



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares
evaluadas por métodos convencionales, caso edificio
Romero Vera, San Jerónimo, Cusco 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

AUTOR:

Bach. Carrasco Ahen, Christian Johnson (ORCID: 0000-0002-6221-9150)

ASESOR:

Dr. Muñoz Paucarmayta, Abel Alberto (ORCID: 0000-0002-1968-9122)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño sísmico y estructural

Lima - Perú

2021

Dedicatoria

La presente Investigación está dedicada a mi padre Celestial por mostrarme su infinita gracia.

A mi madre María Rosario y a mi hermana Jackeline Patricia, por sus esfuerzos y el amor incondicional que siempre me han mostrado.

A mis hijos, Gabriel Alejandro, Christian Adrián y mi sobrino Dhylan Kaleb quienes a su corta edad me dan fuerzas para cumplir mis metas y objetivos.

Agradecimiento

Agradezco por su apoyo y orientación del Dr. Ing. Abel A. Muñiz Paucarmayta.

A los propietarios de la edificación Romero Vera, debido a la confianza y facilidades ha sido posible llevar a cabo la presente investigación.

A mis docentes académicos, por brindarme sus conocimientos durante mi formación profesional.

A la señora Sonia Chalco, por darme su confianza incondicional.

Índice de contenidos

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	32
3.1 Tipo y diseño de investigación	32
3.2 Variables y operacionalización	33
3.3 Población, muestra y muestreo	35
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.5 Procedimientos	37
3.6 Método de análisis de datos	38
3.7 Aspectos éticos	38
IV. RESULTADOS	39
4.1 Descripción de la zona de estudio	39
4.2 Evaluación con el método Benedetti-Petrini	40
4.3 Evaluación con el método FEMA 154	42
4.4 Evaluación con el método Hirosawa	44
4.5 Contrastación de las hipótesis específica y general	49
V. DISCUSIÓN	52
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 4.1 Pesos básicos del edificio.	44
Tabla 4.2 Tipo de materiales y resistencias.	45
Tabla 4.3 Calculo del índice de resistencia C_{mar} .	46
Tabla 4.4 Cálculo del índice de resistencia C_c .	46
Tabla 4.5 Valor del coeficiente de α .	46
Tabla 4.6 Resultados del índice básico de comportamiento estructural.	47
Tabla 4.7 Valores y elementos para determinar G_i y R_i .	47
Tabla 4.8 Tipos de deterioro del edificio.	48
Tabla 4.9 Cálculo de la resistencia básica requerida.	48
Tabla 4.10 Prueba t de student hipótesis especifica 1	49
Tabla 4.11 Prueba t de student hipótesis especifica 2	50
Tabla 4.12 Prueba t de student hipótesis especifica 3	50
Tabla 4.13 Prueba t de student hipótesis general	51

Índice de figuras

Figura 1.1 Población y muestra del edificio Romero Vera.	4
Figura 1.2. Edificio multifamiliar Romero Vera.	4
Figura 2.1. Escala numérica de índice de vulnerabilidad sísmica.	11
Figura 2.2. Parámetros del índice de vulnerabilidad comparados con el R.N.E.	12
Figura 2.3. Formas de configuración de plantas.	15
Figura 2.4. Formas de configuración de elevación.	15
Figura 2.5. Rangos para medir el índice de vulnerabilidad sísmica.	17
Figura 2.6. Tipo de sistema estructural y uso en edificios.	19
Figura 2.7. Modificadores del comportamiento sísmico FEMA.	19
Figura 2.8. Valores de los coeficientes α .	22
Figura 2.9. Valores para los parámetros de G_i y R_i .	26
Figura 2.10. Regularidad de simetría y área saliente de planta.	26
Figura 2.11. Forma de tipo de irregularidad de planta.	26
Figura 2.12. Forma de contracción de planta.	27
Figura 2.13. Valores del tipo de daño de deterioro.	28
Figura 2.14. Clasificación del daño producido por un sismo.	28
Figura 3.1. Escalas de Interpretación de validez.	36
Figura 3.2. Escalas de interpretación de confiabilidad.	37
Figura 3.3. Flujograma del proceso de evaluación.	37
Figura 4.1. Cálculo del índice de vulnerabilidad sísmica.	42
Figura 4.2. Gráfico de Intervalos del índice de vulnerabilidad sísmica.	42
Figura 4.3. Interpretación de modificadores FEMA 154.	43
Figura 4.4. Gráfico de intervalos de vulnerabilidad física.	44
Figura 4.5. Factores de índices de resistencia.	45
Figura 4.6. Valores del índice de ductilidad.	46
Figura 4.7. Resistencia provista del índice de vulnerabilidad estructural.	48
Figura 4.8. Cálculo del índice de juicio estructural.	49

Resumen

El objetivo principal fue determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de edificios multifamiliares evaluados por métodos convencionales, caso edificio, Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, utilizando un enfoque cuantitativo de tipo científico, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño no experimental. La muestra fue establecida por no probabilística, conveniencia, característica, naturaleza, costo, tiempo y accesibilidad a los planos de construcción. Se aplicaron técnicas e instrumentos de recolección de datos, observación directa y registro de notas de campo.

Los métodos cualitativos convencionales utilizados fueron: Benedetti y Petrini, para calcular el índice de vulnerabilidad sísmica utilizando sus 11 parámetros establecidos, luego el método FEMA 154 utilizó sus cuatro modificadores que permitieron estimar la vulnerabilidad física, finalmente, el método japonés Hirosawa determinó la cuantificación de la vulnerabilidad estructural, se obtuvieron resultados que los métodos Benedetti y Petrini, FEMA 154, el edificio tiene alta vulnerabilidad, el método Hirosawa determinó que el edificio sería seguro ante un eventual sismo. Concluyendo que la metodología propuesta establece que el edificio debe ser sometido a un análisis más exhaustivo de vulnerabilidad sísmica estructural lineal o no lineal, con el fin de confirmar los resultados de esta tesis que determinarán si el refuerzo del edificio es necesario o no.

Palabras clave: Vulnerabilidad, sismo, física, estructura.

Abstract

The main objective was to determine the degree of seismic vulnerability of multifamily buildings evaluated by conventional methods, building case, Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, using a quantitative approach of scientific type, applied type, explanatory level and non-experimental design. The sample was established for non-probabilistic, convenience, characteristic, nature, cost, time and accessibility to construction plans. Techniques and instruments for data collection, direct observation and field note recording were applied.

The conventional qualitative methods used were: Benedetti and Petrini, to calculate the seismic vulnerability index using its 11 established parameters, then the FEMA 154 method used its four modifiers that allowed to estimate the physical vulnerability, finally, the Japanese Hirosawa method determined the quantification of the structural vulnerability, results were obtained that the Benedetti and Petrini methods, FEMA 154, the building has high vulnerability, the Hirosawa method determined that the building would be safe against an eventual earthquake. Concluding that the proposed methodology establishes that the building must be subjected to a more exhaustive analysis of linear or non-linear structural seismic vulnerability, in order to confirm the results of this thesis that will determine whether the reinforcement of the building is necessary or not.

Keywords: Vulnerability, earthquake, physics, structure.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el crecimiento de la ciudad a nivel nacional sigue siendo caótico, ya que permiten las construcciones en lugares donde existe un alto peligro en términos de un sismo latente, que incluso podría causar graves efectos en las viviendas, pobladores, economía y otras actividades productivas. ⁽¹⁾

En varias ciudades latinoamericanas la vulnerabilidad sísmica tiende a aumentar en comparación con el crecimiento de la pobreza, cuando las personas calculan o miden la ocupación del territorio que está siendo irrazonable en todo el ámbito territorial con esa característica, también incluye la construcción de viviendas con pautas adecuadas para la falta de éstas hace que la infraestructura construida sea inadecuada, también en presencia de cambios en el entorno en el que se ha estado degradando día a día, toda vez que el desastre que causó la mayor cantidad de pérdida de edificios, vidas en períodos recientes ocurrieron en varios países de América-Latina y el Caribe sumando un número de 16 casos de países afectados, casi un 30% estaban asociados con sismos. ⁽²⁾

Ante una perspectiva mundial, se han analizado a los países con mayores posibilidades de riesgo de sismo, especialmente los que se encuentran en el cinturón de fuego que pertenece al Pacífico y Perú es uno de ellos. Situación causada y conocida como el proceso de subducción por la placa de Nazca que se encuentra cerca de la placa sudamericana. ⁽³⁾

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) el 42.4% de la población del país, más aún en provincias, no tiene economía suficiente para construir un edificio que cumpla con la norma técnica bajo el asesoramiento y supervisión de especialistas, lo que conduce a un grado de vulnerabilidad a un sismo que genera grandes pérdidas económicas y vidas humanas. ⁽⁴⁾

La región sur del país, concentra la actividad sísmica como volcánica del Perú, también llamada proceso orógeno respecto a las montañas que es la posible causa

⁽¹⁾ EIRD s.f. *Reconstruction and risk management*. 2021.

⁽²⁾ LAFUENTE, Marianela, GRACES, José y GENATIOS, Carlos. *Revisión de la normativa sísmica en América Latina. Geopolis*. Caracas : CAF-banco de desarrollo de América Latina, 2014.

⁽³⁾ INDECI. *Riesgo sísmico y medidas de reducción del riesgo: en el centro histórico de Lima, síntesis de estudios*. Lima : s.n., 2011.

⁽⁴⁾ SANTOS QUISPE, Danny Junior. *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017*. Huancayo : s.n., 2019.

de que la cordillera andina este ubicada y tenga existencia incluso (Instituto Geofísico del Perú-IGP, s.f).⁽⁵⁾

En el distrito de San Jerónimo una de las premisas del planteamiento del problema es mejorar las condiciones de vida de quienes viven dentro del edificio Romero Vera y la adaptación de medidas de seguridad que la presente investigación llevo a exponer el grado de vulnerabilidad sísmica, el objetivo principal es aumentar la seguridad sísmica de las edificaciones existentes en proceso de construcción y las que se encuentran en proyecciones, contextos que permitieron desarrollar este estudio contribuyendo a obtener los escenarios de daños ante un eventual sismo, estudios similares desarrollados a nivel nacional en los últimos años han obtenido resultados manejables y que este estudio será útil para futuras construcciones.

La **justificación técnica**, justificada desde un enfoque teórico dado el incremento y la creciente necesidad de construcción de edificios multifamiliares en el distrito de San Jerónimo, Cusco, caso edificio, Romero Vera, la relevancia de este estudio se centra en el desarrollo progresivo de futuras edificaciones que se están construyendo sin tener en cuenta el reglamento nacional de edificación con respecto a la situación actual de la vulnerabilidad sísmica.

La **justificación práctica**, se justifica desde una perspectiva a través del uso del proceso de evaluación de cada uno de los elementos que son estructurales, así como los que no lo son, el funcional, cada una de las técnicas que surgen en la construcción, cada característica que cuenta como construcción y otros detalles, o factores, que se presenten para facilitar la observación y determinar el impacto que el edificio pueda presentar en respuesta a un sismo, de acuerdo con la norma de diseño sismorresistente E.030.

La **justificación metodológica**, se justifica en el desarrollo de investigaciones con métodos convencionales que se han aplicado en diferentes ciudades del Perú, recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el Consejo de Tecnología Aplicada (ATC). Debido al diseño experimental se llegó a determinar eficientemente la vulnerabilidad sísmica de la edificación, en ese sentido se utilizó la ficha de recolección de datos

⁽⁵⁾ KUROIWA HORIUCHI, Julio. *Manual para la reducción del riesgo sísmico de viviendas en el Perú*. Lima : Industrias gráficas Ausangate S.A.C., 2016.

aplicando los tres métodos convencionales e índices establecidos para medir la vulnerabilidad sísmica con sus indicadores determinados de acuerdo al objetivo de la presente investigación, los cuales se discutieron y se presentaron en esta tesis.

Por todo lo sostenido, se delinea el enunciado del **problema general**: ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021?

Para lo cual tenemos los **problemas específicos** que son: el **primero**: ¿Cuánto es el índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021?, el **segundo**: ¿Cuánto es la vulnerabilidad física de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021?, y el **tercero**: ¿Cuál es la vulnerabilidad estructural de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021?.

Situación que permitió establecer el **objetivo general**: Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021; y como **objetivos específicos**: el **primero**: Calcular el índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021; el **segundo**: Estimar la vulnerabilidad física de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021 y el **tercero**: Cuantificar la vulnerabilidad estructural de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

Se formula los problemas y se fija los objetivos imprime la **hipótesis general**: El grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta e insegura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021; y como **hipótesis específicas**: la **primera**:, El índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021, la **segunda**: La vulnerabilidad física de edificaciones multifamiliares evaluadas por

métodos convencionales es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021 y la **tercera**: La vulnerabilidad estructural de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es insegura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

A continuación, se muestra en las figuras 1.1 y 1.2 la población y muestra de la edificación Romero Vera.



Figura 1.1 Población y muestra del edificio Romero Vera.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 1.2. Edificio multifamiliar Romero Vera.

Fuente: Elaboración propia.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes que se detallan a continuación listan las experiencias de las investigaciones sobre vulnerabilidad sísmica, tanto es así que se mencionan objetivos, metodologías, resultados y conclusiones donde se evalúa e identifican los principales elementos expuestos ante un eventual sismo.

Se presenta los siguientes **antecedentes nacionales**: Según CCORAHUA PAMPAÑAUPA, Harold ⁽⁶⁾ en su investigación de grado **titulada** Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de albañilería confinada del conjunto vecinal Zarumilla, Cusco-2020. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. Fijo el **objetivo** fue determinar la vulnerabilidad sísmica estructural de las edificaciones del conjunto vecinal Zarumilla, Cusco. Aplicando la **metodología** cualitativa Hirosawa recomendado por la OPS para edificios con alta densidad de muros basado en la estimación de la resistencia moderna de las estructuras y el comportamiento de la edificación del sistema estructural. Logrado el **resultado** del índice de vulnerabilidad estructural (Is) de las direcciones de X-X del 1° (0.269), 2° (0.403) y 3° (0.806) y para las direcciones de Y-Y del 1° (0.461), 2° (0.691) y 3° (1.383) siendo mayor que el índice de juicio estructural (Iso) (0.223), **concluye** que los edificios del conjunto vecinal Zarumilla, Cusco, no presentan la condición de riesgo, teniendo un comportamiento seguro ante un eventual sismo.

Luego CAJAN HERNANDEZ, Nicole Araceli ⁽⁷⁾ en su investigación de grado **titulado** Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini de los edificios categoría C descritos en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Reque, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Universidad San Martín de Porres, Lima-Perú. Planteo el **objetivo**: determinar la vulnerabilidad de sismos en términos de los edificios de categoría C, según la norma E.030, que se encuentran en nueve sectores diferentes de la ciudad de Reque. Aplicó la **metodología** Benedetti-Petrini, alcanzando el nivel de descriptivo, con un diseño que no es experimental respetando un enfoque cuantitativo. Obtuvo **resultados**, que la vulnerabilidad sísmica en la mayoría de los edificios de adobe es alta (57.72%); en albañilería, media (59.82%) y en concreto armado, baja (66.67%). En total, las propiedades presentaron una vulnerabilidad predominantemente media (47.84%) o alta (41.87%), **Concluyendo**, que el método

determinó que la vulnerabilidad sísmica es alta para todos aquellos edificios que pertenecen a la categoría C, determinada por la norma E.030 y la mayoría tienen un índice de vulnerabilidad mayor o igual a 20 y menor a 100.

Seguidamente CASTRO HERRERA, Marco ⁽⁸⁾ en su trabajo de investigación de grado **titulado** Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura por el método fema 154. Universidad de Piura, Piura-Perú. Donde el **objetivo** fue estudiar los fundamentos y criterios establecidos en el manual del uso del procedimiento de Inspección Visual Rápido (PIVR) propuesto por FEMA 154 (2002). Aplicando esta **metodología** en algunos edificios de la Universidad de Piura. Donde los **resultados** presentaron una descripción detallada de los sistemas estructurales contemplados por PIVR para identificar adecuadamente el sistema estructural de cada edificio analizado. Donde **concluyó** que el Edificio de Ingeniería Civil, Química, Hidráulica, Mecánico-Eléctrica, y el edificio 80 son potencialmente vulnerables a la ocurrencia de un evento sísmico, de acuerdo con el PIVR estos edificios son sometidos a un estudio más completo de la vulnerabilidad sísmica con fin de confirmar los resultados obtenidos. Por otro lado, los edificios de tipo C3, edificios de concreto reforzado rellenos con muros de albañilería, en la zona de alta sismicidad son los menos favorecidos por el método.

También AREVALO CASAS, Allan Steward ⁽⁹⁾ presentó un estudio **titulado**: 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. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú. Cuyo **objetivo** fue determinar el nivel de vulneración presentado por las viviendas que fueron construidas por medios informales en A.H. de San José. La aplicación de la **metodología** se centró en las características específicas de orden estructural, así como las que pertenecen al aspecto arquitectónico, y ciertos procesos constructivos, en cuestiones específicas relacionadas con la densidad de muros como tales y las de volteo de una posible estimación de vulnerabilidad que se presenta, todo ello centrado en el aspecto establecido de la normativa vigente (RNE). Cuyos **resultados** fueron como riesgo sísmico 50% peligro de sismo y vulnerabilidad, donde toda la población estudiada están en un rango alto, desplazamiento SX: 40% entre 10 y 20 mm. y de SY: 53.33% menos de 5 mm con

referencia al centro de masa. Finalmente, llega a las **conclusiones**: que se puede presentar una caída total de viviendas, entre un sismo fuerte, de acuerdo con el análisis de riesgo sísmico y los valores más altos de desplazamientos, como lo muestran los parámetros acerca del diseño bajo un enfoque de método estático.

Finalmente, GRANADOS RIVERA, Joel Cleyver ⁽¹⁰⁾ en su estudio de grado **titulado** Riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada en zonas de ladera del distrito de Rímac –Lima 2018. Universidad Cesar Vallejo, Lima-Perú. Fijó como **objetivo** determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada en laderas del distrito de Rímac. Aplicó la **metodología** en torno a una investigación aplicada, de nivel descriptivo y de diseño no experimental. Los **resultados** mostraron que la población estudiada mostró alta vulnerabilidad: 96% y en media de 4%, además de peligro sísmico medio en todas. **concluyó** que los factores que afectan son la mala calidad de la mano de obra presente, la mala calidad de los materiales y la zona tiene una alta sismicidad, incluida la presencia de una pendiente pronunciada y finalmente las viviendas están hechas de relleno y la alta posibilidad de que una caída de piedras antes un sismo de alto grado.

Se tiene como **antecedentes internacionales**: Según ALBARRACIN MEZA, Augusto Stalin ⁽¹¹⁾ en su investigación de grado **titulado** Aplicación de metodologías simplificadas pre-evento sísmico, para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática de la UCE. Universidad Central de Ecuador, Quito-Ecuador. Fijó el **objetivo** determinar la vulnerabilidad sísmica de los edificios de la FICFM de la UCE. Aplicando la **metodología** simplificada para eventos pre-sismos, con un aspecto cualitativo como son el SNGR, FEMA P-145, Benedetti-Petrini y Hiroswawa. Alcanzando **resultados** que los edificios analizados presentan una vulnerabilidad media, que se deduce de más de los 50 años de estos edificios, frente a los cuales sería posible realizar un estudio de mayor fiabilidad, para lograr de alguna manera mitigar el daño frente a un sismo, **concluyendo** que para hacer un análisis en términos de vulnerabilidad, algunas metodologías pueden no ser las más adecuadas, el estudio establece a la metodología italiana como la más adecuada, ya que las características de esta se adecuan de mejor manera.

Luego GUALOTO GUACOLLANTE, Jonathan David ⁽¹²⁾ en su estudio de grado **titulado** Análisis de la vulnerabilidad sísmica del barrio solanda sector 1 en el distrito metropolitano de Quito mediante ensayo con acelerómetro y formato de evaluación estructural. Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolqui-Ecuador. Fijo el **objetivo** determinar la vulnerabilidad sísmica de las propiedades en el barrio Solanda, Sector 1. Aplicando la **metodología** de pruebas de campo e inspección visual para analizar la susceptibilidad de las estructuras a un evento sísmico. Se obtuvo **resultados** que el 89.47% de las viviendas tienen grietas y todas tienen golpeteo, al sector 1 se encontró un alto grado de vulnerabilidad en una relación de H/T, índice de vulnerabilidad menor a 40 que resultan en estructuras flexibles, las que fueron clasificadas como vulnerables y las que son muy vulnerables. **Concluyó** que las patologías encontradas son las de humedad en las viviendas, presencia de golpeteo, irregularidad torsional, parapetos de mampostería no reforzados y finalmente presencia de columna corta, también indica que el barrio de Solanda es zona de alta vulnerabilidad debido a la construcción sin supervisión técnica, esto se agrava por presencia de asentamientos del suelo.

Seguidamente GARCES MORA, José Ricardo ⁽¹³⁾ en su investigación de grado de maestría **titulado** Estudio de vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio San Judas Tadeo II en la ciudad de Santiago de Cali. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C.-Colombia. Fijo el **Objetivo** establecer los niveles de vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos. Aplicando la **metodología** de las variables dadas en la norma NSR10, para mitigar el riesgo sísmico existente frente a una intensidad sísmica moderada, salvaguardando la vida y la propiedad. Obteniendo **resultados** y **conclusiones** que las inspecciones de los diversos elementos estructurales que componen las viviendas se logró identificar la falta de conceptos de estructura para la seguridad sísmica como lo son: la falta de una viga o cinta de amarre en las cubiertas, la falta de continuidad en los elementos estructurales y fallas en el confinamiento de los muros, además, identificó deficiencias en elementos no estructurales que son potencialmente vulnerables ante la presencia de un sismo, al final, dijo que las soluciones están sujetas a la normativa actual sismorresistente, porque los edificios fueron construidos sin tener en cuenta la norma.

También RIVERA CÁCERES, Luis Carlos ⁽¹⁴⁾ en su investigación de grado **titulada** Vulnerabilidad sísmica de estructuras de construcción progresiva. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Fijó como **objetivo**: desarrollar una guía para identificar, evaluar y reducir la vulnerabilidad sísmica de estructuras de construcción progresiva del barrio Riberas de Occidente. Aplicó la **metodología** cualitativa de vulnerabilidad sísmica aplicando los métodos de análisis (Benedetti-Petrini, FEMA 440) que permitieron proponer un sistema de reforzamiento que garantiza la seguridad de la estructura ante un sismo. Obteniendo **resultados** del 72% de las viviendas del barrio Riberas de Occidente presentaron un índice de vulnerabilidad alto, **concluyendo** que las viviendas en su condición actual no satisfacen los requerimientos de la NSR-10 para derivar permisible y demandas por cargas gravitacionales y acción sísmica, también se logró obtener que la demanda por corte impuesta por FEMA 440 termina siendo mayor a la resistencia por corte de la estructura en los tres sismos analizados (moderado, diseño y raro) indicando que las viviendas fallarían por cualquier nivel del sismo.

Finalmente, ALONSO ALONSO, Rubén ⁽¹⁵⁾ en su investigación de grado de maestría **titulado** Cálculo sísmico de estructuras convencionales de edificación aplicando métodos lineales y no lineales implementados en diferentes normas: estudio comparativo. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid-España. Se estableció el **objetivo** evaluación de cálculos estáticos no lineales, utilizando métodos de cálculo convencionales y algunos cálculos lineales que permiten la proyección de estructuras, según cálculos estáticos de orden lineal (NCSE-02 y EN 1998-1), cálculos dinámicos lineales (EN 1998-1) y cálculos estáticos no lineales (FEMA 440). Obteniendo **resultados** de ductilidad media $q=3.9$, y alta ductilidad de 3.19 y 5.85 (DCH) Con la **metodología** de correlación, que se basa en los modelos numéricos contra los cuales se realizan simulaciones para que permita ecualizar, comparar los métodos utilizados de los cálculos realizados. Y **concluye** que los desplazamientos son más precisos bajo un método de cálculo estático lineal, frente a usar uno clásico que se basa en las fuerzas.

Para obtener un conocimiento preciso sobre los fenómenos investigados, se advirtió a la primera variable: **métodos convencionales**. Que definirá la vulnerabilidad sísmica de la edificación multifamiliar, caso edificio, Romero Vera.

Estos métodos presentan un índice para la vulnerabilidad sin considerar la predicción del grado del daño ocasionado. Es utilizado principalmente para realizar comparación de la vulnerabilidad relativa de distintas construcciones que están dentro de la zona que presenta la misma sismicidad.⁽¹⁶⁾

“Destacan los métodos tipológicos, observación y puntuación, donde clasifican a los edificios por clases, ello dependerá del material usado, las técnicas con que fueron construidas, tipologías de construcción y demás factores que inciden en la respuesta al acontecimiento sísmico [...]” INDIRA HERRERA, Reyes.⁽¹⁷⁾

Es por esta razón que es necesario diferenciar la vulnerabilidad observada de la calculada, la primera implica que la vulnerabilidad se ha obtenido por medio de inspecciones, en daño posterior al terremoto y su análisis estadístico, basado en el tipo de estructura: la vulnerabilidad calculada, se obtiene por medio de un análisis del modelo estructural o de ensayos en modelos reducidos, donde los resultados obtenidos son probabilísticos BARBAT, Alex H.⁽¹⁸⁾

Esta variable a su vez se estructura por sus dimensiones que serán evaluadas con tres métodos convencionales, es objeto de estudio y se refleja con el primer método **Benedetti y Petrini** para calcular el índice de vulnerabilidad sísmica.

El índice de vulnerabilidad (Iv) Benedetti y Petrini “Identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto. El método califica diversos aspectos de los edificios tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología [...]”⁽¹⁶⁾

Es un proceso sencillo basado en datos prácticos, donde la información obtenida a través de estudios de campo y la inspección se utilizan para hacer una calificación de la calidad del proyecto y construcción sismo-resistente de los edificios por un coeficiente llamado índice de vulnerabilidad (Iv) que incorpora parámetros que controlan los daños causados por un sismo BENEDETTI, Duilio.⁽¹⁹⁾

⁽¹⁶⁾ UNI. *Metodologías para el análisis de vulnerabilidad sísmica: Plataforma de Vulnerabilidad Sísmica*. Lima : s.n., 2019.

⁽¹⁷⁾ INDIRA HERRERA, Reyes, CARLOS VIELMA, Juan y PUJADES BENEIT, Lluís. *Methodologies for evaluating the seismic vulnerability of buildings: a state of the art*. 2014.

⁽¹⁸⁾ BARBAT, Alex H, MOYA, Fabricio Yépez y CANAS, José A. *Simulation of seismic damage scenarios in urban areas*. España : s.n., 1996.

⁽¹⁹⁾ BENEDETTI, Duilio y PETRINI, Vincenzo. *Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura: un metodo di valutazione. A method for evaluating the seismic vulnerability of masonry buildings*. Italia : L'industria delle Costruzioni, 1984, no 149, p. 66-74., 1984.

“Este modelo cuantifica la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en función de once parámetros que representan la predisposición de una edificación a sufrir daño debido a un evento sísmico [...]” MALDONADO RÓNDON, Esperanza. ⁽²⁰⁾

En la figura 2.1, se enumeran los parámetros e índices de vulnerabilidad.

<i>i</i>	Parámetro	$\bar{K}_i A$	$\bar{K}_i B$	$\bar{K}_i C$	W_i
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4.0
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1.0
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1.0
4	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1.0
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1.0
6	Configuración en planta	0	1	2	1.0
7	Configuración en elevación	0	1	3	2.0
8	Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1.0
9	Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1.0
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1.0
11	Estado de conservación	0	1	2	1.0

Figura 2.1. Escala numérica de índice de vulnerabilidad sísmica. ⁽¹⁶⁾

Por lo tanto, para determinar el índice de vulnerabilidad (I_v) se calcula con la siguiente ecuación.

$$I_v = 100 \frac{\left(\sum_{i=1}^{11} K_i W_i \right) + 1}{34} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Cada uno de los parámetros se considera de acuerdo con las clases de tipo A, B y C que se evalúan durante las inspecciones del edificio. Así mismo, cada tipo de clase se clasifica de la siguiente manera: tipo (A) con un valor de ($K_i=0$ a -1), tipo (B) con un valor de ($K_i=0$ a 1) y tipo (C) con un valor de ($K_i=1, 2$ a 3). Cada parámetro se determina haciendo la suma ponderada y utilizando los factores de peso que variarían entre 1 a 2 y 4 valores que definirán su importancia del resultado final que se logra. Los parámetros 1, 2, 4, 5, 9, 10 y 11 son de naturaleza descriptiva, en contraste, los parámetros 3, 6, 7 y 8 son de naturaleza cuantitativa y requieren ciertas operaciones matemáticas. ⁽²¹⁾

Se destaca que con el fin de establecer si estos 11 parámetros eran suficientes para llevar a cabo esta evaluación en los edificios, se comparó con la propuesta por el reglamento nacional de edificaciones que casi en su totalidad el método italiano cumple con los requisitos. ⁽²¹⁾

⁽²⁰⁾ MALDONADO RONDÓN, Esperanza, GÓMEZ ARAÚJO, Ivan y CHIO CHO, Gustavo. *Seismic vulnerability functions and seismic damage probability matrices for masonry buildings using techniques simulation*. s.l. : DYNA, 2008, vol. 75, no 155, p. 63-76., 2008.

⁽²¹⁾ MARIN GILLEN, Felix. *Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la ciudad de Huánuco*. Universidad Nacional de Ingeniería Posgrado Lima-Perú : s.n., 2012.

Del mismo modo, no se han agregado otros parámetros nuevos de los once ya establecidos originalmente por el método italiano, por lo tanto, la mayoría cumple con los componentes de aspectos geométricos, constructivos estructurales, cimentación y suelos, según al reglamento nacional de edificaciones.

La figura 2.2 muestra las comparaciones de estos parámetros.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES	PARÁMETROS DE INDICE DE VULNERABILIDAD
1.- Muros confinados y reforzados Calidad de las juntas del mortero	1.- Organización del sistema resistente
2.- Tipo y disposición de las unidades de mampostería Calidad de los materiales	2.- Calidad del sistema resistente
3.- Suelos	3.- Resistencia convencional
4.- Cimentación	4.- Posición del edificio y cimentación
5.- Entrepiso	5.- Diafragma horizontal
6.- Irregularidad en planta de edificaciones	6.- Configuración en planta
7.- Irregularidad en altura	7.- Configuración en elevación
8.- Densidad de muros y distancia de columnas	8.- Distancia máxima entre muros/columnas
9.- Vigas de amarre y amarre de cubiertas	9.- Tipo de cubierta

Figura 2.2. Parámetros del índice de vulnerabilidad comparados con el R.N.E.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se enumeran los 11 parámetros de la metodología italiana, con sus clasificaciones de tipo A, B, C.

Tipo y organización del sistema resistente: La norma de diseño sismorresistente E.030 es muy importante para edificios de concreto armado, ya que este parámetro analiza las características del sistema resistente y debe tenerse en cuenta la presencia de un profesional experimentado. ⁽²¹⁾

A.- Año de construcción mayor a 1997 y asesoría técnica.

B.- Año de construcción menor a 1997 y asesoría técnica.

C.- Sin asesoría técnica

Calidad del sistema resistente: Los edificios se evalúan de manera similar al tipo y organización del sistema resistente, considerando también características como la mano de obra y calidad de ejecución, que serán evaluadas por la asistencia técnica adecuada. ⁽²¹⁾

A.- Construcción >1997, buenos materiales y proceso constructivo adecuado.

B.- Construcción <1997, buenos materiales y proceso constructivo adecuado.

C.- Materiales y proceso constructivo deficiente.

Resistencia convencional: Se utilizan cálculos estructurales simples para edificios de concreto armado basados en la relación entre la cortante basal y su resistencia estructural. La fuerza sísmica (F) en el nivel (n) tiene en cuenta las siguientes consideraciones. ⁽⁷⁾

$$F = \frac{ZUSC}{R} * W_i * h_i * \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{\sum_{i=1}^n w_i * h_i} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

W_i = Peso de un nivel.

h_i = Altura de un piso.

Z, U, S, C, R = Parámetro de sitio.

Además, se considera lo siguiente para determinar el coeficiente α_h :

a.- Áreas de los elementos resistentes verticales de X, Y ($A_x - A_y$).

b.- Relación entre el valor mínimo del área de los elementos resistentes verticales y el área de la cubierta del primer piso (A_0).

$$A_0 = \frac{\min(A_x, A_y)}{A_t} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

c.- q = Peso de la edificación, por unidad de área.

$$Iq = \left(\frac{A_x + A_y}{A_t} \right) * h * P_m * P_s \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

A_x, A_y = Área de placas y columnas en X, Y (m^2).

A_t = Área techada del primer nivel (m^2).

h = Altura promedio del entrepiso (m).

P_m = Peso del concreto armado (tn/m^3).

P_s = Peso de la losa (tn/m^2).

Para el cálculo del peso del edificio, el P_m es el valor $2.40 \text{ ton}/m^3$ y para el P_s su valor es $0.77 \text{ tn}/m^2$, valores determinados para edificios de uno a más pisos.

d.- coeficiente VR'.

$$VR' = \frac{A_0 * t}{q * N} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

t = Resistencia cortante de la estructura.

Para el concreto armado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ se tomó en cuenta $t = 77 \text{ tn/m}^2$.

e.- Coeficiente α_h .

$$\alpha_h = \frac{VR'}{\frac{ZUSC}{R}} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Por lo tanto, el resultado obtenido se compara con los siguientes intervalos.

A = $\alpha_h \geq 1.2$

B = $0.6 \leq \alpha_h < 1.2$

C = $\alpha_h < 0.6$

Posición del edificio y cimentación: Su evaluación a través de una inspección visual es posible determinar su comportamiento sísmico siempre teniendo en cuenta algunos aspectos como: consistencia, su pendiente del terreno, la ubicación de su cimentación con diferencia de cota, la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén, humedad y sales. ⁽²¹⁾

A.- Edificio sobre suelo intermedio o flexible, según norma E.030.

B.- Edificio sobre suelo intermedio o flexible, según norma E.030. Presencia de sales y humedad.

C.- Edificio sin proyecto aprobado, sin asesoramiento técnico, presencia de sales y humedad.

Diafragma horizontal: La calidad de los diafragmas en los edificios es de considerable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de las estructuras. Si el diafragma funciona como tal, la fuerza sísmica se distribuirá proporcionalmente a los elementos resistentes en cada nivel. ⁽²¹⁾

A.- Edificación con diafragmas que cumplan las siguientes condiciones:

1.- Ausencia de planos a desnivel.

2.- La deformabilidad del diafragma es despreciable.

3.- La conexión entre el diafragma y el sistema resistente es efectiva.

B.- Edificio que no cumpla alguna de las condiciones de la clase A.

C.- Edificio que no cumplen dos de las condiciones de la clase A.

Configuración en planta: El comportamiento sísmico de un edificio está influenciado por su forma de planta, en el caso de edificios rectangulares la relación $b_1=a/L$ entre las dimensiones del piso inferior y superior es significativa. Es importante considerar irregularidades a través de la relación $b_2=b/L$. Los dos valores deben ser reportados, siempre evaluando el caso más desfavorable. ⁽²¹⁾

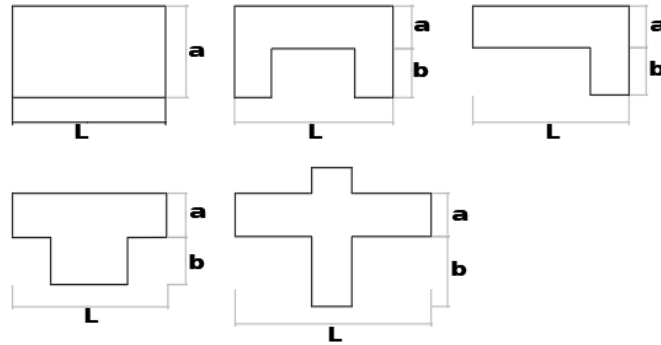


Figura 2.3. Formas de configuración de plantas. ⁽²¹⁾

Por lo tanto, los resultados se comparan con los siguientes rangos.

A = Si $IR \leq 0.25$

B = Si $0.25 < IR \leq 0.75$

C = Si $IR \geq 0.75$

Configuración en elevación: Se evalúa utilizando la variación de altura del edificio, es decir, los valores de la altura mínima (H-T) y la altitud máxima (H) donde RL es la altura promedio del edificio. ⁽²¹⁾

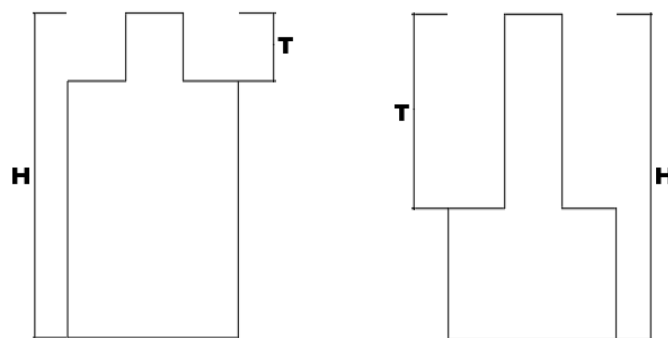


Figura 2.4. Formas de configuración de elevación. ⁽²¹⁾

Para determinar la variación de altura, se utiliza la siguiente ecuación.

$$RL = \frac{H - T}{H} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Por lo tanto, el resultado obtenido se compara con los siguientes intervalos.

A = Sí $RL > 0.66$

B = Sí $0.33 < RL \leq 0.66$

C = Sí $RL \leq 0.33$

Distancia máxima entre muros o columnas: La distancia máxima entre las columnas es importante tener en cuenta la presencia de asesoramiento técnico constante durante el proceso de construcción y se debe considerar el año de construcción del edificio. ⁽²¹⁾

A.- Año de construcción mayor a 1997, y asesoría técnica.

B.- Año de construcción menor a 1997, y asesoría técnica.

C.- Sin asesoría técnica.

Tipo de cubierta: Se tiene en cuenta la resistencia las fuerzas sísmicas de la cubierta, para lo cual su proceso construcción debe respetar la normativa vigente, la calidad del material, sus condiciones de estabilidad, entre otros. ⁽²¹⁾

A.- Cubierta estable correctamente atado a las vigas con conexiones adecuadas y material ligero. Edificio con cubierta plana.

B.- Cubierta inestable de material ligero en buenas condiciones.

C.- Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

Elementos no estructurales: Son los que están mal conectados al sistema resistente, como parapetos, balcones, escaleras construidas después de la estructura principal y mal conectados u otro elemento mal construido que puede caer en caso de una eventualidad sísmica. Siendo criterio secundario de determinación de vulnerabilidad. ⁽²¹⁾

A.- Que cumpla con las siguientes condiciones:

1.- Edificio que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.

2.- Edificio con balcones, parapetos bien conectados al sistema resistente.

B.- Edificio con parapetos mal conectados al sistema resistente.

C.- Edificio con parapetos, balcones, escaleras construidas después de la estructura principal y elementos mal conectados que se puedan caer en caso de una eventualidad sísmica.

Estado de conservación: Se verifica la presencia de deterioro en el interior de la estructura y cualquier otra irregularidad debida a una mala construcción, teniendo en cuenta la antigüedad del edificio. ⁽²¹⁾

- A.- Bueno
- B.- Ligeramente dañado
- C.- Mal estado de conservación.

Para la interpretación de los resultados y para facilitar la implementación del muestreo, se deben definir los rangos de vulnerabilidad REYES LÓAISAGA, Norwin. ⁽²²⁾

Vulnerabilidad baja	0 - 20
Vulnerabilidad baja-media	25 - 50
Vulnerabilidad media-alta	50 - 75
Vulnerabilidad alta	75 - 100

Figura 2.5. Rangos para medir el índice de vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se tiene el segundo método convencional, **FEMA 154**: El método está diseñado para ser implementado sin recurrir a cálculos para el análisis estructural. Básicamente el método indica que ambos pueden dañar el edificio y el nivel de afectación a su funcionamiento.

A través de los parámetros se obtiene una puntuación final de la estructura, que muestra si se requiere o no un estudio más detallado. Aquellos edificios con puntajes altos serán menos vulnerables en presencia de un evento sísmico KIRCHER, Charles A. ⁽²³⁾ y FEMA. ⁽²⁴⁾

Esta metodología hace uso de aceleraciones y desplazamientos espectrales para el cálculo de la intensidad con que se produjo el sismo, considera para evaluar un edificio los siguientes pasos:

Reconocer la edificación multifamiliar (Superestructura).

⁽²²⁾ REYES LÓAISAGA, Norwin, SARRIA SIRIAS, AISER y MALTEZ MONTIEL, Julio. *Metodología para la determinación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones UNI-SAREC*. Colombia : s.n., 2002.

⁽²³⁾ KIRCHER, Charles A., WHITMAN, Robert V. y HOLMES, William T. HAZUS. *earthquake loss estimation methods. HAZUS 99 Technical Manuals*. USA : Natural Hazards Review, 2006, vol. 7, no 2, p. 45-59., 2006.

⁽²⁴⁾ MODEL, FEMA HAZUS-MH MR4 Flood. *Technical manual*. Washington, DC: Federal Emergency Management Agency, Mitigation Division. USA : s.n., 2009.

Inspeccionar ocularmente tanto en planta como en el edificio multifamiliar, desde el exterior.

Elaborar un registro fotográfico del edificio multifamiliar, para poder reconocer las características físicas (niveles, material, sistema, deficiencias, etc.).

Al final, validar la calificación de la estructura según el estado del edificio multifamiliar. ⁽²⁵⁾

“De acuerdo con el manual 154 de FEMA, primero debemos identificar el tipo de edificio que estamos evaluando dentro de uno de los siguientes tipos mostrados [...]” ⁽²⁶⁾

Para la presente investigación se identificó que la edificación multifamiliar, caso edificio, Romero Vera, presenta dos tipos de la categoría C:

Pórticos de concreto resistente a momento: Son estructuras de concreto reforzado compuestas básicamente por columnas y vigas que trabajan en flexión y cortante, que se encargan de resistir las cargas laterales y verticales, pueden llevar muros de mampostería rellenos con o sin refuerzo, los pórticos pueden ubicarse en cualquier lugar del edificio y generalmente las columnas tienen sus direcciones fuertes, orientadas de tal manera que unas actúan en una dirección y otras en la otra dirección. ⁽²⁶⁾

Estructura de concreto con mampostería de relleno no reforzada: “Este tipo de estructuras rígidas son muy propensas a atraer cortantes significativo de entrepiso como resultado de las fuerzas del sismo. Por lo tanto, es importante que los muros tengan una resistencia al corte adecuada y esto depende de la calidad de la unidad de ladrillo que se ha utilizado y del mortero” ⁽²⁶⁾

“Los datos proporcionados por FEMA corresponde a una alta actividad sísmica. Algunos factores modifican el comportamiento del sismo en respuesta a irregularidades que podrían afectar la estructura, como los tipos de suelo [...]” ⁽²⁶⁾

La figura 2.6, muestra los tipos de estructura y uso de las edificaciones.

⁽²⁵⁾ AGENCY FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT, (US) y ATC. *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*. Washington D.C. : Government Printing Office., 2017.

⁽²⁶⁾ VIZCONDE CAMPOS, Adalberto. *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Un Edificio Existente: Clínica San Miguel, Piura*. Perú : s.n., 2004.

Tipo estructural	Simbología
Estructura de acero resistente a momento	S1
Estructura de acero arriostrada	S2
Estructura de metal ligero	S3
Estructura de acero con muros de corte	S4
Estructura de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada	S5
Pórticos de concreto resistente a momento	C1
Estructura con muros de corte	C2
Estructura de concreto con mampostería de relleno no reforzada	C3
Tipo de la edificación según su uso	Carga
Residencial	100-300
Comercial	50-200
Oficinas	100-200
Industria	200-500
Sala pública	>10
Centro educativo	50-100
Gubernamental	100-200
Servicio de emergencia	100

Figura 2.6. Tipo de sistema estructural y uso en edificios.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 2.7 describe los modificadores proporcionados por FEMA.

Parámetro/Modificador	Descripción
Mediana altura (4 - 7 pisos)	Edificaciones entre 4 a 7 pisos.
Gran altura (> 7 pisos)	Edificaciones con mas de 7 pisos.
Irregularidad vertical	Pasos en elevación, muros inclinados, discontinuidad en los elementos estructurales, desniveles, piso blando, edificaciones con columna corta
Irregularidad en planta	Edificaciones en forma de L, U, T, V u otra forma irregular, con buena resistencia lateral en una dirección pero en la otra no, rigidez excéntrica en la planta
Pre-Código	Edificaciones diseñadas y construidas anterior al año 1977.
Post-Benchmark	Edificaciones diseñadas y construidas posterior al año 1977.
Tipo de Suelo	Suelo denso (C), suelo rígido (D) y suelo blando (E).

Figura 2.7. Modificadores del comportamiento sísmico FEMA.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se tiene el tercer método convencional **Hirosawa**: El método se basa en el análisis del comportamiento sísmico de cada nivel del edificio en las direcciones principales de planta, las direcciones están orientadas a los ejes de construcción sismo resistente; se estima la fuerza para luego compararla con la demanda, y así tener un criterio de la vulnerabilidad sísmica de la estructura. ⁽²⁷⁾

La vulnerabilidad estructural se establece considerando que:

- i) Si, $I_s \geq I_{so}$ se considera que el edificio tiene un comportamiento sísmico seguro frente a un evento sísmico.
- ii) Si, $I_s < I_{so}$ se considera que el edificio tiene un comportamiento incierto frente a un evento sísmico y por lo tanto se considera inseguro.

Cálculo del índice de comportamiento sísmico (I_s): “Este índice se calcula mediante la siguiente ecuación [...]” ⁽²⁷⁾

$$I_s = E_o * S_D * T \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Dónde:

E_o = Índice sísmico básico de comportamiento estructural

S_D = Índice configuración estructural

T = Índice de deterioro de la edificación.

Cálculo de E_o : Esta resistencia se calcula para cada dirección de la planta por la suma de los productos de área de la sección transversal de un muro o columna y de su resistencia de corte, disminuyendo este factor por un componente (α) estima la existencia de elementos que alcanzan su resistencia a un grado de deformación menor que el resto de los elementos sismorresistentes, ejemplificando, columnas cortas o muros de albañilería, reforzados o no, si se comparan con muros o columnas de concreto armado. El índice E_o es proporcional al producto del coeficiente de resistencia (C) y al producto de ductilidad (F). Debe tenerse en cuenta la siguiente ecuación. ⁽²⁷⁾

$$E_o = \alpha C * F \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Para el cálculo de E_o , cualquier elemento vertical que forme parte de la estructura sismorresistente se clasifica en una de las siguientes clases. ⁽²⁷⁾

⁽²⁷⁾ LEZAMA GAVANCHO, Jorge. *Estudio de Vulnerabilidad - Bloque 3 (Administración), Arequipa - Perú*. Perú : s.n., 2015.

i. Columnas cortas de C° A°: Son todas las columnas en las que la relación h_0/D es igual o menor de 2, donde h_0 es la altura libre y D es el ancho de la sección transversal. El comportamiento sísmico de estas columnas está controlado por una falla de corte frágil, por el limitado grado de deformación al que se alcanza la resistencia y por la baja capacidad de deformación inelástica.

Para implantar la elevación independiente se considera la presencia de los elementos arquitectónicos que disminuyen la elevación de la columna en la que están aislados de la misma.

ii. Columnas de concreto armado: Son todas las columnas en las que la relación h_0/D es mayor que 2.

iii. Muros de concreto armado: Son los elementos de concreto armado o con una sección transversal en la que la relación entre el lado mayor y el lado menor de la sección transversal es mayor que 3.

iv. Muros de relleno de albañilería: Son aquellos muros de albañilería, generalmente con poco o ningún refuerzo, ubicados en el interior de los vanos de la subestructura resistente (pórticos) sin aislarlos de ella.

v. Muros de albañilería armada o confinada: Son aquellos muros de albañilería armada o confinada con elementos de concreto armado.

Esta clasificación debe hacerse para determinar la resistencia y atender la menor capacidad de deformación inelástica y capacidad de disipación de energía de algunos elementos, por ejemplo, las columnas cortas y los muros de albañilería de relleno sin refuerzo, cuando el comportamiento sísmico está controlado por ellos. El índice E_0 se calcula con la siguiente ecuación. ⁽²⁷⁾

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_1 * (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 * C_w + \alpha_3 * C_c) * F \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde:

α_i : factor de reducción de la capacidad resistente según el nivel de deformación en el que los elementos que controlan el comportamiento sísmico

MURAKAMI, M. ⁽²⁸⁾ Cuando la capacidad sísmica está controlada por los

⁽²⁸⁾ MURAKAMI, M, HARA, YAMAGUCHI y SHIMAZI, S. "Seismic Capacity of Reinforced Concrete Buildings which Suffered 1987 Chibaken-toho-oki Earthquake", *Proceedings 10th World Conference of Earthquake Engineering, Madrid. Spain* : s.n., 1992.

elementos más frágiles (Tipo A), los menos frágiles (Tipo B) y los dúctiles (Tipo C) respectivamente. ⁽²⁷⁾

np: número de pisos del edificio.

i: nivel que se evalúa.

Cmar: índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería.

Csc: índice de resistencia proporcionada por columnas cortas de C° A°.

Ca: índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinada.

Cma: índice de resistencia proporcionada por muros de albañilería confinada.

Cw: índice de resistencia proporcionada por los muros de C° A°.

Cc: índice de resistencia proporcionada por columnas no cortas de C° A°.

F: índice de ductilidad asociado a los elementos verticales.

F = 1.0 si Cmar, Ca y Csc son iguales a cero.

F = 0.8 si Cmar, Ca y Csc son distintos de cero.

En caso de que los muros de albañilería confinada controlen la capacidad resistente, el valor de F es igual a 1.0 considerando la capacidad de deformación inelástica que se logra con los elementos de confinamiento. La capacidad sísmica debe calcularse primero considerando la falla de elementos más frágiles; sin embargo, si la falla de este grupo no produce inestabilidad del sistema, la capacidad sísmica debe calcularse considerando el próximo grupo y sin tener en cuenta la resistencia de los elementos que han fallado. ⁽²⁷⁾

El término $(n+1) / (n+i)$ considera la relación entre el coeficiente de corte basal y el coeficiente de corte del piso i , cuando estos esfuerzos de corte se establecen en función del peso del edificio por encima del nivel considerado.

Los valores para los coeficientes α_i se determinan en la figura 2.8.

Tipo	α_1	α_2	α_3	Modo de falla
A	1.0	0.7	0.5	Columnas cortas y paredes portantes controlan la falla
B	0	1.0	0.7	Muro de concreto armado controlan la falla
C	0	0	1.0	Columnas de concreto armado controlan la falla

Figura 2.8. Valores de los coeficientes α .

Fuente: Elaboración propia.

Los índices de resistencia (C_i) se han definido teniendo en cuenta las propiedades de refuerzo de los muros de concreto armado (cantidad y modalidad de refuerzo), lo cual añade modificaciones en las expresiones propuestas por Hirosawa. Para muros de relleno (muros tipo diafragma) se utiliza la resistencia dada y la resistencia de agrietamiento diagonal para muros de albañilería confinada. ⁽²⁹⁾

Para el cálculo de los parámetros C_{mar} , C_{sc} , C_{ma} , C_a , C_w y C_c se aplican las siguientes ecuaciones para determinar los índices de resistencia. ⁽²⁷⁾

$$C_{mar} = \frac{0.6 * .85 * \tau_0 * \sum A_{mar}}{\sum_{j=i}^{np} W_j} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

$$C_{sc} = \frac{f_c}{200} * \frac{15 * \sum A_{sc}}{\sum_{j=i}^{np} w_j} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

$$C_{ma} = \frac{0,6 * (0,43 * \tau_0 + 0,25 * \sigma_0) * \sum A_{ma}}{\sum_{j=i}^{np} w_j} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

$$C_a = C_{ma}$$

$$C_w = \frac{f_c}{200} * 30 * \frac{\sum Am_1 + 20 * \sum Am_2 + 12 * \sum Am_3 + 10 * \sum Am_4}{\sum_{j=i}^{np} w_j} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

$$C_c = \frac{f_c}{200} * \frac{10 * \sum A_{c1} + 7 * \sum A_{c2}}{\sum_{j=i}^{np} w_j} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Donde:

f_c = Resistencia cilíndrica a la compresión del concreto.

$\sum A_{mar}$ = Suma de las áreas de los muros de relleno de albañilería del piso en evaluación en la dirección analizada.

$\sum A_{sc}$ = Suma del área de las columnas cortas de concreto armado del piso en evaluación.

⁽²⁹⁾ IGLESIAS, J. "The Mexico Earthquake of September 19, 1985 – Seminar zoning of Mexico City after the 1985 earthquake". s.l. : Earthquake Spectra, vol. 5, no 1, p. 257-271., 1989.

$\sum A_{ma}$ = Suma del área de las muros de albañilería confinada del piso en evaluación en la dirección analizada.

$\sum A_{m1}$ = Suma de las áreas de los muros de C° A° del piso en evaluación con columnas en ambos extremos, con refuerzo horizontal igual o mayor que 1.2% y una esbeltez (H/L) del muro mayor que 2. En estos muros la resistencia al corte está controlada por la resistencia a la compresión de la diagonal comprimida debido a su alta cantidad de refuerzo horizontal.

$\sum A_{m2}$ = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación con columnas en ambos extremos y cantidad mínima de refuerzo horizontal. En estos muros la resistencia al corte es proporcionada principalmente por el refuerzo horizontal.

$\sum A_{m3}$ = Suma de las áreas de los muros de C° A° del piso en evaluación, sin columnas o con una columna en uno de sus extremos, una esbeltez del muro igual o menor que 2 y una cantidad mínima de refuerzo. En estos muros la resistencia al corte se define por la carga de agrietamiento diagonal del concreto debido a su cantidad reducida de refuerzo.

$\sum A_{m4}$ = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación, sin columnas o con una columna en uno de sus extremos y una esbeltez del muro mayor que 2. En estos muros la resistencia al corte está dada por las ecuaciones de la norma ACI-318.⁽³⁰⁾

$\sum A_{c1}$ = Suma de las áreas de las columnas de C° A°. ⁽³¹⁾ donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (D) es < que 6.

$\sum A_{c2}$ = Suma de las áreas de las columnas de C° A°. ⁽³⁰⁾ donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (D) es igual o > que 6.

W_j = Peso del piso j.

t_o = Resistencia básica de corte de la albañilería.

σ_o = Tensión normal debida al esfuerzo axial que producen las cargas verticales de peso propio y las sobrecargas de uso.

L = Largo del muro.

⁽³⁰⁾ ACI 318. "Building Code Requirements for Reinforced Concrete". 1984.

⁽³¹⁾ HIROSAWA, Misaya. "Retrofitting and retraction of building in Japan" IISEE, Lecture Note of Seminar Course, Tsukaba, Japan. 1992.

H = Altura del piso si L es igual o mayor que 3 m. o altura libre del muro si L es menor que 3 m.

En estas ecuaciones las áreas se deben expresar en cm², las resistencias y tensiones en kgf/cm² y los pesos en kgf. Los coeficientes que acompañan a las áreas corresponden a la resistencia al corte de los diferentes tipos de elementos que componen el sistema sismorresistente, expresado en kgf/cm². (27)

Para el cálculo de σ , la tensión de compresión en las unidades de albañilería puede considerarse como $1.0 \cdot n$ (kgf/cm²) donde n es el número de pisos por encima del piso analizado. (27)

Cálculo de SD: Este coeficiente cuantifica la influencia de las irregularidades de la configuración estructural, la distribución de la rigidez y de masa del comportamiento sísmico de la edificación. Las características del edificio que se tiene en cuenta para este coeficiente son: regularidad, relación largo-ancho, excentricidad de rigidez y estrangulaciones de la planta, como el espesor de las juntas de dilatación, dimensiones y ubicación de patios interiores, sótanos (subterráneos), uniformidad de la elevación de los pisos, irregularidades en la distribución de las masas y de la rigidez del entrepiso de los pisos en elevación. (27)

Hirosawa propone calcular SD al usar el primer nivel de evacuación de vulnerabilidad con la siguiente ecuación. (27)

$$S_D = q_1 * q_2 * \dots * q_8 \quad (\text{Ec. 2.16})$$

Donde:

$$q_i = \{1.0 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 1,2,3,4,5,7,8$$

$$q_i = \{1.2 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 6$$

Al revisar la ecuación anterior, se observa que a medida que se pierde la regularidad en las características de la estructura, se castiga al sistema, reduciendo su capacidad de resistencia con G_i y para cuantificar el efecto o influencia que la irregularidad pueda tener en la respuesta, se utiliza el término R_i , que no es lo mismo para cada uno de los factores considerados. (27)

Los valores G_i y R_i recomendados por Hirosawa se muestran en la figura 2.9.

Ítem	Gi			Ri
	1.0	0.9	0.8	
1 Regularidad	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1.0
2 Relación largo - ancho	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0.5
3 Contratación de planta	$0.8 \leq C$	$0.5 \leq C \leq 0.8$	$C < 0.5$	0.5
4 Atrio o patio interior	$Rap = 0.1$	$0.1 < Rap \leq 0.3$	$0.3 < Rap$	0.5
5 Excentricidad de atrio o patio interior	$f1 = 0.4$	$f1 \leq 0.4$	$0.4 < f1$	0.25
	$f2 = 0.1$	$0.1 < f2 \leq 0.3$	$0.3 < f2$	
6 Subterráneo	$1 \leq Ras$	$0.5 \leq Ras < 1.0$	$Ras < 0.5$	1.0
7 Junta de dilatación	$0.01 \leq s$	$0.005 \leq s < 0.01$	$s < 0.005$	0.5
8 Uniformidad de altura de piso	$0.8 \leq Rp$	$0.7 \leq Rh < 0.8$	$Rh < 0.7$	0.5

Figura 2.9. Valores para los parámetros de Gi y Ri.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe cada una de las características de la estructura.

Regularidad ai: a1 = La planta es simétrica en cada dirección y el área de los voladizos es menor o igual al 10% del área total de la planta. Estas proyecciones se consideran en el caso que $l/b \geq 0.5$.⁽²⁷⁾

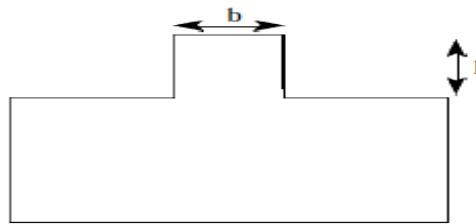


Figura 2.10. Regularidad de simetría y área saliente de planta.⁽²⁷⁾

a2 = La planta no es regular, y el área de salientes es igual o menor que el 30% del área total de la planta. Dentro de esta categoría se encuentran las plantas tipo L, T, U y otras.⁽²⁷⁾

a3 = La planta es más regular que el caso a2, y el área de salientes es mayor que el 30% del área de la planta.⁽²⁷⁾

Relación largo – ancho B: Razón entre la dimensión mayor y menor de la planta. En las plantas tipo L, T, U, u otras se considera el lado mayor como 2×1 .⁽²⁷⁾



Figura 2.11. Forma de tipo de irregularidad de planta.⁽²⁷⁾

3.- Contracción en planta, C:

$$C = \frac{D_1}{D_0} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

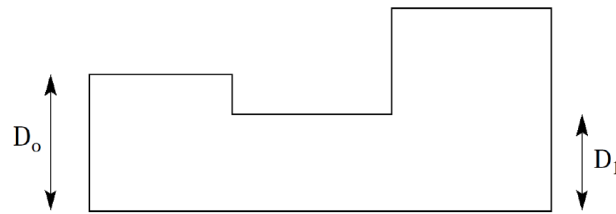


Figura 2.12. Forma de contracción de planta. ⁽²⁷⁾

Atrio o patio interior, Rap: Razón entre el área del atrio y el área total de la planta, incluida el área del atrio. Sin embargo, una caja de escaleras estructurada con muros de concreto armado no se considera en este análisis. ⁽²⁷⁾

Excentricidad de atrio o patio interior, f: f1 = Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio, y la longitud menor de la planta. f2 = Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio, y la longitud mayor de la planta. ⁽²⁷⁾

Subterráneo, Ras: Razón entre el área promedio de la planta de los subterráneos y el área promedio de la planta del edificio. ⁽²⁷⁾

Junta de dilatación, s: Este criterio se aplica a edificios que tienen juntas de dilatación y es la razón entre el espesor de la junta de la dilatación sísmica y la altura del nivel sobre el suelo donde se encuentra. ⁽²⁷⁾

Uniformidad de altura de piso, Rh: Razón entre la altura del piso inmediatamente superior al analizarlo y la altura de este. Para el caso del piso superior, el piso inmediatamente superior de esta ecuación es reemplazado por el piso inmediatamente. ⁽²⁷⁾

“El valor de SD se calcula usando el valor más desfavorable entre los obtenidos para la característica en los diferentes pisos, un valor que se asume como representativo de todo el edificio” ⁽²⁷⁾

Cálculo de (T): Este índice cuantifica los efectos producidos por el deterioro de la estructura debido al paso del tiempo o la acción de sismos pasados u otras acciones que puedan haber afectado. ⁽²⁷⁾

El índice se calcula a partir de la información obtenida de las visitas al edificio y la información proporcionada por el propietario. ⁽²⁷⁾

Dado que se utiliza un único valor del índice T para el edificio, este valor debe corresponder al valor más bajo obtenido. Además, se deben tener en cuenta las características del daño causado por un evento sísmico en el edificio. ⁽²⁷⁾

Tipo de deterioro	Características	Valor (T)
T1. Deformación permanente	El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial.	0.7
	El edificio está construido sobre relleno artificial.	0.9
	El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0.9
	Tiene visibles deformaciones de vigas o columnas.	0.9
	No presenta signos de deformación.	1.0
T2. Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo	Presenta filtración con corrosión visible.	0.8
	Presenta grietas inclinadas visibles en columnas.	0.9
	Presenta grietas visibles en muros.	0.9
	Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0.9
	Nada de lo anterior.	1.0
T3. Incendio	Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.	0.7
	Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0.8
	No ha experimentado incendio.	1.0
T4. Uso del cuerpo o bloque	Almacena sustancias químicas.	0.8
	No contiene sustancias químicas.	1.0
T5. Tipo de daño estructural	Presenta daño estructural grave.	0.8
	Presenta daño estructural fuerte.	0.9
	Presenta daño estructural ligero o no estructural.	1.0

Figura 2.13. Valores del tipo de daño de deterioro.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 2.14 muestra cada una de las características a tenerse en cuenta según el tipo de daño evaluado en el edificio.

Tipo de daño	Descripción
No estructural	Daños únicamente en elementos no estructurales
Estructural ligero	Grietas de menos de 0.5 mm de espesor en elementos de concreto armado. Grietas de menos de 3mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural fuerte	Grietas de 0.5 a 1mm de espesor en elementos de concreto armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural grave	Grietas de más de 1 mm de espesor en elementos de concreto armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del hormigón, rotura de estribos y pandeo de refuerzos en vigas, columnas y muros de concreto armado. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio en más de 1% de su altura. Asentamiento de más de 20 cm.

Figura 2.14. Clasificación del daño producido por un sismo.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del índice de Juicio Iso: “Este índice de Juicio sísmico se calcula utilizando la siguiente ecuación [...]” ⁽²⁷⁾

$$I_{so} = Eso * Z * G * U \quad (\text{Ec. 2.18})$$

Dónde:

Eso = Resistencia sísmica básica requerida.

Z = Factor de zona sísmica; su valor depende del peligro sísmico del lugar donde se ubica el edificio ($0.5 \leq Z \leq 1$).

G = Factor de influencia de las condiciones topográficas y geotécnicas. Se considera igual a 1.0 para condiciones topográficas sin pendiente e igual a 1.1 para zona de pendiente.

U = Factor de importancia del edificio por su uso. Se considera igual a 1.0 ya que las condiciones exigidas por el uso del edificio se consideran al establecer el valor de Eso.

Cálculo del Eso: En vista que el método de evaluación estructural propuesto por Hirosawa recomendó que la resistencia sísmica básica (Eso) se establece a partir del requisito de resistencia elástica de las normas para la zona de mayor peligro sísmico, reducido por un factor de reducción (R) cuyo valor debe elegirse teniendo en cuenta que el nivel de daño que se produce para evitar la puesta fuera del servicio del edificio, en el presente trabajo presentare la metodología adecuada para el cálculo del valor del factor de reducción (R).⁽²⁷⁾

“Se debe tener en cuenta que el valor de resistencia sísmica básica (Eso) que recomienda Hirosawa se considera el límite último, significa que este valor considera que la estructura ha desarrollado incursiones plásticas dentro de su capacidad de ductilidad, pero no debe colapsar, o tener una pérdida de su resistencia y rigidez”.⁽²⁷⁾

Para calcular el índice Eso y encontrar la cortante basal en la actual norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones, se utiliza la siguiente ecuación.

$$Eso = \frac{C}{R} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

Donde:

C = Coeficiente de amplificación dinámica = T_p/T cuyo valor debe ser ≤ 2.5 .

R = Factor de respuesta para un valor de ductilidad u de 4.

T_p = Periodo predominante de vibración del suelo.

T = Periodo de vibración de la estructura (1° Modo).

De otro lado, en referencia a la segunda variable: tenemos la **vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares**:

“Es la predisposición de forma intrínseca correspondiente a una estructura ubicada en un área urbana y que se encuentra vulnerable a sufrir algún daño proveniente de un acontecimiento sísmico con una severidad específica [...]” SERRANO LANZAROTE, Apolonia B. ⁽³²⁾

Por lo tanto, esta vulnerabilidad a los movimientos sísmicos en las estructuras se encuentra fuertemente vinculadas a una serie de inducciones debidas a un evento sísmico, que es un función de tres aspectos en específicos involucrados; la gravedad del movimiento en el emplazamiento, las características de la estructura y su vulnerabilidad sísmica Barbat, 1998, (como se citó en Safina, 2018).

La vulnerabilidad en casos sísmicos implica una serie de términos genéricos tales con daño y afectación, que se incluyen para obtener una interpretación más completa. El daño se refiere al deterioro del estado físico que afecta a varios elementos que conforman una edificación. El nivel deteriorado que afectan a estos elementos se conoce como el grado de daño, y normalmente se expresa en una escala de 0 (sin daño) a 1 (pérdida total). ⁽³³⁾

“Tomando un enfoque cualitativo, el daño causado por el evento sísmico ocurre de dos maneras; un daño estructural y no estructural, ello dependerá de si el elemento es parte o no del sistema resistente que tiene la edificación” ⁽³⁴⁾

Una **vulnerabilidad estructural** está vinculada al grado de susceptibilidad de un componente estructural al daño causado por un sismo, esto se conoce como daño sísmico estructural. A su vez implica un deterioro físico de ciertos elementos que pertenecen al sistema resistente o también llamado estructura del edificio, en que el grado y naturaleza del daño estructural suele describirse cualitativa o cuantitativamente y determina un factor fundamental de importancia a la hora de verificar el grado generado por el deterioro en la edificación. ⁽³⁴⁾

⁽³²⁾ SERRANO LANZAROTE, Apolonia Begoña y TEMES CÓRDOVEZ, Rafael Ramón. *Vulnerability and seismic risk of the residential buildings in the Special Plan against seismic risk of Valencia región*. Valencia : s.n., 2015.

⁽³³⁾ YÉPEZ MOYA, Fabricio. *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación*. España : s.n., 1996.

⁽³⁴⁾ SAFINA MELONE, Salvador. *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. Barcelona-España : s.n., 2002. ISBN: 8468815748.

La **vulnerabilidad no estructural** se vincula a la susceptibilidad que poseen los componentes o elementos no estructurales de sufrir algún daño ocasionado por un sismo, ello es conocido como daño sísmico no estructural Cardona (1999). Consiste en el deterioro de ciertos componentes que no pertenece al sistema resistente de la edificación ATC-29-1, 1998, ⁽³⁴⁾

Además, la **vulnerabilidad funcional** describe la predisposición de la instalación de ver perturbado su funcionamiento como consecuencia del incremento de la demanda de sus servicios. Hay varios factores que pueden contribuir a aumentar el nivel de perturbación funcional, aumentando así la vulnerabilidad funcional de estas instalaciones. ⁽³⁴⁾

En consecuencia, el comportamiento de las viviendas y/o edificios frente a diferentes amenazas sísmicas varía según a su función de sus elementos y diseño estructural, así como de las características y resistencia de los materiales utilizados en su construcción.

Los componentes estructurales están diseñados a partir de cálculos o dimensiones para lograr cumplir requerimientos, a saber:

Criterio de resistencia: comprueba que la tensión máxima no logre superar las tensiones admisibles según el material en el que se fabricó el elemento.

Criterio de rigidez: bajo el efecto de fuerzas aplicadas, los desplazamientos máximos o deformaciones no suelen exceder los límites permitidos.

Criterios de estabilidad: realizar la verificación de los cuáles son las desviaciones de fuerzas en las cargas esperadas que no causan efectos autoamplificados que producen pérdida de equilibrio mecánico o conducen a la inestabilidad elástica. ⁽³⁵⁾

“Durante la vida útil de un edificio, la probabilidad de un sismo severo es considerablemente menor que la probabilidad de un sismo moderado, donde la norma reconoce que no es posible mantener las edificaciones sin daño en todos los sismos y establece como principios básicos o aspiraciones básicas del diseño” MALDONADO RONDÓN, Esperanza ⁽²⁰⁾

⁽³⁵⁾ CANDO. ¿Qué es un elemento estructural? [En línea] 2019. <https://bloquescando.com/que-es-un-elemento-estructural/#>.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Método: Científico

La investigación es de enfoque cuantitativa que la misma: “Permite manejar datos numéricos y de forma objetiva [...]” HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. ⁽³⁶⁾

De acuerdo con estas definiciones de la presente investigación es de enfoque cuantitativo y fue utilizado de tipo científico.

Tipo de investigación: Aplicada

“Se indaga sobre la aplicación práctica de determinados conocimientos científicos [...]” ⁽³⁷⁾ Parte de los conocimientos adelantados por estudios científicos puros.

El estudio buscó determinar el grado de vulnerabilidad sísmica del edificio Romero Vera utilizando métodos convencionales. Según estas definiciones de la presente investigación es de tipo aplicada.

Nivel: Explicativo

“Los estudios explicativos no sólo describen fenómenos o conceptos de la determinación de vínculos entre conceptos; ello implica que se enfocan en responder los causantes de dichos eventos sociales o físicos [...]” HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. ⁽³⁶⁾

La investigación fue de tipo explicativo, puesto que explica las causas y efectos generados por la vulneración sísmica del edificio Romero Vera.

Diseño de investigación: No experimental

Es “Aquella que cuyos procedimientos se llevan a cabo sin manipular intencionalmente las variables, más bien solo se observa lo que sucede en el contexto natural, sin ser provocados por el investigador, para posteriormente analizarlos [...]” HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. ⁽³⁶⁾

El estudio tuvo un diseño no experimental debido a que los datos generados por el uso de métodos convencionales no fueron manipulados.

⁽³⁶⁾ HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO , Pilar. *Metodología de la investigación*. México : McGraw-Hill Interamericana, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0

⁽³⁷⁾ ZITA, Ana. *Investigación científica*. s.l. : Revisión científica, 2021.

3.2 Variables y operacionalización

Variables

Primera variable: Métodos convencionales

Definición conceptual:

“Son métodos heurísticos y consisten en identificar el índice de vulnerabilidad independientemente de la predicción del daño al permitir comparar la vulnerabilidad relativa de diferentes construcciones ubicadas en áreas de igual sismicidad o tipología [...]”⁽¹⁶⁾

Definición operacional:

Los métodos convencionales permitieron evaluar varios aspectos de la construcción del edificio, para los cuales fue posible comparar el grado de vulnerabilidad sísmica, clasificándolo con sus tres dimensiones como son: método de Benedetti-Petrini, FEMA 154 y Hirosawa, a su vez se subdividen en once, cuatro y siete indicadores.

Segunda variable: Vulnerabilidad sísmica

Definición conceptual:

“De manera cualitativa la predisposición de una categoría de elementos en riesgo de sufrir efectos adversos causados por terremotos potenciales [...]” SANDI, H. et al.⁽³⁸⁾

Definición operacional:

La vulnerabilidad sísmica permitió conocer la magnitud de las fallas de la edificación por lo que podrían tener efectos económicos y sociales sobre los individuos que viven en el edificio, clasificando en sus dimensiones como son: índice de vulnerabilidad sísmica, vulnerabilidad física y la vulnerabilidad estructural que a su vez se subdividen en cuatro, tres y dos indicadores.

⁽³⁸⁾ SANDI, H. y otros. *Development of a nationwide seismic vulnerability estimation system, Constructii*. s.l. : Constructii, Vol. 3, No. 2/2008 (1 July 2008): pp. 38-47., 2008.

Operacionalización de variables

Tabla 3. 1

Matriz operacional de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO /ITEM	ESCALA
<p>Primera Variable: Métodos convencionales.</p>	<p>“Son métodos heurísticos y consisten en identificar el índice de vulnerabilidad independientemente de la predicción del daño al permitir comparar la vulnerabilidad relativa de diferentes construcciones ubicadas en áreas de igual sismicidad o tipología [...]”⁽¹⁶⁾</p>	<p>Los métodos convencionales permitieron evaluar varios aspectos de la construcción del edificio, para los cuales fue posible comparar el grado de vulnerabilidad sísmica, clasificándolo con sus tres dimensiones como son: método de Benedetti-Petrini, FEMA 154 y Hirosawa, a su vez se subdividen en once, cuatro y siete indicadores.</p>	<p>D1: Método Benedetti-Petrini.</p> <p>D2: Método FEMA 154</p>	<p>I1: Organización del sistema resistente I2: Calidad del sistema resistente I3: Resistencia convencional I4: Posición del edificio y cimentación I5: Diafragmas horizontales I6: Configuración en planta I7: Configuración en elevación I8: Separación máxima entre muros I9: Tipos de cubierta I10: Elementos no estructurales I11: Estado de conservación</p> <p>I1: Altura I2: Irregularidad I3: Código I4: Tipo de suelo</p> <p>I1: Eo: índice básico de comportamiento estructural, I2: SD: Factor de configuración estructural del edificio. I3: T: Sub índice sísmico del deterioro del edificio en el tiempo I4: Eso: Índice básico de juicio, I5: Z: Zona sísmica del sitio, I6: G: Terreno topografía, I7: U: Uso de estructura.</p> <p>I1: Baja I2: Baja-Media I3: Media-Alta I4: Alta</p> <p>I1: Baja I2: Media I3: Alta</p> <p>I1: Insegura I2: Segura</p>	<p>Fichas de recopilación de información.</p>	<p>Razón - Razón</p>
<p>Segunda Variable: Vulnerabilidad sísmica de edificaciones.</p>	<p>“De manera cualitativa la predisposición de una categoría de elementos en riesgo de sufrir efectos adversos causados por terremotos potenciales [...]” SANDI, H. et al.⁽³⁸⁾</p>	<p>La vulnerabilidad sísmica permitió conocer la magnitud de las fallas de la edificación por lo que podrían tener efectos económicos y sociales sobre los individuos que viven en el edificio, clasificando en sus dimensiones como son: índice de vulnerabilidad sísmica, vulnerabilidad física y la vulnerabilidad estructural que a su vez se subdividen en cuatro, tres y dos indicadores.</p>	<p>D3: Método Hirosawa</p> <p>D:1 índice de vulnerabilidad sísmica.</p> <p>D:2 Vulnerabilidad física.</p> <p>D3: vulnerabilidad estructural.</p>	<p>I1: Baja I2: Baja-Media I3: Media-Alta I4: Alta</p> <p>I1: Baja I2: Media I3: Alta</p> <p>I1: Insegura I2: Segura</p>		

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

“La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados [...]” ARIAS GÓMEZ, Jesús. ⁽³⁹⁾

La población estuvo conformada por 20 edificaciones multifamiliares que se ubican en la calle Santa Mónica en el distrito de San Jerónimo.

Muestra

“Es el subconjunto finito y representativo extraído de una población que es accesible [...]” ARIAS GÓMEZ, Jesús. ⁽³⁹⁾

La muestra fue establecida por no probabilístico por conveniencia, por la característica y naturaleza de la edificación, se evaluó que la construcción no cumplía con el reglamento nacional de edificaciones, caso edificio, Romero Vera.

Muestreo

“Consiste en una técnica para obtener la muestra donde los componentes son seleccionados a juicio del investigador. No se sabe la probabilidad con que se elige a cada individuo [...]” ⁽⁴⁰⁾

Solo se incluyó la vivienda multifamiliar Romero Vera, la misma se estableció por el costo, tiempo y accesibilidad a los planos del edificio. Se excluyeron todas las viviendas multifamiliares formales e informales privadas, públicas y sociales, clasificándose una investigación de muestreo intencional no probabilística.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Observación directa

“Implica procesos y actividades donde el investigador posee un acceso a la información requerida para lograr cumplir el objetivo de estudio [...]” ⁽⁴¹⁾

Se desarrolló un registro de observación directa de notas de campo que permitió recopilar datos basados en la intencionalidad, la ilustración, selección e interpretación del panorama estructural completo del edificio.

⁽³⁹⁾ ARIAS GÓMEZ, Jesús, VILLASÍS KEEVER, Miguel Ángel y NOVALES, María Guadalupe Miranda. *El protocolo de investigación III: la población de estudio*. Mexico : Revista Alergia México, vol. 63, núm. 2, abril-junio, 2016,

⁽⁴⁰⁾ REQUENA SANT, Bernat. *Estadística – inferencia*. s.l. : Universo Formulas , 2014.

⁽⁴¹⁾ BASTISTA, Consultores. *Técnicas de recolección de datos para realizar un trabajo de investigación*. 2020.

Instrumento: Ficha de recopilación de información

“Las técnicas de recolección de datos son mecanismos e instrumentos que se utilizan para reunir y medir información de forma organizada y con un objetivo específico [...]”⁽⁴²⁾

En la investigación se aplicó como instrumento la ficha de recopilación de información, Se utilizó el programa integrado de hojas de cálculo Excel, y el software CAD (computer Aided Design) AutoCAD 2021, que determinaron el grado de vulnerabilidad de acuerdo con el reglamento nacional de edificaciones.

Validez

“Demostrar la capacidad por parte del instrumento para poder cuantificar adecuada y significativamente los aspectos para cuyo cálculo fue elaborado [...]”⁽⁴³⁾

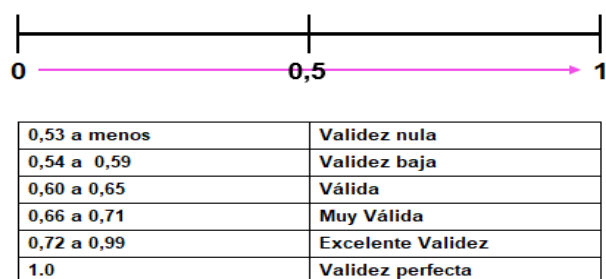


Figura 3.1. Escalas de Interpretación de validez. (44)

La validez se realizó mediante juicio de expertos, cuyo resumen se muestra en la siguiente tabla 3.2.

Tabla 3.2

Validez por juicio de expertos.

N°	Grado	Nombres y Apellidos	Colegiatura	Validez
1	Ing/Mg.	Axel J. Pacheco Pílares	190458	0.833
2	Ing.	Andres D. Andrade Cari	87092	0.917
3	Ing/Mg.	Wilbert H. Dueñas Perea	71552	0.667

Fuente: Elaboración propia.

Dado que la validez promedio es 0.806, lo que de acuerdo con la figura 3.1 se interpreta como excelente validez.

⁽⁴²⁾ CARO, Laura. “7 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos. s.l. : Lifeder., 2021.

⁽⁴³⁾ HURTADO DE BARRERA, Jacqueline. *Metodología de la investigación: guía para una comprensión holística de la ciencia*. Colombia : 4ta. Edición, 2012.

⁽⁴⁴⁾ HERRERA ROJAS, Aura Nidia . *Notas sobre Psicometría Facultad de Ciencias Humanas Departamento de Psicología*. Santafe de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia : s.n., 1998.

Confiabilidad

“Está referida a la precisión y consistencia de lo obtenido como resultados posteriores a aplicar el instrumento por segunda vez en una situación lo más similarmente posible [...]” DELGADO DE SMITH, Yamile. ⁽⁴⁵⁾

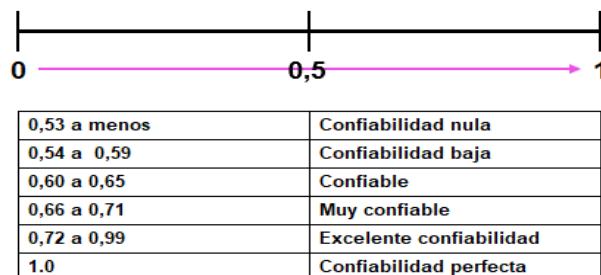


Figura 3.2. Escalas de interpretación de confiabilidad. ⁽⁴⁴⁾

3.5 Procedimientos

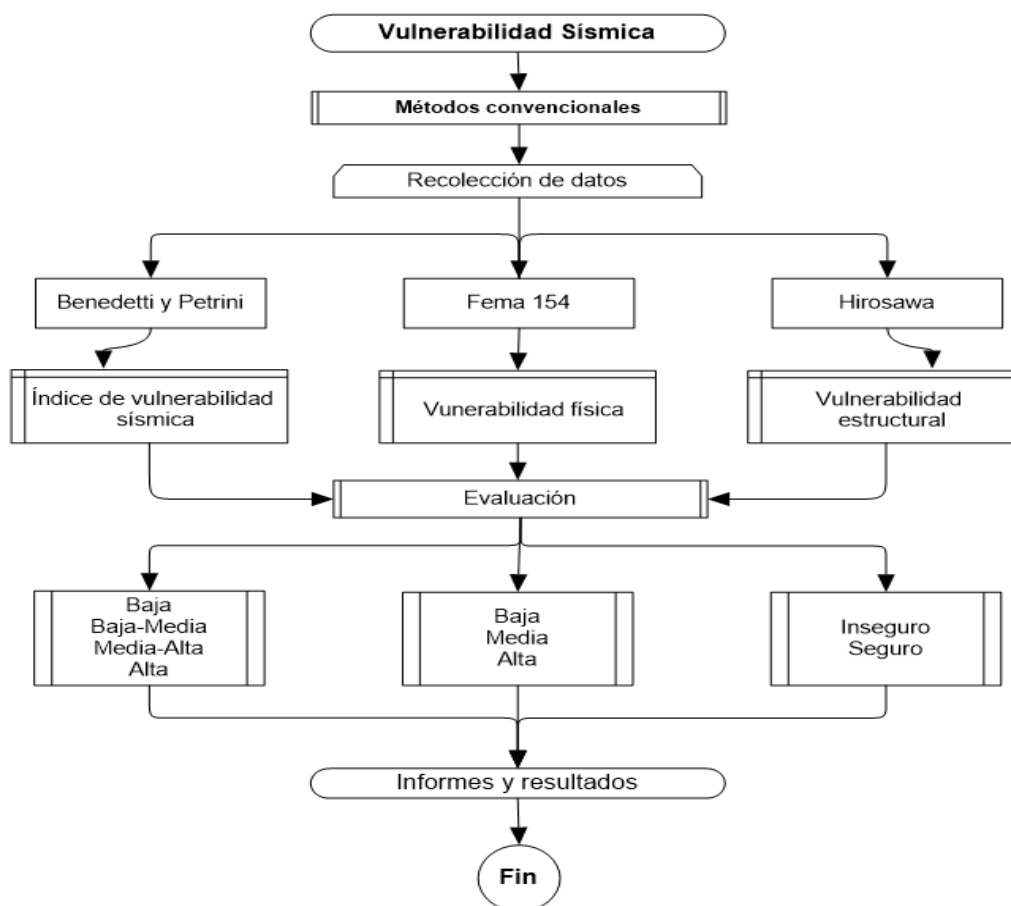


Figura 3.3. Flujograma del proceso de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

⁽⁴⁵⁾ DELGADO DE SMITH, Yamile, COLOMBO, Leyda y ROSMEL, Orfila. *Confiabilidad y validez de los instrumentos - Procedimiento*. Caracas : Editorial Comala, 2002. 980-390-022-6.

3.6 Método de análisis de datos

Los análisis se realizaron siguiendo el orden de los objetivos específicos aplicando los métodos convencionales propuestos para determinar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares, caso edificio, Romero Vera, Cusco, 2021. Para lograr el análisis de datos y resultados se tuvo en cuenta el propósito de la recolección de información, se aplicaron procedimientos basados que se definen por el método de Benedetti y Petrini, un proceso que se basó en resultados de una inspección de los daños para calificar la calidad construida en el edificio por medio de un coeficiente llamado índice de vulnerabilidad (Iv), que incluye once parámetros para definir el daño causado por un sismo, luego se tomó el método FEMA 154, utilizando sus cuatro modificadores e índices establecidos el cual fue diseñado para ser aplicado sin la necesidad de hacer un cálculo del análisis estructural, y finalmente, el método japonés Hirosawa, que evaluó el edificio en su irregularidad de diseño, deformación permanente, incendio, uso del edificio, tipo de daño estructural y grietas en muros y columnas producto de la corrosión del acero, por lo que su importancia radica en el hecho de que una de las principales causas de muerte durante un evento sísmico están dadas por estas características.

Se utilizó la comparación de las hipótesis de esta tesis, el procesamiento de los datos se concretó con la hoja de cálculo Excel y se aplicó el software CAD (computer Aided Design) AutoCAD 2021 para el diseño de los planos.

3.7 Aspectos éticos

La ética: “Parte de la filosofía referente a la moral y obligaciones de las personas, pues todo estudio requiere tener un análisis basado en la ética [...]”⁽⁴⁶⁾

Dado que la investigación requiere elementos, habilidades, conocimientos y actitudes éticas personales y profesionales para la realización del estudio, basadas en el respeto a las personas, el anonimato, la reserva, la confidencialidad y el consentimiento informado del propietario y las familias que viven en el edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco.

⁽⁴⁶⁾ COLOMBA COFRÉ, A. *Aspectos Éticos en Investigación en Ciencias Sociales y en Área de la Salud: Nuevas Exigencias Para Proyectos Fondecyt*. 2019.

IV. RESULTADOS

4.1 Descripción de la zona de estudio

El área tiene una topografía de pendiente moderada, se aprecia la clasificación del suelo que es de material arcilloso de baja plasticidad con arena, su clima del distrito de San Jerónimo es templado moderadamente lluvioso con amplitud térmica moderada, su temperatura varía de 0°C a 19°C.

Ubicación

Se ubica en el distrito de San Jerónimo sector sur este a una distancia de 11 Km. de la provincia y departamento del Cusco, con coordenadas 13°32'15" latitud sur y 71° 54'00" latitud este y está se ubica a una altitud de 3250 m.s.n.m.

Características de la edificación de estudio

El edificio es una vivienda multifamiliar de 5 niveles y está zonificado como residencial densidad media, diseño de 3 ejes en (X-Y), sistema aporticado, cota de cimentación (Df) de 1.30 y 1.80 m, zapatas de 1.40x1.40 m, vigas de conexión 0.25x0.45 y 0.25x0.50 m, 8 columnas de 0.35x0.45 m, vigas entre pisos peraltadas de 0.30x0.50 m, losa aligerado de ladrillo tecnopor de 0.20 m con refuerzo de viguetas diseñadas en un solo sentido, muros de ladrillo de 0.15 m, el 1° nivel es de altura de 3.06 m con acceso por la calle Santa Mónica parte central del lote del edificio, también tiene un garaje para un vehículo de categoría A1, la planta típica del 2° al 5° nivel tienen una altura de 2.60 m, comparte el acceso principal al primer nivel a través de una escalera de concreto del 1° al 2° piso y los pisos superiores del 2° al 5° la escalera está hecha de estructura metálica suspendida en la losa, los diseños ornamentales: vanos de vidrio semidoble, marcos y rieles de aluminio, los muros tarrajeados con mortero y yeso, matizados con pintura lavable, puertas de madera, la planta típica está distribuida en 3 habitaciones, sala, comedor, cocina, lavandería y un servicio higiénico, la cubierta es de dos aguas con armazón de estructura metálica cubierta por teja de PVC y policarbonato, cuenta con los servicios de electricidad, agua y desagüe independiente para cada nivel.

Inspección general de la edificación

Se llevó a cabo de acuerdo con las características generales del edificio, fue visual desde el exterior y desde el interior, donde se pudo ver que aparentemente es vulnerable por su irregularidad constructiva, con la información recopilada durante

las visitas de campo se utilizaron los formularios de recolección de datos de los tres métodos de acuerdo con el reglamento nacional de edificaciones.

4.2 Evaluación con el método Benedetti-Petrini

El presente método italiano consta de 11 parámetros con sus índices establecidos para edificios de concreto armado, clasificando cada parámetro de acuerdo con la evaluación correspondiente de los tipos A, B, C que permitió calcular el primer objetivo específico (índice de vulnerabilidad sísmica) (Iv).

Organización del sistema resistente

El edificio fue construido en 2013, en ese momento contaba con el asesoramiento técnico del diseño del proyecto inicial, de acuerdo con la teoría propuesta de este método clasifica como tipo A.

Calidad del sistema resistente

El edificio durante la ejecución carecía de asesoramiento técnico, un requisito mínimo que se tiene en cuenta para determinar la calidad constructiva y mano de obra calificada. Por lo tanto, este parámetro se clasifica como tipo C.

Resistencia convencional

Dado que las tipologías constructivas no cumplen con el R.N.E. La fuerza sísmica se aplica a nivel del edificio, siendo el coeficiente $a_h = 0.17 < 0.6$, que de acuerdo a los intervalos de este parámetro se interpreta su calificación de tipo C.

Posición del edificio y cimentación

Debido a que este parámetro toma en cuenta aspectos como: consistencia, pendiente, humedad y sales que pueden estar presentes en la edificación, se tomó en cuenta el nivel de clasificación de suelos del plan de desarrollo urbano 2013-2021 del municipio de Cusco, por lo tanto, califica de tipo A.

Diafragmas horizontales

Este parámetro es importante ya que asegura el correcto funcionamiento de las estructuras, sus características del diafragma del edificio no satisfacen dos de las condiciones de clase A según la teoría planteada, por lo tanto, califica como tipo C.

Configuración de Planta

La configuración de planta influye en el comportamiento del edificio, para lo cual se definió la relación ancho - largo; donde: ($b_1=5.52$, $b_2=4.56$ y $L=12.80m$), por lo tanto, $b_1=0.43$, $b_2=0.36$, según al intervalo Si $IR \leq 0.75$ se interpreta como tipo B.

Configuración de elevación

De acuerdo con este parámetro, se evalúa la variación en la altura del edificio, para lo cual se aplicó la ecuación (Ec. 2.7) de la teoría propuesta para calcular el RL, se utilizó la variación de altura mínima 2.60 m (H-T) y la variación de altura máxima 13.46 m (H) del edificio, tenemos que, $RL = 0.81 > 0.66$, de acuerdo con el intervalo de la teoría propuesta se clasifica como tipo A.

Separación máxima entre muros / columnas

Este parámetro evalúa las distancias máximas de los muros y columnas y es importante que tenga el asesoramiento técnico de un profesional, así como el año de construcción. La edificación no contó con asesoramiento técnico en la ejecución, por lo tanto, de acuerdo con la teoría propuesta, se clasifica como tipo C.

Tipo de cubierta

De acuerdo con este parámetro, los tipos de cubiertas deben ser adecuadamente estables, atadas y en buenas condiciones. Para lo cual la armazón y cubierta del edificio fue construido sin tener en cuenta la norma técnica peruana E-090, siendo inestables para soportar fuerzas sísmicas, por lo tanto, se clasifica como tipo B.

Elemento no estructurales

Este parámetro tiene en cuenta los elementos no estructurales, asegurando que son seguros ante un evento sísmico, por lo que se logró observar que el edificio tiene parapetos y elementos no estructurales sin refuerzos adecuados, siendo factores de riesgo muy graves si colapsan, por lo tanto, este parámetro se clasifica como tipo C.

Estado de conservación

Este parámetro verifica la presencia de daños estructurales e irregularidades, debido a que el edificio visualmente no muestra presencia de daños estructurales y un mal estado de conservación, se clasifica como tipo A.

La figura 4.1 muestra el desarrollo de cada uno de los parámetros, según a la metodología de Benedetti y Petrini.

<i>i</i>	Parametro	Tipo	$K_i * A$	$K_i * B$	$K_i * C$	Peso W_i	$K_i * W_i$
1	Organización del sistema resistente	A	0	10	20	4.0	0
2	Calidad del sistema resistente	C	0	10	20	1.0	20
3	Resistencia convencional	C	-1.0	0	10	1.0	10
4	Posición del edificio y cimentación	A	0	10	20	1.0	0
5	Diafragmas horizontales	C	0	10	20	1.0	20
6	Configuración en planta	B	0	10	20	1.0	10
7	Configuración en elevación	A	0	10	30	2.0	0
8	Distancia entre muros/columnas	C	0	10	20	1.0	20
9	Tipos de cubierta	B	0	10	20	1.0	10
10	Elementos no estructurales	C	0	10	20	1.0	20
11	Estado de conservación	A	0	10	20	1.0	0
Total (Iv)							110

Figura 4.1. Cálculo del índice de vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Elaboración propia.

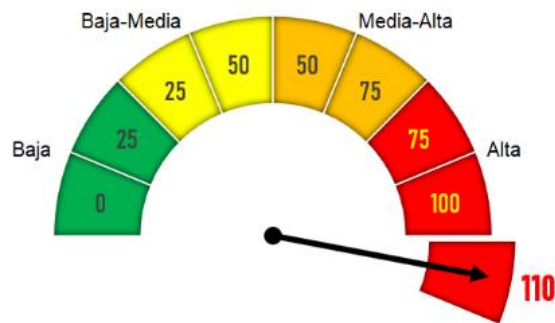


Figura 4.2. Gráfico de Intervalos del índice de vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los intervalos de (75 – 100), se interpreta que el índice de vulnerabilidad sísmica es mayor o igual a (100), por lo tanto, el edificio presenta alta vulnerabilidad.

4.3 Evaluación con el método FEMA 154

Esta metodología fue diseñada para utilizar cuatro modificadores implementados para evaluar el daño y afectación del edificio multifamiliar, con la información recopilada durante las visitas de campo, fue posible estimar la vulnerabilidad física después de un análisis de los indicadores e índices establecidos para una zona de sismicidad moderada, que se detallan a continuación.

Altura

Este modificador evalúa las alturas bajas, medias y altas del edificio multifamiliar, el edificio está construido hasta el nivel 5to al 100%, se considera de altura media de acuerdo con los intervalos de 4 a 7 pisos de la teoría propuesta.

Irregularidad vertical

Según este modificador considera su evaluación del mal proceso constructivo ya sean muros inclinados, columnas cortas, desniveles entre otras características. El edificio multifamiliar evaluado no presenta irregularidad vertical ya que el 5to piso es el único que varía en comparación con los otros niveles.

Irregularidad planta

Este modificador evalúa el diseño y forma irregular de la planta, por lo que el edificio multifamiliar tiene irregularidad en planta ya que las losas tienen una forma de tipo L, además, tienen dos aberturas en el ducto de ventilación e iluminación, lo que hace que el edificio sea irregular.

Pre-Código

Según este modificador, se evalúa los edificios construidos antes del año en que se promulgó la norma técnica peruana (1977). Para el edificio multifamiliar evaluado no está presente antes de su promulgación del código sismorresistente.

Post-Benchmark

El modificador evalúa los edificios que fueron construidos después del año (1977), por lo que el edificio multifamiliar evaluado fue construido en 2013, por lo tanto, adoptó los requisitos de la norma de diseño sismorresistente E.030 de 2003.

Tipo de suelo

El modificador evaluó las características de calidad del suelo del edificio, teniendo en cuenta los datos de diseño de los planos estructurales y el mapa de clasificación de suelos elaborado por el plan de desarrollo urbano 2013-2021 de la provincia del Cusco, definiendo que para el edificio tiene el factor suelo de tipo S3 (suelo blando).

OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO					
Residencial	X	Sala pública	N° Personas	A	B	C	D	E	F
Comercial		C. Educativos	100-300	50-200	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo
Oficinas		Gubernam.	100-200	200-500	dura	común	denso	rígido	blando
Industrial			> 10	50-100	No se, asumir suelo "D"				
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S									
TIPO DE EDIFICIO	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	
	MRF	BR	LM	RC	URM INF	MRF	SW	URM INF	
Puntaje Básico	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	
Altura edificación									
Altura baja (≥ 4)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Altura mediana (4 a 7 pisos)	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4	
Altura alta (≤ 7 pisos)	1.0	1.0	N/A	1.0	1.2	1.0	0.0	-0.4	
Irregularidad									
Vertical	-2.0	-2.0	N/A	1.0	1.2	-1.5	-2.0	-2.0	
Planta	-0.8	-0.8	N/A	-2.0	-2.0	-0.8	-0.8	-0.8	
Pre-código									
Pre-Código (antes de 1977)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Pos-Benchmark (después de 1977)	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A	
Tipo de suelo									
Suelo tipo C	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	
Suelo tipo D	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	
Suelo tipo E	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	
FINAL PUNTAJE						1.6		1.6	

Figura 4.3. Interpretación de modificadores FEMA 154.

Fuente: Elaboración propia.

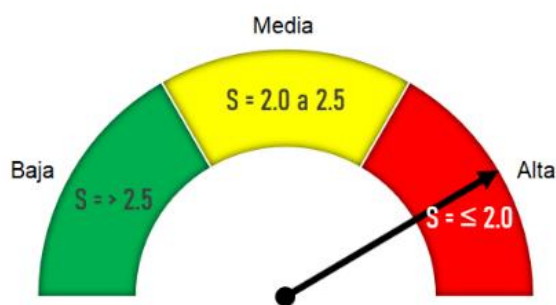


Figura 4.4. Gráfico de intervalos de vulnerabilidad física.

Fuente: Elaboración propia.

Tenemos de la puntuación final para edificios de tipo C1 y C3 los valores de (1.6) que interpretados con la escala $S = \leq 2.0$ nos da que el edificio ostenta alta vulnerabilidad.

4.4 Evaluación con el método Hirosawa

El método japonés analizó el comportamiento sísmico de cada piso del edificio en las direcciones principales de la planta, para lo cual se procedió con los metrados en las direcciones de X-X y Y-Y, (losas, columnas, vigas y muros), resultados que permitieron cuantificar la vulnerabilidad estructural.

A continuación, se detalla en desarrollo de los índices propuestos por la metodología japonés.

Resumen de pesos básicos del edificio

Tabla 4.1

Pesos básicos del edificio.

Np	Peso de losa/techo (kgf)	Peso de Columna (kgf)	Peso de vigas (kgf)	Peso de muros (Kgf)	Peso del piso (Wj).
1°	34,500.00	7,931.52	16,772.40	35,851.11	154,258.95
2°	33,792.00	6,739.20	16,772.40	37,346.00	151,953.20
3°	33,792.00	6,739.20	16,772.40	37,346.00	151,953.20
4°	33,792.00	6,739.20	16,772.40	37,346.00	151,953.20
5°	147,140.00	31,777.92	-	37,346.00	67161.60
Total	147,140.00	31,777.92	67,089.60	185,235.09	677,250.13

Nota: Resumen general de metrados y pesos de la edificación en las dirección X-X y Y-Y.

Fuente: Elaboración propia.

Características de los materiales

Tabla 4.2

Tipo de materiales y resistencias.

Tipo de material	Condición	Resistencia / Peso
Concreto	Resistencia a la compresión	$F'c=210 \text{ kgf/cm}^2$
Acero	Esfuerzo a la fluencia	$F'y=4200 \text{ kgf/cm}^2$
Ladrillo (Kingkong artesanal)	Resistencia a la compresión	$F'b= 55 \text{ kgf/cm}^2$
Viga / Columna	Peso específico	2400 kgf/m^3
Tabiquería	Peso específico	1800 kgf/m^3
Losa	Peso específico	300 kgf/m^2

Nota: La resistencia a la compresión del ladrillo se tomó de la tabla 9 de la NTP. 0.70.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del índice de vulnerabilidad estructural (I_s)

El cálculo de índice I_s depende de tres factores que se evalúan a partir de características básicas de la estructura, mediante la ecuación (Ec. 2.8).

Cálculo del índice básico de comportamiento estructural (E_o)

Determinamos E_o aplicando la ecuación (Ec. 2.10) de la teoría planteada, considerando el factor ($\neq 0$) que presenta la edificación.

La figura 4.5 muestra los factores de índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno, concreto, albañilería confinada y columnas cortas no cortas.

Factores	Valor
C_{mar} : Índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería	$\neq 0$
C_{sc} : Índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de concreto armado	0
C_a : Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinado	0
C_{ma} : Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada	0
C_w : Índice de resistencia proporcionada por los muros de concreto armado	0
C_c : Índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto armado	$\neq 0$

Figura 4.5. Factores de índices de resistencia.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la ecuación (Ec. 2.11) determina el índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería (C_{mar}).

Tabla 4.3*Calculo del índice de resistencia C_{mar} .*

Np	Ejes	τ_0	A_{mar} (cm ²)	W_i (kgf)	C_{mar}
1° al 5°	X - X	5.1	274,875	334,508.28	2.137
1° al 5°	Y - Y	5.1	270,105	342,741.85	2.050

Nota: La resistencia básica de corte de albañilería se derivó de la tabla 9 de la NTP. 0.70.

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, la ecuación (Ec. 2.15) se aplicará para determinar el índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto armado (C_c).

Tabla 4.4*Cálculo del índice de resistencia C_c .*

Np	Ejes	$f'c$ (kg/cm ²)	Ac_2 (cm ²)	W_i (kgf)	C_c
1° al 5°	X - X	210	10.800	334,508.28	2.237
1° al 5°	Y - Y	210	10.800	342,741.85	2.232

Nota: Las áreas de las columnas son \geq a 6.

Fuente: Elaboración propia.

Determinamos el valor del coeficiente de α .

Tabla 4.5*Valor del coeficiente de α .*

Tipo	α_1	α_2	α_3	Modo falla
A	1.0	0.7	0.5	Columnas cortas y paredes portantes controlan la falla
B	0	1.0	0.7	Muro de concreto armado controlan la falla
C	0	0	1.0	Columnas de concreto armado controlan la falla

Nota: El edificio es controlado por las columnas de concreto armado.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.6, consideramos el valor del índice de ductilidad asociado a los elementos verticales que presenta el edificio.

Índice	Valor	Descripción
F	1	Si C_{mar} , C_a y C_{sc} son iguales a cero
	0.8	Si C_{mar} , C_a y C_{sc} son diferentes a cero

Figura 4.6. Valores del índice de ductilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Simplificamos la ecuación (Ec. 2.10) de la teoría propuesta.

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_1 * (C_{mar}) + \alpha_3 * C_c) * F \quad (\text{Ec. 4. 1})$$

Luego, se aplicó la ecuación 4.1 y obtenemos el resultado del índice básico de comportamiento estructural (E₀).

Tabla 4.6

Resultados del índice básico de comportamiento estructural.

Pisos	Ejes	C _{mar}	C _c	E ₀
1° al 5°	X - X	2.137	0.237	0.190
1° al 5°	Y - Y	2.050	0.232	0.186

Nota: Valores obtenidos a partir de los factores del índice de resistencia.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del índice configuración estructural (SD)

Par este factor aplicamos la ecuación (Ec. 2.15) de la teoría propuesta, por lo tanto, se obtiene el resultado de índice de configuración estructural (S_D).

Tabla 4.7

Valores y elementos para determinar Gi y Ri.

Ítem	G _i			R _i	SD
	1.0	0.9	0.8		
1 Regularidad	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1.0	1.0
2 Relación largo - ancho	B ≤ 5	5 < B ≤ 8	B > 8	0.5	1.0
3 Contratación de planta	0.8 ≤ C	0.5 ≤ C ≤ 0.8	C < 0.5	0.5	-
4 Atrio o patio interior	Rap = 0.1	0.1 < Rap ≤ 0.3	0.3 < Rap	0.5	-
5 Excentricidad de atrio o patio interior	f1 = 0.4	f1 ≤ 0.4	0.4 < f1	0.25	-
	f2 = 0.1	0.1 < f2 ≤ 0.3	0.3 < f2		
6 Subterráneo	1 ≤ Ras	0.5 ≤ Ras < 1.0	Ras < 0.5	1.0	-
7 Junta de dilatación	0.01 ≤ s	0.005 ≤ s < 0.01	s < 0.005	0.5	1.0
8 Uniformidad de altura de piso	0.8 ≤ Rp	0.7 ≤ Rh < 0.8	Rh < 0.7	0.5	1.0

Nota: Coeficientes para cuantificar la influencia de las irregularidades de la estructura.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del índice de deterioro de la edificación (T)

Para el factor de deterioro debe considerarse el valor más desfavorable, del mismo modo, la edificación solo presente grietas en los muros de menos de 3 mm.

Tabla 4.8*Tipos de deterioro del edificio.*

Ítem	Tipo de deterioro	Característica	T	Valor
1	Deformación permanente	No presenta signos de deformación	T1	1.0
2	Grietas de muros o columnas	Presenta grietas visibles en muros	T2	0.9
3	Incendio	No ha experimentado incendios	T3	1.0
4	Uso de cuerpo o bloque	No contiene sustancias químicas	T4	1.0
5	Tipo de daño estructural	Presenta daño estructural ligero o no estructural	T5	1.0
Total (T)				0.9

Nota: Los daños son únicamente en los elementos no estructurales.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la ecuación (Ec. 2.8) determina el resultado del índice de vulnerabilidad estructural (I_s), por lo que la resistencia estructural proporcionada para el edificio se muestra a continuación en la figura 4.7.

$I_s = E_o * SD * T$					
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
$E_o = (X-X) 1^\circ \text{ al } 5^\circ$	0.190	SD	1.0	$I_s = (X-X) 1^\circ \text{ al } 5^\circ$	0.171
$E_o = (Y-Y) 1^\circ \text{ al } 5^\circ$	0.186	T	0.9	$I_s = (Y-Y) 1^\circ \text{ al } 5^\circ$	0.167

Figura 4.7. Resistencia provista del índice de vulnerabilidad estructural.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del índice de juicio estructural (I_{so})

El índice I_{so} se utiliza para determinar si la estructura es segura, por lo que aplicamos la ecuación (Ec. 2.18) de la teoría planteada.

Cálculo de la resistencia sísmica básica (E_{so})

Tabla 4.9*Cálculo de la resistencia básica requerida.*

Factores / Coeficientes	Valor
Zona (2)	0.25
$R_o = 8 * (I_a = 0.85, I_p = 0.85)$	5.78
Factor topográfico (G)	1.1
Factor de uso (U)	1.0
$C = 2.5 * (T_p/T) \leq 2.50$	2.5
E_{so}	0.43

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se tiene el resultado del índice de juicio estructural en la figura 4.8.

Iso = Eso*Z*G*U			
Parámetro		Valor	
Eso		0.43	
Z		0.25	
G		1.1	
U		1.0	
Iso		0.119	
Conclusión			
Is		≥	Iso
Eje X-X	0.171		0.119
Eje Y-Y	0.167		

Figura 4.8. Cálculo del índice de juicio estructural.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se interpreta que la edificación tendrá un comportamiento seguro ante un eventual sismo.

4.5 Contrastación de las hipótesis específica y general

Hipótesis específica 1:

H1: El índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

H0: El índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales no es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

Tabla 4.10

Prueba t de student hipótesis específica 1

Vulnerabilidad Edificación - Vulnerabilidad Benedetti-Petrini	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
	110	0.011547	0.006667	59.97	60.03	9001.00	2	1.2348E-08

Fuente: Elaboración propia.

Por lo cual con una significancia bilateral de 1,2343 E-8 se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: El índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

Hipótesis específica 2

H2: La vulnerabilidad física de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

H0: La vulnerabilidad física de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales no es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

Tabla 4.11

Prueba t de student hipótesis específica 2

Vulnerabilidad Edificación - Vulnerabilidad FEMA 154	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
	1.6	0.00057	0.000333	-0.40176	-0.398899	-1201.0	2	6.932E-04

Fuente: Elaboración propia.

Por lo cual, con una significancia bilateral de 6,9329 E-7 se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: La vulnerabilidad física de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

Hipótesis específica 3

H3: La vulnerabilidad estructural de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es insegura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

H0: La vulnerabilidad estructural de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es segura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

Tabla 4.12

Prueba t de student hipótesis específica 3

Vulnerabilidad Edificación - Vulnerabilidad Hirosawa	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Eje (X-X)	0.171	0.000577	0.000333	0.0499	0.05277	154.0	2	0.000042
Eje (Y-Y)	0.167	0.000577	0.000333	0.04623	0.0491	143.0	2	0.000049

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 4.12 con un nivel de significancia de 0.000042 y 0,000049 se rechaza la hipótesis del investigador y se toma la hipótesis nula.

Por lo tanto: La vulnerabilidad estructural de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es segura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

Hipótesis general

HG: El grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta e insegura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

H0: El grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales no es alta ni insegura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

Tabla 4.13

Prueba t de student hipótesis general

Vulnerabilidad Edificación Completa - Vulnerabilidad Métodos Convencionales	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
	28.36	30.050749	15.025374	32.892447	62.742447	0.993	3	0.394

Fuente: Elaboración propia.

Por lo cual, con un nivel de significancia de 0.394 se rechaza la hipótesis del investigador y se toma la hipótesis nula.

Según los análisis realizados se rechaza la hipótesis del investigador debido a que se cumplieron parámetros de vulnerabilidad alta. Y no se cumplió parámetros de vulnerabilidad insegura.

Decisión:

El grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales no es alta ni insegura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1:

Al evaluar la edificación Romero Vera utilizando los 11 parámetros establecidos por el método italiano Benedetti-Petrini, se determina que la tendencia del índice de vulnerabilidad sísmica (I_v) es (110), comparado con los intervalos (75-100) demuestra alta vulnerabilidad, resultados que inciden en un I_v mayor o igual a 100.

Según Cajan y Falla (2020) citado como antecedente nacional, el objetivo fue determinar la vulnerabilidad sísmica de edificios de categoría C, aplicando el método de Benedetti y Petrini, se determinó que la vulnerabilidad sísmica de las propiedades presentó una vulnerabilidad predominantemente media (47.84%) y alta (41.87%), concluyendo que el método de Benedetti y Petrini estableció que la vulnerabilidad sísmica para edificios de categoría C, es alta.

Luego, Rivera (2017) citado como antecedente internacional, fijo el objetivo de desarrollar una guía para identificar, evaluar y reducir la vulnerabilidad sísmica de estructuras de construcción progresiva del barrio Ribereñas de Occidente, utilizando tres metodologías entre ellas (Benedetti y Petrini) análisis que le permitieron obtener resultados en el bloque 26 un índice de vulnerabilidad de (140) y el bloque 34 un índice de vulnerabilidad de (125), donde concluyó que el edificio del bloque 34 tiene vulnerabilidad media y el bloque 26 tiene vulnerabilidad alta.

Los valores son equivalentes a los antecedentes; por lo tanto, se logra el objetivo.

Discusión 2:

Evaluated el edificio Romero Vera, se observa que los valores obtenidos son (1.6) para edificaciones de tipo C1 y C3, comparado con el rango ≤ 2.0 determinan que son los menos favorecidos por el método Fema 154 que presenta un alto índice de vulnerabilidad física.

Según Castro citado (2019) como antecedente nacional, fijo como objetivo estudiar los fundamentos y criterios establecidos en el manual del uso del procedimiento de inspección visual rápida, utilizo la metodología FEMA 154, obteniendo resultados para edificios tipo C1 y C3 en zona de alta sismicidad, siendo los menos favorecidos por este método y concluye que los edificios estudiados son potencialmente vulnerables a la ocurrencia de un evento sísmico.

Luego Albarracin (2019) citado como antecedente internacional, fijo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de los edificios de la FICFM de la UCE, utilizando la metodología FEMA 154, obtuvo puntajes finales para el edificio de aulas 1° (0.9), 2° (0.9) y 3° (1.5), edificio hidráulica 1° (1.1), edificio de suelos 1° (-0.1), 2° (1.1) 3° (1.1) y 4° (0.5), edificio de resistencia de materiales 1° (1.1) 2° (1.1) y 3° (1.5), concluyendo que todos los edificios estudiados son de tipo C1 y tienen una vulnerabilidad alta.

Los valores son similares a los antecedentes; por lo tanto, se logra el objetivo.

Discusión 3:

Después de evaluar el edificio Romero Vera para cuantificar la vulnerabilidad estructural aplicando el método japonés Hirosawa, se obtienen los valores del índice de vulnerabilidad estructural (I_s) en la dirección X-X 1° al 5° (0.171) y de la dirección Y-Y de 1° al 5° (0.167), ambos valores son mayores o iguales al índice de juicio estructural (I_{so}) (1.119), siendo el edificio seguro ante un eventual sismo.

Según Ccorahua y Soncco (2020) citado como antecedente nacional, fijo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica estructural de las edificaciones del conjunto vecinal Zarumilla, Cusco. Aplicaron la metodología cualitativa Hirosawa, donde se obtuvo el resultado para el índice de vulnerabilidad estructural (I_s) de la dirección de X-X 1° (0.269), 2° (0.403) y 3° (0.806) y para la dirección de Y-Y 1° (0.461), 2° (0.691) y 3° (1.383) siendo mayores que el índice de juicio estructural (I_{so}) (0.223) y concluyeron que los edificios son seguros ante un sismo.

Luego Albarracin (2019) citado como antecedente internacional, fijo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de los edificios de la FICFM de la UCE, utilizó el método Hirosawa, donde el edificio de aulas (bloque 1) en dirección X-X 1° a 4° (1.645) y en Y-Y 1° a 4° (2.233), edificio hidráulica en dirección X-X y Y-Y del 1° (1.184), edificio de suelos (bloque 2) en dirección X-X 1° a 3° (3.569) y en Y-Y 1° a 3° (4.198), edificio de ensayos de materiales (administración) en dirección X-X 1° a 3° (1.668) y en Y-Y 1° a 3° (1.998) concluyendo que el índice de vulnerabilidad estructural (I_s) son mayores o iguales al índice de juicio estructural (I_{so}) (0.416), siendo seguro los edificios estudiados.

Los valores son similares a los antecedentes; por lo tanto, se logra el objetivo

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1:

Se aplicó el método italiano Benedetti-Petrini, que determinó el índice de vulnerabilidad sísmica (I_v) utilizando sus 11 parámetros e índices establecidos que permitieron obtener resultados del edificio Romero Vera, donde se evaluó los aspectos y características de la edificación, asimismo se agrega la falta de supervisión técnica estableciendo que el índice de vulnerabilidad muestra un valor de (110), de acuerdo con los intervalos (75–100) de la teoría propuesta, se concluye que el edificio multifamiliar evaluado tiene alta vulnerabilidad por tener un índice de vulnerabilidad sísmica mayor o igual a (100).

Conclusión 2:

La edificación ha sido construida estando sujeto de modificaciones en cuanto al diseño y número de pisos para lo que se proyectó inicialmente, estas modificaciones se ejecutaron sin asesoramiento técnico, determinando un valor de (1.6) de vulnerabilidad física para edificaciones de tipo C1 y C3. Se concluye que la edificación Romero Vera tiene una vulnerabilidad alta debido a que el intervalo determina que es menor o igual a 2.0.

Conclusión 3:

El análisis cualitativo del método japonés Hirosawa determinó la vulnerabilidad estructural de la edificación Romero Vera en la dirección X-X obtuvo el valor de (0.171) y para Y-Y (0.167) de índice de vulnerabilidad estructural (I_s), ambos valores son mayores o iguales al valor del índice de juicio estructural (I_{so}) (0.119), por lo tanto, se concluye que el edificio multifamiliar puede considerarse seguro contra un posible evento sísmico.

Conclusión 4:

Aplicado los métodos convencionales, se concluyó que la edificación Romero Vera determinó con Benedetti-Petrini y Fema 154 presenta una vulnerabilidad alta, mientras que el método Hirosawa determinó que el edificio tiene un comportamiento seguro ante un sismo, por lo que este último método, debe realizar un análisis cuantitativo más avanzado para contrarrestar los resultados obtenidos por esta tesis.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1:

Se recomienda con el fin de reducir el índice de vulnerabilidad sísmica alta de los edificios futuros, el gobierno local del distrito de San Jerónimo debe realizar una estricta supervisión y aplicar regulaciones para mejorar los aspectos estructurales de las próximas construcciones mediante el reglamento nacional de edificaciones, la optimización de los aspectos arquitectónicos a través del uso de materiales de buena calidad y garantizar la correcta conexión al sistema resistente, optando por el asesoramiento técnico para mejorar los aspectos geométricos de las próximas edificaciones mediante el diseño de estructuras simétricas en planta y elevación.

Recomendación 2:

Se recomienda que, para estimar la vulnerabilidad física se pueda considerar un formulario más completo para obtener más información sobre los edificios a construir en el futuro, donde los cambios de evaluación a los modificadores sean similares, además, parámetros o modificadores como el año o el código de construcción no calculan las características o condiciones de la estructura del edificio. Por lo tanto, se considera que tienen restricciones, son de gran ayuda en la evaluación de edificios con riesgos sísmicos, pero es importante realizar una investigación preliminar en la que se pueda obtener mejores puntuaciones en las edificaciones porque al mismo tiempo permite obtener resultados que ayudarán a determinar el uso de un método cuantitativo más completo y definir si un edificio necesita refuerzo.

Recomendación 3:

Se recomienda utilizar un método cuantitativo para determinar la vulnerabilidad estructural del edificio, los resultados obtenidos con el método japonés Hirosawa solo consideran la selección de los elementos estructurales. El edificio Romero Vera no tuvo incendios, su uso es vivienda y solo presenta daños únicamente en elementos no estructurales por lo que es favorable en su valoración. Por lo tanto, los resultados de este método no pueden considerarse el más apropiado, pues es necesario plantearse una valoración más avanzada del edificio, y los resultados de la presente investigación se puedan comparar y confirmar.

REFERENCIAS

1. EIRD (s.f.). *Reconstruction and risk management*. 2021.
2. LAFUENTE, Marianela, GRACES, José y GENATIOS, Carlos. *“Revisión de la normativa sísmica en América Latina. Geopolis”*. Caracas : CAF-banco de desarrollo de América Latina, 2014.
3. INDECI. *“Riesgo sísmico y medidas de reducción del riesgo: en el centro histórico de lima, síntesis de estudios”*. Lima : s.n., 2011.
4. SANTOS QUISPE, Danny Junior. *“Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017”*. Huancayo : s.n., 2019.
5. KUROIWA HORIUCHI, Julio. *Manual para la reducción del riesgo sísmico de viviendas en el Perú*. Lima : Industrias gráficas Ausangate S.A.C., 2016.
6. CCORAHUA PAMPAÑAUPA, Harold y SONCCO CUTI, Sual Charly. *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de albañilería confinada del Conjunto Vecinal Zarumilla, Cusco-2018*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco : s.n., 2020.
7. CAJAN HERNANDEZ, Nicole Aracelli y FALLA LECCA, Ximena Del Carmen. *Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de benedetti-petrini de las edificaciones categoría c descritas en la norma e.030 de nueve sectores de la ciudad de reque, provincia y departamento de Lambayeque*. Universidad San Martín de Porres Lima - Perú : s.n., 2020.
8. CASTRO HERRERA, Marco. *Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura por el método FEMA 154*. Universidad de Piura, Piura-Perú : s.n., 2019.
9. AREVALO CASAS, Allan Steward. *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*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú : s.n., 2020.
10. GRANADOS RIVERA, Joel Cleyver. *Riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada en zonas de ladera del distrito de Rímac –Lima 2018*. Universidad Cesar Vallejo, Lima-Perú : s.n., 2019.

11. ALBARRACIN MEZA, Augusto Stalin. *Aplicación de metodologías simplificadas pre-evento sísmico, para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática de la UCE*. Universidad Central de Ecuador, Quito-Ecuador. : s.n., 2019.
12. GUALOTO GUACOLLANTE, Jonathan David y QUEREMBAS CHANATASI, Omar David. *Análisis de la vulnerabilidad sísmica del barrio solanda sector 1 en el Distrito Metropolitano de Quito mediante ensayo con acelerómetro y formato de evaluación estructural*. Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolqui-Ecuador. : s.n., 2019.
13. GARCES MORA, José Ricardo. *Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio San Judas Tadeo II en la ciudad de Santiago de Cali*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C.-Colombia. : s.n., 2017.
14. RIVERA CÁCERES, Luis Carlos. *Vulnerabilidad sísmica de estructuras de construcción progresiva*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. : s.n., 2017.
15. ALONSO ALONSO, Rubén. *Cálculo sísmico de estructuras convencionales de edificación aplicando métodos lineales y no lineales implementados en diferentes normas. estudio comparativo*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid-España. : s.n., 2016.
16. UNI. *Metodologías para el análisis de vulnerabilidad sísmica: Plataforma de Vulnerabilidad Sísmica*. Lima : s.n., 2019.
17. INDIRA HERRERA, Reyes, CARLOS VIELMA, Juan y PUJADES BENEIT, Lluís. *Methodologies for evaluating the seismic vulnerability of buildings: a state of the art*. 2014.
18. BARBAT, Alex H, MOYA, Fabricio Yépez y CANAS, José A. *Simulation of seismic damage scenarios in urban areas*. España : s.n., 1996.
19. BENEDETTI, Duilio y PETRINI, Vincenzo. *Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura: un metodo di valutazione. A method for evaluating the seismic vulnerability of masonry buildings*. Italia : L'industria delle Costruzioni, 1984, no 149, p. 66-74., 1984.

20. MALDONADO RONDÓN, Esperanza, GÓMEZ ARAÚJO, Ivan y CHIO CHO, Gustavo. *Seismic vulnerability functions and seismic damage probability matrices for masonry buildings using techniques simulation*. s.l. : DYNA, 2008, vol. 75, no 155, p. 63-76., 2008.
21. MARIN GILLEN, Felix. *Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la ciudad de Huánuco*. Universidad Nacional de Ingeniería Posgrado Lima-Perú : s.n., 2012.
22. REYES LÓAISAGA, Norwin, SARRIA SIRIAS, AISER y MALTEZ MONTIEL, Julio. *Metodología para la determinación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones UNI-SAREC*. Colombia : s.n., 2002.
23. KIRCHER, Charles A., WHITMAN, Robert V. y HOLMES, William T. HAZUS. *earthquake loss estimation methods. HAZUS 99 Technical Manuals*. USA : Natural Hazards Review, 2006, vol. 7, no 2, p. 45-59., 2006.
24. MODEL, FEMA HAZUS-MH MR4 Flood. *Technical manual. Washington, DC: Federal Emergency Management Agency, Mitigation Division*. USA : s.n., 2009.
25. AGENCY FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT, (US) y ATC. *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*. Washington D.C. : Government Printing Office., 2017.
26. VIZCONDE CAMPOS, Adalberto. *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un Edificio Existente: Clínica San Miguel, Piura*. Perú : s.n., 2004.
27. LEZAMA GAVANCHO, Jorge. *Estudio de Vulnerabilidad - Bloque 3 (Administración), Arequipa - Perú*. Perú : s.n., 2015.
28. MURAKAMI, M, HARA, YAMAGUCHI y SHIMAZI, S. "Seismic Capacity of Reinforced Concrete Buildings which Suffered 1987 Chibaken-toho-oki Earthquake", *Proceedings 10th World Conference of Earthquake Engineering, Madrid. Spain* : s.n., 1992.
29. IGLESIAS, J. "The Mexico Earthquake of September 19, 1985 – Seminar zoning of Mexico City after the 1985 earthquake". s.l. : Earthquake Spectra, vol. 5, no 1, p. 257-271., 1989.
30. ACI 318. "Building Code Requirements for Reinforced Concrete". 1984.

31. HIROSAWA, Misaya. *“Retrofitting and retration of building in Japan” IISEE, Lecture Note of Seminar Course, Tsukaba, Japan.* 1992.
32. SERRANO LANZAROTE, Apolonia Begoña y TEMES CÓRDOVEZ, Rafael Ramón. *Vulnerability and seismic risk of the residential buildings in the Special Plan against seismic risk of Valencia región.* Valencia : s.n., 2015.
33. YÉPEZ MOYA, Fabricio. *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación.* España : s.n., 1996.
34. SAFINA MELONE, Salvador. *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico.* Barcelona-España : s.n., 2002. ISBN: 8468815748.
35. CANDO. ¿Qué es un elemento estructural? [En línea] 2019. <https://bloquescando.com/que-es-un-elemento-estructural/#>.
36. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO , Pilar. *Metodología de la investigación.* México : McGraw-Hill Interamericana, 2014. 978-1-4562-2396-0.
37. ZITA, Ana. *Investigación científica.* s.l. : Revisión científica, 2021.
38. SANDI , H, y otros. *Development of a nationwide seismic vulnerability estimation system, Constructii.* s.l. : Constructii , Vol. 3, No. 2/2008 (1 July 2008): pp. 38-47., 2008.
39. ARIAS GÓMEZ, Jesús, VILLASÍS KEEVER, Miguel Ángel y NOVALES, María Guadalupe Miranda. *El protocolo de investigación III: la población de estudio.* Mexico : Revista Alergia México, vol. 63, núm. 2, abril-junio, 2016, pp. 201-206, 2016. 0002-5151.
40. REQUENA SANT, Bernat. *Estadística – inferencia.* s.l. : Universo Formulas , 2014.
41. BASTISTA, Consultores. *Técnicas de recolección de datos para realizar un trabajo de investigación.* 2020.
42. CARO, Laura. *“7 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.* s.l. : Lifeder., 2021.

43. HURTADO DE BARRERA, Jacqueline. *Metodología de la investigación: guía para una comprensión holística de la ciencia*. Colombia : 4ta. Edición, 2012.
44. HERRERA ROJAS, Aura Nidia . *Notas sobre Psicometría Facultad de Ciencias Humanas Departamento de Psicología*. Santafe de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia : s.n., 1998.
45. DELGADO DE SMITH, Yamile, COLOMBO, Leyda y ROSMEL, Orfila. *Confiabilidad y validez de los instrumentos - Procedimiento*. Caracas : Editorial Comala, 2002. ISSN: 980-390-022-6.
46. COLOMBA COFRÉ, A. *Aspectos Éticos en Investigación en Ciencias Sociales y en Área de la Salud: Nuevas Exigencias Para Proyectos Fondecyt*. 2019.

ANEXOS

Anexo N° 1 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	MÉTODO
<p><u>PROBLEMA GENERAL:</u></p> <p>¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021?</p> <p><u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</u></p> <p>¿Cuánto es el índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021?</p> <p>¿Cuánto es la vulnerabilidad física de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021?</p> <p>¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica estructural de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL:</u></p> <p>Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</u></p> <p>Calcular el índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.</p> <p>Estimar la vulnerabilidad física de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.</p> <p>Cuantificar la vulnerabilidad sísmica estructural de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.</p>	<p><u>HIPÓTESIS GENERAL:</u></p> <p>El grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta e insegura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.</p> <p><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:</u></p> <p>El índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.</p> <p>La vulnerabilidad física de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es alta, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.</p> <p>La vulnerabilidad sísmica estructural de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales es insegura, caso edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021.</p>	<p><u>Variable V1:</u> Métodos convencionales</p> <p><u>Variable V2:</u> Vulnerabilidad sísmica</p>	<p>D1: Método de Benedetti y Petrini</p> <p>D2: Método FEMA 154</p> <p>D3: Método Hirosawa</p> <p>D1: índice de vulnerabilidad sísmica</p> <p>D:2 Vulnerabilidad física</p> <p>D3: Is y Iso de vulnerabilidad estructural.</p>	<p>I1: Organización del sistema resistente I2: Calidad del sistema resistente I3: Resistencia convencional I4: Posición del edificio y cimentación I5: Diafragmas horizontales I6: Configuración en planta I7: Configuración en elevación I8: Separación máxima entre muros I9: Tipos de cubierta I10: Elementos no estructurales I11: Estado de conservación</p> <p>I1: Altura I2: Irregularidad I3: Código I4: Tipo de suelo</p> <p>I1: Eo: índice básico de comportamiento estructural, I2: S₀: Factor de configuración estructural del edificio, I3: T: Sub índice sísmico del deterioro del edificio en el tiempo I4: Eso: Índice básico de juicio, I5: Z: Zona sísmica del sitio, I6: G: Terreno topografía, I7: U: Uso de estructura.</p> <p>I1: Baja I2: Baja-Media I3: Media-Alta I4: Alta</p> <p>I1: Baja I2: Media I3: Alta</p> <p>I1: Insegura I2: Segura</p>	<p><u>Tipo de investigación:</u> Científico - Enfoque cuantitativo.</p> <p><u>Nivel de investigación:</u> Descriptiva - Correlacional.</p> <p><u>Diseño de investigación:</u> No experimental – Transversal.</p> <p><u>Población:</u> Conformada por 20 edificios multifamiliares en la calle Santa Mónica, San Jerónimo, Cusco.</p> <p><u>Muestra:</u> Edificio multifamiliar Romero Vera, por la característica y naturaleza de la vivienda.</p> <p><u>Muestreo:</u> No probabilístico por conveniencia.</p> <p><u>Técnica de recolección de datos:</u> Observación directa y recopilación documental.</p> <p><u>Instrumento:</u> Fichas de observación y recopilación de información.</p> <p><u>Análisis de Datos:</u> Hojas de cálculo Excel 2019, AutoCAD 2021.</p>

Anexo N° 2 Instrumento de investigación validado

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS					
PROYECTO:		Vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluados por métodos convencionales, edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021			
AUTOR:		Ing. Abel A. Muñoz Paucarmayta		Fecha: 08/07/2021	
I.- INFORMACION GENERAL:					
UBICACIÓN: CALLE SANTA MONICA, LAS PRADERAS DEL SUR B-2					
DISTRITO:	SAN JERONIMO		ALTITUD:	3250 m.s.n.m	
PROVINCIA:	CUSCO		LATITUD:		
REGION:	CUSCO		LONGITUD:		
II.- D1V1: Método - Benedetti Petrini					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1-V2-D1:					EXPERTO 3
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Organización del sistema resistente		Calidad del sistema resistente		Resistencia convencional	
Indicador 4:	Und	Indicador 5:	Und	Indicador 6:	Und
Posición del edificio y orientación		Diáfragmas horizontales		Configuración de planta	
Indicador 7:	Und	Indicador 8:	Und	Indicador 9:	Und
Configuración en elevación		Separación máxima entre muros		Tipos de cubierta	
Indicador 10:	Und	Indicador 11:			
Elementos no estructurales		Estado de conservación			
III.- D2V1: Método - FEMA P-154					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2-V2-D2:					0.5
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	
Altura		Irregularidad		Código de la construcción	
Indicador 4:					
Suelo					
IV.- D3V1: Método - Hirose					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3-V2-D3:					1
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
E: Índice básico de comportamiento estructural		SD: Factor de configuración estructural del edificio		T: Sub índice sísmico del deterioro del edificio en el tiempo	
Indicador 4:	Und	Indicador 5:	Und	Indicador 6:	
Eso: Índice básico de juicio		Z: Zona sísmica del sitio		G: Terreno topográfico	
Indicador 7:	Und				
U: Uso de estructura					
V.- D1V2: índice de vulnerabilidad sísmica					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1-V1-D1:					1
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	
Baja		Baja-Media		Baja-Alta	
Indicador 4:	Und				
Alta					
VI.- D2V2: Vulnerabilidad física					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2-V1-D2:					0.5
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Baja		Media-Baja		Media-Alta	
Indicador 4:					
Alta					
VII.- D3V2: Vulnerabilidad estructural					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3-V1-D3:					1
Indicador 1:0	Und	Indicador 2:0	Und		
Segura		Insegura			
APELLIDOS Y NOMBRES:		Axel J. Pacheco Linares			5
PROFESION		Ingeniero Civil			0.833
REGISTRO CIP No:		190458			
EMAIL:		apachecopilares@gmail.com			
TELEFONO:		915 073 634			



 Ing. Axel J. Pacheco Linares
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 190458

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS					
PROYECTO:		Vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluados por métodos convencionales, edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021			
AUTOR:		Ing. Abel A. Muñoz Paucamayta		Fecha: 08/07/2021	
I.- INFORMACION GENERAL:					
UBICACIÓN: CALLE SANTA MONICA, LAS PRADERAS DEL SUR B-2					
DISTRITO:	SAN JERONIMO		ALTITUD:	3250 m.s.n.m	
PROVINCIA:	CUSCO		LATITUD:		
REGION:	CUSCO		LONGITUD:		
II.- D1V1: Método - Benedetti Petrini					EXPERTO 3
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1-V2-D1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Organización del sistema resistente		Calidad del sistema resistente		Resistencia convencional	
Indicador 4:	Und	Indicador 5:	Und	Indicador 6:	Und
Posición del edificio y orientación		Diáfragmas horizontales		Configuración de planta	
Indicador 7:	Und	Indicador 8:	Und	Indicador 9:	Und
Configuración en elevación		Separación máxima entre muros		Tipos de cubierta	
Indicador 10:	Und	Indicador 11:			
Elementos no estructurales		Estado de conservación			
III.- D2V1: Método - FEMA P-154					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2-V2-D2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	
Altura		Irregularidad		Código de la construcción	
Indicador 4:					
Suelo					
IV.- D3V1: Método - Hiroseawa					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3-V2-D3:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Eo: Índice básico de comportamiento estructural		SD: Factor de configuración estructural del edificio		T: Sub índice sísmico del deterioro del edificio en el tiempo	
Indicador 4:	Und	Indicador 5:	Und	Indicador 6:	
Eso: Índice básico de juicio		Z: Zona sísmica del sitio		G: Terreno topográfico	
Indicador 7:	Und				
U: Uso de estructura					
V.- D1V2: índice de vulnerabilidad sísmica					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1-V1-D1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	
Baja		Baja-Media		Baja-Alta	
Indicador 4:	Und				
Alta					
VI.- D2V2: Vulnerabilidad física					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2-V1-D2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Baja		Media-Baja		Media-Alta	
Indicador 4:					
Alta					
VII.- D3V2: Vulnerabilidad estructural					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3-V1-D3:					
Indicador 1:0	Und	Indicador 2:0	Und		
Segura		Insegura			
APELLIDOS Y NOMBRES:					5.5
PROFESION					0.917
REGISTRO CIP No:					
EMAIL:					
TELEFONO:					



Ing. Andrés D. Andrade Cari
 CIP: 87092
 INGENIERO CIVIL

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS					
PROYECTO:		Vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluados por métodos convencionales, edificio Romero Vera, San Jerónimo, Cusco, 2021			
AUTOR:		Ing. Abel A. Muñiz Paucarmayta		Fecha: 08/07/2021	
I.- INFORMACION GENERAL:					
UBICACION: CALLE SANTA MONICA, LAS PRADERAS DEL SUR B-2					
DISTRITO:	SAN JERONIMO		ALTITUD:	3250 m.s.n.m	
PROVINCIA:	CUSCO		LATITUD:		
REGION:	CUSCO		LONGITUD:		
II.- D1V1: Método - Benedetti Petrini					EXPERTO 3
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1-V2-D1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Organización del sistema resistente		Calidad del sistema resistente		Resistencia convencional	
Indicador 4:	Und	Indicador 5:	Und	Indicador 6:	Und
Posición del edificio y cimentación		Diáfragmas horizontales		Configuración de planta	
Indicador 7:	Und	Indicador 8:	Und	Indicador 9:	Und
Configuración en elevación		Separación máxima entre muros		Tipos de cubierta	
Indicador 10:	Und	Indicador 11:			
Elementos no estructurales		Estado de conservación			
					0.5
III.- D2V1: Método - FEMA P-154					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2-V2-D2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	
Altura		Irregularidad		Código de la construcción	
Indicador 4:					
Suelo					
					0.5
IV.- D3V1: Método - Hirose					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3-V2-D3:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
E ₀ : Índice básico de comportamiento estructural		S _D : Factor de configuración estructural del edificio		T: Sub Índice sísmico del deterioro del edificio en el tiempo	
Indicador 4:	Und	Indicador 5:	Und	Indicador 6:	
E ₀ : Índice básico de juicio		Z: Zona sísmica del sitio		G: Terreno topográfico	
Indicador 7:	Und				
U: Uso de estructura					
					1
V.- D1V2: índice de vulnerabilidad sísmica					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1-V1-D1:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	
Baja		Baja-Media		Baja-Alta	
Indicador 4:	Und				
Alta					
					0.5
VI.- D2V2: Vulnerabilidad física					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2-V1-D2:					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Baja		Media-Baja		Media-Alta	
Indicador 4:					
Alta					
					0.5
VII.- D3V2: Vulnerabilidad estructural					
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3-V1-D3:					
Indicador 1:0	Und	Indicador 2:0	Und		
Segura		Insegura			
					1
APELLIDOS Y NOMBRES:		Wilbert H. Dueñas Perea			4
PROFESION		Ingeniero Civil / Geólogo			0.667
REGISTRO CIP No:		71552			
EMAIL:		wilbertdupe23@gmail.com			
TELEFONO:		958 216 636			




 Ing. Wilbert H. Dueñas Perea
 CIPN 71552
 INGENIERO CIVIL

Anexo N° 3 Memorias de cálculos

DIMENSIONES BASICAS		
Número de pisos	np	5
Altura de entrepiso		
1er piso	he1 (m)	3.06
2do piso	he2 (m)	2.6
3er piso	he3 (m)	2.6
4to piso	he4 (m)	2.6
5to piso	he5 (m)	2.6
Altura de la edificación	ht (m)	13.46
Área de la techo/losa		
1er nivel	Alosa (m ²)	115.00
2do nivel	Alosa (m ²)	112.64
3er nivel	Alosa (m ²)	112.64
4to nivel	Alosa (m ²)	112.64
5to nivel	Atecho (m ²)	112.64
Espesor de la losa		
1er nivel	elosa (m) "peso p. 300kg/m ² "	0.2
2do nivel	elosa (m) "peso p. 300kg/m ² "	0.2
3er nivel	elosa (m) "peso p. 300kg/m ² "	0.2
4to nivel	elosa (m) "peso p. 300kg/m ² "	0.2
5do nivel	teja andina arm. de acero	no tiene losa
Columnas		
sección	Número de columnas	Área (m ²)
0.45 x 0.30 m	8	0.135
Vigas		
sección	Longitud total (m)	Área (m ²)
0.3 x 0.50 m	58.51	0.15

RESUMEN DE METRADO (X-X y Y-Y)					
Wj (Peso por nivel)					
Nivel de Evaluación	Peso de techo/losa (KG)	Peso de columna (KG)	Peso de vigas (KG)	Pesos de muros (KG)	Peso del piso (Wj)
1	34500.00	7931.52	16772.40	35851.11	154258.95
2	33792.00	6739.20	16772.40	37346.00	151953.20
3	33792.00	6739.20	16772.40	37346.00	151953.20
4	33792.00	6739.20	16772.40	37346.00	151953.20
5	11264.00	3628.80	0.00	37346.00	67131.60
Total	147140.00	31777.92	67089.60	185235.09	677250.13




Metrado de vigas por nivel del 1er al 4to						
Dirección	peso específico (kg/m ³)	Veces	ancho	altura	Largo	peso (kg)
Y-Y (104)	2400	1	0.25	0.5	12.28	3684
Y-Y (105)	2400	1	0.25	0.5	12.55	3765
Y-Y (106)	2400	1	0.25	0.5	7.66	2298
X-X (101)	2400	1	0.25	0.45	5.84	1576.8
X-X (102)	2400	1	0.25	0.45	10.08	2721.6
X-X (103)	2400	1	0.25	0.45	10.1	2727
Total						16772.4






Metrado de Columnas por nivel del 1er al 5to						
Descripción	peso específico (kg/m3)	Veces	ancho	altura	Largo	peso (kg)
1er piso	2400	8	0.45	3.06	0.3	7931.52
2do piso	2400	8	0.45	2.6	0.3	6739.2
3er piso	2400	8	0.45	2.6	0.3	6739.2
4to piso	2400	8	0.45	2.6	0.3	6739.2
5to piso	2400	8	0.45	1.4	0.3	3628.8
Total						31777.92

Metrado de Tabiquería del 1er piso						
Dirección	peso específico (kg/m3)	Veces	ancho	altura	Largo	peso (kg)
X-X, 1-1	1800	1	0.15	2.56	1.96	1354.752
X-X, 2-2	1800	1	0.15	0.8	4.09	883.44
X-X, 3-3	1800	1	0.15	2.56	9.2	6359.04
X-X, 33-22	1800	1	0.15	2.86	4.25	3281.85
X-X, 33-22	1800	2	0.15	2.86	2.95	4555.98
Y-Y, A-A	1800	1	0.15	2.56	10.93	7554.816
Y-Y, B-B	1800	1	0.15	0.8	4.78	1032.48
Y-Y, BB-CC	1800	1	0.15	0.65	1.45	254.475
Y-Y, BB-CC	1800	1	0.15	2.56	3.31	2287.872
Y-Y, C-C	1800	1	0.15	2.56	6.76	4672.512
Y-Y, C-C	1800	1	0.15	2.86	4.68	3613.896
Total						35851.113

Metrado de Tabiquería del 2do a 5to nivel						
Dirección	peso específico (kg/m3)	Veces	ancho	altura	Largo	peso (kg)
X-X, 1-1	1800	1	0.15	0.8	9.78	2112.48
X-X, 2-2	1800	1	0.15	0.65	4.09	717.795
X-X, 2-2	1800	1	0.15	2.1	4.09	2319.03
X-X, 3-3	1800	1	0.15	2.1	9.2	5216.4
X-X, 22-11	1800	1	0.15	2.4	1.13	732.24
X-X, 33-22	1800	2	0.15	0.8	1.1	475.2
X-X, 33-22	1800	1	0.15	0.8	1.3	280.8
X-X, 33-22	1800	1	0.15	2.4	9.51	6162.48
Y-Y, A-A	1800	1	0.15	2.1	10.93	6197.31
Y-Y, AA-BB	1800	1	0.15	2.4	3.33	2157.84
Y-Y, B-B	1800	1	0.15	0.65	1.89	331.695
Y-Y, B-B	1800	1	0.15	2.1	5.65	3203.55
Y-Y, B-B	1800	1	0.15	0.8	0.8	172.8
Y-Y, BB-CC	1800	1	0.15	0.65	2.29	401.895
Y-Y, BB-CC	1800	1	0.15	1.6	0.86	371.52
Y-Y, BB-CC	1800	1	0.15	1.2	0.85	275.4
Y-Y, BB-CC	1800	1	0.15	2.4	3.68	2384.64
Y-Y, C-C	1800	1	0.15	2.1	6.76	3832.92
Total						37345.995

Anexo N° 4 Formatos de recopilación de datos

FICHA DE RECOPIACION DE INFORMACIÓN		
UNIVERSIDAD:	Universidad Cesar Vallejo	 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD:	Ingeniería y Arquitectura	
ESCUELA:	Profesional de Ingeniería Civil	
Tesis:		
Vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera.		
DATOS GENERALES		
Ubicación:	Calle Santa Mónica B-2 San Jerónimo, Cusco	Fecha: 15/07/2021
Evaluador:	Carrasco Ahen, Christian Johnson	
Uso:	Edificación Multifamiliar	
Año de Construcción:	2013	
APLICACIÓN DE MÉTODO BENEDETTI & PETRINI		
I1: Organización del sistema resistente		
<input type="checkbox"/> A	Año de construcción mayor a 1997 y asesoría técnica	
<input type="checkbox"/> B	Año de construcción menor a 1997 y asesoría técnica	
<input type="checkbox"/> C	Sin asesoría técnica	
I2: Calidad del sistema resistente:		
<input type="checkbox"/> A	Año de construcción mayor a 1997, buenos materiales y proceso constructivo adecuado.	
<input type="checkbox"/> B	Año de construcción menor a 1997, buenos materiales y proceso constructivo adecuado.	
<input type="checkbox"/> C	Materiales y proceso constructivo deficiente.	
I3: Resistencia convencional:		
Ax = Área de muros en X-X (m2)	8.89	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Ay = Área de muros en Y-Y (m2)	10.83	
At = Área techada primer nivel (m2)	115	
h = Altura promedio del entrepiso (m)	2.60	
Pm = Peso del concreto armado (tn/m3)	2.4	
Ps = Diafragma de losa de concreto (tn/m2)	0.77	
t = Resistencia cortante de la estructura (tn/m2)	77	
N = Número de pisos	5	
I4: Posición de edificio y de la cimentación:		
<input type="checkbox"/> A	Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma E-030.	
<input type="checkbox"/> B	Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma E-030. (Presencia de sales y humedad)	
<input type="checkbox"/> C	Edificación cimentada sin proyecto aprobado no asesoría técnica, y presencia de sales y humedad.	
I5: Diafragmas horizontes		
<input type="checkbox"/> A	Edificio con diafragmas que satisfacen las siguientes condiciones:	
	1.- Ausencia de planos a desnivel	
	2.- La deformabilidad del diafragma es despreciable. (Ideal de concreto armado)	
	3.- La conexión entre el diafragma y el sistema resistente es eficaz	
<input type="checkbox"/> B	Edificio que no cumple con una de las condiciones de la clase A	
<input type="checkbox"/> C	Edificio cuyos diafragmas no cumplen con dos de las condiciones de la clase A.	
I6: Configuración en planta		
L = (lado mayor)	12.80	m
A = (lado menor)	5.52	m
B = (Irregularidad)	4.56	m
I7: Configuración en elevación		
H-T = Altura mínima	2.60	m
H = Altura máxima	13.46	m
I8: Distancia máxima de muros/columnas		
<input type="checkbox"/> A	Año de construcción mayor a 1997 y asesoría técnica	
<input type="checkbox"/> B	Año de construcción menor a 1997 y asesoría técnica	
<input type="checkbox"/> C	Sin asesoría técnica	
I9: Tipo de cubierta		
<input type="checkbox"/> A	Cubierta estable debidamente amarrada a las vigas con conexiones.	
<input type="checkbox"/> B	Cubierta inestable con material liviano en buenas condiciones.	
<input type="checkbox"/> C	Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.	
I10: Elementos no estructurales		
<input type="checkbox"/> A	Que cumpla con las siguientes condiciones:	
	1.- Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.	
	2.- Edificación con balcones y parapetos bien conectadas al sistema resistente	
<input type="checkbox"/> B	Edificio con parapetos mal conectadas al sistema resistente.	
<input type="checkbox"/> C	Edificio que presenta parapetos u otros elementos mal contruidos que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificio con balcones, escaleras construidas posteriormente a la estructura principal y conectada de manera deficiente.	
I11: Estado de conservación		Evaluador
<input type="checkbox"/> A	Bueno	
<input type="checkbox"/> B	Ligeramente dañado	
<input type="checkbox"/> C	Mal estado de conservación.	
		Confiability
		 Ing. Axel Jallaf Pacheco Pilares INGENIERO CIVIL CIP. N° 190458

UNIVERSIDAD:	Universidad Cesar Vallejo		 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO					
FACULTAD:	Ingeniería y Arquitectura							
ESCUELA:	Profesional de Ingeniería Civil							
Tesis:								
Vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera.								
Datos Generales								
Dirección:	APV. Las Praderas del Sur, B-2, San Jerónimo, Cusco							
Zona sísmica:	2	Tipo de Suelo:	S3					
N° de pisos:	5	Categoría:	Común					
Evaluador:	Carrasco Ahen, Christian Johnson							
Fecha:	17/07/2021	Hora:	15:35					
Nombre del edificio:	Familia Romero Vera							
Uso:	Multifamiliar							
Planta Típica								
								
Fachada Principal								
TIPO DE SUELO								
Residencial	<input checked="" type="checkbox"/>	Sala pública						
Comercial		C. Educativos	100-300	50-200				
Oficinas		Gubernam.	100-200	200-500				
Industrial			> 10	50-100				
No se, asumir suelo "D"								
OCUPACIÓN								
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S								
TIPO DE EDIFICIO	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3
	MRF	BR	LM	RC	URM INF	MRF	SW	URM INF
Puntaje Básico	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4
Altura edificación								
Altura baja (≥ 4)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Altura mediana (4 a 7 pisos)	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4
Altura alta (≤ 7 pisos)	1.0	1.0	N/A	1.0	1.2	1.0	0.0	-0.4
Irregularidad								
Vertical	-2.0	-2.0	N/A	1.0	1.2	-1.5	-2.0	-2.0
Planta	-0.8	-0.8	N/A	-2.0	-2.0	-0.8	-0.8	-0.8
Pre-código								
Pre-Código (antes de 1977)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Pos-Benchmark (después de 1977)	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A
Tipo de suelo								
Suelo tipo C	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4
Suelo tipo D	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8
Suelo tipo E	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0
FINAL PUNTAJE						1.6		1.6
Comentarios:								
Baja	$S > 2.5$	Los elementos no estructurales como son: escalera metálica, parapetos, coberturas, barandas, tragaluces, y vidrios presentan fallas de riesgo de caídas, no hay una completa independencia entre tabiques de relleno con los elementos estructurales, los muros son de dos tipos de ladrillo, pandereta para carga y de mampostería, ladrillo king kong artesanal utilizado en los parapetos como decoración de la fachada, tal es así que, un eventual sismo actuarían en conjunto siendo potencialmente de riesgo.						
Media	$S = 2.0$ a 2.5							
Alta	$S \leq 2.0$							
LEYENDA:								
S1 Pórtico acero resistente a momento.			S5 Estructura de concreto con mampostería de relleno no reforzada.					
S2 Estructura de acero arriostrada.			C1 Edificios de pórticos de concreto resistente a momento.					
S3 Estructura de metal ligero.			C2 Edificios de muros de corte de concreto.					
S4 Estructura de acero con muros de corte.			C3 Estructura de concreto con mampostería de relleno no reforzada.					
 Christian J. Carrasco Ahen Firma del evaluador					 Ing. Abel Jafar Pacheco Pizarro INGENIERO CIVIL CIP N° 190458 Firma Confianza			

FICHA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN


UNIVERSIDAD:	Universidad Cesar Vallejo		UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD:	Ingeniería y Arquitectura		
ESCUELA:	Profesional de Ingeniería Civil		

Fecha:	22 de julio del 2021	Hora:	16:40
--------	----------------------	-------	-------

Tesis:

Vulnerabilidad sísmica de edificaciones multifamiliares evaluadas por métodos convencionales, caso edificio Romero Vera 2021.

DATOS GENERALES


Ubicación:	APV. Las Praderas del Sur, B-2	
Distrito:	San Jerónimo	
Departamento:	Cusco	
Propietario:	Familia Romero Vera	

DESCRIPCIÓN TÉCNICA


NTP:	Diseño sismorresistente E-030 (2003)						
Resistencia a compresión:	F'c= 210 kg/cm ²						
Esfuerzo a la fluencia:	F'y= 4200 kg/cm ²						
Área construida total:	452.92 m ²						
Año de construcción:	2013						
Año de remodelación:	2021						
Numero de niveles:	5						
Sistema estructural:	Aporticado						
Dirección longitudinal:	12.89 m (eje Y-Y)						
Dirección transversal:	10.08 m (eje X-X)						
Tipo de material:	concreto armado, muros mampostería de ladrillo pandereta, mortero.						
Usos:	Vivienda multifamiliar						
Existencia de planos:	desactualizados, no se asemejan a la realidad de la construcción actual						
Altura entrepisos 1 nivel	3.06 m						
Altura entrepisos 2° al 5to	2.6 m						
Altura edificación	13.46 m						
Área de la losa 1° nivel	115 m ²						
Área de la losa 2° al 4° nivel	337.92 m ²						
Espesor de losa 1° al 4° nivel	elosa 0.20 (m)						
Espesor de losa 5° nivel	Techo (m) PP (100 kg/cm ²) Cubierta de estructura metálica y cobertura de teja.						
Columnas:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho</th> <th>Largo</th> <th>Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.45</td> <td>0.30</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	Ancho	Largo	Cantidad	0.45	0.30	8
Ancho	Largo	Cantidad					
0.45	0.30	8					
Vigas	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho</th> <th>Altura</th> <th>Longitud</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.25</td> <td>0.45/0.50</td> <td>58,51</td> </tr> </tbody> </table>	Ancho	Altura	Longitud	0.25	0.45/0.50	58,51
Ancho	Altura	Longitud					
0.25	0.45/0.50	58,51					
Peso específico columnas/vigas	2400 kg/cm ³						
Peso específico muros	1800 kg/cm ³						
Peso específico losa	300 kg/cm ²						
Peso específico techo	100 kg/cm ²						

INDICACIONES ADICIONALES

- 1.- La construcción se ejecuto en setiembre del 2013 con la normativa vigente de aquella fecha, cabe señalar que, se construyo los elementos estructurales desde el 1° al 5° piso, los acabados fueron culminados interiormente al 100% de los pisos 1° al 4°, y el 5° piso se dieron acabados al 100% en el año 2021.
- 2.- Su mantenimiento y acabados de la fachada principal como las escaleras exteriores se realizo el 2021.
- 3.- Incendios no se han producido.
- 4.- Los planos se tienen del proyecto inicial (desactualizados) para lo cual se tuvo que actualizar a la realidad del proyecto existente.
- 5.- EMS se realizo pero no cuentan con la información, se tomo en cuenta como dato del mapa de clasificación de suelos de la municipalidad del cusco.

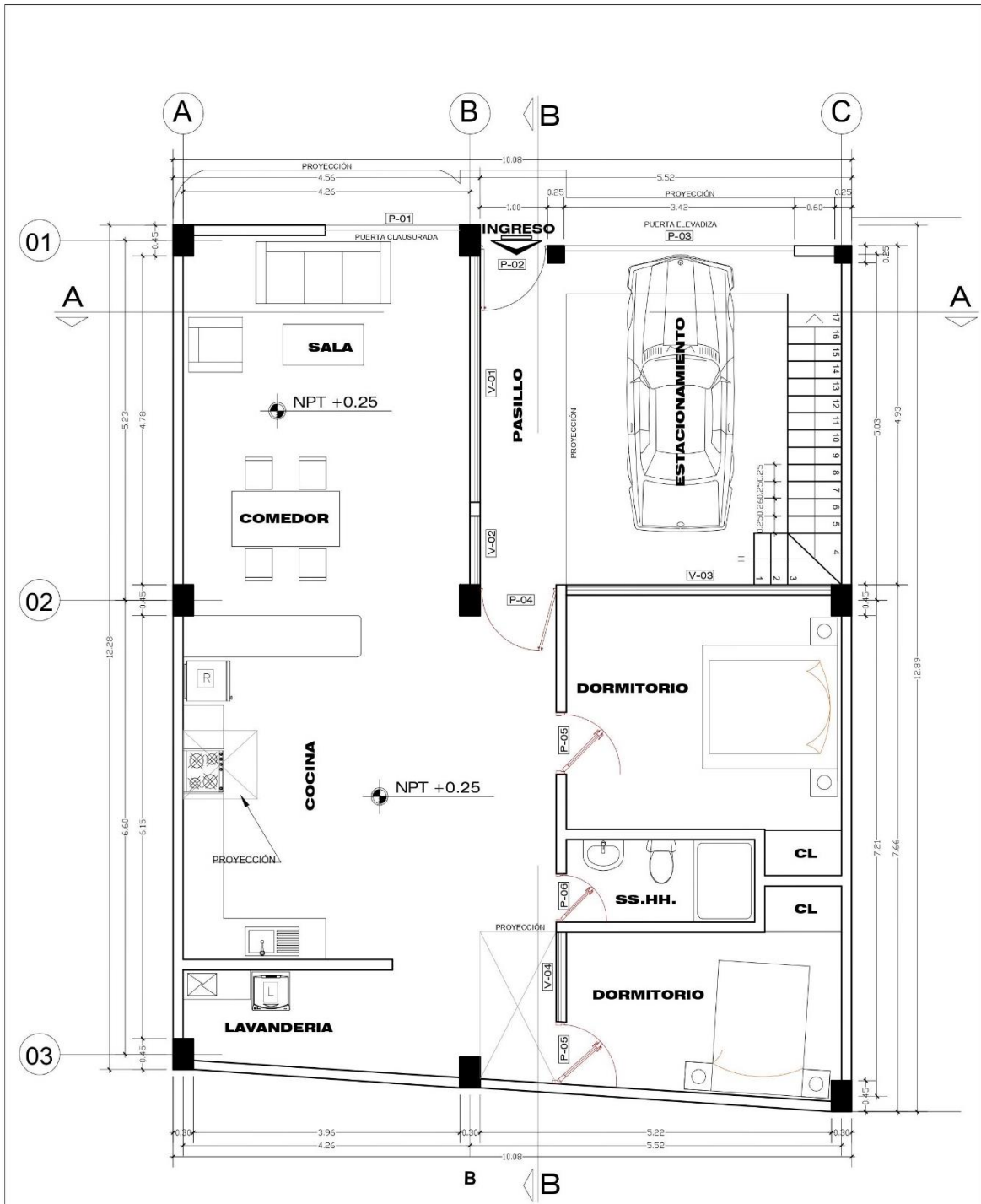

Christian J. Carrasco Ahen

Firma del evaluador


Ing. Axel Jaffar Pacheco Pilares
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 190458

Firma Confabilidad

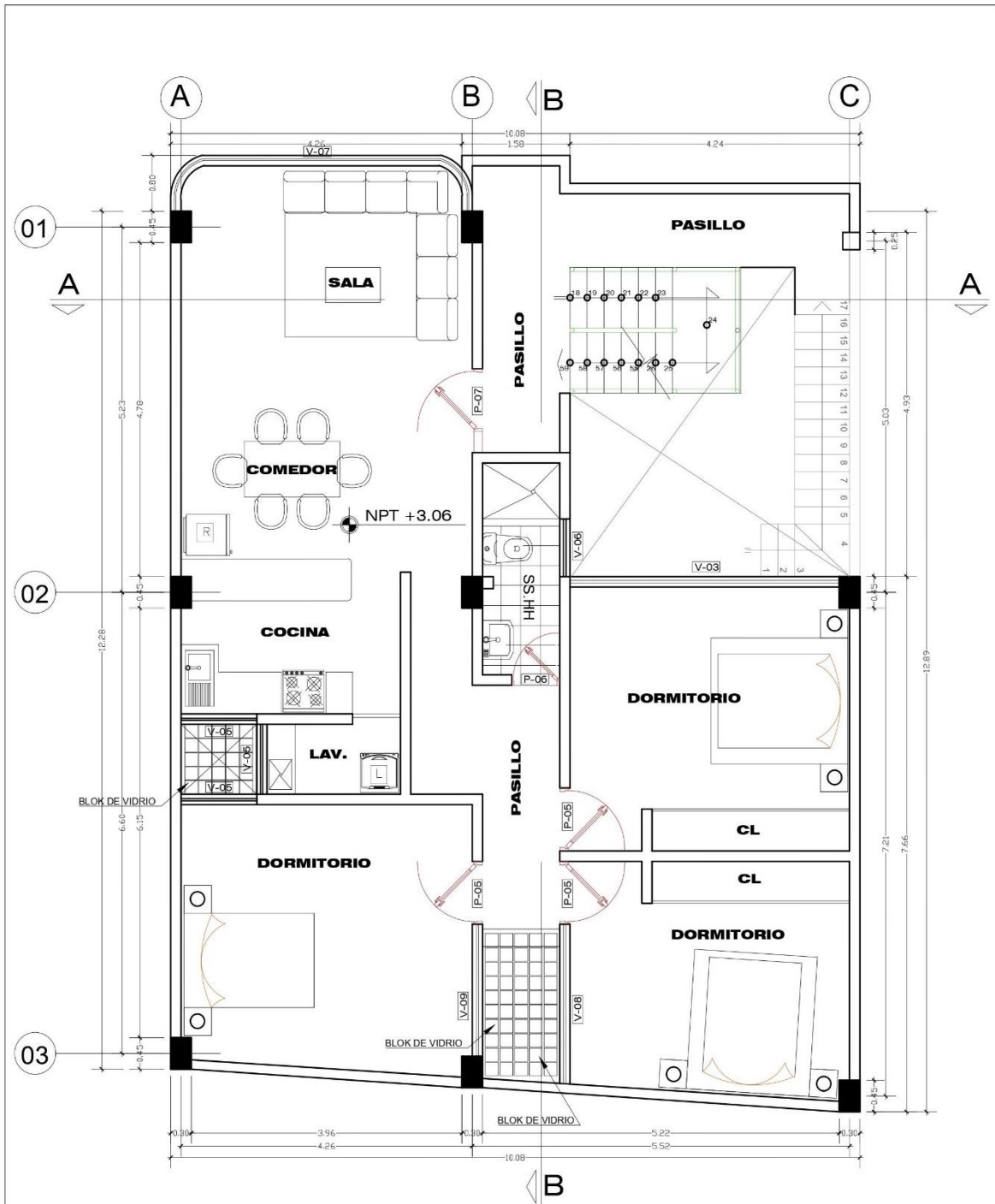
Anexo N° 5 Planos



PRIMER NIVEL

ESC: 1/75

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
TÍTULO: VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES EVALUADOS POR MÉTODOS CONVENCIONALES. CASO EDIFICIO ROMERO VERA, SAN JERÓNIMO, CUSCO 2021			
INGENIERO: CHRISTIAN JOHNSON CARRASCO AHEN	TÍTULO: ARQUITECTURA	UBICACIÓN: Calle Santa Catalina 823 Lima	CAD: C.J.C.A
ASISTENTE: Dr. Ing. Abel A. Muñoz Paucarmayta	ESCALA: Indicadas	DISEÑO: San Jerónimo Provincia: Cusco Departamento: Cusco	LUGAR: A-1



2°, 3°, 4° y 5° NIVEL

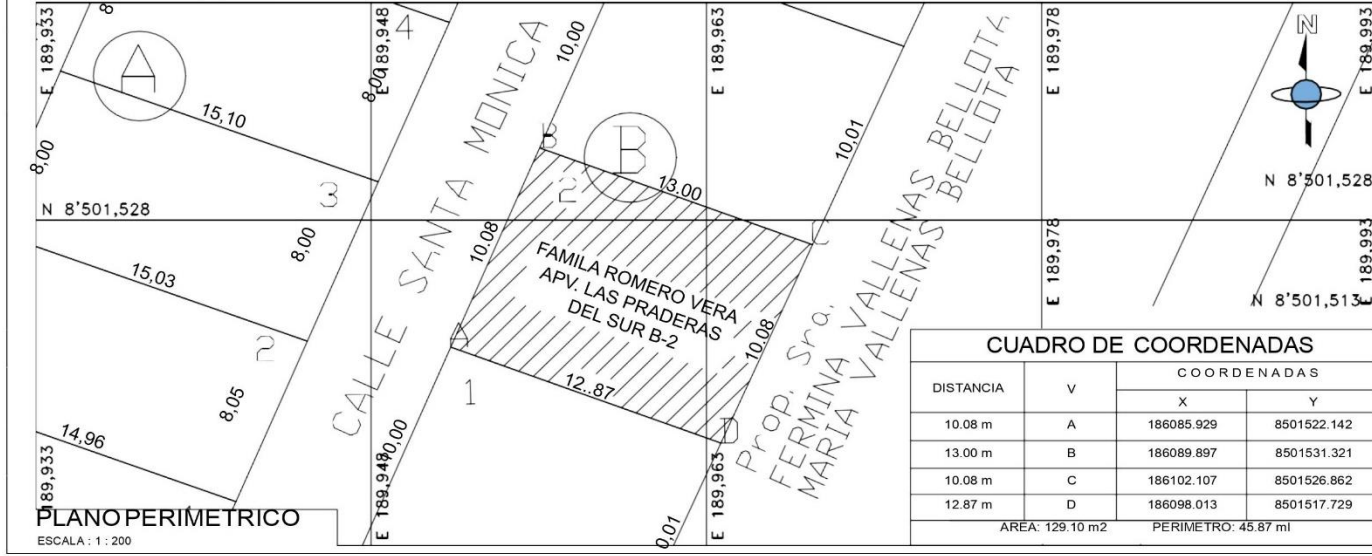
ESC: 1/75

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
		TÍTULO: VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES EVALUADOS POR MÉTODOS CONVENCIONALES, CASO EDIFICIO ROMERO VERA, SAN JERÓNIMO, CUSCO 2021	
INGENIERO: CHRISTIAN JOHNSON CARRASCO AHEN	PLAZO: ARQUITECTURA	UBICACIÓN: Localidad: Calle Santa Mónica 9 Distrito: San Jerónimo Provincia: Cusco Departamento: Cusco	C.O.: C.J.C.A. JABRILA
ASESOR: Dr. Ing. Abel A. Muñoz Paucarmayta	ESCALA: Indicadas	FECHA: Set-21	A-2



PLANO UBICACIÓN

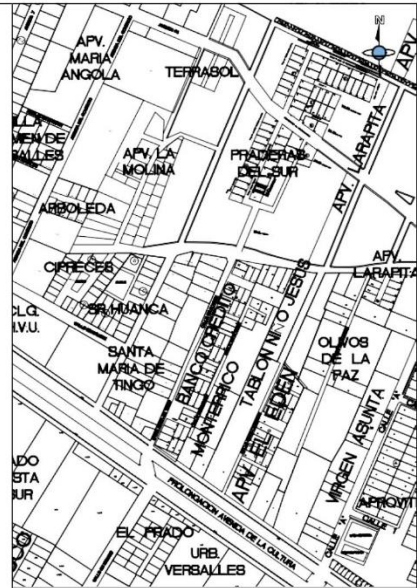
ESCALA : 1 : 750



PLANO PERIMETRICO

ESCALA : 1 : 200

CUADRO DE COORDENADAS				
DISTANCIA	V	COORDENADAS		
		X	Y	
10.08 m	A	186085.929	8501522.142	
13.00 m	B	186089.897	8501531.321	
10.08 m	C	186102.107	8501526.862	
12.87 m	D	186098.013	8501517.729	
ÁREA: 129.10 m ²		PERÍMETRO: 45.87 m		



ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN

ZONIFICACION: AREA ESTRUCTURACION URBANA
 ESCALA : 1/5000
 DEPARTAMENTO : CUSCO
 PROVINCIA : CUSCO
 DISTRITO : SAN JERÓNIMO
 CALLE : SANTA MONICA
 APV. : LAS PRADERAS DEL SUR
 MANZANA : B
 LOTE : 2
 NUMERO : XXX
 PROPIETARIO (A) : FAMILIA ROMERO VERA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil

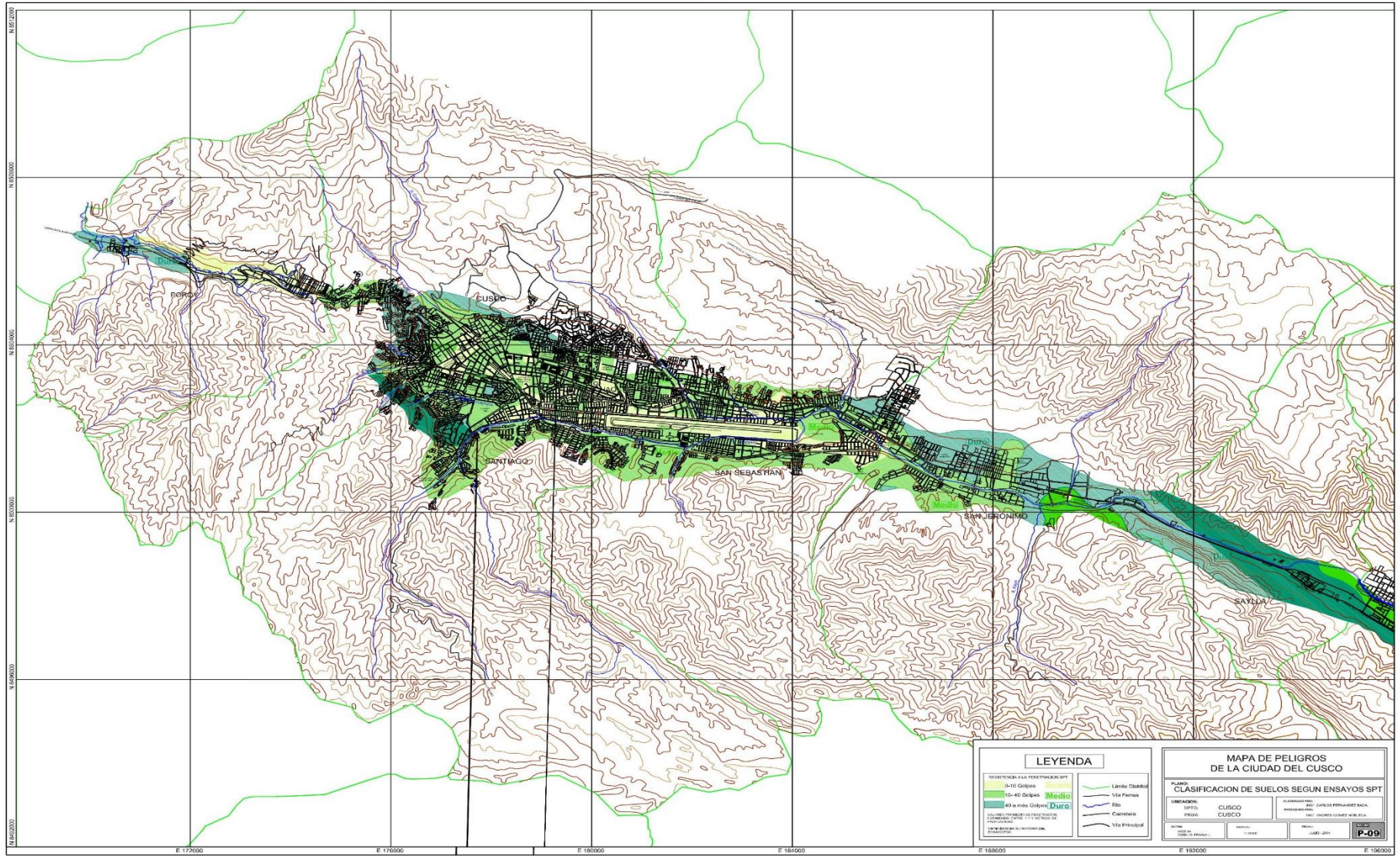
BACHILLER
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO CHRISTIAN JOHNSON
 CARRASCO AHEN

TESIS:
 VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES EVALUADAS
 POR METODOS CONVENCIONALES. CASO EDIFICIO ROMERO VERA -2021

PLANO:
 UBICACION-PERIMETRICO-LOCALIZACIÓN

LAMINA:
**UPL
 01**

ESCALA:
 INDICADA FECHA:
 AGOSTO 2021



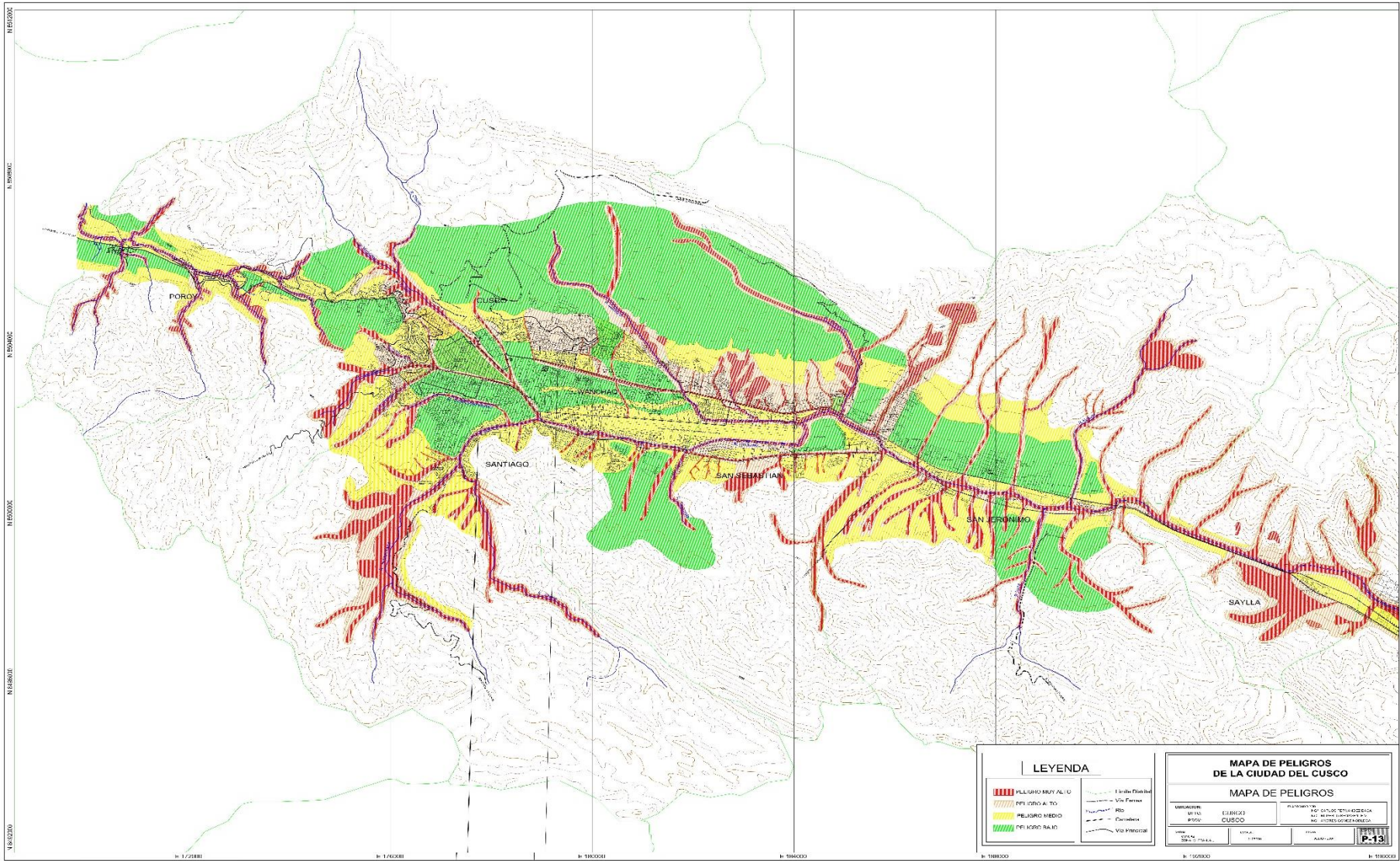
LEYENDA

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (SPT)	0-10 Golpes	Limite Ciudad
	10-40 Golpes	Via Ferrea
	40 a más Golpes	RSC
		Camineros
		Via Principal

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DEL CUSCO

CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN ENSAYOS SPT

PLANO:	CUSCO	ELABORADO POR:	ING. CARLOS PEREZ VILLAR SACA
UBICACION:	CUSCO	REVISADO POR:	ING. JACQUELINE GARCIA VERA RIVERA
DTTO:	CUSCO	FECHA:	JUNIO 2011
PROY:	CUSCO	ESCALA:	1:10000
FECHA:	JUNIO 2011	PROYECTO:	P-09



Anexo N° 6 Panel fotográfico



Foto 1: Vista actual de fachada principal de la edificación.



Foto 2: Vista exterior, alturas discontinuas con la edificación adyacente.



Foto 3: Vista interior, escalera y cobertura metálica sin refuerzos.



Foto 4: Vista interior, distribución de planta típica.



Foto 5: Vista interior, dormitorio principal.



Foto 6: Vista exterior, edificación evaluada.

SOLICITO: CARTA DE PRESENTACIÓN

Ing. Mg. DORIS LINA, HUAMAN BALDERON
Coordinadora EP de Ingeniería Civil
UCV – CAMPUS LIMA NORTE

Por la presente, Yo, CARRASCO AHEN CHRISTIAN JOHNSON, identificado con D.N.I. N° 41324549, con domicilio legal en Pje. Quiñones E-14, Urbanización Velasco Astete, del distrito de wanchaq, provincia y departamento del Cusco, ante usted con el debido respeto me presento, y expongo.

Que, al estar inscrito en el taller del programa de titulación de la Universidad Cesar Vallejo, me es necesario realizar trabajos en la edificación multifamiliar ROMERO VERA, como son: visualizaciones dentro, y fuera, mediciones, toma de fotografías, encuestas e ingreso interior, y exterior de la propiedad, para asimismo, continuar con el desarrollo de la TESIS titulada: "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES EVALUADOS POR MÉTODOS CONVENCIONALES, CASO EDIFICIO ROMERO VERA, SAN JERÓNIMO, CUSCO, 2021". Cabe señalar que, mi docente-asesor de la escuela de pregrado de la UCV está a cargo del Dr. Ing. Abel Alberto Muñiz Paucarmayta.

Por tanto: Ruego a usted, acceder a mi solicitud por ser de justicia que espero alcanzar.

Cusco, 27 de agosto de 2021.



Christian Johnson Carrasco Ahen
D.N.I. N° 41324549

Adjunto: Datos.

Nombres y apellidos de los propietarios a quien va dirigido la carta.

Karol Abimael Romero Vera – D.N.I. N° 45053298

Mario Wilbert Romero Vera – D.N.I. N° 43812764

Motivo:

Realizar inspecciones visales del interior y exterior, tomar medidas, acceso de los planos, toma de fotografías, y realización de encuestas de la edificación a evaluar.

Código de alumno:

7002696523

D.N.I. 41324549

Los Olivos, 27 de agosto del 2021

CARTA N°516-2021/EP-ING-CIV-UCV

Señor
Edificación multifamiliar ROMERO VERA

De mi consideración:

Por medio de la presente, es grato dirigirme a usted a fin de saludarlo muy cordialmente y a la vez presentar al estudiante CARRASCO AHEN CHRISTIAN JOHNSON con código de matrícula N°7002696523 quien en el semestre académico 2021-2 se encuentra en la etapa de desarrollo de la tesis en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, asimismo, nuestro estudiante requiere realizar: visualizaciones dentro, y fuera, mediciones, toma de fotografías, encuestas e ingreso interior, y exterior de la propiedad. El cual será para la elaboración de su tema de investigación, titulada **“VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES EVALUADOS POR MÉTODOS CONVENCIONALES, CASO EDIFICIO ROMERO VERA, SAN JERÓNIMO, CUSCO, 2021”**.

Agradezco anticipadamente su gentil atención y su apoyo a favor de nuestro estudiante.

En tal sentido, si fuera posible de remitirle la información al correo electrónico cjcahen@gmail.com

Segura de contar con su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Cordialmente,



Mg. Doris Lina Huamán Baldeón
Coordinadora
EP de Ingeniería Civil

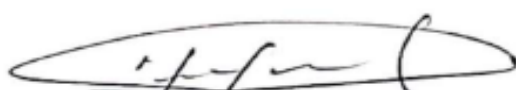
Yanet

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

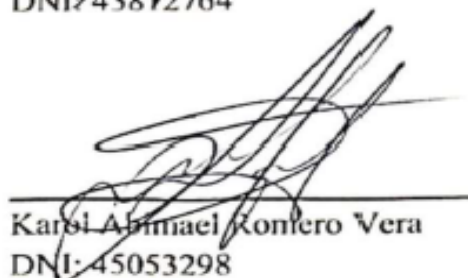
AUTORIZACIÓN

Yo, Mario Wilbert Romero Vera con DNI N° 43812764, y Karol Abimael Romero Vera, identificado con DNI N° 45053298, con domicilio legal ambos en APV. Praderas del Sur B-2 del distrito de San Jerónimo, Cusco, Propietarios de la edificación "Romero Vera". **AUTORIZO** que el Sr. Christian Johnson Carrasco Ahen de la escuela de pregrado de la Universidad Cesar Vallejo aplique los instrumentos de investigación científica validadas por los ingenieros expertos de la Tesis "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES EVALUADOS POR MÉTODOS CONVENCIONALES, CASO EDIFICIO ROMERO VERA, SAN JERÓNIMO, CUSCO, 2021"; en el tiempo que subsista la investigación del proyecto de tesis.

Cusco, 28 de agosto de 2021.



Mario Wilbert Romero Vera
DNI: 43812764



Karol Abimael Romero Vera
DNI: 45053298