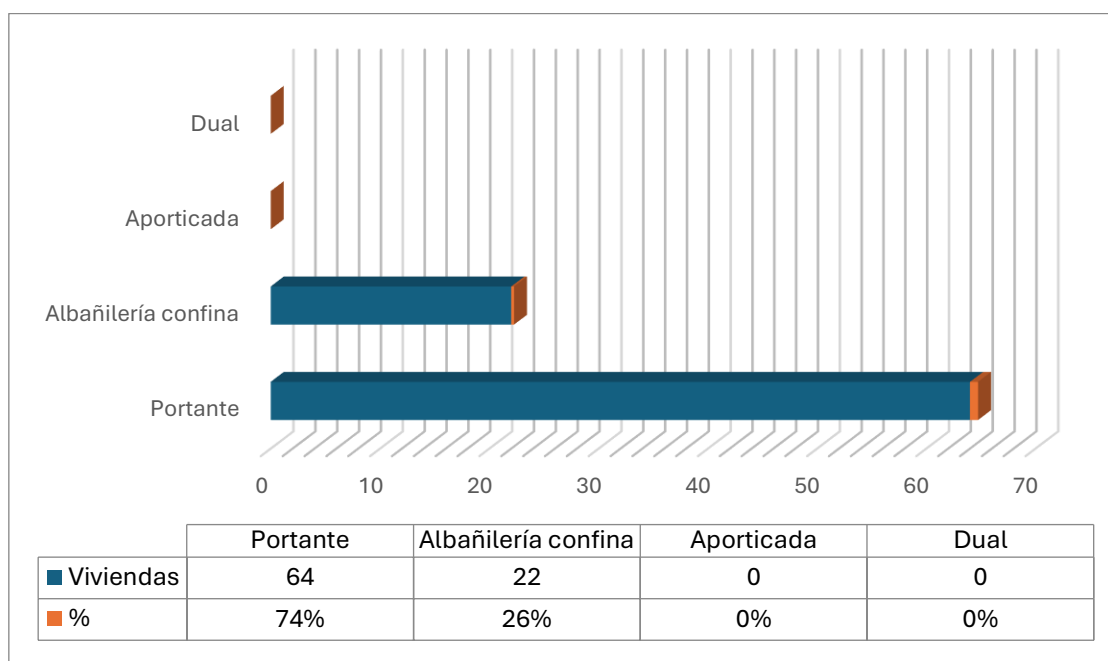
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 18. Juntas de dilatación (San Luis 1,2,3)

Fuente: Elaboración propia.

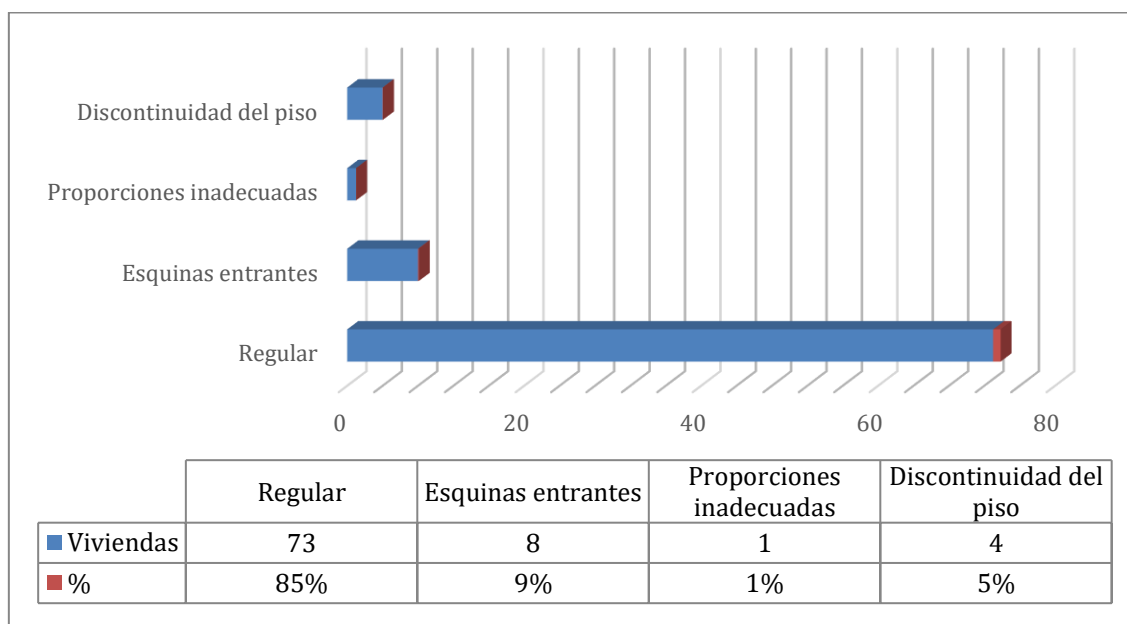
En los sectores 4 y 5:

- Sistema portante: 74 % de las viviendas.
- Albañilería confinada: 26 %.
- Sistema aporticado y dual: 0 %.

Gráfico 19. Sistema estructural (San Luis 4,5)

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las irregularidades horizontales, 73 edificaciones presentaban irregularidad horizontal, 8 presentaban esquinas entrantes, 1 proporciones inadecuadas y solo 4 presentaban discontinuidad de piso.

Gráfico 20. Irregularidad horizontal (San Luis 4,5)

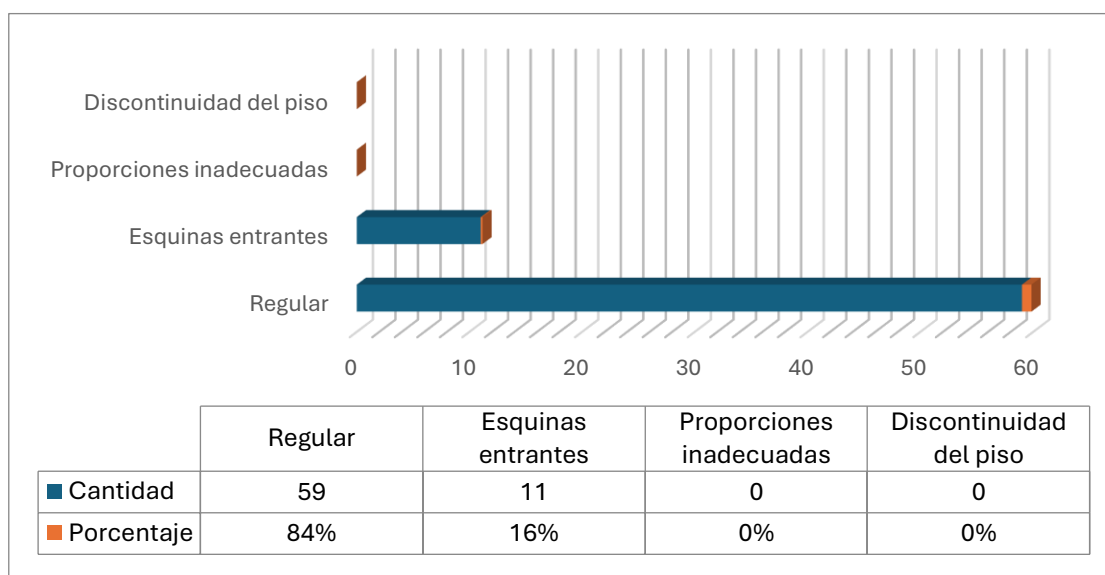
Fuente: Elaboración propia.

3.3.5. Jancao Alto

De las 70 viviendas evaluadas en Jancao Alto:

- Sistema portante: 59 viviendas (84 %), de las cuales 56 son de adobe.
- Albañilería confinada: 11 viviendas (16 %).

Gráfico 21. Sistema estructural (Jancao Alto)

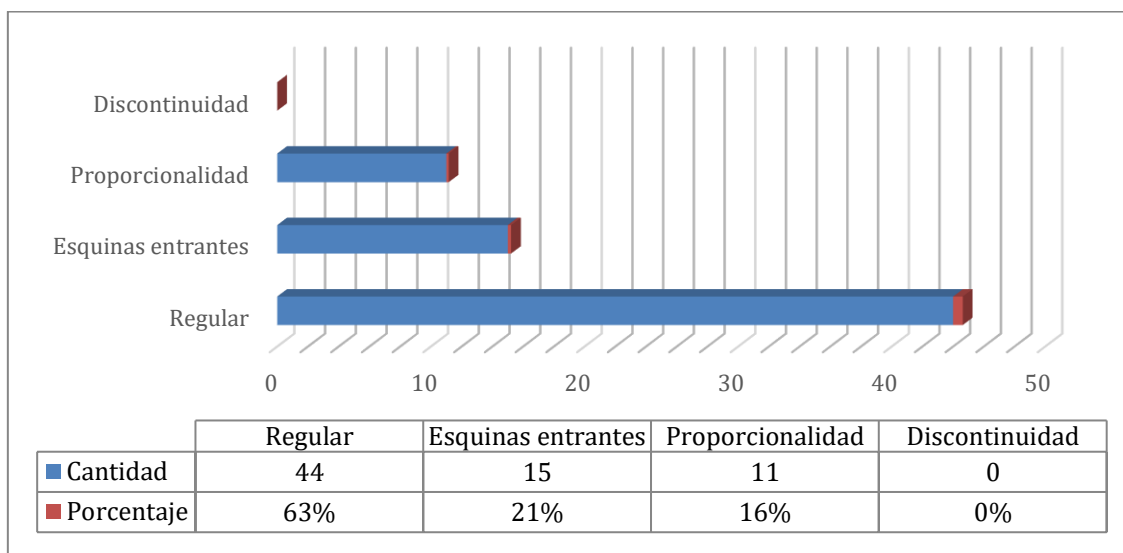


Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la irregularidad horizontal:

- Regulares: 44 viviendas (63 %).
- Proporciones inadecuadas: 11 viviendas (16 %).
- Esquinas entrantes: 15 viviendas (21 %).

La predominancia del adobe y las irregularidades geométricas incrementan significativamente la vulnerabilidad.

Gráfico 22. Irregularidad horizontal (Jancao Alto)

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6. La Florida

De las 72 viviendas evaluadas en La Florida:

- Albañilería confinada: 60 % de las viviendas.
- Sistema portante: 40 % (viviendas de adobe o tapial).

En cuanto a las irregularidades horizontales:

- Regulares en planta: 49 %.
- Discontinuidad del piso o aberturas en el diafragma rígido: 40 %.
- Esquinas entrantes: 10 %.
- Proporción inadecuada ($L > 4a$) : 1 vivienda.

3.3.7. Centro Poblado de Llicua

En el Centro Poblado de Llicua, se identificaron dos tipos de sistemas estructurales según la zona:

- Zona urbana (parte baja) : Predominan los sistemas aporticado y de albañilería confinada.
- Zona alta (marginal) : Predominan la albañilería confinada y los muros de adobe.

Esta dualidad refleja la diferencia socioeconómica entre ambas zonas, siendo la zona alta la que concentra las viviendas más vulnerables.

3.4 La construcción: materiales y procesos

La calidad de los materiales y la presencia o ausencia de asesoría técnica durante el proceso constructivo son factores determinantes de la vulnerabilidad de una vivienda. Una vivienda construida con materiales de calidad y bajo supervisión técnica tiene muchas más probabilidades de resistir un sismo que una construida con materiales inadecuados y sin asesoría.

En esta sección, analizaremos los materiales predominantes, el estado de las viviendas y el nivel de asesoría técnica recibida en cada asentamiento.

3.4.1. AA.HH. Aparicio Pomares

En cuanto a la asesoría técnica recibida durante la construcción:

- Albañil: 42 viviendas (52.5 %).
- Maestro de obra: 21 viviendas (26.25 %).
- Ingeniero: 4 viviendas (5 %).
- Autoconstrucción (sin asesoría) : 13 viviendas (16.25 %).

El hecho de que solo el 5 % de las viviendas haya contado con la asesoría de un ingeniero es un dato alarmante. La mayoría se construyó con la guía de albañiles o maestros de obra, e incluso sin asesoría alguna.

En cuanto al estado de las viviendas:

- Bueno: 23 viviendas (28.75 %).
- Regular: 48 viviendas (60 %).
- Malo: 9 viviendas (11.25 %).

Los materiales predominantes en las paredes fueron: ladrillo (52.5 %), concreto (22.5 %), adobe (16.25 %) y tapial (8.75 %). En techos, predominaron los techos aligerados (42.5 %) y los techos de calamina (32.5 %).

3.4.2. AA. HH. Jorge Chávez

En Jorge Chávez, la asesoría técnica fue aún más limitada:

- Ingeniero: 0 % de las viviendas.
- Maestro de obra: 2 viviendas (2.2 %).
- Albañil: 33 viviendas (36.7 %).
- Autoconstrucción: 55 viviendas (61.1 %).

La ausencia total de asesoría de ingeniero y la alta proporción de autoconstrucción evidencian la precariedad del proceso constructivo.

En cuanto a los materiales predominantes:

- Adobe: 77 viviendas (85.6 %).
- Tapial: 7 viviendas (7.8 %).
- Concreto armado: 6 viviendas (6.7 %).
- Materiales prefabricados o quinchá: 0 %.

El estado de las viviendas se distribuyó en: bueno (40 %), regular (47.8 %) y malo (12.2 %).

3.4.3. Cayhuayna Alta

En Cayhuayna Alta, la asesoría técnica fue:

- Albañil: 36 viviendas (51 %).
- Autoconstrucción: 28 viviendas (40 %).
- Maestro de obra: 6 viviendas (9 %).
- Ingeniero: 0 %.

Nuevamente, la ausencia de asesoría de ingeniero es total.

En cuanto a las patologías (daños) observadas en las viviendas:

- Fisuras en paredes: 29 %.
- Fisuras y grietas en paredes: 17 %.
- Fisuras en columnas: 3 %.
- Grietas en pisos: 1 %.
- Grietas en paredes: 24 %.
- Fisuras y grietas en columnas: 4 %.
- Cangrejeras en columnas: 1 %.
- Sin patologías visibles: 17 %.
- En estado de colapso: 3 %.

El 17 % de las viviendas sin patologías visibles externamente no significa que estén libres de daños internos. El 3 % en estado de colapso es especialmente preocupante.

3.4.4. San Luis Sectores 1, 2, 3, 4 y 5

En los sectores 1, 2 y 3 de San Luis:

- Albañil: 50.7 %.

- Autoconstrucción: 28.2 %.
- Maestro de obra: 16.9 %.
- Ingeniero: 4.2 %.

En cuanto a los materiales predominantes:

- Concreto armado: 62 %.
- Adobe: 18.3 %.
- Tapial: 18.3 %.
- Material prefabricado: 1.4 %.

Es importante notar que las viviendas de concreto armado se concentran en la zona baja, mientras que las de tapial y adobe se concentran en la zona alta de mayor pendiente.

En los sectores 4 y 5:

- Ingeniero: 0 %.
- Albañil: 43 %.
- Autoconstrucción: 39.5 %.
- Maestro de obra: 17.5 %.

Los materiales predominantes fueron: adobe (43 %), concreto armado (27 %), tapial (26 %) y material prefabricado (4 %).

3.4.5. Jancao Alto

En Jancao Alto:

- Autoconstrucción: 43 %.
- Albañil: 39 %.
- Maestro de obra: 19 %.

- Ingeniero: 0 %.

Los materiales predominantes fueron:

- Adobe: 70 %.
- Tapial: 14 %.
- Concreto armado: 13 %.
- Otros: 3 %.

La alta proporción de adobe y tapial, junto con la ausencia total de asesoría de ingeniero, hace que estas viviendas sean extremadamente vulnerables.

3.4.6. La Florida

En La Florida:

- Albañil: 40 %.
- Autoconstrucción: 35 %.
- Maestro de obra: 19 %.
- Ingeniero: 6 %.

Los materiales predominantes fueron:

- Concreto armado: 60 %.
- Adobe: 31 %.
- Otros: 9 %.

Aunque el porcentaje de viviendas de concreto armado es mayor que en otros asentamientos, el 31 % de adobe y el alto porcentaje de autoconstrucción siguen siendo preocupantes.

3.4.7. Centro Poblado de Llicua

En el Centro Poblado de Llicua, se observaron dos realidades:

- Zona urbana: Viviendas construidas con material rústico, sistema aporticado o de albañilería confinada. Muchas recurrieron a la autoconstrucción.
- Zona alta: Viviendas autoconstruidas con material de adobe y algunas con albañilería confinada.

Esta dualidad refleja la desigualdad socioeconómica dentro del mismo centro poblado.

3.5 El suelo: la base de todo

El tipo de suelo sobre el que se asienta una vivienda es uno de los factores más importantes para su comportamiento sísmico. Un suelo firme (roca) transmite las ondas sísmicas de manera eficiente, mientras que un suelo blando (arena, arcilla) puede amplificar las ondas y provocar mayores daños. Además, la topografía del terreno influye en la estabilidad de la vivienda.

En esta sección, analizaremos los tipos de suelo y la topografía predominante en cada asentamiento.

3.5.1. AA.HH. Aparicio Pomares

En Aparicio Pomares, los tipos de suelo encontrados fueron:

- Grava arenosa: 39 viviendas (48.75 %).
- Grava con bolonería: 31 viviendas (38.75 %).
- Roca: 10 viviendas (12.5 %).
- Arena o arcilla: 0 %.

La topografía del terreno fue:

- Pendiente menor a 45°: 50 viviendas (62.5 %).
- Pendiente mayor a 45°: 21 viviendas (26.25 %).
- Plana: 9 viviendas (11.25 %).
- Ondulada: 0 %.

Aunque los suelos son relativamente firmes (grava arenosa, grava con bolonería), la alta proporción de viviendas en pendientes pronunciadas incrementa el riesgo de deslizamientos.

3.5.2. AA. HH. Jorge Chávez

En Jorge Chávez:

- Roca: 60 viviendas (66.7 %).
- Grava con bolonería: 19 viviendas (21.1 %).
- Grava arenosa: 11 viviendas (12.2 %).
- Arena o arcilla: 0 %.

La topografía fue:

- Pendiente mayor a 45°: 46 viviendas (51.1 %).
- Pendiente menor a 45°: 42 viviendas (46.7 %).
- Ondulada: 1 vivienda (1.1 %).
- Plana: 1 vivienda (1.1 %).

El suelo rocoso es favorable, pero la alta proporción de pendientes pronunciadas es un factor de riesgo significativo.

3.5.3. Cayhuayna Alta

En Cayhuayna Alta, el tipo de suelo fue uniforme:

- Grava arenosa: 100 % de las viviendas.

La topografía fue:

- Pendiente menor a 45°: 63 %.
- Pendiente mayor a 45°: 17 %.
- Plana: 17 %.
- Ondulada: 3 %.

El suelo de grava arenosa es adecuado, pero la presencia de pendientes pronunciadas en un porcentaje significativo de viviendas sigue siendo un factor de riesgo.

3.5.4. San Luis Sectores 1, 2, 3, 4 y 5

En los sectores 1, 2 y 3 de San Luis:

- Grava arenosa: 84.51 %.
- Roca: 8.45 %.
- Grava con bolonería: 7.04 %.

La topografía fue:

- Pendiente entre 20 % y 10 %: 43.7 %.
- Pendiente entre 45 % y 20 %: 29.6 %.
- Pendiente menor al 10 %: 19.7 %.
- Pendiente mayor al 45 %: 7 %.

En los sectores 4 y 5:

- Grava arenosa: 50 %.
- Roca: 34 %.
- Arcilla y grava con bolonería: 8 % (cada uno).

La topografía fue:

- Pendiente mayor a 45°: 48 %.
- Pendiente menor a 45°: 45 %.
- Plana: 6 %.
- Ondulada: 1 %.

La alta proporción de pendientes pronunciadas en los sectores 4 y 5 es especialmente preocupante.

3.5.5. Jancao Alto

En Jancao Alto:

- Grava con bolonería: 61 %.
- Grava arenosa: 29 %.
- Tierra de cultivo: 4 %.
- Roca: 3 %.
- Arena: 3 %.

La topografía fue:

- Pendiente menor a 45°: 59 %.
- Pendiente mayor a 45°: 26 %.
- Plana: 13 %.
- Ondulada: 2 %.

Aunque la mayoría de las viviendas se encuentran en pendientes menores a 45°, el 26 % en pendientes mayores a 45° está en alto riesgo.

3.5.6. La Florida

En La Florida:

- Roca: 61 %.
- Grava con bolonería: 24 %.
- Grava arenosa: 15 %.

La topografía fue:

- Pendiente mayor a 45°: 49 %.
- Pendiente menor a 45°: 49 %.
- Plana: 2 %.

La alta proporción de pendientes pronunciadas (49 %) es un factor de riesgo significativo.

3.5.7. Centro Poblado de Llicua

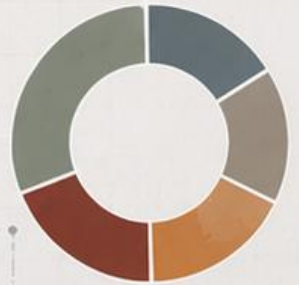
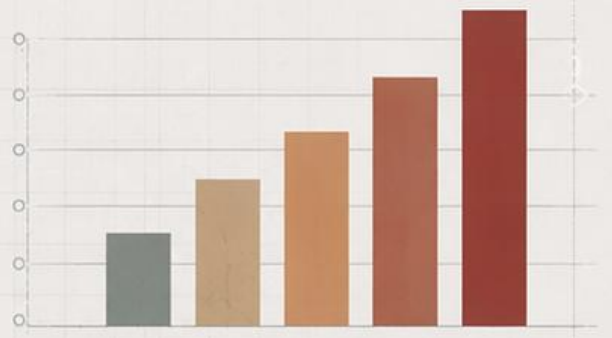
Geológicamente, el sustrato rocoso de la zona de estudio se compone de rocas metamórficas antiguas constituidas por esquistos cuarzomica (color gris) en la parte baja y cuarzo moscovítico (color rojizo) en la parte alta INGEMMET – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Quispesivana Quispe, 1996). También se encuentran rocas intrusivas, lo cual genera suelo arenoso en la parte baja de Llicua.

En Llicua Alta, el tipo de terreno encontrado principalmente es suelo agrícola natural de material suelto semicompartido a nivel rasante.

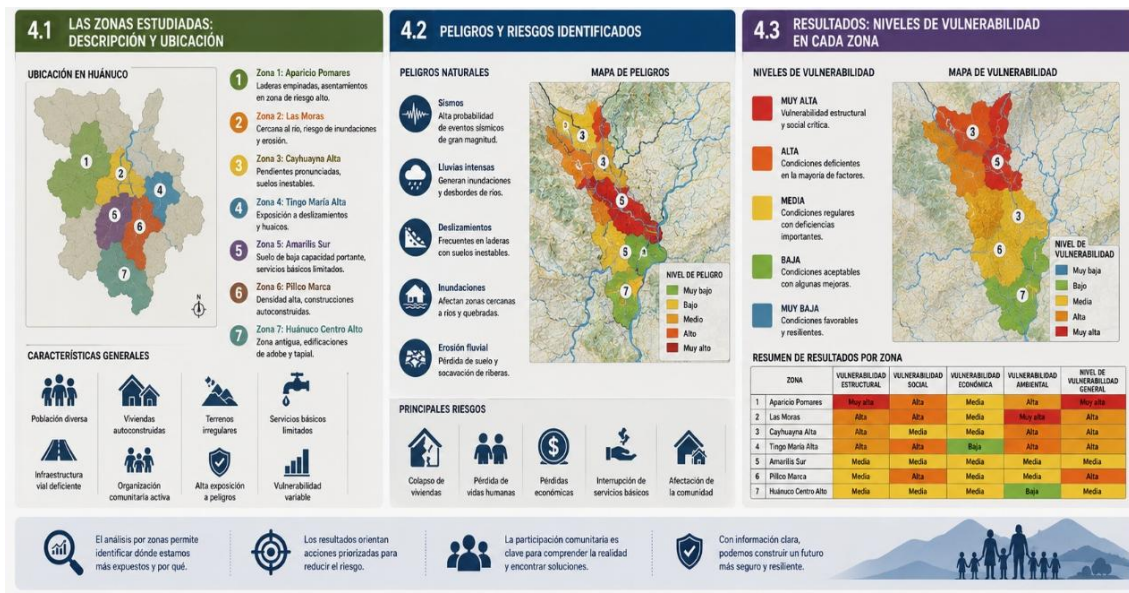
Conclusión del capítulo

El diagnóstico realizado en los siete asentamientos humanos de Huánuco revela una realidad alarmante: la gran mayoría de las viviendas han sido construidas sin criterios técnicos, en terrenos inestables, con materiales inadecuados y sin asesoría profesional. La pobreza, la falta de planificación urbana y la ausencia de fiscalización son los factores subyacentes que explican esta situación.

En el siguiente capítulo, presentaremos los resultados de la aplicación de los métodos de evaluación de vulnerabilidad en cada una de estas zonas, lo que nos permitirá cuantificar el nivel de riesgo y priorizar las intervenciones necesarias.



CAPÍTULO IV: ¿QUÉ TAN VULNERABLES SOMOS? RESULTADOS POR ZONA



En el capítulo anterior realizamos un diagnóstico detallado de las condiciones sociales, ambientales, estructurales, constructivas y geológicas de los siete asentamientos humanos estudiados. Identificamos patrones comunes: autoconstrucción sin asesoría técnica, predominio de materiales frágiles como el adobe y el tapial, ubicación en laderas de pendientes pronunciadas, y una alarmante ausencia de criterios sismorresistentes.

Ahora llegó el momento de cuantificar. En este capítulo aplicaremos las metodologías de evaluación revisadas en el Capítulo II, principalmente el método FEMA P-154, complementado con los enfoques del INDECI y CENEPRED para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en cada una de las siete zonas de estudio.

Los resultados que presentaremos no son simples números. Representan la probabilidad real de que una vivienda colapse ante un sismo y, con ella, el riesgo

para la vida de sus habitantes. Conocer estos resultados es el paso fundamental para poder actuar.

4.1 Las zonas estudiadas: descripción y ubicación

Antes de adentrarnos en los resultados, es importante ubicar geográficamente cada una de las zonas de estudio. Para ello, utilizamos tecnologías de georreferenciación espacial como Google Earth Pro, Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS), fotogrametría con drones y GPS diferencial, lo que nos permitió obtener imágenes de alta precisión y ubicar cada vivienda evaluada.

4.1.1. AA.HH. Aparicio Pomares

El asentamiento humano Aparicio Pomares se encuentra en los alrededores de la ciudad de Huánuco. Para este estudio, se evaluaron 80 viviendas, seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Cada vivienda fue georreferenciada utilizando Google Earth Pro, lo que permitió establecer una referencia inicial de su ubicación y generar un mapa temático de vulnerabilidad.

Ilustración 1. Ubicación de viviendas en Google Earth (Aparicio Pomares)



Fuente: Elaboración propia. (Extraído de Google Earth Pro 2023).

Las viviendas se distribuyen en un terreno con pendientes variables, predominando las ubicadas en laderas. La mayoría de las construcciones son de uno o dos pisos, con una antigüedad promedio que supera los 15 años.

"Vista general de algunas viviendas y condiciones constructivas en el AA.HH. Aparicio Pomares"





4.1.2. AA.HH. Jorge Chávez

El asentamiento humano Jorge Chávez fue evaluado con una muestra de 90 viviendas. Al igual que en el caso anterior, se utilizó Google Earth Pro para la georreferenciación inicial de las edificaciones.

Ilustración 2. Ubicación de viviendas en Google Earth (Jorge Chávez)



Fuente: Elaboración propia. (Extraído de Google Earth Pro 2023).

Este asentamiento se caracteriza por estar ubicado en una ladera de pendiente pronunciada, lo que influye negativamente en la evaluación de vulnerabilidad. Las viviendas, en su mayoría de uno o dos pisos, presentan un alto porcentaje de construcciones de adobe y tapial.

**"Vista general de algunas viviendas y condiciones constructivas en el
AA.HH. Jorge Chávez"**





4.1.3. Cayhuayna Alta

La zona de estudio en Cayhuayna Alta se encuentra a una latitud S $9^{\circ} 57' 30.64''$, longitud O $76^{\circ} 14' 54.71''$ y una altitud de 1974 m.s.n.m. Presenta áreas verdes en los alrededores, altas pendientes y dos canales en la parte superior por donde anteriormente cruzaban acequias generadas por las lluvias.

Se evaluaron 71 viviendas, seleccionadas con base en criterios como condiciones de la vivienda, pendiente del terreno, topografía, sistema constructivo y material predominante. El asentamiento promedio de las viviendas en esta zona es de aproximadamente 12 años.

Ilustración 3. Delimitación de la muestra (Cayhuayna Alta)



Fuente: Elaboración propia. (Extraído de Google Earth Pro 2023).

4.1.4. San Luis Sectores 1, 2, 3, 4 y 5

El asentamiento de San Luis es el más extenso de los estudiados, por lo que se dividió en dos grupos para el análisis.

Sectores 1, 2 y 3: Se empleó la teledetección mediante el vuelo de un vehículo aéreo no tripulado (dron). Con base en los datos obtenidos del procesamiento de imágenes (ortofoto), se delimitaron de forma precisa las propiedades de cada extensión de tierra, con la finalidad de determinar el control de cada estructura existente. Se evaluaron 71 viviendas en estos sectores.

Ilustración 4. Procesamiento de la ortofoto (San Luis 1,2,3)



Fuente: Elaboración propia. (Civil 3D).

Sectores 4 y 5: Se enfatizaron las zonas más altas por ser las más vulnerables. Se evaluaron 86 viviendas en estos sectores, seleccionadas por conveniencia.

Ilustración 5. Área de la muestra seleccionada (San Luis 4,5)



Fuente: Elaboración propia.

"Vista general de algunas viviendas y condiciones constructivas en San Luis Sectores 1, 2, 3, 4 y 5"



*San Luis Sector 1



*San Luis Sector 2



*San Luis Sector 3



*San Luis Sector 4



*San Luis Sector 5

4.1.5. Jancao Alto

Para el estudio en Jancao Alto, se empleó un dron para capturar imágenes aéreas. Se elaboró un plan de vuelo cuidadoso y se establecieron puntos de control de referencia ubicados en la zona de estudio, señalados con yeso para ajustar las imágenes con mayor precisión.

Cabe mencionar que la zona de Jancao Alto se encuentra al costado del aeropuerto de Huánuco, en un área aérea restringida, por lo que se necesitó un permiso especial para volar el dron. Esto limitó la cobertura al 60 % o 70 % del total de la muestra. Se evaluaron 70 viviendas en total.

Ilustración 6. Ortofoto del Asentamiento Humano Jancao Alto



Fuente: Elaboración propia. (Extraído de Google Earth Pro 2023).

4.1.6. AA.HH. La Florida

La mayoría de las viviendas ubicadas en el A.H. La Florida están construidas en laderas. Una característica común es la construcción de pircas en las cimentaciones de muros contruidos con apilamiento de piedras de distintos tamaños, lo que constituye una práctica constructiva inadecuada que incrementa la vulnerabilidad.

Se evaluaron 72 viviendas en esta zona, utilizando técnicas de georreferenciación y ortofotos para su ubicación precisa.

Ilustración 7. Delimitación de la muestra (La Florida)



Fuente: Elaboración propia. (Extraído de Google Earth Pro 2023).

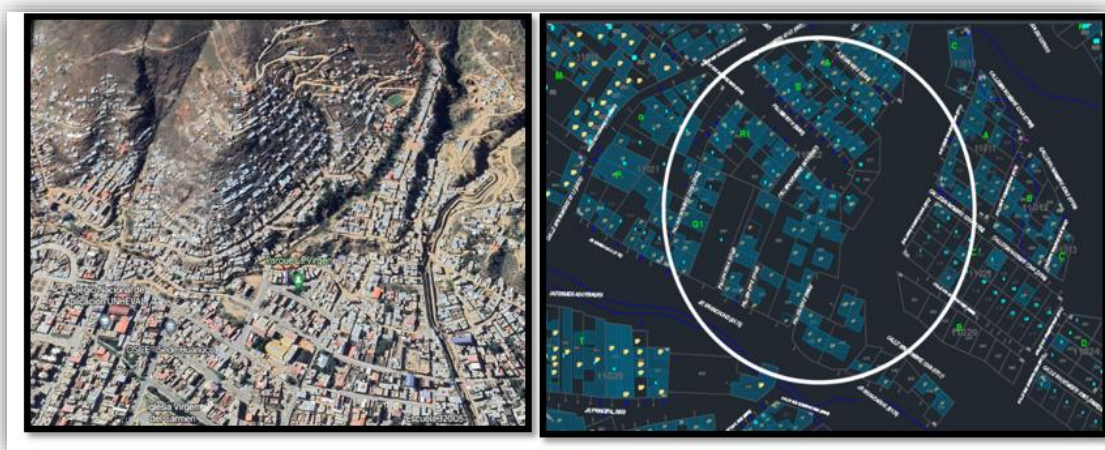
**"Vista general de algunas viviendas y condiciones constructivas en el
AA.HH. La Florida"**



4.1.7. Centro Poblado Llicua

El Centro Poblado Llicua se extiende desde la zona baja (urbana) hasta la zona alta (marginal). Las vías de comunicación son a través de trochas carrozables y carreteras asfaltadas. El desplazamiento hacia el asentamiento requiere contratar vehículos particulares.

Ilustración 8. Área de estudio Centro Poblado Llicua



Fuente: Elaboración propia. (Extraído de Google Earth Pro 2023 y Civil 3D).

Se evaluaron viviendas en ambas zonas, con énfasis en la parte alta (Pino San Cristóbal), donde se concentran las construcciones más precarias y vulnerables.

**"Vista general de algunas viviendas y condiciones constructivas en el
Centro Poblado Llicua"**





4.2 Peligros y riesgos identificados

Antes de presentar los niveles de vulnerabilidad, es necesario caracterizar los peligros y riesgos específicos que enfrenta cada zona. Como vimos en el Capítulo I, el riesgo es el resultado de la interacción entre el peligro y la vulnerabilidad. Conocer los peligros nos ayuda a entender por qué ciertas zonas son más críticas que otras.

4.2.1. AA.HH. Aparicio Pomares

El asentamiento humano Aparicio Pomares presenta un potencial sísmico significativo debido a su ubicación en una zona de alta actividad sísmica. Se observa que más del 80 % de las viviendas fueron edificadas en ubicaciones indebidas y en condiciones precarias.

Los principales riesgos identificados son:

- Elevada cantidad de construcciones informales: sin permisos, sin supervisión técnica y sin cumplimiento de normas sismorresistentes.
- Materiales inadecuados: Predominan los ladrillos de arcilla, adobe y concreto de baja calidad.
- Ausencia de rutas de evacuación: No existen vías de escape claramente definidas.
- Falta de zonas seguras: No hay áreas designadas como puntos de reunión en caso de sismo.
- Inexistencia de protocolos de emergencia: La población no está preparada para responder ante un evento sísmico.

Todos estos factores generan un mayor nivel de vulnerabilidad sísmica.

4.2.2. AA.HH. Jorge Chávez

El asentamiento humano Jorge Chávez enfrenta diversas problemáticas que incrementan el riesgo:

- Falta de servicios básicos: agua, desagüe y electricidad limitados.
- Insuficiente desarrollo urbano: calles sin pavimentar y estrechas.
- Construcciones informales en zonas de alto riesgo: especialmente en laderas propensas a deslizamientos.
- Frágiles muros de contención de piedra: utilizados para sostener terrenos inclinados sin las medidas técnicas necesarias.
- Uso inadecuado de materiales: Predominio de adobe y tapial.

La ubicación del sitio en una zona de alta actividad sísmica plantea el riesgo de daños materiales y pérdida de vidas ante la presencia de sismos.

4.2.3. Cayhuayna Alta

En la zona no urbana de Cayhuayna Alta se identificaron las siguientes problemáticas:

- Empleo inadecuado de materiales de construcción: Muchas viviendas utilizan materiales que no cumplen con los estándares mínimos.
- Falta de supervisión técnica: La mayoría de las viviendas fueron autoconstruidas sin asesoría profesional.
- Deficiencias estructurales y no estructurales: grietas, rajaduras, debilitamiento de elementos estructurales, muros a punto de colapsar.
- Falta de mantenimiento: Muchas viviendas presentan deterioro acumulado.
- Terreno desnivelado: Rodeado de cerros y quebradas, con alta pendiente.

Estas condiciones, sumadas a la baja condición socioeconómica de los pobladores y la falta de planificación urbanística, aumentan significativamente el grado de vulnerabilidad sísmica.

4.2.4. San Luis Sectores 1, 2, 3, 4 y 5

Sectores 1, 2 y 3:

- Viviendas en la ribera del río Huallaga: Presentan eflorescencia en las paredes debido a la filtración de agua y humedad, lo que las hace susceptibles a enfermedades y al deterioro estructural.
- Viviendas en la zona alta: Materiales predominantes de adobe, tapial, ladrillo y King Kong. Muchas se encuentran en estado deplorable, con fisuras y grietas de más de 50 cm de largo en muros y columnas, y erosión del ladrillo en la parte inferior de las paredes.

- Falta de asesoría profesional: en todas las edificaciones evaluadas.

Sectores 4 y 5:

- Viviendas autoconstruidas e informalmente construidas: sin permisos municipales ni inscripción en registros públicos.
- Ausencia de supervisión técnica: No se rigieron por las normas técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Deficiente situación económica: Impide a los pobladores contratar asesoramiento técnico.
- Patologías estructurales: fisuras, grietas y otras deficiencias.
- Materiales frágiles: tapiales y adobes que aumentan la vulnerabilidad.

4.2.5. Jancao Alto

La problemática en Jancao Alto se centra en:

- Autoconstrucción e informalidad: Viviendas construidas sin criterios técnicos ni sismorresistentes.
- Materiales no adecuados: Predominio de adobe y tapial.
- Expansión urbana sin planificación: El crecimiento poblacional ha llevado a la ocupación de zonas de alto riesgo.
- Pobreza extrema: La mayoría de los residentes son personas pobres o pobres extremos.
- Ubicación en pendientes pronunciadas: Muchas viviendas se encuentran sobre laderas, niveladas con piedras sin ningún estudio técnico.
- Fallos estructurales de cimentación: Aumentan la susceptibilidad al colapso frente a fenómenos naturales.

4.2.6. AA.HH. La Florida

En la Florida, los principales riesgos son:

- Construcción en laderas: La mayoría de las viviendas están en pendientes pronunciadas.
- Pircas en cimentaciones: Muros de piedra apilada sin ningún criterio técnico, lo que incrementa la vulnerabilidad en términos de fragilidad y exposición.
- Probabilidad de derrumbes y movimientos de masa: especialmente en zonas de laderas y quebradas, causados por sismos o lluvias torrenciales.
- Crecimiento urbano descontrolado: sin intervención ni planificación de los organismos competentes.
- Costos elevados de servicios municipales: Carreteras, alcantarillas, seguridad pública y servicios de emergencia son más costosos debido a la dispersión urbana.

4.2.7. Centro Poblado Llicua

En el Centro Poblado de Llicua se identificaron:

- Crecimiento desmesurado de la población horizontalmente: Ocupación de zonas aledañas a la Quebrada Agorragra, el cerro Llicua y el río Huallaga.
- Zona de invasión en la parte alta (Pino San Cristóbal) : Viviendas deplorables, construidas con material rústico como adobe, tapiales y calamina.
- Tipo de suelo limoso y arcilloso: Tiene poca capacidad portante y es propenso a asentamientos, lo que aumenta el factor de riesgo.

- Extrema informalidad: Sin permisos, sin supervisión técnica y sin cumplimiento de normas.

4.3 Resultados: niveles de vulnerabilidad en cada zona

Llegamos al corazón de este capítulo: los resultados de la evaluación de vulnerabilidad en cada una de las siete zonas de estudio. Para cada zona, presentaremos los niveles de vulnerabilidad obtenidos mediante la aplicación de las metodologías descritas en el Capítulo II, principalmente el método FEMA P-154, complementado con los enfoques del INDECI y CENEPRED cuando corresponda.

4.3.1. AA.HH. Aparicio Pomares

Resultados según FEMA P-154

De las 80 viviendas evaluadas en Aparicio Pomares:

Nivel de vulnerabilidad	Número de viviendas	Porcentaje
Moderadamente alto	10	12.5 %
Alto	58	72.5 %
Muy alto	12	15.0 %
Total	80	100 %

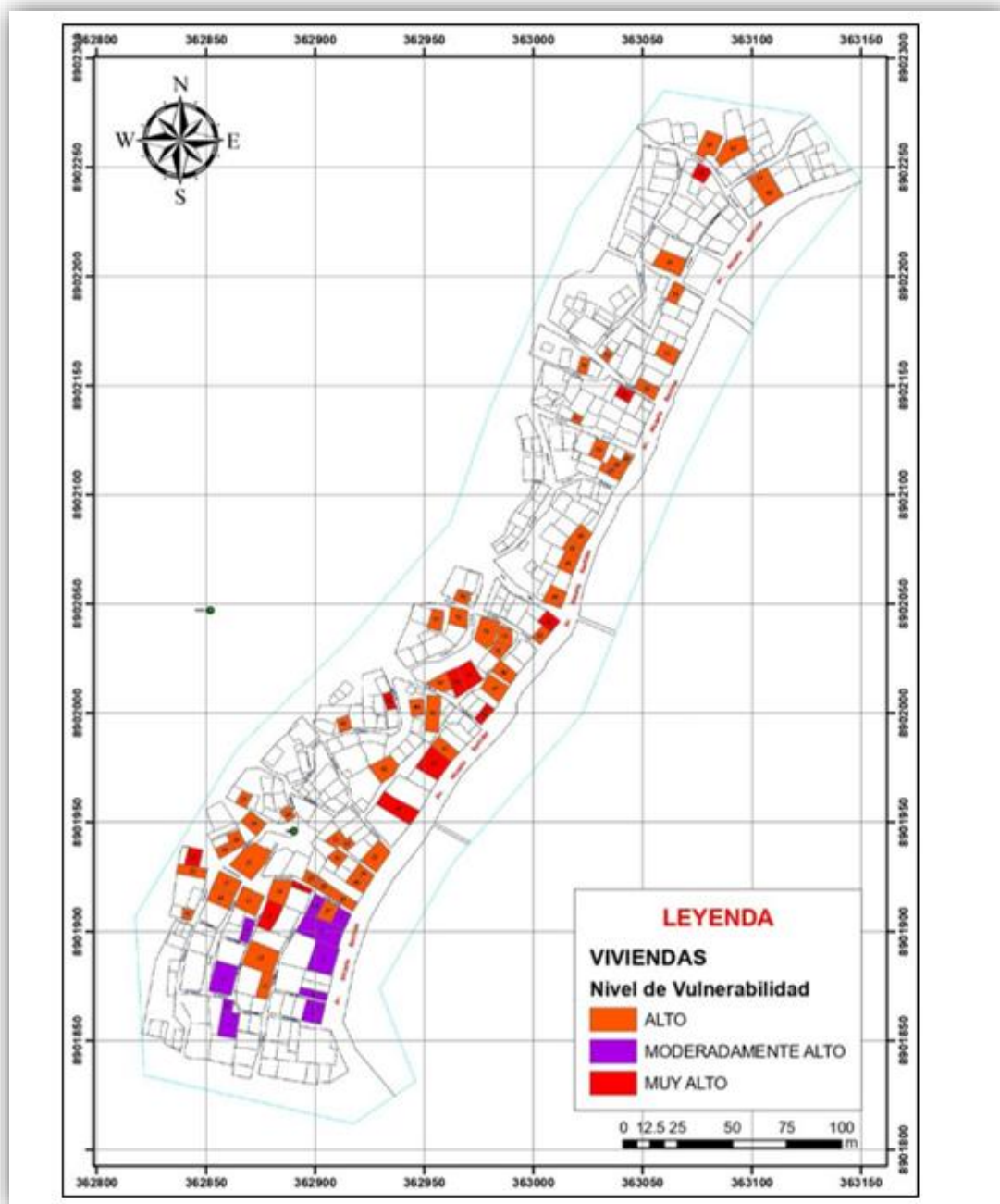
No se encontraron viviendas con vulnerabilidad baja ni moderada.

Estos resultados son alarmantes: el 87.5 % de las viviendas evaluadas presentan un nivel de vulnerabilidad alto o muy alto. Esto significa que, ante un

sismo de mediana intensidad, la gran mayoría de estas viviendas sufriría daños severos o colapsaría.

Mapa de vulnerabilidad

Una vez obtenidos los datos finales y el plano catastral de la zona de estudio, se procedió a realizar un mapa temático de los predios de acuerdo con su nivel de vulnerabilidad, utilizando el software ArcGIS. Este mapa permite visualizar espacialmente la distribución de la vulnerabilidad en el asentamiento, identificando las zonas más críticas.

Ilustración 9. Mapa de vulnerabilidad (Aparicio Pomares)

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. AA.HH. Jorge Chávez

Resultados según FEMA P-154

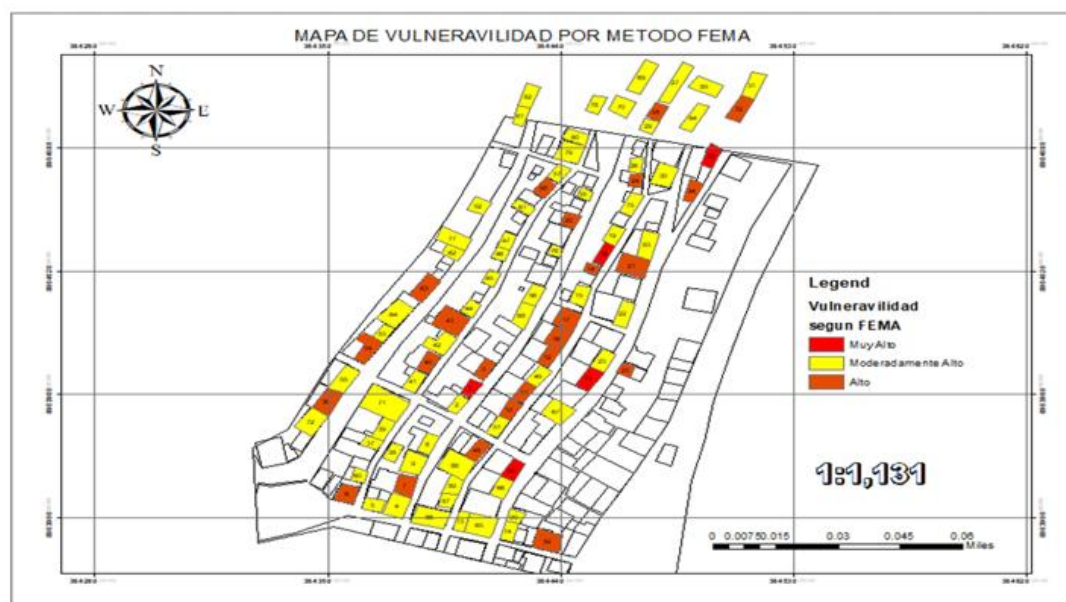
De las 90 viviendas evaluadas en Jorge Chávez:

Nivel de vulnerabilidad	Número de viviendas	Porcentaje
Moderadamente alta	61	67.8 %
Alta	24	26.7 %
Muy alta	5	5.6 %
Total	90	100 %

Nuevamente, no se encontraron viviendas con vulnerabilidad baja ni moderada. El 94.5 % de las viviendas presentan niveles de vulnerabilidad moderadamente alta, alta o muy alta.

Mapa de vulnerabilidad

Las viviendas evaluadas fueron identificadas y se les asignó la numeración y el color correspondientes según su nivel de vulnerabilidad. Se utilizaron dos mapas temáticos para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas mediante el uso de la ortofoto, con coordenadas, escala, leyenda y norte.

Ilustración 10. Mapa de vulnerabilidad (Jorge Chávez)

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Cayhuayna Alta

Resultados según el método de CENEPRED

A partir del análisis desarrollado utilizando la tabla de vulnerabilidad elaborada:

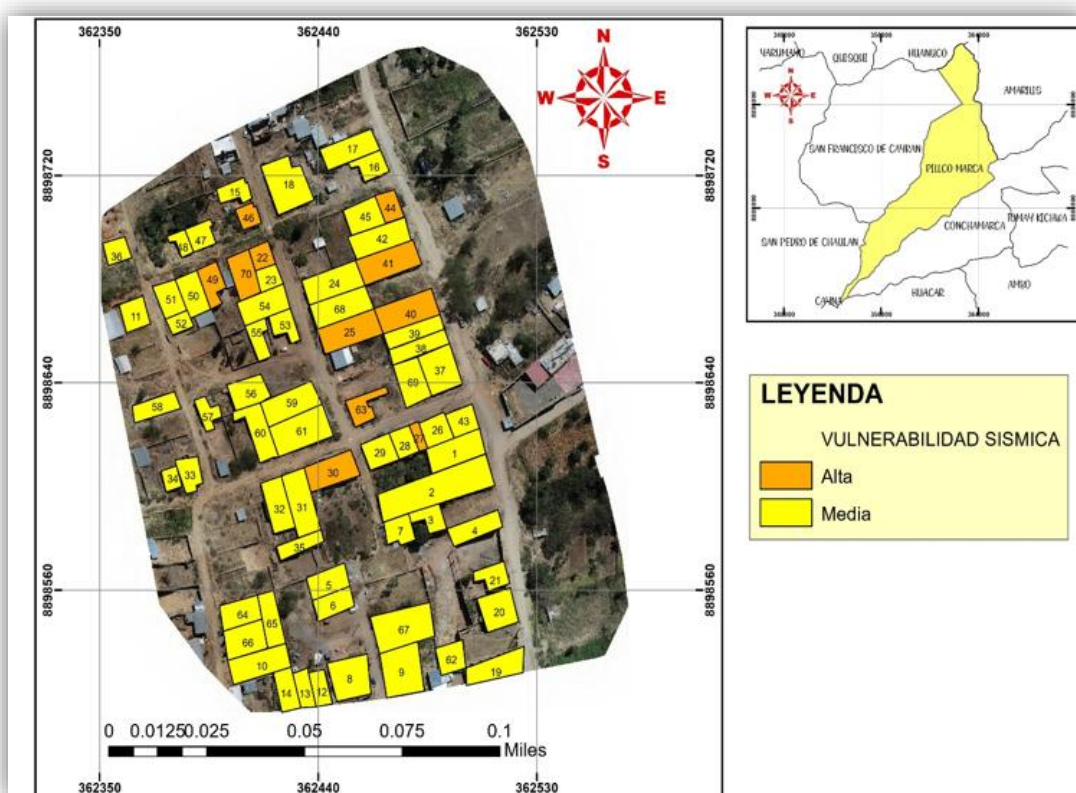
Nivel de vulnerabilidad	Número de viviendas	Porcentaje
Media	59	84 %
Alta	11	16 %
Total	70	100 %

Estos hallazgos son significativos: la mayoría de las viviendas (84 %) presentan un nivel de vulnerabilidad media, mientras que el 16 % presenta vulnerabilidad alta. No se registraron viviendas con vulnerabilidad baja.

Mapa de vulnerabilidad

Con los polígonos y los índices de vulnerabilidad registrados, se generó el mapa de grado de vulnerabilidad de la zona no urbana de Cayhuayna Alta. Este mapa visualiza de manera espacial los niveles de vulnerabilidad sísmica en diferentes áreas geográficas, facilitando la identificación de las zonas más vulnerables.

Ilustración 11. Mapa de vulnerabilidad (Cayhuayna Alta)



Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. San Luis Sectores 1, 2, 3, 4 y 5

Sectores 1, 2 y 3 — Resultados según INDECI

De las 71 viviendas encuestadas y evaluadas bajo la ficha de evaluación del INDECI:

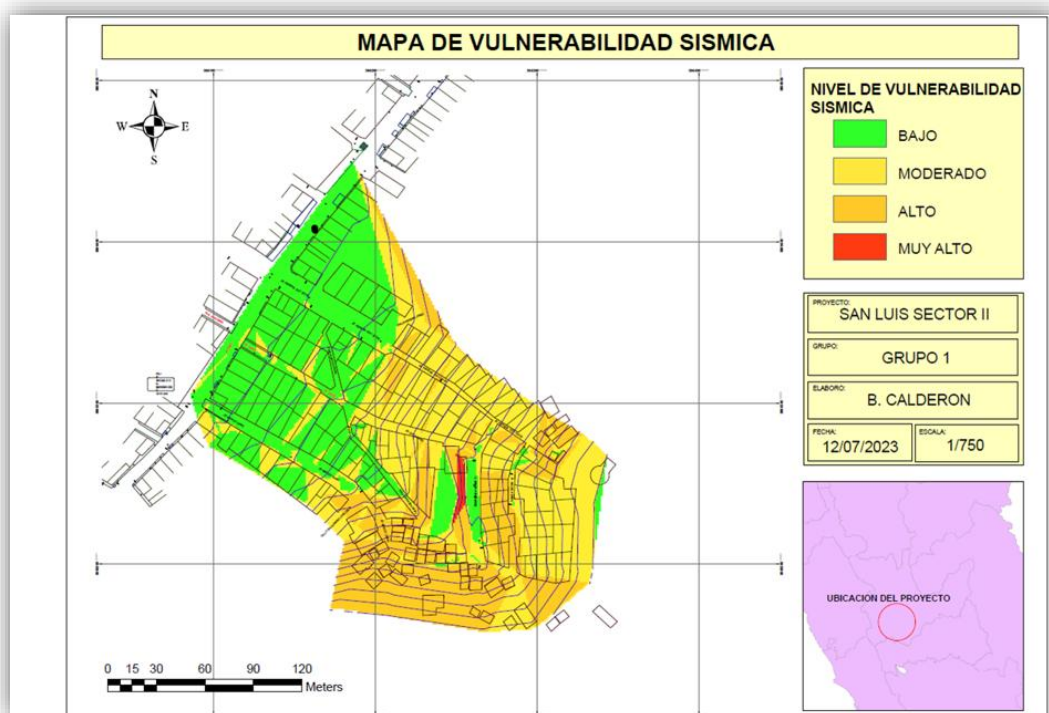
Nivel de vulnerabilidad	Número de viviendas	Porcentaje
Alta	5	7.04 %
Muy alta	66	92.96 %
Total	71	100 %

El 92.96 % de las viviendas presentan vulnerabilidad muy alta y el 7.04 % restante presenta vulnerabilidad alta. No se encontraron viviendas con vulnerabilidad baja ni moderada.

Mapa de vulnerabilidad

Se emplearon técnicas del Sistema de Información Geográfica (ArcGIS) para la elaboración de un mapa de vulnerabilidad sísmica que permite visualizar el nivel de vulnerabilidad con respecto a la pendiente de la zona de estudio.

Ilustración 12. Mapa de vulnerabilidad y pendiente (San Luis 1,2,3)



Fuente: Elaboración propia.

Sectores 4 y 5 — Resultados según FEMA P-154

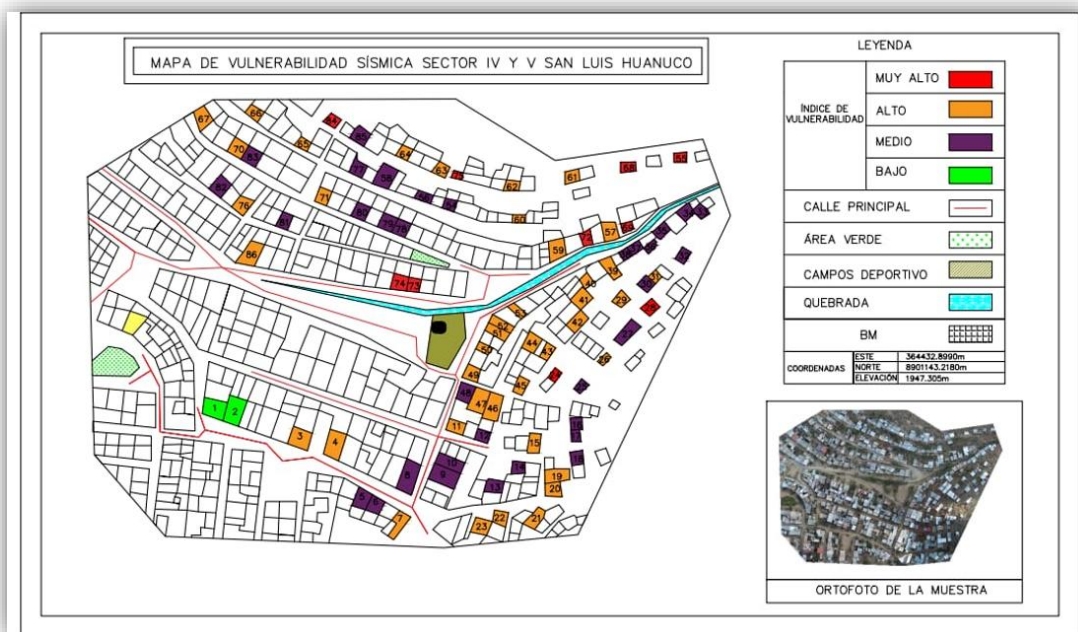
De las 86 viviendas evaluadas:

Nivel de vulnerabilidad	Número de viviendas	Porcentaje
Baja	2	2 %
Moderadamente alta	32	38 %
Alta	42	49 %
Muy alta	10	12 %
Total	86	100 %

El 61 % de las viviendas presentan niveles de vulnerabilidad alta o muy alta. El 38 % presenta vulnerabilidad moderadamente alta y solo el 2 % presenta vulnerabilidad baja.

Mapa de vulnerabilidad

Se utilizaron los software AutoCAD y ArcGIS para realizar los mapas temáticos de los niveles de vulnerabilidad sísmica, clasificando e identificando las viviendas que presentan mayor vulnerabilidad mediante categorías, rangos y colores.

Ilustración 13. Mapa de vulnerabilidad (San Luis 4,5)

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5. Jancao Alto

Resultados según FEMA P-154

A partir del análisis desarrollado utilizando la tabla de evaluación de vulnerabilidad:

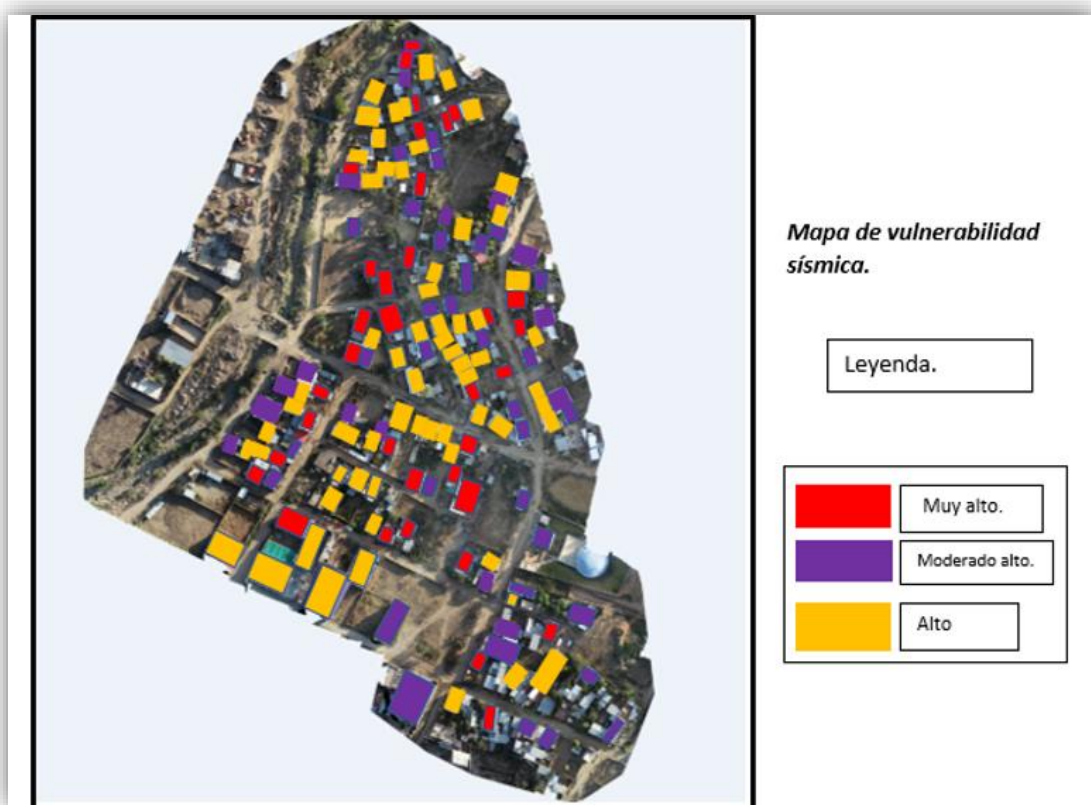
Nivel de vulnerabilidad	Número de viviendas	Porcentaje
Moderadamente alto	21	30 %
Alto	22	31 %
Muy alto	27	39 %
Total	70	100 %

El 70 % de las viviendas presentan niveles de vulnerabilidad altos o muy altos, y el 30 % restante moderadamente alto. No se encontraron viviendas con vulnerabilidad baja ni moderada.

Mapa de vulnerabilidad

El mapa del nivel de vulnerabilidad del área no urbana de Jancao Alto se generó luego de registrados los polígonos e índices de vulnerabilidad, mostrando las distintas áreas con sus diferentes grados de vulnerabilidad sísmica.

Ilustración 14. Mapa de vulnerabilidad (Jancao Alto)



Fuente: Elaboración propia.

4.3.6. AA.HH. La Florida

Resultados según FEMA P-154

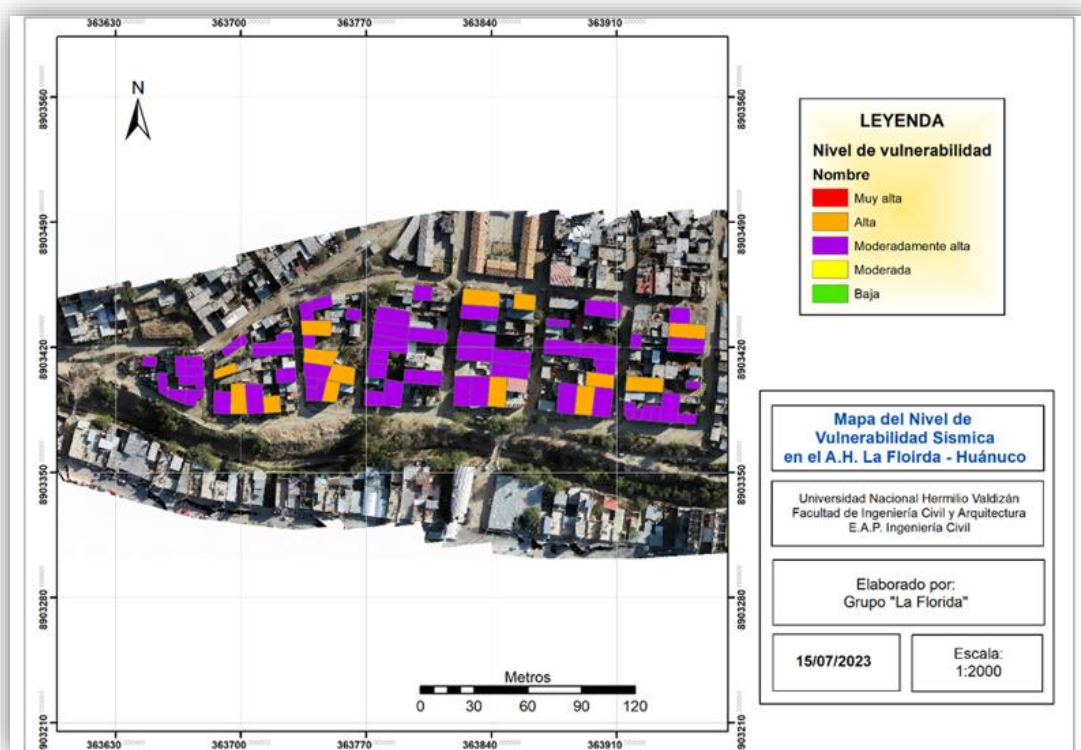
Considerando que la probabilidad de colapso es de 1 en 10^S , se determinó que el 100 % de las viviendas están entre 1 % y 20 % de probabilidad de colapso, considerándolo como probabilidad moderadamente alta.

Nivel de vulnerabilidad	Número de viviendas	Porcentaje
Moderadamente alta	58	81 %
Alta	14	19 %
Total	72	100 %

Mapa de vulnerabilidad

Con ayuda del software ArcGIS y con los resultados obtenidos, se realizó un mapa de la vulnerabilidad sísmica donde se encuentran las 72 viviendas encuestadas.

Ilustración 15. Mapa de vulnerabilidad (La Florida)



Fuente: Elaboración propia.

4.3.7. Centro Poblado Llicua

Resultados según FEMA P-154

Los estudios efectuados indican que, en promedio, las edificaciones obtienen un puntaje final de 0.8, lo que sugiere que la mayoría de ellas presentan una vulnerabilidad moderadamente alta. Esto se debe a que muchas de estas edificaciones no han sido construidas cumpliendo con las normas sismorresistentes, y debido a las limitaciones económicas del sector, las viviendas son construidas de manera empírica.

Nivel de vulnerabilidad	Porcentaje aproximado
Moderadamente alta	64 %
Alta	36 %

El 36 % de las viviendas presenta vulnerabilidad alta, lo que significa que carecen de criterios de construcción adecuados y, en caso de un movimiento sísmico, colapsarían debido a la falta de un sistema constructivo definido.

Conclusión del capítulo

Los resultados presentados en este capítulo confirman lo que el diagnóstico del Capítulo III ya sugería: la vulnerabilidad sísmica en las zonas urbano-marginales de Huánuco es generalizada y alarmante.

En términos generales:

- Aparicio Pomares: 87.5 % de viviendas con vulnerabilidad alta o muy alta.
- Jorge Chávez: 94.5 % de viviendas con vulnerabilidad moderadamente alta, alta o muy alta.

- Cayhuayna Alta: 100 % de viviendas con vulnerabilidad media o alta.
- San Luis (Sectores 1-3) : 100 % de viviendas con vulnerabilidad alta o muy alta.
- San Luis (Sectores 4-5) : 61 % de viviendas con vulnerabilidad alta o muy alta.
- Jancao Alto: 100 % de viviendas con vulnerabilidad moderadamente alta, alta o muy alta.
- La Florida: 100 % de viviendas con vulnerabilidad moderadamente alta o alta.
- Llicua: 100 % de viviendas con vulnerabilidad moderadamente alta o alta.

Estos números no son estadísticas frías. Representan a miles de familias que, ante un sismo de mediana intensidad, podrían perder sus viviendas y con ellas, todo lo que han construido a lo largo de sus vidas.

Pero también representan una oportunidad: la de actuar antes de que ocurra el desastre. En el Capítulo VI presentaremos medidas concretas de mitigación que pueden reducir significativamente estos niveles de vulnerabilidad.



CAPÍTULO V: MEJORANDO LAS HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN



A lo largo de los capítulos anteriores, hemos aplicado diversas metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en siete zonas urbano-marginales de Huánuco. Hemos visto que el método FEMA P-154, el enfoque del INDECI, la metodología integral del CENEPRED y las técnicas de georreferenciación nos han proporcionado información valiosa para comprender la magnitud del problema.

Sin embargo, también hemos identificado limitaciones en estas herramientas. Algunas son demasiado generales y no consideran las particularidades constructivas de nuestra región. Otras requieren equipos o personal especializado que no siempre está disponible. Y todas, en mayor o menor medida, dependen de la experiencia y el criterio del evaluador.

En este capítulo, realizaremos una evaluación crítica de los métodos utilizados, identificando qué funcionó bien y qué podría mejorarse. Luego, presentaremos propuestas concretas para adaptar y fortalecer estas herramientas, de modo que puedan ser utilizadas de manera más efectiva en el contexto de las zonas urbano-marginales peruanas.

5.1 ¿Qué funcionó y qué no?

5.1.1. Método FEMA P-154

El método FEMA P-154 ha sido, sin duda, una de las herramientas más útiles en nuestro estudio. Su aplicación nos ha permitido evaluar rápidamente cientos de viviendas y obtener resultados cuantificables que han sido fundamentales para nuestro diagnóstico.

¿Qué funcionó bien?

- 1) Rapidez y eficiencia: El método permite evaluar una vivienda en aproximadamente 15 a 30 minutos, lo que lo hace ideal para estudios a gran escala. En nuestro caso, pudimos evaluar más de 500 viviendas en los siete asentamientos en un tiempo razonable.
- 2) Estandarización: El formulario FEMA P-154 proporciona un marco consistente que reduce la subjetividad. Todos los evaluadores utilizan los mismos criterios y la misma escala de puntuación.
- 3) Priorización clara: El índice final (S) y su comparación con la puntuación de corte ($S_0 = 2$) nos permitieron identificar rápidamente las viviendas más vulnerables y priorizar las intervenciones.
- 4) Base empírica sólida: El método se fundamenta en experiencias reales de daños ocurridos en terremotos pasados, lo que le otorga validez técnica.

- 5) Probabilidad de colapso: La relación entre el índice S y la probabilidad de colapso ($1 \text{ en } 10^S$) es un indicador claro y fácil de comunicar a las autoridades y a la población.

¿Qué no funcionó tan bien?

- 1) Tipologías estructurales limitadas: El FEMA P-154 fue diseñado para el contexto estadounidense, donde predominan sistemas estructurales como madera, acero y concreto armado. En nuestro contexto, encontramos tipologías como adobe, tapial y quincha que no están adecuadamente representadas en la clasificación original. Esto nos obligó a realizar adaptaciones que pueden haber introducido cierto grado de subjetividad.
- 2) Factores de ajuste genéricos: Los factores de ajuste por irregularidades, tipo de suelo y antigüedad fueron diseñados para condiciones de Estados Unidos. En el contexto peruano, las irregularidades constructivas tienen características particulares que no siempre son capturadas por los factores estándar.
- 3) Dependencia de la apreciación visual: Aunque el método es estandarizado, la calidad de los resultados depende en gran medida de la experiencia y el criterio del evaluador. Un evaluador con poca experiencia puede pasar por alto irregularidades importantes o malinterpretar el sistema estructural.
- 4) No considera el estado de conservación: El FEMA P-154 no incluye un factor de ajuste específico para el estado de conservación de la edificación. En nuestro estudio, encontramos viviendas con deterioro avanzado que, según el método, obtuvieron puntajes similares a viviendas en buen estado pero con la misma tipología estructural.
- 5) Limitada consideración del contexto social: El método se enfoca exclusivamente en las características físicas de la edificación, sin considerar factores sociales como la organización comunitaria, la capacidad de respuesta

o el acceso a servicios básicos, que, como vimos en el Capítulo III, son determinantes en la vulnerabilidad real.

5.1.2. Método Georreferenciación

La georreferenciación, complementada con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), fotogrametría con drones y GPS diferencial, ha sido una herramienta igualmente valiosa en nuestro estudio.

¿Qué funcionó bien?

- 1) Precisión espacial: La georreferenciación nos permitió ubicar cada vivienda evaluada con alta precisión, lo que facilitó la creación de mapas temáticos de vulnerabilidad.
- 2) Integración de múltiples fuentes de datos: Los SIG nos permitieron combinar información estructural, tipológica y de exposición de las viviendas con variables territoriales como tipo de suelo, peligrosidad sísmica y accesibilidad.
- 3) Visualización espacial del riesgo: Los mapas de vulnerabilidad generados son herramientas poderosas para la comunicación del riesgo a autoridades y comunidad. Permiten identificar fácilmente las zonas más críticas y priorizar intervenciones.
- 4) Actualización y monitoreo: La información georreferenciada puede ser actualizada periódicamente, permitiendo el monitoreo de la evolución de la vulnerabilidad en el tiempo.
- 5) Fotogrametría con drones: El uso de drones nos permitió obtener imágenes de alta resolución de zonas de difícil acceso, como laderas pronunciadas, sin necesidad de ingresar físicamente a esas áreas.

¿Qué no funcionó tan bien?

- 1) Calidad de la información base: La efectividad de los SIG depende de la calidad de la información base. En nuestro estudio, encontramos que los catastros urbanos estaban desactualizados o incompletos, lo que limitó la precisión de algunos análisis.
- 2) Brecha digital: La implementación de sistemas SIG requiere equipos especializados, software costoso y personal capacitado. Muchos gobiernos locales no cuentan con estos recursos, lo que limita la transferibilidad de la metodología.
- 3) Tiempo de procesamiento: El procesamiento de imágenes y la generación de ortofotos requieren tiempo significativo. En nuestro caso, el procesamiento de las imágenes del dron tomó varias semanas.
- 4) Permisos y restricciones: En zonas cercanas a aeropuertos o áreas militares, como Jancao Alto, el vuelo de drones requiere permisos especiales, lo que puede retrasar o limitar el trabajo de campo.
- 5) Costo de equipos: Los equipos necesarios (GPS diferencial, drones, estaciones totales) tienen un costo elevado, lo que puede ser una barrera para su adopción generalizada.

5.2 ¿Cómo podemos mejorar estos métodos?

A partir de las limitaciones identificadas, podemos plantear mejoras concretas para cada método.

5.2.1. Método FEMA P-154

1. Adaptar las tipologías estructurales a la realidad local

La principal mejora necesaria es la adaptación de las tipologías estructurales al contexto peruano. Esto implica:

- Incorporar el adobe como tipología estructural específica, con puntajes básicos que reflejen su comportamiento sísmico real.
- Incorporar el tapial y la quincha como tipologías independientes.
- Establecer subcategorías para la albañilería confinada según la calidad de los materiales y la presencia de refuerzos.

Esta adaptación debería ser validada por universidades e instituciones técnicas peruanas (como el Colegio de Ingenieros o el INDECI), utilizando datos de daños observados en sismos pasados en el país.

2. Incorporar el estado de conservación como factor de ajuste

El estado de conservación de la edificación es un factor crítico que el FEMA P-154 actual no considera adecuadamente. Proponemos incorporar un factor de ajuste que considere:

- Deterioro de materiales (humedad, eflorescencia, erosión).
- Grietas y fisuras en elementos estructurales.
- Corrosión de refuerzos (en estructuras de concreto).
- Pudrición de materiales orgánicos (en estructuras de madera o quincha).

Este factor podría tener un valor que incremente la vulnerabilidad en función del nivel de deterioro observado.

3. Desarrollar guías de aplicación para el contexto peruano

Es necesario desarrollar guías específicas para la aplicación del FEMA P-154 en Perú, que incluyan:

- Instrucciones claras para la identificación de sistemas estructurales locales.

- Fotografías de referencia de las tipologías constructivas más comunes.
- Criterios para la evaluación de irregularidades en el contexto de la autoconstrucción.
- Recomendaciones para la capacitación de evaluadores.

4. Complementar con herramientas digitales

El uso de herramientas digitales puede reducir la subjetividad y mejorar la eficiencia:

- Aplicaciones móviles que guíen al evaluador paso a paso y registren automáticamente la información.
- Sistemas de inteligencia artificial para la identificación de sistemas estructurales a partir de fotografías.
- Bases de datos georreferenciadas que permitan el análisis espacial de los resultados.

5. Integrar con análisis probabilísticos

Complementar el FEMA P-154 con análisis probabilísticos más detallados para las edificaciones identificadas como críticas. Esto permitiría refinar los índices de vulnerabilidad y mejorar la priorización de intervenciones.

5.2.2. Método Georreferenciación

1. Mejorar la precisión de los datos base

La calidad de los análisis SIG depende de la calidad de la información base. Proponemos:

- Actualizar los catastros urbanos mediante levantamientos con drones y GPS.
- Establecer un sistema de actualización periódica de la cartografía.
- Integrar información geotécnica (zonificación sísmica, tipos de suelo) con los inventarios de edificaciones.

2. Reducir costos mediante tecnologías abiertas

El alto costo de los equipos y software es una barrera significativa. Proponemos:

- Utilizar software SIG de código abierto (como QGIS) en lugar de software comercial.
- Promover el uso de drones de bajo costo para levantamientos preliminares.
- Desarrollar protocolos estandarizados que permitan el uso de GPS de mano en lugar de GPS diferencial para estudios de nivel intermedio.

3. Establecer estándares de interoperabilidad

Para facilitar el intercambio de información entre instituciones, proponemos:

- Establecer estándares abiertos para la generación de datos georreferenciados.
- Crear plataformas de intercambio de información entre gobiernos locales, regionales y nacionales.
- Promover la compatibilidad entre los sistemas de información de diferentes entidades.

4. Integrar con modelos de simulación sísmica

La georreferenciación puede fortalecerse integrándola con modelos de simulación sísmica:

- Modelos de microzonificación sísmica que consideren las características locales del suelo.
- Modelos de propagación de ondas sísmicas en función de la topografía.
- Modelos de daño esperado que relacionen la vulnerabilidad con la intensidad sísmica.

5. Capacitar a personal local

La sostenibilidad de los sistemas SIG requiere personal capacitado:

- Programas de capacitación para personal de gobiernos locales en el uso de SIG y herramientas de georreferenciación.
- Desarrollo de materiales didácticos adaptados al contexto local.
- Establecimiento de redes de apoyo entre municipios para compartir experiencias y recursos.

5.3 Propuestas concretas para el futuro

A partir de las mejoras identificadas, presentamos propuestas concretas para la implementación de herramientas de evaluación más efectivas en el contexto de las zonas urbano-marginales peruanas.

5.3.1. Método FEMA P-154

Propuesta 1: Desarrollo de una versión adaptada al Perú

Proponemos el desarrollo de una "Versión Peruana del FEMA P-154", que incluya:

- Tipologías estructurales adaptadas al contexto nacional (adobe, tapial, quincha, albañilería confinada con refuerzo y sin refuerzo, etc.).
- Factores de ajuste calibrados con datos de sismos peruanos.
- Puntuaciones de corte ajustadas a la realidad del país.
- Guías de aplicación en español con ejemplos de la realidad peruana.

Esta versión debería ser desarrollada de manera participativa, con la colaboración de universidades, el Colegio de Ingenieros, el INDECI y el CENEPRED, y validada mediante su aplicación en diferentes regiones del país.

Propuesta 2: Aplicación móvil para recolección de datos

Proponemos el desarrollo de una aplicación móvil que:

- Guíe al evaluador paso a paso en el llenado del formulario FEMA P-154.
- Incluya ejemplos fotográficos de referencia para la identificación de sistemas estructurales y irregularidades.
- Permita la georreferenciación automática de la vivienda evaluada.
- Calcule automáticamente el índice final y la clasificación de vulnerabilidad.
- Sincronice los datos con una base de datos central para su análisis posterior.

Esta aplicación podría ser desarrollada como software libre, permitiendo su uso por parte de gobiernos locales, universidades y organizaciones comunitarias.

Propuesta 3: Programa de capacitación de evaluadores

Proponemos la implementación de un programa nacional de capacitación para evaluadores FEMA P-154, que incluya:

- Cursos teórico-prácticos sobre identificación de sistemas estructurales.
- Talleres de campo con supervisión de expertos.
- Certificación de evaluadores por parte de instituciones reconocidas.
- Actualización periódica a través de cursos de actualización.

Este programa podría ser coordinado por el INDECI en colaboración con universidades y colegios profesionales.

Propuesta 4: Integración con sistemas de información geográfica

Proponemos la integración de los resultados del FEMA P-154 con sistemas de información geográfica, permitiendo:

- La generación automática de mapas de vulnerabilidad.
- El análisis espacial de la distribución de la vulnerabilidad.
- La identificación de patrones y correlaciones con variables territoriales.
- El monitoreo de la evolución de la vulnerabilidad en el tiempo.

5.3.2. Método Georreferenciación

Propuesta 1: Sistema Nacional de Mapeo de Vulnerabilidad Sísmica

Proponemos la creación de un Sistema Nacional de Mapeo de Vulnerabilidad Sísmica, que:

- Integre información de todas las regiones del país en una plataforma central.
- Utilice estándares abiertos para garantizar la interoperabilidad.
- Sea accesible a gobiernos locales, regionales y nacionales.
- Incluya capas de información geotécnica, catastral y de vulnerabilidad.
- Permita la actualización periódica de la información.

Este sistema podría ser coordinado por el CENEPRED en colaboración con el INDECI y el Ministerio de Vivienda.

Propuesta 2: Protocolo estandarizado para levantamientos con drones

Proponemos el desarrollo de un protocolo estandarizado para levantamientos con drones en zonas urbano-marginales, que incluya:

- Especificaciones técnicas para equipos (resolución, precisión, etc.).
- Procedimientos para la planificación de vuelos en zonas de difícil acceso.
- Métodos para el establecimiento de puntos de control terrestres.
- Protocolos para el procesamiento de imágenes y generación de ortofotos.
- Guías para la extracción de información estructural a partir de ortofotos.

Este protocolo debería ser validado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, considerando las restricciones de vuelo en zonas urbanas y cercanas a aeropuertos.

Propuesta 3: Plataforma de intercambio de información entre gobiernos locales

Proponemos la creación de una plataforma de intercambio de información georreferenciada entre gobiernos locales, que permita:

- Compartir catastros urbanos actualizados.
- Intercambiar información sobre intervenciones de mitigación realizadas.
- Coordinar acciones de prevención y respuesta en zonas limítrofes.
- Compartir experiencias y buenas prácticas en la gestión del riesgo.

Esta plataforma podría ser desarrollada por la Asociación de Municipalidades del Perú (AMPE) en colaboración con el CENEPRED.

Propuesta 4: Desarrollo de capacidades locales

Proponemos un programa de desarrollo de capacidades locales en georreferenciación y SIG, que incluya:

- Capacitación a personal de gobiernos locales en el uso de software SIG.
- Dotación de equipos básicos (GPS, drones de bajo costo) a municipios prioritarios.
- Asistencia técnica para la implementación de sistemas SIG.
- Intercambio de experiencias entre municipios.

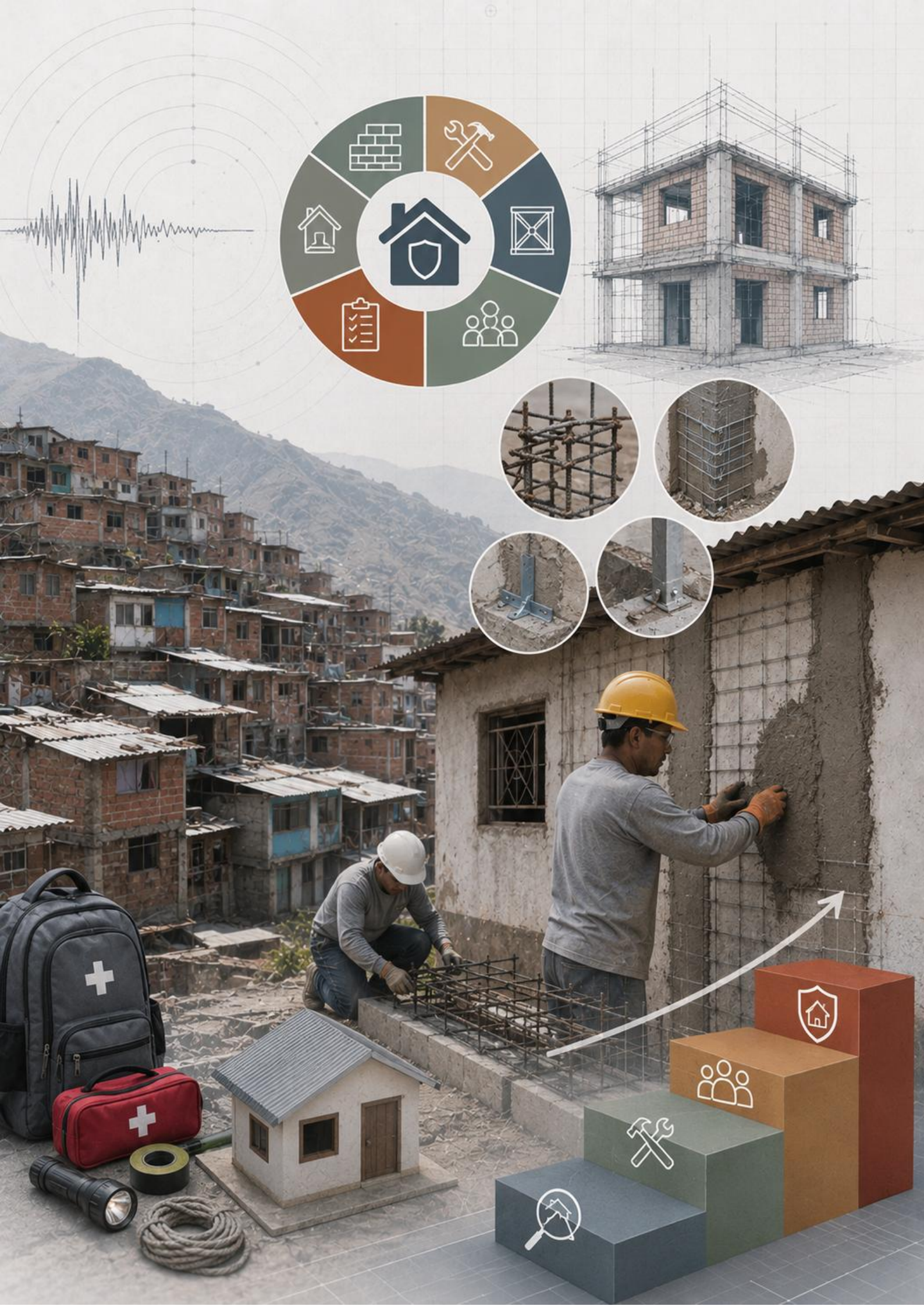
Este programa podría ser financiado a través de fondos de inversión pública y cooperación internacional.

Conclusión del capítulo

El análisis crítico de los métodos utilizados en este estudio nos ha permitido identificar tanto sus fortalezas como sus limitaciones. El método FEMA P-154 ha demostrado ser una herramienta valiosa y eficiente para la evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica, pero requiere adaptaciones para ser plenamente efectivo en el contexto peruano. La georreferenciación, complementada con SIG y drones, ha permitido una comprensión espacial del riesgo que sería imposible de lograr con métodos tradicionales, pero enfrenta desafíos de costo, acceso y capacidad técnica.

Las propuestas presentadas en este capítulo apuntan a fortalecer ambas herramientas, haciéndolas más accesibles, precisas y adaptadas a nuestra realidad. La implementación de estas propuestas requerirá la colaboración de múltiples actores: instituciones gubernamentales, universidades, colegios profesionales, gobiernos locales y organizaciones comunitarias.

Sin embargo, el esfuerzo vale la pena. Contar con herramientas de evaluación más efectivas no es un fin en sí mismo, sino un medio para lograr el objetivo fundamental: reducir la vulnerabilidad de las edificaciones y, con ello, proteger la vida y el patrimonio de las familias que habitan en las zonas urbano-marginales de nuestro país.



CAPÍTULO VI: ¿QUÉ PODEMOS HACER? MEDIDAS PRÁCTICAS PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD



Hemos recorrido un largo camino a lo largo de este texto. Comenzamos definiendo conceptos fundamentales como vulnerabilidad, peligro, riesgo y desastre. Luego exploramos las herramientas que nos permiten evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones. Realizamos un diagnóstico detallado de siete asentamientos humanos de Huánuco, y aplicamos los métodos de evaluación para cuantificar el nivel de vulnerabilidad en cada zona.

Los resultados fueron contundentes: en todas las zonas estudiadas, el nivel de vulnerabilidad es preocupantemente alto. La mayoría de las viviendas colapsarían o sufrirían daños severos ante un sismo de mediana intensidad. Miles de familias viven hoy en condiciones de alto riesgo.

Pero este diagnóstico no es un fin en sí mismo. Es un punto de partida. El conocimiento que hemos adquirido nos permite ahora actuar. En este capítulo final, presentamos medidas prácticas, concretas y accesibles para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones en zonas urbano-marginales.

Organizaremos estas medidas en cinco áreas de acción:

- Fortaleciendo a la comunidad: acciones sociales y educativas que empoderan a los habitantes para construir viviendas más seguras y organizarse ante emergencias.
- Cuidando el entorno: medidas ambientales que reducen los riesgos geológicos y mejoran la seguridad del entorno físico.
- Construyendo mejor: prácticas constructivas que mejoran la calidad de las viviendas desde el momento de su edificación.
- Reforzando las estructuras: intervenciones técnicas para mejorar el comportamiento sísmico de las viviendas existentes.
- Un plan paso a paso para actuar: un protocolo sistemático para implementar estas medidas de manera efectiva.

Cada medida está pensada para ser aplicable con recursos limitados, considerando la realidad socioeconómica de las zonas urbano-marginales. No todas requieren grandes inversiones; muchas dependen de la organización comunitaria, la educación y el cambio de prácticas cotidianas.

6.1 Fortaleciendo a la comunidad

La reducción de la vulnerabilidad no es solo un desafío técnico. Es, ante todo, un desafío humano. Las viviendas no se construyen solas; son el resultado de decisiones tomadas por personas y familias. Si queremos construir viviendas más seguras, debemos empezar por fortalecer las capacidades de quienes las habitan.

Capacitación comunitaria

Una de las medidas más efectivas y de menor costo es la capacitación de la comunidad en prácticas de construcción segura. Esto implica:

Talleres para vecinos

Organizar talleres prácticos donde los vecinos aprendan a identificar materiales adecuados, a reconocer signos de deterioro estructural, y a aplicar técnicas de construcción sismorresistente básicas. Estos talleres deben ser impartidos por profesionales (ingenieros o arquitectos) con experiencia en construcción de bajo costo, y deben utilizar un lenguaje claro y ejemplos concretos de la realidad local.

Formación de maestros de obra comunitarios

Capacitar a albañiles y maestros de obra de la propia comunidad en técnicas sismorresistentes. Estos maestros de obra capacitados pueden luego asesorar a sus vecinos en la construcción o reforzamiento de sus viviendas, generando un efecto multiplicador.

Charlas en colegios

Incorporar la cultura de prevención desde la infancia mediante charlas y actividades educativas en los colegios de la zona. Los niños pueden llevar a sus hogares el mensaje de la importancia de construir de manera segura.

Organización vecinal para emergencias

Una comunidad organizada es una comunidad más resiliente. Fomentar la organización vecinal para la gestión de emergencias implica:

Formación de comités de defensa civil

Crear o fortalecer comités de defensa civil a nivel de cada asentamiento o sector. Estos comités deben estar capacitados para coordinar acciones de prevención, preparación, respuesta y rehabilitación.

Brigadas de evacuación y primeros auxilios

Capacitar a brigadas voluntarias en técnicas de evacuación, primeros auxilios básicos y búsqueda de personas atrapadas. Estas brigadas pueden marcar la diferencia en los primeros momentos de una emergencia.

Simulacros periódicos

Realizar simulacros de evacuación de manera regular, al menos dos veces al año. Los simulacros permiten identificar fallas en las rutas de evacuación, practicar los procedimientos y generar confianza en la población.

Campañas educativas

La cultura de prevención se construye con información y educación continua:

- Difusión en medios comunitarios

Utilizar medios locales como radios comunitarias, periódicos murales y redes sociales para difundir información sobre riesgos sísmicos y medidas de prevención.

- **Materiales educativos**

Desarrollar y distribuir materiales educativos sencillos: afiches, volantes, guías ilustradas y videos cortos que expliquen los riesgos y las medidas de protección.

- **Jornadas de sensibilización**

Organizar jornadas de sensibilización en espacios públicos (parques, mercados, colegios) donde se entregue información y se respondan preguntas de la población.

6.2 Cuidando el entorno

El entorno físico en el que se ubican las viviendas es un factor determinante de su vulnerabilidad. Una vivienda bien construida puede ser vulnerable si se encuentra en una ladera inestable o cerca de una quebrada. Por ello, las medidas ambientales son fundamentales.

Selección adecuada del terreno

La primera medida de prevención es evitar construir en zonas de alto riesgo:

- **Identificación de zonas de riesgo**

Utilizar los mapas de peligro y vulnerabilidad elaborados por las autoridades para identificar las zonas que no son aptas para la construcción: laderas inestables, zonas propensas a inundaciones, áreas cercanas a quebradas o ríos, etc.

- **Restricciones municipales**

Los gobiernos locales deben establecer ordenanzas que prohíban la construcción en zonas de alto riesgo y que regulen las condiciones de construcción en zonas de riesgo moderado.

- Asesoría previa a la compra

Fomentar que las familias, antes de comprar un terreno, soliciten asesoría técnica para verificar que el terreno es apto para la construcción.

Manejo de aguas pluviales

El agua es uno de los principales agentes de deterioro de las viviendas y de inestabilidad de los terrenos:

- Construcción de canales y drenes

Construir canales de desvío y drenes para encauzar las aguas de lluvia y evitar que se acumulen cerca de las viviendas o en las laderas.

- Zanjas de infiltración

En zonas de pendiente, construir zanjas de infiltración que permitan que el agua se filtre gradualmente en el suelo, reduciendo la escorrentía y la erosión.

- Mantenimiento de sistemas de drenaje

Realizar limpieza periódica de canales, drenes y alcantarillas para evitar obstrucciones que puedan provocar inundaciones.

Protección de la cobertura vegetal

La vegetación cumple un papel fundamental en la estabilidad de los suelos:

- Reforestación de laderas

Reforestar las laderas con especies nativas de raíces profundas que ayuden a consolidar el suelo y reducir el riesgo de deslizamientos.

- Conservación de áreas verdes

Proteger las áreas verdes existentes, evitando la tala de árboles y la eliminación de vegetación en laderas y quebradas.

- Plantas de cobertura

En áreas con escasa vegetación, promover la siembra de plantas de cobertura que protejan el suelo de la erosión.

Gestión de residuos de construcción

Los residuos de construcción mal gestionados pueden obstruir drenajes y generar problemas ambientales:

- Disposición adecuada

Establecer puntos de disposición adecuados para los residuos de construcción, evitando que sean arrojados en quebradas o laderas.

- Reúso de materiales

Fomentar el reúso de materiales de construcción (ladrillos, tejas, etc.) para reducir la generación de residuos.

- Reciclaje de escombros

Promover el reciclaje de escombros para su uso en rellenos o en la fabricación de materiales de construcción (por ejemplo, bloques de concreto reciclado).

6.3 Construyendo mejor

La calidad de la construcción es el factor más determinante de la vulnerabilidad de una vivienda. Si logramos mejorar las prácticas constructivas, estaremos reduciendo el riesgo de manera significativa.

Aplicación de normas técnicas

Aunque las normas técnicas están diseñadas para construcciones formales, muchos de sus principios pueden aplicarse en la autoconstrucción:

- Norma E.030 "Diseño Sismorresistente"

Familiarizar a los constructores con los principios básicos de la Norma E.030: configuración regular en planta y elevación, uso de materiales adecuados, y continuidad de los elementos estructurales.

- Norma E.070 "Albañilería"

Para las construcciones de albañilería, aplicar los criterios básicos de la Norma E.070: uso de ladrillos de calidad, proporción adecuada de mortero, colocación de refuerzos horizontales y verticales, y ejecución correcta de juntas.

- Guías simplificadas

Desarrollar guías simplificadas que traduzcan los requisitos técnicos de las normas en instrucciones prácticas para la autoconstrucción.

Uso de materiales certificados

La calidad de los materiales es fundamental para la seguridad de la vivienda:

- Selección de materiales

Priorizar el uso de materiales de calidad certificada: ladrillos de arcilla cocida (no artesanales), cemento Portland, acero de construcción con corrugado, etc.

- Control de calidad

Realizar pruebas simples para verificar la calidad de los materiales: comprobar la resistencia del ladrillo (golpeándolo), la consistencia del mortero (en su punto), etc.

- **Materiales alternativos**

Cuando los materiales convencionales son demasiado costosos, evaluar el uso de materiales alternativos de calidad comprobada, como bloques de tierra comprimida estabilizada, adobe mejorado (con paja y cal), etc.

Supervisión técnica

Una de las debilidades más recurrentes en las zonas urbano-marginales es la ausencia de supervisión técnica:

- **Asesoría de ingeniero o arquitecto**

Siempre que sea posible, contar con la asesoría de un profesional para el diseño y la supervisión de la construcción. Si esto no es posible, al menos buscar la asesoría de un maestro de obra con experiencia en construcción sismorresistente.

- **Acompañamiento durante la obra**

La supervisión no debe limitarse al diseño; debe extenderse a todo el proceso constructivo, verificando que se ejecuten correctamente los detalles estructurales.

- **Programas de asistencia técnica**

Los gobiernos locales y regionales pueden implementar programas de asistencia técnica gratuita para viviendas de interés social, asignando profesionales que brinden asesoría a los auto constructores.

Tecnologías accesibles

Existen tecnologías constructivas que permiten construir viviendas seguras a bajo costo:

- Adobe mejorado

El adobe tradicional puede mejorarse con la adición de paja, cal o estabilizantes que aumentan su resistencia y durabilidad. Además, el uso de mallas de refuerzo (caña, bambú o malla metálica) puede mejorar significativamente su comportamiento sísmico.

- Bloques de tierra comprimida estabilizada

Los bloques de tierra comprimida con pequeñas cantidades de cemento o cal ofrecen una alternativa de bajo costo y buena resistencia sísmica.

- Sistemas mixtos de madera y tierra

En zonas donde la madera está disponible, combinar estructuras de madera con rellenos de tierra o adobe puede ofrecer un buen comportamiento sísmico a bajo costo.

6.4 Reforzando las estructuras

Para las viviendas ya construidas, el reforzamiento estructural es la principal estrategia para reducir la vulnerabilidad. Existen técnicas de reforzamiento que, si bien no llevan la vivienda al nivel de una construcción formal, pueden mejorar significativamente su capacidad de resistir un sismo.

Simetría y juntas estructurales

- Diseño regular en planta

Promover que las ampliaciones y modificaciones de las viviendas mantengan una configuración regular en planta, evitando formas en "L", "T" o "U" que generan concentraciones de esfuerzos.

- Juntas de dilatación sísmica

Cuando una vivienda está adosada a otra, es fundamental dejar una junta de dilatación que permita que cada cuerpo se mueva de manera independiente durante un sismo, evitando el golpeteo entre ellas.

- Continuidad vertical

Evitar las discontinuidades en elevación, como pisos escalonados o cambios bruscos de rigidez. Si se requiere una ampliación vertical, debe ser diseñada para mantener la continuidad estructural con el piso inferior.

Anclaje de techos y muros

- Anclaje de techos ligeros

En viviendas con techos de calamina o tejas, hay que asegurar que estos estén correctamente anclados a la estructura para evitar que se desprendan durante el sismo.

- Refuerzo de muros de adobe

En viviendas de adobe, colocar refuerzos horizontales (mallas de caña o bambú) en el interior de los muros para aumentar su resistencia a las fuerzas sísmicas.

- Amarras de esquinas

Reforzar las esquinas de los muros con amarras de madera o metal que eviten su apertura durante el sismo.

Reforzamiento de viviendas existentes

- Encamisado de columnas
En viviendas de concreto armado con columnas de sección insuficiente, se puede realizar un encamisado (refuerzo exterior) de las columnas para aumentar su capacidad de carga.
- Mallas en muros
En viviendas de albañilería confinada, colocar mallas de refuerzo (metálicas o de fibra) en los muros para mejorar su resistencia a las fuerzas sísmicas.
- Techos livianos
Reemplazar techos pesados (como losas de concreto de gran espesor) por techos más livianos (como losas aligeradas o techos de madera), reduciendo así la masa que debe ser resistida durante el sismo.
- Refuerzos diagonales
En viviendas con sistemas portantes, colocar refuerzos diagonales (de madera o metal) en los muros para mejorar su rigidez y resistencia.

Aplicación de diseño sismorresistente

- Integración desde el diseño
El diseño sismorresistente debe ser considerado desde las etapas iniciales del proyecto, no como un añadido posterior. Esto incluye la elección del sistema estructural adecuado, la distribución simétrica de los elementos y el dimensionamiento correcto de los mismos.
- Prevención de fallas estructurales
Identificar y corregir posibles fallas estructurales desde el diseño: evitar columnas cortas, vigas con deflexiones excesivas, muros sin refuerzo adecuado, etc.

- Cumplimiento de detalles constructivos

Prestar especial atención a los detalles constructivos que pueden marcar la diferencia entre una vivienda que colapsa y una que resiste: longitud de anclaje de refuerzos, recubrimientos, compactación de morteros, etc.

6.5 Un plan paso a paso para actuar

La implementación de las medidas de mitigación requiere un proceso sistemático que garantice que las intervenciones sean efectivas, eficientes y sostenibles. Presentamos aquí un protocolo de intervención estructurado en seis fases.

Fase 1: Diagnóstico inicial

El diagnóstico es el punto de partida de cualquier intervención. Debe ser objetivo, detallado y participativo.

Inspección y clasificación

Realizar una inspección detallada de las viviendas para clasificarlas según su nivel de vulnerabilidad. Esta inspección puede utilizar el método FEMA P-154 u otra herramienta de evaluación rápida.

Identificación de riesgos críticos

Identificar los riesgos más críticos en cada vivienda: fallas estructurales, problemas de cimentación, irregularidades, etc.

Consulta a la comunidad

Involucrar a la comunidad en el diagnóstico, recogiendo su percepción del riesgo y sus prioridades de intervención.

Fase 2: Priorización

Los recursos son limitados, por lo que es necesario priorizar las intervenciones.

Criterios de priorización

Establecer criterios claros para priorizar: nivel de vulnerabilidad, número de habitantes, presencia de población vulnerable (niños, ancianos, personas con discapacidad), ubicación en zonas de alto riesgo, etc.

Identificación de viviendas críticas

Identificar las viviendas más críticas que requieren intervención inmediata.

Planificación de intervenciones

Planificar las intervenciones de manera escalonada, abordando primero las viviendas más críticas y luego las de menor riesgo.

Fase 3: Selección de medidas

Para cada vivienda, seleccionar las medidas de mitigación más adecuadas.

Evaluación de opciones técnicas

Evaluar las diferentes opciones técnicas disponibles para reducir la vulnerabilidad de la vivienda: reforzamiento, rehabilitación o reconstrucción.

Análisis de costo-efectividad

Analizar la relación costo-efectividad de cada opción, considerando tanto los costos directos como los beneficios en términos de seguridad.

Participación de los propietarios

Involucrar a los propietarios en la selección de medidas, asegurando que comprendan las opciones y que la solución elegida sea viable para ellos.

Fase 4: Planificación participativa

Una vez seleccionadas las medidas, es necesario planificar su implementación con la participación de todos los actores involucrados.

Establecimiento de cronogramas

Establecer cronogramas realistas para la implementación de las medidas, considerando los recursos disponibles y las limitaciones de la comunidad.

Presupuestos participativos

Definir los presupuestos necesarios, identificando fuentes de financiamiento (fondos municipales, programas nacionales, cooperación internacional, aportes comunitarios).

Acuerdos comunitarios

Establecer acuerdos comunitarios sobre la implementación de las medidas, definiendo responsabilidades y compromisos.

Fase 5: Ejecución supervisada

La ejecución debe realizarse bajo supervisión técnica para garantizar la calidad de las intervenciones.

Aplicación de normas

Hay que asegurar que las intervenciones se realicen cumpliendo con las normas técnicas aplicables.

Control de calidad

Realizar controles de calidad durante la ejecución, verificando que los materiales y procesos cumplan con los requisitos técnicos.

Registro de intervenciones

Documentar todas las intervenciones realizadas, incluyendo los materiales utilizados y los procesos aplicados.

Fase 6: Capacitación y mantenimiento

Una vez ejecutadas las intervenciones, es necesario asegurar su sostenibilidad a través de la capacitación y el mantenimiento.

Manuales para usuarios

Entregar a los propietarios manuales o guías sencillas sobre el mantenimiento de las viviendas reforzadas o rehabilitadas.

Capacitación en mantenimiento

Capacitar a los propietarios en técnicas básicas de mantenimiento que prevengan el deterioro de las viviendas.

Monitoreo periódico

Establecer un sistema de monitoreo periódico para verificar que las viviendas mantengan sus condiciones de seguridad.

Fase 7: Monitoreo y evaluación

El proceso no termina con la implementación; requiere un seguimiento para asegurar su efectividad a largo plazo.

Visitas periódicas

Realizar visitas periódicas a las viviendas intervenidas para verificar su estado y detectar posibles problemas.

Evaluación de impacto

Evaluar el impacto de las intervenciones en la reducción de la vulnerabilidad, utilizando los mismos métodos de evaluación aplicados en el diagnóstico.

Retroalimentación

Utilizar los resultados del monitoreo y la evaluación para retroalimentar el proceso y mejorar las intervenciones futuras.

Conclusión del capítulo

La vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en zonas urbano-marginales no es un problema insoluble. Es, como hemos visto a lo largo de este texto, un problema complejo con múltiples dimensiones: social, ambiental, constructiva y estructural. Pero precisamente por eso, existen múltiples puntos de entrada para abordarlo.

Las medidas presentadas en este capítulo fortalecen a la comunidad, cuidan el entorno, construyen mejor, refuerzan las estructuras y siguen un plan sistemático y ofrecen un camino práctico para reducir el riesgo. No todas requieren grandes inversiones; muchas dependen de la educación, la organización comunitaria y el cambio de prácticas cotidianas.

Lo más importante es empezar. Cada vivienda reforzada, cada comunidad capacitada, cada maestro de obra formado representan un paso hacia comunidades más seguras y resilientes. La prevención es posible y empieza por conocer los riesgos y actuar para reducirlos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña García, R. S. (2023). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas de una provincia peruana con riesgo sísmico. *HIGH TECH-ENGINEERING JOURNAL*, 3(1), 34–45. <https://doi.org/10.46363/HIGH-TECH.V3I1.3>
- Arevalo Casas, A. S. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres*. <https://doi.org/10.19083/TESIS/648665>
- Cabello Rivadeneyra, V. M., & Sotelo Fuentes, J. Y. (2020). *Identificación del crecimiento urbano en zonas de pendiente para evaluar el riesgo sísmico*. Universidad Ricardo Palma - URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3859>
- Calderón Paniagua, D. G., Quispe Vilca, G. R., Pacompia Toza, J. F., Flores Choquecota, H., Condori Gomez, F. R., Callata Vidal, J. C., Calderón Paniagua, D. G., Quispe Vilca, G. R., Pacompia Toza, J. F., Flores Choquecota, H., Condori Gomez, F. R., & Callata Vidal, J. C. (2026). Autoconstrucción informal y vulnerabilidad sísmica: una aproximación desde la percepción ciudadana. *Revista InveCom*, 6(2). <https://doi.org/10.5281/ZENODO.17080698>
- Camargo Salazar, I. del P. (2018). *Estudio de caso: evaluación del riesgo ante un evento sísmico, mediante modelación probabilística y herramientas SIG , con un enfoque de inteligencia territorial-localidad de Santa Fe, Bogotá D.C*. <http://hdl.handle.net/11349/13763>
- CENEPRED - Centro Nacional de Estimación, P. y R. del riesgo de desastres. (2014). *Plan nacional de gestión del riesgo de desastres - PLANAGERD 2014-2021 | SIGRID*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/417>
- Cervantes Gonzales, E. H. (2019). *Análisis de vulnerabilidad sísmica en viviendas aplicando los métodos fema 154 e Italiano a fin de reducir el riesgo sísmico en la urbanización Paucarbamba, distrito de Amarilis – Huánuco*.
- Clavijo Palacio, O. D. (2022, November). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica en el barrio Villa Lorena de la ciudad de Villavicencio implementando SIG como herramienta de análisis*. <https://repository.usta.edu.co/items/5e821206-9413-4936-9027-8385d5ed16b6>

- Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales. (2019). *Metodología de modelación probabilística de riesgos naturales - Vulnerabilidad de Edificaciones e Infraestructura - Informe Técnico*. www.ern-la.com
- Coral Benites, D. A., & Silva Villar, D. H. (2021). *Determinación de riesgo en el centro poblado San Sebastián de Quera, distrito Santa María del Valle, Huánuco 2020*.
- Cruz Cordova, J., & Castañeda Avendaño, L. M. (2022). *Sistema de información geográfica con la metodología FEMA P-154 para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en la urbanización El Cercado, Villa María del Triunfo*. Universidad Ricardo Palma - URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5895>
- Falera Atanacio, N. E. (2020). *Análisis de vulnerabilidad sísmica en viviendas aplicando los métodos fema 154 e italiano a fin de reducir el riesgo sísmico en el sector San Luis, Distrito de Amarilis – Huánuco – 2018*.
- Fernandez-Romero, E., & Roque, F. G. A. (2025). Seismic vulnerability of buildings: a review of current approaches and challenges (2000-2025). *International Journal of Educational Practices and Engineering (IJEPE)*, 2(4). <https://doi.org/10.70504/xxxx>
- INDECI - Instituto Nacional de Defensa Civil. (2010, June). *Directiva N.º 007-2010-INDECI/10.2 - Normas y documentos legales*. <https://www.gob.pe/institucion/indeci/normas-legales/986511-007-2010-indeci-10-2>
- Juárez Valencia, M. J., & Loayza Rodríguez, J. G. (2015). *Análisis y Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica y Estados de Daño en Monumentos Históricos de Sillar en el Barrio de San Lázaro – Arequipa*. Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/2147>
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2021, November). *Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Mora-Albán, V. E., & Baque-Solís, B. S. (2025). Aplicación de FEMA P-154 para el análisis de vulnerabilidad sísmica en construcciones del sector El Matal-Jama. *Revista Científica FINIBUS - Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 8(15), 78–84. <https://doi.org/10.56124/FINIBUS.V8I15.008>
- Péguy, C.-P., & Brissaud, I. (2002). Dauphiné André (2001). *Risques et catastrophes*. Observer, spatialiser, comprendre, gérer. Paris : Armand

Colin, 288 p. *L'Espace Géographique*, 31(3), II–II.
<https://doi.org/10.3917/EG.313.0283B>

Quispe Chipana, G. L., & Mamani Gallegos, J. E. (2021). *Evaluación sísmica visual rápida por el método Fema 154 de los pabellones del Campus Capanique 1 de la Universidad Privada de Tacna, 2021.*

Quispesivana Quispe, L. J. (1996). Geología del cuadrángulo de Huánuco. Hoja: 20-k – [Boletín A 75]. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET*.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/198>

Tinoco Meyhuay, T., Colonia Cerna, P., & Tinoco Gonzales, P. (2017). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona urbana del distrito de Jangas, aplicando el sistema de información geográfica.*

Trujillo Sanchez, L. M. (2019). *Análisis de vulnerabilidad sísmica en viviendas aplicando los métodos fema 154 e italiano a fin de reducir el riesgo sísmico en Huánuco, Distrito de Huánuco – Provincia y Departamento de Huánuco – 2019.* Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
<https://repositorio.unheval.edu.pe/item/ec647ff4-0601-4aaf-8cfb-2942932dcb9c>



Dirección legal: Urb. Paseo del Mar
Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
Correo electrónico: ed.honexus@gmail.com
Teléfono: 978653152

