



Identificación cualitativa de condiciones de vulnerabilidad sísmica en viviendas del distrito del Rímac, Lima-Perú

Qualitative identification of seismic vulnerability conditions in homes in the Rímac district, Lima-Peru

*Castro-Revilla, Humberto Manuel*¹

*Paz-Fernández, Rodolfo Jesús*²

*Arrieta-Alarcón, Juan Carlos*³

*Vergara-Rodríguez, Erika Noelia*⁴

^{1,2,3,4} Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú

¹ hcastror@unfv.edu.pe | <https://orcid.org/0000-0002-4289-3789>

² rpaz@unfv.edu.pe | <https://orcid.org/0000-0002-6533-3741>

³ jarrieta@unfv.edu.pe | <https://orcid.org/0000-0002-9824-5166>

⁴ 2019000145@unfv.edu.pe | <https://orcid.org/0009-0002-8756-971X>

Recibido el 05 de Agosto de 2024, aprobado el 02 de Octubre de 2024



RESUMEN | Por su ubicación en la costa del Pacífico Sudamericano, el Perú se encuentra permanentemente expuesto al peligro sísmico. Las extendidas prácticas de construcción informal sin estándares técnicos de diseño sismo resistente, suponen una vulnerabilidad que aumenta los riesgos asociados a este peligro. La presente investigación tuvo por objetivo identificar las condiciones de vulnerabilidad sísmica más frecuentes en la construcción de viviendas, empleando un método cualitativo basado en la observación visual. Se tomó una muestra de 403 viviendas del distrito del Rímac en la ciudad de Lima, Perú, en el año 2023, sin considerar la zona declarada como Patrimonio Mundial por UNESCO. Como instrumento se empleó una ficha de observación diseñada para el registro visual desde la vía pública, sin tener que acceder a las viviendas. Se concluyó que entre las principales condiciones de vulnerabilidad observadas se encuentran la ausencia de juntas sísmicas (89.33%), la diferencia de nivel de losas entre edificaciones vecinas (59.8%) y la construcción de muros de ladrillo de baja densidad (60.30%). La interacción de estas condiciones entre viviendas contiguas, puede suponer efectos catastróficos para las edificaciones y aumentar el riesgo de pérdida de vidas ante un evento sísmico, por lo cual se recomienda incidir en estos puntos en programas educativos para la población sobre la importancia de las buenas prácticas constructivas.

PALABRAS CLAVE: Junta-sísmica, riesgo-sísmico, sismo-resistencia, vivienda-informal, vulnerabilidad-sísmica.

ABSTRACT | Due to its location on the South American Pacific coast, Peru is permanently exposed to seismic hazards. The widespread practices of informal construction without technical standards for earthquake-resistant design represent a vulnerability that increases the risks associated with this hazard. The objective of this research was to identify the most frequent conditions of seismic vulnerability in the construction of housing, using a qualitative method based on visual observation. A sample of 403 homes was taken from the Rímac district in the city of Lima, Peru, in 2023, without considering the area declared as a World Heritage Site by UNESCO. An observation sheet designed for visual recording from the public road was used as an instrument, without having to access the homes. It was concluded that among the main conditions of vulnerability observed were the absence of seismic joints (89.33%), the difference in slab level between neighboring buildings (59.8%), and the construction of low-density brick walls (60.30%). The interaction of these conditions between adjacent homes can have catastrophic effects on buildings and increase the risk of loss of life in the event of an earthquake. It is therefore recommended that these points be emphasized in educational programs for the population on the importance of good construction practices.

KEYWORD: Earthquake-resistance, informal-housing, seismic-joint, seismic-risk, seismic-vulnerability.

Introducción

Los países de la costa oeste de Sudamérica, ubicados en el borde oriental del Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, se encuentran expuestos al peligro sísmico, el cual trae consigo riesgos asociados a las condiciones de vulnerabilidad física existentes en el territorio. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2017).

En el Perú, las viviendas edificadas de modo informal suponen un factor de vulnerabilidad significativo, ya que estas se caracterizan por no contar con una adecuada supervisión profesional, el uso de técnicas empíricas y la ausencia de estudios técnicos como el de mecánica de suelos. Esto conduce a que no cumplan con adecuados criterios de sismorresistencia (Kuroiwa, 2016).

Se estima que el 68.5% de las viviendas construidas entre el año 2007 y 2014 en Lima Metropolitana fueron realizadas de manera informal, empleando principalmente ladrillos de arcilla de baja densidad denominados “pandereta” con un 52% de vacío, los cuales no son aptos para la construcción de muros portantes (Cámara Peruana de la Construcción [CAPECO], 2018). Por otra parte, en 2023, el 39.4% de los ingresos de los proveedores de materiales y servicios de construcción provino del rubro no formal (CAPECO, 2024).

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú (INDECI, 2017), el distrito del Rímac, ubicado en la ciudad de Lima, presenta niveles de vulnerabilidad medio, alto y muy alto ante el peligro que representa un sismo de gran magnitud (Superior a 7.0 Mw). Esta conclusión surgió de una evaluación integral del riesgo físico y social del territorio.



Consideramos que además del diagnóstico general, es necesario conocer de una manera más específica las condiciones de vulnerabilidad de las edificaciones. El objetivo de esta investigación fue identificar condiciones de vulnerabilidad en viviendas, a fin de poder proponer estrategias que apunten a concientizar a la población, evitando así que se sigan replicando prácticas constructivas no adecuadas.

Se escogió como zona de estudio el distrito del Rímac, debido a su ubicación en el área central de Lima, y al predominio de la albañilería confinada como sistema constructivo, característica común con el resto de la ciudad.

Metodología

Para identificar condiciones de vulnerabilidad sísmica en viviendas, se empleó un método cualitativo basado en la observación visual del exterior de las edificaciones. La investigación se llevó a cabo entre marzo y noviembre de 2023 en el distrito del Rímac, Provincia de Lima, exceptuando las zonas declaradas como Patrimonio Mundial por la UNESCO.

En el distrito del Rímac existen 53, 369 lotes. Según la Ordenanza N° 2145-2018-MML la zonificación predominante fuera de la Zona de Tratamiento Especial (Patrimonio Mundial), es Residencial de Densidad Media (RMD), la cual corresponde a viviendas unifamiliares o multifamiliares.

Se tomó una muestra aleatoria no probabilística de 403 viviendas unifamiliares y multifamiliares distribuidas en 28 manzanas, que pudieran observarse desde la vía pública, ya que no se planteó el ingreso a las mismas como parte del método. Como criterio de exclusión se consideró la presencia de sistemas constructivos basados en el empleo de barro, madera o placas de roca de yeso, al corresponder a la zona patrimonial o ser minoritarios.

Se empleó la técnica de observación estructurada para identificar las características exteriores de las viviendas seleccionadas. El instrumento utilizado fue una ficha de observación elaborada por los autores y sometida a juicio de expertos. Dichas fichas se complementaron con un registro fotográfico.

El instrumento se basó en los criterios básicos señalados por CENEPRED (2017) para la evaluación de riesgo sísmico en edificaciones. En el caso de la presente investigación, no se pretendió ponderar el riesgo o establecer un índice, sino ahondar en la identificación de las condiciones de vulnerabilidad, las cuales no están detalladas por CENEPRED (2017).

Los criterios a evaluar se establecieron mediante la observación preliminar de condiciones frecuentes de vulnerabilidad en 5 distritos de Lima. Estos criterios se dividieron en dos partes, buscando identificar condiciones que comprometan elementos verticales y horizontales en viviendas.



Las condiciones de vulnerabilidad debían ser visibles desde el exterior, ya que no se contempló el ingreso a las viviendas. Para el trabajo de campo, se capacitó en el empleo del instrumento a un equipo de estudiantes de la carrera de arquitectura de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV).

Como limitación metodológica se tuvo el hecho de que la observación visual desde el exterior de las viviendas, no permite estudiar la configuración geométrica de planta ni las estructuras.

La configuración geométrica en planta es un criterio fundamental para evaluar la vulnerabilidad de una edificación, sin embargo, las viviendas de la zona se han edificado ocupando la totalidad de sus lotes, prácticamente sin dejar área libre alguna, salvo reducidos pozos de luz. Debido a esto, tampoco fue posible realizar un análisis de la configuración geométrica en planta a través de imágenes satelitales.

Pese a las limitaciones mencionadas, la ficha, cuyos criterios se aprecian en la Tabla 1, permitió recopilar información con rapidez sobre un área extensa, enfocando la observación sobre aspectos constructivos específicos. Esto significó una diferencia con otros métodos de evaluación que requieren la obtención información completa de las condiciones de la edificación, lo cual resulta complejo y en muchos casos no factible.

A continuación, se muestran los criterios considerados en la ficha de observación.

Tabla 1

Condiciones de vulnerabilidad sísmica en viviendas del Rímac.

Condiciones de vulnerabilidad en elementos verticales	Condiciones de vulnerabilidad en elementos horizontales
Ausencia de juntas sísmicas (El tamaño de junta debe calcularse según la Norma técnica E.030 para diseño sismorresistente)	Vigas no peraltadas. (Las vigas poseen el mismo espesor que la losa y no se dimensionan necesariamente de acuerdo a la luz).
Inclinación de muros (Todo muro donde se aprecie un ángulo diferente a 90° con respecto al eje horizontal)	Ausencia de vigas.
Muros de ladrillo de baja densidad. (Principalmente ladrillo de tipo “pandereta” con 52% de vacío o ladrillos para losas aligeradas).	Picaduras en vigas de concreto denominadas “cangrejeras” (Orificios en la superficie del concreto producidos por un inadecuado procedimiento de vaciado).
Muros de mampostería artesanal. (Ladrillos elaborados en ladrilleras artesanales).	Acero expuesto en vigas.



Muros de mampostería sin elementos de arriostre.	Grietas en vigas. (Estas deben ser visible, no se considera una dimensión mínima).
Grietas en muros o columnas. (Estas deben ser visible, no se considera una dimensión mínima).	Vigas atravesadas por tuberías de agua o desagüe de todo diámetro.
Muros o columnas atravesados por tuberías de agua o desagüe de todo diámetro.	Losas o vigas con pandeo. (Este debe ser evidente a simple vista. No se considera un pandeo mínimo).
Picaduras en columnas denominadas “cangrejas” (Orificios en la superficie del concreto producidos por un inadecuado procedimiento de vaciado).	Losas a desnivel con vivienda vecina. (Se considera cuando el desnivel es igual o mayor al espesor de una de las losas).
Acero expuesto en columnas.	Volados. (Se considera el volado de una parte o la totalidad de un piso superior. Incluye también balcones y aleros).
Ausencia de columnas.	Juntas frías. (Interrupciones no previstas entre elementos de concreto).
Columnas discontinuas.	Tanque de agua apoyado sobre losa.
Columna corta. (Columna con distancia entre vigas y losas disminuida).	
Juntas frías. (Interrupciones no previstas entre elementos de concreto).	

Desarrollo

Los desastres naturales tales como terremotos, tsunamis, huracanes o lluvias torrenciales no se pueden evitar y en algunos casos, ni siquiera predecir. Lo que se pretende en la gestión de riesgos ambientales es la prevención y respuesta ante ellos con el objetivo de minimizar sus consecuencias.

El peligro sísmico depende de la intensidad del movimiento que afectará a las viviendas, pero también de la duración, profundidad, distancia, características del suelo, etc. Según CENPRED (2015), los sismos se definen como:

Un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de



ellas. Una parte de la energía liberada lo hace en forma de ondas sísmicas y otra parte se transforma en calor, debido a la fricción en el plano de la falla. (p.43)

El riesgo ambiental es la probabilidad de ocurrencia de un desastre y sus consecuencias. Para calcular su magnitud, primero es necesario identificar y caracterizar los peligros, es decir, las amenazas existentes y luego multiplicar su nivel por el grado de vulnerabilidad de aquello que pueda ser afectado.

La vulnerabilidad es la debilidad y exposición que presentan las personas u objetos frente a la amenaza, y en la gestión de riesgos ambientales, es el factor clave para minimizar el efecto de un peligro que no se puede erradicar (CENEPRED, 2017).

Kuroiwa (2002) señala que la vulnerabilidad es un factor gravitante en el estudio de riesgos, ya que permite controlar el grado de daños causados por un peligro. Al reducir la vulnerabilidad de un grupo humano con la debida anticipación, será menor el impacto de la amenaza cumplida.

Al respecto CENEPRED (2017) indica: “Esta realidad obliga a la generación de conocimientos y/o metodologías que ayuden a estratificar los niveles de peligro, vulnerabilidad, riesgo y la zonificación de riesgos en los ámbitos geográficos expuestos al fenómeno natural” (p.11).

No es posible evitar un terremoto, pero sí lograr que las viviendas sean menos débiles ante él. Tal como indica Kuroiwa (2016) “La vulnerabilidad sísmica depende de la susceptibilidad de la vivienda a ser dañada por un sismo”, en tal sentido, el principal objetivo de la gestión de desastres debería ser reducir la posibilidad de que estos daños se produzcan y cobren víctimas. Para esto es necesario caracterizar el peligro, identificar las vulnerabilidades y actuar sobre ellas.

Para la evaluación del riesgo por sismos en una determinada población, CENEPRED establece un método que contempla el análisis de la vulnerabilidad física, social, ambiental y económica, considerando en cada una el grado de exposición, fragilidad y resiliencia. La vulnerabilidad se estratifica y pondera para calcular el riesgo.

Para la vulnerabilidad física, se evalúa el tipo de vivienda, material predominante, abastecimiento de agua, acceso a los servicios higiénicos, tipo de alumbrado, localización de la vivienda, antigüedad de la vivienda, estado de conservación, topografía del terreno y configuración de elevación. A cada categoría se le asigna un valor ponderado a fin de establecer una estratificación.

Consideramos que este método, aunque amplio, no llega a ser del todo preciso al momento de realizar la evaluación específica de edificaciones ya que sus criterios son generales, y en muchos casos resultan difíciles de ponderar, tal como podemos apreciar en el siguiente listado:



1. Las estructuras presentan un deterioro que hace presumir su colapso.
2. Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.
3. Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlo no lo compromete y es subsanable) o los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al mal uso.
4. Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.
5. Reciben mantenimiento permanente, no presentan deterioro alguno.
6. Porcentaje de viviendas que cumplen con el código de construcción.
7. Porcentaje de viviendas que cumplen medidas de reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones.

Debido a esto, investigadores peruanos que han estudiado la vulnerabilidad sísmica en viviendas, emplearon métodos complementarios.

Pérez y Rodrigo (2022) utilizaron el método Benedetti Petrini, el cual requiere contar con la distribución de la arquitectura en planta, y la evaluación de elementos que son difíciles de registrar en una edificación ya construida, como por ejemplo la cimentación.

López (2019) se valió del método ATC-21 para obtener un índice de vulnerabilidad, el cual se basa en el empleo de una ficha de observación donde se debe identificar el sistema estructural, la antigüedad de la edificación, altura, irregularidad geométrica, irregularidad en planta, torsión en planta, tipo de suelo y uso de la edificación.

Aunque se trata de un método sencillo, también requiere de la planta arquitectónica para el análisis de la configuración geométrica. Para evaluar viviendas de construcción informal, sin planos registrados en la municipalidad, es necesario ingresar a estas para el registro de información.

Arévalo (2020) empleó un método mixto para evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas informales que comprendió una evaluación visual cualitativa interna y externa, y un modelamiento el software Etabs 2016 para análisis estructural. Concluyó en que el 100% de las viviendas analizadas presentan un grado alto de vulnerabilidad sísmica, aunque la muestra analizada solo fue de 7 viviendas.

En Ecuador, Castillo et al. (2022) recurrieron también a métodos mixtos apoyados en la observación de características constructivas específicas y la aplicación de modelos matemáticos. En su estudio de vulnerabilidad de viviendas, determinaron que las estructuras analizadas eran débiles ante un sismo, por lo que se propuso un reforzamiento mediante el empleo de malla electrosoldada.



También en Ecuador, Malavé y Pinoargote (2023) determinaron el índice de vulnerabilidad sísmica de viviendas en la provincia de Santa Elena mediante el empleo de métodos cualitativos y cuantitativos, adaptando el método Benedetti-Petrini para el análisis de 81 viviendas. En este caso también fue necesario contar con la planta arquitectónica.

En Colombia se cuenta con el método de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2001), el cual incide en el análisis de la configuración geométrica como uno de los principales factores para estimar la vulnerabilidad.

Los estudios y métodos presentados, necesitan conocer el interior de la vivienda, lo cual es correcto, pero se enfrentan a la limitación que supone el ingreso a los inmuebles. Por otra parte, salvo Castillo et al. (2022) y Malavé & Pinoargote (2023), no analizaron en profundidad la relación entre viviendas colindantes.

Como se mencionó anteriormente, esta investigación no pretende realizar un análisis completo para estimar el nivel de vulnerabilidad, sino, profundizar en la identificación rápida de condiciones existentes que signifiquen una debilidad en las edificaciones, y, por lo tanto, aumenten el riesgo ante un evento sísmico.

Mediante recorridos de campo realizados en horario diurno por el equipo de estudiantes de la UNFV, se evaluaron viviendas uni y multifamiliares de uno a cinco pisos, edificadas con albañilería y concreto armado, excluyéndose construcciones de barro o madera. Se registraron solo condiciones de vulnerabilidad observables desde el exterior de la vivienda.

No se tomó como criterio de exclusión el tamaño de los lotes ya que estos poseen dimensiones variables, con un área promedio de 95 m². En la mayoría de casos, las edificaciones ocupan la totalidad del lote sin existir retiros frontales ni posteriores. Las áreas libres por lo tanto son inferiores al 30% de la superficie del terreno (exigible para una vivienda), quedando estas limitadas a reducidos pozos de luz.

Resultados

El instrumento se aplicó en 403 viviendas, distribuidas en 28 manzanas. Dichas viviendas presentaron características comunes a las del resto de la ciudad de Lima tales como estructuras de concreto armado, muros de albañilería y losas aligeradas.

En la Tabla 2 se aprecia que la principal condición de vulnerabilidad observable en elementos verticales es la falta de juntas sísmicas con un 89.33 % (ver Figura 1A). Esto significa que no existe una separación reglamentaria entre edificaciones vecinas. La separación debe calcularse según los parámetros establecidos en la Norma técnica E.030 para diseño sismorresistente.



La siguiente condición más frecuente (60.30%) es la presencia de muros construidos con ladrillos de baja densidad, denominados “pandereta” con un 52% de vacío (ver Figura 1B). También se identificó la presencia de ladrillos de elaboración artesanal en el 22.83% de viviendas (ver Figura 1C). El problema de la vulnerabilidad en muros aumenta al tener un 28.54% de casos sin elementos de arriostre (ver Figura 1D).

Tabla 2

Condiciones de vulnerabilidad sísmica que comprometen elementos verticales de la edificación en viviendas del Rímac.

Condiciones de vulnerabilidad sísmica en elementos verticales	Porcentaje de viviendas evaluadas (%)
Ausencia de juntas sísmicas.	89.33
Inclinación de muros	17.12
Muros de ladrillo de baja densidad.	60.30
Muros de mampostería artesanal.	22.83
Muros sin elementos de arriostre.	28.54
Grietas en muros o columnas.	19.85
Muros o columnas atravesados por tuberías.	21.09
Cangrejeras en columnas.	11.41
Acero expuesto en columnas.	31.02
Ausencia de columna.	18.61
Columna discontinua.	9.68
Columna corta.	13.15
Juntas frías.	21.34



Figura 1

Viviendas evaluadas durante la investigación, identificando condiciones de vulnerabilidad sísmica, en elementos verticales.



(A) Viviendas sin juntas de separación sísmica.

(B) Vivienda con muros edificados con ladrillos de baja densidad de tipo “Pandereta”.



(C) Vivienda con muros de ladrillo de fabricación artesanal y acero expuesto

(D) Vivienda con ausencia de columnas de arriostre.

En la Tabla 3 se aprecia que la principal condición de vulnerabilidad en elementos horizontales con un 59.80% es la existencia de diferentes niveles entre las losas de las viviendas contiguas (Figura 2A), luego tenemos la presencia de vigas no peraltadas con 44.91% (Figura 2B), o incluso la inexistencia de vigas en un 20.84% de viviendas (Figura 2C). Finalmente, se encontró un 42.68% de estructuras con volados (Figura 2D).



Tabla 3

Condiciones de vulnerabilidad sísmica que comprometen elementos horizontales de la edificación en viviendas del Rímac.

Condiciones de vulnerabilidad sísmica en elementos horizontales	Porcentaje de viviendas evaluadas (%)
Vigas no peraltadas.	44.91
Ausencia de vigas.	20.84
Cangrejeras en vigas	13.4
Acero expuesto en vigas.	7.20
Grietas en vigas.	3.97
Vigas atravesadas por tuberías.	11.17
Losas o vigas con pandeo.	8.93
Losas a desnivel con vivienda vecina.	59.80
Volados.	42.68
Juntas frías.	16.38
Tanque de agua apoyado sobre losa.	6.45

Tanto en los elementos verticales como los horizontales, observamos que las condiciones de vulnerabilidad más frecuentes implican la relación entre edificaciones vecinas (juntas sísmicas y losas con diferente nivel). Al no contar con juntas sísmicas, dependiendo de la dirección del movimiento sísmico, los edificios chocarán entre sí. El efecto se verá potenciado ya que, al tener niveles de losa distintos, el choque puede significar daños severos en las columnas y muros.

Esta investigación coincide con el trabajo de Arévalo (2020) en cuanto a los resultados obtenidos mediante métodos cualitativos basados en la observación, ya que se detectó como uno de los mayores problemas en la construcción de viviendas, la ausencia de juntas sísmicas y el empleo de ladrillo de baja densidad (“pandereta”) en muros sin arriostres.

Al contrastar los resultados con estudios realizados en Ecuador por Castillo et al. (2022) y Malavé y Pinoargote (2023), encontramos coincidencias, ya que ambos señalan que una de las principales condiciones de vulnerabilidad en viviendas construidas informalmente radica en la inadecuada separación entre edificaciones colindantes.



Figura 2

Viviendas evaluadas durante la investigación, identificando condiciones de vulnerabilidad sísmica, en elementos horizontales.



(A) Viviendas colindantes con losas en diferentes niveles. (B) Viviendas con vigas no peraltadas



(C) Viviendas con ausencia de vigas. (D) Viviendas con elementos en volado.

Nota: En la Figura 2B, las vigas poseen el mismo espesor que la losa y no se dimensionan necesariamente de acuerdo a la luz.

Conclusiones

El objetivo general de la presente investigación fue identificar condiciones de vulnerabilidad sísmica en viviendas en el distrito del Rímac, Lima, año 2023. Las condiciones de vulnerabilidad sísmica más frecuentes identificadas que comprometen elementos verticales en la edificación son: Ausencia de juntas sísmicas (89.33 %), muros de ladrillo de baja densidad (60.30 %) y acero expuesto en columnas (31,02 %).



Las condiciones de vulnerabilidad sísmica más frecuentes identificadas en viviendas en el distrito del Rímac que comprometen elementos horizontales en la edificación son: Losas a desnivel con vivienda vecina (59.80 %), vigas no peraltadas (44.91%) y volados (42.68 %). Se aprecia que, en conjunto, las tres condiciones más frecuentes son la ausencia de juntas sísmicas, los muros de ladrillo de baja densidad y las losas a desnivel entre edificaciones vecinas.

Ante un sismo, dependiendo de la dirección del movimiento, estas tres condiciones pueden interactuar entre sí y potenciarse ya que, al no existir juntas sísmicas (89.93%), la diferencia de niveles entre losas de viviendas vecinas (59.80%) incrementa la posibilidad de que estas viviendas sufran daños al colisionar unas con otras tal como sucedió en el terremoto de Pisco, Perú en 2007 (Astroza, 2008).

El riesgo producto del choque de edificaciones crece aún más, si tomamos en cuenta que la segunda condición más frecuente es la presencia de muros de ladrillo de baja densidad (60,30%) y que el 28,54 % de las viviendas presentan muros sin elementos de arriostre.

Los métodos actuales de análisis de vulnerabilidad sísmica se centran en el estudio de la edificación, pero no en la relación de esta con las construcciones vecinas. Los resultados de la presente investigación ponen de manifiesto esta problemática.

Recomendaciones

Los métodos de análisis para la determinación del riesgo sísmico, deben incorporar como criterio de evaluación de la vulnerabilidad la relación entre edificaciones vecinas, ya que una inadecuada separación puede ocasionar que estas choquen entre sí, sufriendo daños.

Las condiciones de vulnerabilidad están asociadas a las prácticas de construcción informal sin estándares técnicos. Por lo tanto, es necesario concientizar y capacitar a la población respecto a los riesgos producidos por un evento sísmico. Como parte de este trabajo, la UNFV realizó dos talleres informativos para residentes de este tipo de edificaciones.

Durante la presente investigación se pudieron apreciar condiciones de vulnerabilidad no incluidas en la ficha de observación tales como discontinuidad de aberturas, tamaño excesivo de vanos y existencia de escaleras exteriores de un solo tramo. Estos criterios deberán incluirse en próximos trabajos, actualizando la ficha de observación.

Al conocer el problema de las juntas sísmicas, futuras investigaciones deberán centrarse en evaluar las diferencias de altura entre edificaciones y las relaciones específicas entre las estructuras del primer nivel, las cuales al verse afectadas, pueden generar grandes daños en toda la edificación.

Se recomienda continuar con programas de sensibilización de la población sobre riesgo sísmico, a través de la participación de los estudiantes de la UNFV, buscando además de que sean los propios miembros de la comunidad quienes puedan identificar condiciones de



vulnerabilidad en sus viviendas.

Aunque no fue objetivo de la investigación determinar el número de viviendas todavía en proceso de construcción, se pudo apreciar que la mayoría se halla en crecimiento progresivo, por lo que aún es posible corregir algunas condiciones de vulnerabilidad en las ampliaciones de las viviendas, por ejemplo, la diferencia de nivel en losas.

Referencias

- Arévalo, A. (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* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648665/ArevaloC_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2001). *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sísmo resistente de viviendas de mampostería*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=45741>.
- Astroza, M. (2008). Intensidad y daños del terremoto de Pisco del 15 de Agosto de 2007. En Tavera, H. (Ed.) *El terremoto de Pisco, Perú, del 15 de agosto de 2007 [7.9 Mw]* (pp.125-148). Instituto Geofísico del Perú. <https://repositorio.igp.gob.pe/server/api/core/bitstreams/f6e15d29-8662-4744-b581-a3f860f62e41/content>
- Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO (2018). *Construyendo formalidad*. CAPECO. https://www.capeco.org/storeimagenes/files/documentos/CONSTRUYENDO_FORMALIDAD_OCT_-_2018.pdf
- Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO (2024). IEC, Informe económico de la construcción marzo 2024. CAPECO. https://iec.capeco.org/descargas/IEC75_0324.pdf
- Castillo, C., Castillo, J., Placencia, P., Hernández, L., Tinerfe, L., Herrera, M. & Gómez, C. (2022). Reforzamiento estructural en viviendas adosadas mediante recubrimiento de mampostería con malla electrosoldada y mortero. *Gaceta Técnica*, 23(2), 53-69. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica232.5>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres -CENEPRED (2017). *Manual para la evaluación del riesgo por sismos*. CENEPRED. https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf



- Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú [INDECI] (2017). *Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: sismo 8.8 Mw*. INDECI. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201711231521471-1.pdf>
- Kuroiwa, J. (2002). *Reducción de desastres, viviendo en armonía con la naturaleza*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Kuroiwa, J. (2016). *Manual para la reducción del riesgo sísmico en viviendas en el Perú*. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento del Perú. <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/MINISTERIOS/Manual%20para%20la%20Reduccion%20del%20Riesgo%20Sismico%20de%20Viviendas%20en%20el%20Peru.pdf>
- Ordenanza N° 2145-2018-MML [Municipalidad de Lima Metropolitana]. Ordenanza que aprueba el reajuste integral de zonificación de los usos de suelo del distrito de Rímac. 13 de diciembre de 2018. <https://www.gob.pe/institucion/munilima/normas-legales/2510673-ordenanza-municipal-n-2145-13-12-2018>
- López, C. (2019). *Evaluación del nivel de vulnerabilidad sísmica para edificaciones inspeccionadas con la planilla ATC 21 sometidas a una solicitud sísmica en la urb. Las Gardenias del distrito de Ate*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3586>
- Malavé, J. & Pinoargote, V. (2023). Análisis de vulnerabilidad sísmica en estructuras de la Parroquia Manglaralto del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena. *Digital Publisher CEIT*, 8(1-1), 122 -143. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.1-1.1542>
- Norma técnica E.030. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) [Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú]. Diseño sismorresistente. 29 de julio de 2020. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Pérez, L. & Rodrigo, F. (2022). *Diagnóstico de vulnerabilidad ante sismicidad usando enfoque de Benedetti Petrini en viviendas de albañilería confinada del sector los Incas, Pacasmayo, 2022*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/32336>

