

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“COMPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD ANTE SISMICIDAD APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI PETRINI Y FEMA – 154 EN EL CONJUNTO HABITACIONAL DE 04 NIVELES, UBICADO EN LA URB. MONSERRATE DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ESTRUCTURAS

AUTORES: Br. VARGAS PEREZ CRISTHIAN PAUL

Br. VILLEGAS LAYZA ANTHONY

ASESOR: Mg. Ing. GALICIA GUARNIZ, WILLIAM CONRAD

CODIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4506-9290>

TRUJILLO – PERÚ

2022

Fecha de sustentación: 2022/05/06

JURADO CALIFICADOR**TESIS:**

COMPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD ANTE SISMICIDAD APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI PETRINI Y FEMA – 154 EN EL CONJUNTO HABITACIONAL DE 04 NIVELES, UBICADO EN LA URB. MONSERRATE DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD.

AUTORES: Br. VARGAS PEREZ CRISTHIAN PAUL.

Br. VILLEGAS LAYZA ANTHONY.

MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR:

.....
PRESIDENTE

Mg. Ing. López Otiniano, Stewart
CIP: 210125

.....
SECRETARIO

Ing. García Rivera, Juan Pablo
CIP: 68614

.....
VOCAL

Ing. Vargas López, Segundo Alfredo
CIP: 18687

.....
ASESOR

Mg. Ing. Galicia Guarniz, William Conrad
CIP: 96091

DEDICATORIA

Dedico esta tesis:

A DIOS, por brindarme esta segunda oportunidad de vida ya que logré superar el COVID, por darme el tiempo y la fuerza incalculable para culminar esta tediosa tesis y por guiarme de manera constante en este camino y poder cumplir esta meta.

A MIS PADRES, José y Gaby por su apoyo constante, amor y esfuerzo constante, ya que les debo todo lo que pueda lograr en esta vida. La presente tesis va para ellos, por su labor constante por darme siempre lo mejor y aconsejarme de manera correcta para mi vida personal y profesional, ya que lo son todo para mí.

A MIS HERMANOS, en especial a mi hermana Jacky, ya que sus consejos y enseñanzas forjaron mi carácter y mis ideas en esta etapa profesional, aunque a veces tenemos discrepancias, ella sabe que la quiero mucho.

A LOS DOCENTES, quienes compartieron sus conocimientos para prepararnos al mundo laboral en esta carrera de ingeniería civil, propagando la ética y valores.

Bach. Vargas Pérez, Cristhian Paul.

Dedico esta tesis:

A DIOS, por haberme guiado hasta este punto de mi camino con sabiduría y buen entendimiento y concluir mi carrera, por proveerme de lo necesario para seguir siempre adelante y por todo en general.

A MIS PADRES, José y Justina, mi eterno agradecimiento por el apoyo constante que me dieron, por las fuerzas en momentos difíciles, esto es para ustedes.

A MIS HERMANAS Y NOVIA, por su cariño y motivación en este largo camino que fue para mí, por su apoyo constante y confianza también, la cual considero y aprecio mucho ya que los quiero y amo.

Bach. Villegas Layza, Anthony.

AGRADECIMIENTO

El actual informe de tesis se ejecutó con éxito por el constante trabajo de los autores y el incondicional apoyo de las personas quienes, de una u otra manera, colaboraron de manera significativa. Por ello, con alegría mencionaremos lo siguiente:

En primer lugar, a Dios, por darnos vida y salud a nosotros como a todos los nuestros; por orientarnos y protegernos en todo este largo camino de trabajo, apoyándonos con persistencia en los objetivos trazados, superando obstáculos que pudieron afectarnos como profesionales, pero ante todo como personas.

A nuestros padres, por ese apoyo incondicional que nos vienen dando, por el esfuerzo que hacen día a día por sus hijos para que sean grandes profesionales.

A nuestro asesor el ingeniero William Conrad Galicia Guarniz, por la orientación profesional y el compartir de conocimiento para el desarrollo del presente informe de tesis. Por esa calidad de enseñanza que ofrece en la universidad y su gran apoyo metodológico.

Por último, pero no menos importante, a la “Universidad Privada Antenor Orrego”, en especial a la escuela profesional de Ingeniería Civil, a todos los docentes, administrativos, por brindarnos esas enseñanzas de calidad donde pudimos aprender esta carrera hermosa y bella.

RESUMEN

En el actual informe de investigación consta sobre la comparación de la evaluación del grado de vulnerabilidad ante sismicidad aplicando dos metodologías en un conjunto habitacional de 04 niveles ubicado en la urbanización Monserrate del distrito de Trujillo, región La Libertad; con el fin comparar que metodología es más adecuada para estar prevenidos ante un suceso de sismicidad, ya que esto anticiparía la pérdida de vidas humanas existentes en las edificaciones habitadas, punto que se menciona en el RNE (NTE.030 “DISEÑO SISMORESISTENTE”).

En este caso como primera metodología es de origen italiana para evaluar el índice de vulnerabilidad de Benedetti Petrini, la cual estima el índice de vulnerabilidad de manera práctica mediante características que tiene la estructura, estas características son identificadas por once parámetros para edificaciones de albañilería y concreto armado que comprometen daños ante sucesos de sismicidad.

Como segunda metodología estamos utilizando una de origen americano, donde se evalúa el un índice de vulnerabilidad de manera observacional, donde se basa si la edificación cumple o necesita ser reforzada para prever un suceso ante sismicidad.

En la metodología de Benedetti Petrini, obtuvimos como resultado que la vivienda tiene una sismicidad baja, y con la metodología de FEMA – 154, obtuvimos que la vivienda tiene un resultado mayor a 2.

Para complementar el presente informe nos apoyamos en el software computacional ETABS 2019, en el cual se modeló y desarrolló el análisis lineal del conjunto habitacional, obteniendo como resultado que cumplen las derivas de la edificación ya que son menores a 0.005 según lo establecido en la norma.

Concluimos que el conjunto habitacional evaluado presenta una vulnerabilidad baja ante sismicidad, por lo que ante este evento no se presentaría mayores daños estructuras ni significativos, también que la metodología de Benedetti Petrini sería la más adecuada para evaluar edificaciones ante sismicidad.

Palabras clave: Dimensionamiento estructural, derivas críticas, análisis computacional.

ABSTRACT

The current research report consists of the comparison of the evaluation of the degree of vulnerability to seismicity applying two methodologies in a housing complex of 04 levels located in the Monserrate urbanization of the Trujillo district, La Libertad region; in order to compare which methodology is more appropriate to be prevented from an event of seismicity, since this would anticipate the loss of human lives in inhabited buildings, a point mentioned in the RNE (NTE.030 "EARTHQUAKE DESIGN").

In this case, the first methodology is of Italian origin to evaluate the vulnerability index of Benedetti Petrini, which estimates the vulnerability index in a practical way through characteristics that the structure has, these characteristics are identified by eleven parameters for masonry and concrete buildings armed that compromise damages in the event of seismicity.

As a second methodology we are using one of American origin, where a vulnerability index is evaluated in an observational way, where it is based on whether the building complies or needs to be reinforced to anticipate an event in the event of seismicity.

In Benedetti Petrini's methodology, we obtained as a result that the house has a low seismicity, and with the FEMA-154 methodology, we obtained that the house has a result greater than 2.

To complement this report, we rely on the ETABS 2016.00 computational software, in which the linear analysis of the housing complex was modeled and developed, obtaining as a result that they comply with the drifts of the building since they are less than 0.005 as established in the standard.

We conclude that the evaluated housing complex presents a low vulnerability to seismicity, so that in the face of this event there would be no major structural or significant damage, also that Benedetti Petrini's methodology would be the most appropriate to evaluate buildings against seismicity.

Key words: Structural dimensioning, critical drifts, computational analysis.

PRESENTACIÓN

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado “COMPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD ANTE SISMICIDAD APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI PETRINI Y FEMA – 154 EN EL CONJUNTO HABITACIONAL DE 04 NIVELES, UBICADO EN LA URB. MONSERRATE DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD.””, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Con esta oportunidad y con su venia, suscribimos ante ustedes.

Atentamente,

Vargas Pérez, Cristhian Paul.

Villegas Layza Anthony.

Trujillo, abril del 2022

INDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
PRESENTACIÓN	vii
I. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Problema de investigación	5
1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática	11
1.1.2. Descripción del Problema.....	13
1.1.3. Formulación del Problema.....	14
1.2. Objetivos	14
1.1.3. Objetivo General.....	14
1.1.4. Objetivos Específicos	14
1.3. Justificación del estudio	15
1.3.1. Justificación teórica.	15
1.3.2. Justificación metodológica.....	15
1.3.3. Justificación práctica.....	16
II. MARCO DE REFERENCIA	16
2.1. Antecedentes del estudio	16
2.1.1. Antecedentes Internacionales	16
2.1.2. Antecedentes Nacionales	18
2.2. Marco teórico	24
2.2.1. Sismo.....	24
2.2.2. Características de los sismos	24
2.2.3. Historia Sísmica del Perú	27

2.2.4.	Historia Sísmica del Norte del Perú	31
2.2.5.	Vulnerabilidad Sísmica	34
2.2.6.	Método del Índice de Vulnerabilidad Sísmica	36
2.2.7.	Parámetros del Método del Índice de Vulnerabilidad Sísmica	38
2.2.8.	Método FEMA 154-Agencia Federal de Manejo de Emergencias EE. UU	44
2.2.9.	Ensayo de Esclerometria	47
2.2.10.	Ensayo Escáner de Armaduras	49
2.3.	Marco conceptual	50
2.4.	Hipótesis	51
2.5.	Matriz de Operacionalizacion de variables	48
III.	METODOLOGÍA EMPLEADA	49
3.1.	Tipo y nivel de investigación	49
3.1.1.	Tipo de investigación	49
3.1.2.	Nivel de Investigación	49
3.2.	Población y muestra de estudio	49
3.2.1.	Población	49
3.2.2.	Muestra	49
3.3.	Diseño de investigación	49
	Según el diseño de investigación es de tipo no experimental – Transversal Descriptivo,	49
3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación	50
3.4.1.	Técnicas	50
3.4.2.	Instrumentos	50
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	51
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	52
4.1.	Análisis e interpretación de resultados	52
4.1.1.	Ensayo de esclerometria	52

4.1.2. Memoria de cálculo estructural.....	54
4.1.3. Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini.....	78
4.1.4. Investigación visual rápida de edificios con riesgos sísmico potencial 87	
4.2. Docimasia de hipótesis	88
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	90
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	98

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Esquemmatización de onda “p”	24
Figura 2. Esquemmatización de onda “S”	25
Figura 3. Esquemmatización de onda “L”	26
Figura 4. Esquemmatización de onda “R”	26
Figura 5. Cronología Histórica de los terremotos más destructivos en el Perú 1533-2017	27
Figura 6. Catálogo Sísmico del Norte del Perú	31
Figura 7. Relación de la vulnerabilidad con amenaza y riesgo sísmico	35
TABLA 1.....	37
Figura 8. Formato RVS FEMA 154.....	46
Figura 9. Sección del esclerómetro	47
Figura 10. Posición del Esclerómetro.....	48
Figura 11. Medidor de cobertura y localizaciones de barras	49
Figura 12. Visualización de la pantalla del escáner.....	49
Tabla 2	50
Esquema de Diseño de investigación No Experimental-Transversal Descriptivo.	50
Figura 13. Ensayo de esclerometria a estructura existente del lado derecho	52
Figura 14. Ensayo de esclerometria a estructura existente lado izquierdo	53
Figura 15. Planta 2D capturada del ETABS nivel 1 al 4 (misma configuración) ...	55
Figura 16. Modelo estructural vista en 3D.....	55
Figura 17. Planta 2d del bloque A	56
Figura 18. Escala Numérica para vulnerabilidad de Edificaciones de Albañilería	78
Figura 19. Escala de Vulnerabilidad de Edificaciones de Concreto Armado	78
Figura 20. Grafica de Z con cola hacia la izquierda	89

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

Al realizar la investigación para la presente tesis encontramos diferentes escenarios que describen el campo temático de hechos reales en diferentes países tal como lo encontramos de la siguiente manera:

PÁRRAFO N° 01: DESCRIBE EL CAMPO TEMÁTICO

Cuando se hace referencia al tema de Vulnerabilidad Sísmica, inmediatamente y de manera concreta nuestro cerebro e imaginación grafica a ciertas estructuras de edificaciones moviéndose por acción de un movimiento telúrico, inclusive iniciamos a manejar conceptos como sismos, terremotos, temblores, estadísticas de pérdidas humanas; esto es, hablando desde un punto de vista o perspectiva básica que cualquier persona puede manejar (Enríquez, 2018).

De tal manera, es observable el gran número de pérdidas humanas que puede acarrear un movimiento sísmico, de igual forma pérdidas económicas y materiales de gran magnitud. La población más vulnerable son las personas, es decir, cada uno de nosotros; desde niños hasta ancianos, que se encuentran desarrollando algún tipo de actividad dentro de alguna estructura o edificación al momento que se puedan presentar estos tipos de acontecimiento (Aguilar y Mudarra, 2018).

Entre las edificaciones más estudiadas se tiene a las líneas importantes como los hospitales, viviendas familiares, conjuntos habitacionales, instituciones educativas; las cuales son objeto de un estudio minucioso y delicado, por ende, es que, como consecuencia de ello, diversos expertos han venido desarrollando metodologías para su respectiva evaluación (Abanto y Cárdenas, 2016).

PÁRRAFO N° 02: País COLOMBIA (¿qué pasa en ese país respecto al tema?)

En **Colombia** se ha venido desarrollando el tema de vulnerabilidad sísmica en diversas edificaciones, se vienen ejecutando diversos métodos y mecanismos para determinar la vulnerabilidad sísmica, aplicando en paralelo ensayos para determinar las propiedades mecánicas de los materiales que componen la estructura, algunos de los ensayos son el de caracterización de materiales, ensayos de muros con carga cíclica paralela al plano, ensayo de muros con

carga monotónica perpendicular al plano y ensayo a escala sometidas a carga dinámica en la base. Señalan que todo sistema estructural puede presentar una alta vulnerabilidad sísmica debido a la poca resistencia a la tensión del material utilizado y a los escasos rasgos y elementos estructurales tales como el confinamiento y la continuidad de las estructuras principales. También indican que los factores que ayudan a aumentar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras tienen mucho que ver con las irregularidades en planta, en altura, distribución inadecuada de los muros, por las condiciones climáticas del lugar, filtraciones, uso de materiales no adecuados (Yamín et al., 2007).

PÁRRAFO N° 03: País JAPÓN (¿qué pasa en ese país respecto al tema?)

Por otro lado, en **Japón** se vienen desarrollando y aplicando formas mucho más rigurosas de cómo prevenir, enfrentar y actuar ante fuertes terremotos que suelen ocurrir en su zona geográfica. Japón es un país que acumula el 20% a nivel mundial de todos los terremotos de una magnitud de al menos 6 grados en la escala de Richter. Han pasado por diversos problemas a raíz de los terremotos que ahora no solo plantean el estudio de la vulnerabilidad sísmica, sino también buscan estudiar la vulnerabilidad de las centrales nucleares y vulnerabilidad de la población ante tsunamis, esto debido a la amarga experiencia del catastrófico terremoto del 11 de marzo del 2011 que originó el problema de la central nuclear. Japón toma a la vulnerabilidad sísmica como un medio de suma importancia para la prevención de la sociedad ante terremotos, este mecanismo es usado con total conocimiento y experiencia entre los ciudadanos. Los estudios de vulnerabilidad sísmica se realizan mayormente en estructuras de edificios de albañilería y concreto reforzado (BBC,2011).

PÁRRAFO N.º 04: País ITALIA-IRÁN Y AFGANISTÁN (¿qué pasa en ese país respecto al tema?)

Registros señalan que, en regiones europeas específicamente en **Italia**, se aplicaron encuestas estadísticas en donde los datos arrojaban que más del 50% de los edificios no cumplían con los requisitos actuales de seguridad contra terremotos presentando un alto grado de vulnerabilidad sísmica (Valcárcel et al, 2011), los daños fueron reflejados de manera considerable en el terremoto del 2016. Por otro lado, en regiones asiáticas como **Irán** y **Afganistán**, los estudios estadísticos señalan que más del 70% de las estructuras presentaban

deficiencias en sus elementos y el proceso o paso siguiente era la demolición. Es así, que realizar un adecuado estudio y análisis de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, juegan un rol importante en la prevención ante eventuales accidentes a raíz de los movimientos telúricos. Estudios plantean el uso de metodologías híbridas, es decir, la sinergia de instrumentos, guías, fichas y softwares de índole ingenieril para la realización de la determinación de la vulnerabilidad sísmica, conllevando a un mejor manejo de datos y resultados, mucho más confiables ante la incorporación de tecnología (Panahi et al, 2013).

PÁRRAFO N.º 05: País PERÚ (¿qué pasa en ese país respecto al tema?)

El **Perú** presenta una de las zonas geográficas con más movimiento telúrico dado que se localiza dentro del llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, zona de colisión entre dos placas tectónicas, la Sudamericana y la de Nazca, produciéndose el efecto de subducción. Así también, presenta sismos regionales y locales que podrían ser muy destructivos (INDECI, 2009). En este contexto, el Perú ha sido escenario de muchos sismos en diferentes oportunidades, causando daños en diferentes tipos de edificaciones, dejando ver que las peculiaridades de los sismos no son el único agente de riesgo, sino que además depende de la vulnerabilidad de la estructura que la soporta (Ochoa, 2012). Adicionalmente, tenemos los impactos ofensivos/contaminantes al medio ambiente y la deficiente o nula intervención en conservación efectiva; por lo que viene produciendo complicaciones e inseguridad en las estructuras, haciendo que sean estructuras vulnerables a los movimientos telúricos. En el Perú, se tiene escaso control en la aplicación de normativas sismorresistentes (Bonett, 2003). Es entonces, la vulnerabilidad y el riesgo, el que ha hecho que se busquen soluciones o por lo menos se palien los efectos, tomándose medidas adecuadas, de acuerdo a las condiciones físicas y poder discernir medidas concretas para resolver tales problemas. En Perú, la arquitectura prehispánica antisísmica, hechas a base de piedra, tierra (adobe), caña, madera, etc; aún se encuentran presentes en la actualidad, a pesar de los episodios de la naturaleza (sismos, lluvias, inundaciones, etc) y los años de abandono, algunos terminan en escombros. Además, se señala que, para conservar el patrimonio en un evento sísmico, se requiere aplicar instrumentos de análisis en sus diferentes niveles: la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

del patrimonio a nivel territorial; y la valoración de seguridad y el diseño en las intervenciones determinadas (INDECI, 2011). Entonces, es bien sabido que a nivel global a diario se percibe muchos movimientos sísmicos y que nuestro país, Perú, es uno de los países que forma parte del famoso Cinturón de Fuego del Pacífico o también conocido como anillo de Fuego del Pacífico. Dicho Cinturón de Fuego está ubicado rodeando las costas del Océano Pacífico de manera circular y es una de las zonas de subducción que presenta gran cantidad de movimiento sísmico a nivel del mundo, dado que las placas tectónicas suelen acercarse lográndose introducir una por debajo de otra a razón de 9cm/año. Se considera que aproximadamente el 80 % de movimientos sísmicos se suelen producir en el famoso Anillo de Fuego (Kuroiwa, 2002). El mapa de Zonificación Sísmica del Perú señala que nuestro territorio presenta una división de 4 zonas sísmicas, siendo la Zona 4 el de mayor riesgo y con un factor de aceleración máxima de 0.45, extendida a lo largo de la costa peruana (Norma Técnica Peruana E.030, 2018). Con lo dicho anteriormente, se señala que Perú es un territorio altamente sísmico y que las manifestaciones más grandes se podrían dar en cualquier momento. Ya se tiene registro de sismos devastadores ocurridos en el Perú, siendo el más recordado y sonado, el de los años 70. El 31 de mayo de 1970 se produjo el sismo de 7.8 acompañado de un gran aluvión a las 03.23 p.m en la Región de Ancash, dejando un número muy considerable de pérdidas humanas, siendo un total de 67 mil muertos y 150 mil heridos. Así mismo, no considerado devastador, pero sí de gran magnitud en la escala de Richter, el ocurrido en la Región Loreto, el 26 de mayo del 2019 con 8 de magnitud dejando 2 muertos y aproximadamente 2500 afectados (El Comercio, 2020). En territorio nacional, existen alrededor del 60 % de edificaciones construidas en diferentes épocas, con diferentes materiales y modelos arquitectónicos, sin ningún tipo de seguridad ni consideración técnica. Se considera que la gran parte son vulnerables a los terremotos y, es más, vulnerables al colapso ante un breve movimiento sísmico (Astorga & Aguilar, 2009).

PÁRRAFO N.º 06: Ciudad TRUJILLO (¿qué pasa en es esta ciudad respecto al tema?)

Actualmente existen investigaciones desarrollados en la ciudad de **Trujillo**, en donde analizan la vulnerabilidad sísmica de estructuras como colegios,

hospitales y edificios multifamiliares. César Flórez, quién fue el subgerente de Defensa Civil del Gobierno Regional de La Libertad en el año 2016, advirtió que la ciudad de Trujillo y sus alrededores presentan alta vulnerabilidad sísmica ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Preciso que la peor parte la llevarían las estructuras o recintos antiguos que no tienen mantenimiento y que al desplomarse generarían tragedias en los transeúntes, además de las familias que aún residen aledañas a estas infraestructuras. Manifestó que, tras un silencio sísmico de 46 años, la probabilidad de que ocurra un sismo en La Libertad es mayor (RPP, 2016).

PÁRRAFO N.º 07: CONTROL DE LA VARIABLE-NORMATIVA O ENTIDAD

La vulnerabilidad sísmica de las estructuras referidas a conjuntos habitacionales se puede controlar aplicando y usando el **Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)** aceptada por la **Resolución Ministerial N° 355 2018-VIVIENDA**, en sus normas técnicas **NTE 030 y la NTE 080** para verificar si es que se cumplen los principios del diseño edificado en base a elementos constructivos y estar en función a los principios de sismorresistencia y a la filosofía de dicho diseño constructivo.

ANTECEDENTES PREVIOS DE LA INVESTIGACION

PÁRRAFO N.º 01: ANTECEDENTE 01

(Arteaga, 2016) Encontró que la estimación de la vulnerabilidad sísmica y el índice de golpe se consideran importantes dentro del estudio de una edificación, dado que brinda un apoyo técnico ante el interés de la seguridad de una estructura vulnerable o susceptible a un evento sísmico de gran magnitud, y también para proponer respuestas inmediatas a temas de restablecimiento y sostenimiento de la edificación. Esta estimación debe realizarse minuciosamente y debe plantearse para cada estructura, debido a que las propiedades y rasgos propias de sus materiales de construcción y configuración estructural es distinta.

PÁRRAFO N.º 02: ANTECEDENTE 02

(Sánchez, 2013) Encontró que investigaciones llevadas a cabo en Chile sobre vulnerabilidad sísmica en estructuras que él estaba investigando ni de otro tipo para el caso, no existían. Entonces, se puede concluir que el tema de la

vulnerabilidad sísmica de estructuras en Chile, no ha sido abordado de manera usual, pese al patrimonio existente.

PÁRRAFO N.º 03: ANTECEDENTE 03

(Valle, 2019) encontró que al realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica del santuario Hotel Palermo arrojaron resultados en un estado de vulnerable que coincide al juicio de desarrollo del análisis cualitativo con un $I_v\% = 30.08\%$ clasificándolo con un orden de vulnerabilidad sísmica media, del análisis cualitativo con un reflujo de $R < V$ clasificándolo en un estado índole o vulnerable y del análisis dinámico con tesón a borde maduro a 0.25 kg/cm^2 originando el colapso con anterioridad contingencias sísmicas.

PÁRRAFO N.º 04: OPINIÓN AUTORES.

Actualmente las fuentes de investigación respecto a la determinación o evaluación de la vulnerabilidad sísmica en conjuntos habitacionales, son escasas. Ello no solo se puede reflejar a nivel nacional, sino que la misma carencia se presenta en otros países, como el caso de Chile y Ecuador. Ahora bien, de los que sí registran información respecto a la vulnerabilidad sísmica aplicada en este tipo de estructuras, hacen uso de diversas metodologías cualitativas mediante fichas de observación y registro, estas metodologías se aplican dependiendo las características de la estructura a analizar, la gran mayoría aplicadas a edificaciones de albañilería más comunes. Lo que convendría hacer es una fusión o unión de estas metodologías internacionales ajustadas a la aplicación de los elementos de los conjuntos habitacionales para su evaluación. Serían de gran importancia para un primer análisis de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de este tipo, que haciendo una comparación con datos obtenidos en laboratorios y también datos obtenidos de software de ingeniería nos darían un mejor resultado en la determinación de la vulnerabilidad sísmica.

PÁRRAFO N.º 05: EMPRESA O ENTIDAD QUE HAYA REALIZADO UNA CONSULTORÍA O EJECUCIÓN RESPECTO AL TEMA DE INVESTIGACIÓN.

No se encontró información de empresas que hayan realizado estudios o trabajos relacionados con la Vulnerabilidad sísmica necesariamente en conjuntos habitacionales, sin embargo, se consideró investigaciones realizadas en el Perú, las cuales se enfocan en el análisis y estudio de la vulnerabilidad sísmica en estructuras antiguas de referencia y trascendencia nacional.

A nivel estatal, el Estado por medio del **MINISTERIO DE SALUD (MINSA)**, en convenio, establecen desde hace mucho tiempo relación institucional con la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)** a través del **Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID)** de la Facultad de Ingeniería de Civil, para llevar a cabo el desarrollo estudios de vulnerabilidad sísmica en diversas estructuras cuya funcionalidad están relacionadas a la salud, estructuras antiguas en su mayoría, que albergan a un gran número de pacientes, con el único objetivo de proteger aún más la salud de los pacientes, a fin de adecuar un establecimiento adecuado, libre de daños ante un eventual sismo (Gallardo et al., 2013).

1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Existe gran déficit en el Perú de viviendas en especial tenemos el sector rural ocasionado por la situación socio – económica del gran sector de la población que se imposibilita contar con una digna vivienda, esto hace que personas menos favorecidas obtén por la autoconstrucción de sus viviendas que muchas veces son ejecutadas sin ningún asesoramiento técnico o profesional, lo que conlleva a que se generen riesgos muy altos en dichas construcciones que se han convertido en una situación muy común para muchas familias, en especial esto se sitúa en zonas rurales del país, esto genera mayor cantidad de familias con calidad baja de vida y a su vez da más pobreza y exclusión social, por lo que estas migran del campo a las ciudades y así se da una cadena de problemas sociales, producirán por mano de la naturaleza, sino del error humano, todo esto y mucho más da pie a un riesgo y vulnerabilidad en las edificaciones.

La ciudad de Trujillo ha sufrido a través de su historia movimientos telúricos de diversas magnitudes, ocasionando su destrucción total o parcial en tres oportunidades: 1619, 1725 y 1759. A la ciudad de Trujillo se le podría considerar como una ciudad altamente vulnerable ante un sismo severo, porque tiene antecedentes de sismos destructivos, está asentada sobre un suelo blando (arena mal graduada), tiene un alto porcentaje de edificaciones antiguas, de tierra y en la actualidad los asentamientos humanos se siguen construyendo con adobe sin ningún criterio antisísmico.

Por eso es muy necesario que se tome medidas preventivas y se realice un análisis de vulnerabilidad sísmica, para así poder tener una protección en las construcciones.

Es por eso que la presente investigación por lo citado anteriormente va a realizar un correcto análisis de la vulnerabilidad sísmica, en los cuales se utilizarán métodos cualitativos o subjetivos evaluando la capacidad referente a un sistema calificativo, para posteriormente realizar un modelamiento estructural en un software de análisis de estructuras y así poder analizar el comportamiento de ella bajo los efectos de vibración, para posteriormente hallar su vulnerabilidad ante la sismicidad en dichas edificaciones.

En la presente investigación, lo que se quiere determinar es el grado de vulnerabilidad sísmica aplicando metodologías extranjeras, como la metodología Benedetti Petrini y Fema 154 en un conjunto habitacional de 04 niveles, posteriormente hacer una comparación entre ellas. Con la determinación de la vulnerabilidad sísmica se busca establecer si la estructura es de vulnerabilidad baja, vulnerabilidad media o vulnerabilidad alta, para tomar las medidas necesarias de prevención y hasta plantear una posible mejora o refuerzo de sus elementos. Para ello se analizará cada uno de los elementos que componen la estructura mediante la aplicación de metodologías internacionales conocidas, que incorporan fichas de observación y recojo de datos in situ para analizarlas y determinar la vulnerabilidad. Posteriormente, se realizará ensayos para obtener datos que respalden y que puedan ser usados en el modelamiento en el software de ingeniería. Se comparará y podrá determinar a ciencia cierta la vulnerabilidad sísmica de la estructura.

Por ende, la consecuencia de no realizar este estudio implicaría que las autoridades y entidades correspondientes nunca se interesen en mitigar o eliminar los posibles riesgos y daños materiales, humanas y económicas que se podrían presentar ante el colapso de esta por un movimiento sísmico. Así mismo, otra consecuencia que implicaría el no realizar esta investigación sería la ausencia de información para proyectos de tal naturaleza, los resultados obtenidos podrían servir de base para la elaboración de proyectos más grandes a nivel nacional, que ayudará a salvar vidas.

1.1.2. Descripción del Problema

Es primordial recalcar que toda estructura o edificación está expuesta a sufrir daños ante sismicidad, por lo que, se sabe que la vulnerabilidad sísmica es un factor medible, que nos permitirá saber el tipo, nivel o modo de daño de una estructura de una edificación, ante posibles movimientos sísmicos. Su medición dependerá muchas veces de la experiencia en el tema. El método adecuado se determina bajo los términos de las limitaciones de los recursos económicos.

Es así que, en la ciudad de Trujillo se ha presentado a lo largo del tiempo movimientos telúricos de gran, mediana y pequeña magnitud, ocasionando destrucción total o parcial en las diversas edificaciones, se recuerda los movimientos sísmicos de los años de 1619, 1725 y 1759. Se le podría considerar como una ciudad altamente vulnerable ante un sismo severo, porque tiene antecedentes de sismos destructivos, está asentada sobre un suelo blando (arena mal graduada), tiene un alto porcentaje de edificaciones antiguas, de tierra y en la actualidad los asentamientos humanos se siguen construyendo con adobe sin ningún criterio antisísmico.

Dicho esto, es importante conocer que las construcciones en las que se encuentran vidas humanas sean seguras, sean aptas y estén disponibles técnicamente para habitar en ellas. Determinar la vulnerabilidad sísmica de estas estructuras puede ayudar en la prevención mediante la toma de decisiones de manera anticipada ante cualquier eventualidad sísmica y nos ayudará a plantear planes de mitigación para contrarrestar el efecto ante eventuales sismos que puedan suscitarse.

La problemática ya se ve reflejada desde la simple ubicación o área de investigación, dado que el conjunto habitacional se encuentra en Trujillo, ciudad netamente costera peruana, por ende, dentro del mapa de Zonificación Sísmica del Perú se ubica en la Zona 4 el de mayor riesgo y con un factor de aceleración máxima de 0.45 (Norma Técnica Peruana E.030, 2018), es así que no está exenta de fuertes movimientos telúricos y a consecuencias catastróficas.

La falta de estudios de vulnerabilidad sísmica en estructuras como estas, hacen que este tipo de estructuras se encuentren mucho más expuestas a sufrir colapso o deterioro ante un sismo, pudiendo ser muy perjudicial para las personas que recurren a este. La población con mayor incidencia al peligro son las personas, es

decir, cada uno de nosotros; desde niños hasta ancianos, que podrían estar desarrollando algún tipo de actividad, dentro de estas estructuras al momento en que se presenten estos tipos de acontecimiento sísmicos (Aguilar y Mudarra, 2018).

Entonces, la falta de estudios de vulnerabilidad sísmica a las estructuras de los conjuntos habitacionales podría conllevar no sólo a pérdidas humanas, sino a pérdidas económicas y sociales de gran magnitud.

Dentro de las causas que conllevan a la ausencia de estudios de la vulnerabilidad sísmica para este tipo de estructuras es el grado de importancia que le dan las autoridades competentes. La falta de ejecución y cumplimiento de las normas existentes que protegen este tipo de estructuras, también la inaplicación de las normas técnicas referidas a este tipo de edificaciones. El desconocimiento y la falta de una filosofía de vida prevencionista antes riesgos y catástrofes también juegan un rol importante.

1.1.3. Formulación del Problema

¿Qué diferencia existe en la evaluación del grado de vulnerabilidad ante sismicidad aplicando el método Benedetti Petrini y Fema – 154 para el conjunto habitacional de 04 niveles, ubicado en la urb. Monserrate del distrito de Trujillo, La Libertad?

1.2. Objetivos

1.1.3. Objetivo General

- ✓ Determinar la comparación de la evaluación del grado de vulnerabilidad ante sismicidad aplicando el método de Benedetti Petrini y Fema – 154 en el conjunto habitacional de 04 niveles, ubicado en la urb. Monserrate del distrito de Trujillo, La Libertad.

1.1.4. Objetivos Específicos

- ✓ Evaluar la vulnerabilidad sísmica mediante el método italiano Benedetti Petrini, sobre cada estructura de albañilería y concreto reforzado, usando un instrumento metodológico de apoyo.
- ✓ Evaluar la vulnerabilidad sísmica mediante el método estadounidense Fema – 154, sobre cada estructura de albañilería y concreto reforzado, usando un instrumento metodológico de apoyo.

- ✓ Aplicar ensayos de Esclerometría en elementos estructurales de concreto armado, el cual previamente serán seleccionados para obtener una resistencia referencial del conjunto habitacional de 04 niveles.
- ✓ Realizar escaneo de armaduras del refuerzo de los elementos estructurales para confirmar la sección del elemento.
- ✓ Determinar el estado actual en que se encuentra el conjunto habitacional de 04 niveles según sus características el cual está ubicado en la urb. Monserrate del distrito de Trujillo, La Libertad.
- ✓ Realizar el modelamiento estructural para aclarar el talente de la estructura, usando el programa de ingeniería estructural ETABS 2019.
- ✓ Verificar el cumplimiento de las derivas entrepiso según la norma técnica peruana E 0.30 "Diseño Sismorresistente".
- ✓ Analizar las irregularidades según la norma técnica peruana E 0.30 "Diseño Sismorresistente".

1.3. Justificación del estudio

1.3.1. Justificación teórica.

Las edificaciones son vulnerables a todo tipo de peligros, sean provocadas por el ser humano o por la naturaleza, por tanto, la seguridad que puedan proporcionar las estructuras será decisiva cuando se afronte una emergencia.

Es por eso que necesitamos conocer y evaluar la presencia de riesgo sísmico en edificaciones ubicadas dentro de la categoría "C", Edificios Comunes según el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Esto significa que las estructuras pueden sufrir daños muy considerables en un sismo de 7 a 8.5 en la escala de Richter, la cual ocasionaría daño material y la pérdida de vidas.

1.3.2. Justificación metodológica

Se hará una comparación de dos metodologías aplicadas de forma distinta. Un primer método a utilizar para determinar la vulnerabilidad sísmica es el de Benedetti Petrini el cual se halla un índice de vulnerabilidad sísmica

determinando las características del comportamiento sísmico que más intervienen en la estructura. El otro método para la determinación de la vulnerabilidad sísmica es el de Fema – 154 el cual de una forma cualitativa a través de un índice se evaluará si el resultado es mayor, menor o igual a dos donde depende si el análisis es lineal o no línea, el cual determinará si necesita o no de reforzamiento la edificación.

1.3.3. Justificación práctica

Esta tesis se justifica en recaudar y formular todas las investigaciones y datos referentes al tema, para facilitar la comprensión para futuros análisis y experimentos, una vez que se ajusten a lo que se persigue, una vez que sean demostrados su validez y confiabilidad se podrán utilizar en otros trabajos de investigación y aplicar a cualquier tipo de estructura dentro del territorio nacional.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(ARTEAGA, 2016). Analiza y evalúa las deficiencias constructivas que contribuyen a la vulnerabilidad sísmica en nuestras edificaciones patrimoniales centrales edificado en la ciudad de Cuenca-Ecuador, por ello plantea alternativas de reconstrucción y refuerzo sismo resistente, sin que estas se contrapongan con la norma dictada por el Ilustre Concejo Municipal de Cuenca en su “ORDENANZA PARA LA GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS ÁREAS HISTÓRICAS Y PATRIMONIALES DEL CANTÓN CUENCA”. Es así que el presente trabajo se analizara de la vulnerabilidad sísmica de una edificación patrimonial ubicada en el centro histórico de la Ciudad de Cuenca -Ecuador, valora el índice de daño ante la presencia de un sismo de diseño tal cual lo establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015) y propone una alternativa de reforzamiento estructural para sus muros y paredes portantes de adobe, sin que este método o sus materiales se contraponga con su valor patrimonial. En el análisis del grado de Vulnerabilidad Sísmica de la edificación patrimonial propuesta se establece: “Alta Vulnerabilidad”, grado acorde a la realidad

física de la edificación. Su irregularidad en planta e irregularidad vertical son los factores, que aportan de mayor manera a la valoración negativa de esta edificación patrimonial, cabe en este instante recalcar que este tipo de edificaciones, de paredes portantes y no confinadas, desde su origen ya conciben para sí, una vulnerabilidad sísmica alta. Su concepción arquitectónica, su periodo de vida útil ya al límite, la falta de mantenimiento, y la amenaza sísmica de la zona, ubican a esta edificación en un punto crítico, de ahí la importancia de valorar el índice de daño para conocer su respuesta sismo resistente ante un evento sísmico. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica y el índice de daño se transforma en un aspecto fundamental en el estudio del patrimonio arquitectónico edificado en nuestra ciudad, para contar con un respaldo preciso ante la expectativa de la seguridad de una estructura ante el escenario de un evento sísmico futuro, y también para ofrecer respuestas en cuanto a la rehabilitación y mantenimiento de la estructura.

El aporte de esta tesis a la investigación es el estudio y explicación de manera detallada de cada tipo de metodología existente, que se ajusta a las construcciones antiguas de adobe, planteadas y aplicadas en Ecuador de manera positiva, realiza la comparación y el desarrollo de cada una, entre ellas la metodología FEMA 154, el de Benedetti Petrini, el propuesto por Cardona para hallar el Índice de Daño, entre otras más. Luego propone reforzar con mallas y madera de confinamiento la composición estructural de los muros de adobe pertenecientes a centros históricos de Patrimonio Nacional Ecuatoriano, con la finalidad de rehabilitarlo y habilitarlos.

“Análisis cualitativo y comparativo del método Benedetti Petrini y la NRS 2010, desarrollado en edificaciones de uno y dos pisos en el Barrio Bijao, Municipio del Bagre Antioquia”.

(LOPEZ, 2019) Buscó comparar y aplicar el método Benedetti – Petrini con la NRS – 10 (2010) en el barrio Bijao, Municipio Bagre, Antioquia. En el proceso de selección de información relevante, tomaron muestras concretas de distintas zonas del barrio integradas por viviendas de 1 y 2 niveles. El método de Benedetti y Petrini presenta una vulnerabilidad global de 72.6%

calificando como una vulnerabilidad sísmica media, mientras que el NSR – 10 puntúa una vulnerabilidad global de 73.8% representando un alto nivel de vulnerabilidad.

Es por eso, que el aporte de esta tesis a la investigación es que la norma se diferencia del método Benedetti Petrini por encima de un 1,2 % con la NSR-10, llegando a deducir que se puede adaptar un método extranjero a las condiciones que exige el país de Colombia en cuanto a la sismicidad que presenta, permitiendo la validación del método en su aplicación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

“Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica aplicando el Método de Benedetti – Petrini en las Instituciones Educativas del Centro Histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad”.

(ABANTO & CARDENAS, 2015). Para poder aplicar la vulnerabilidad sísmica debemos utilizar razonamientos de Benedetti y Petrini en las construcciones educativas públicas del centro Histórico de Trujillo. La actual metodología valora el ras de magullamiento que engloban un sismo eventual en las construcciones de los medios educacionales, equivalentes a un tipo de sistema estructural. La metodología que se utilizara es Benedetti y Petrini (Italia) la cual calcula un índice de vulnerabilidad en función a las características de la edificación que más interviene en su comportamiento sísmico, y lo generaliza con un índice de daño, lo cual depende de su movimiento sísmico. Los resultados obtenidos por el método de Benedetti y Petrini arrojaron que los centros educativos del centro histórico de Trujillo se encuentran con una vulnerabilidad media – baja, por lo consiguiente podemos interpretar que pueden ocurrir daños considerables a pesar de que no colapsen las estructuras. Al revisar y discutir todos los resultados llegamos a la siguiente conclusión: el 100% de edificios de ambas instituciones tienen vulnerabilidad sísmica media – baja.

La metodología de origen italiana podría ayudarnos a respaldar con mucha más certeza y firmeza nuestra investigación. Es por ello, que esta tesis nos permite tener el conocimiento de la aplicación de dicho método en estructuras antiguas, como es el caso de los colegios públicos. Cabe resaltar

que de esta tesis solo se extraerá el conocimiento que concierne al uso de la metodología y el uso de un Software de índole ingenieril también de uso recurrente entre la comunidad de especialistas de la construcción, el programa Etabs.

“Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Edificio de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, Actualizada a la Norma E-030 2016”

(ENRIQUE, 2018). Cuando realizamos la evaluación de vulnerabilidad sísmica en la edificación de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán cuando ocurrió un sismo severo. al realizar la vulnerabilidad sísmica de universidades nos agenciamos de la metodología federal para el manejo de Emergencias (FEMA – USA). Ejecutamos la evaluación a todos los paños de la edificación de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán al utilizar esta metodología que nos brinda la guía FEMA – 154, obtuvimos que los paños de la institución necesitan una investigación más profunda y detallada. Después elegimos los paños a ser evaluados por la metodología de la guía FEMA 310 (para los elementos estructurales y los no estructurales) y la guía FEMA 74 (para la evaluación de los elementos no estructurales). Los resultados obtenidos arrojan que tres paños de la edificación de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán tienen una mayor probabilidad de sufrir un daño de grado 3; y una muy elevada probabilidad de daño de grado 2, según la escala de macro sísmica europea. De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación estructural de los paños 1, 2, y 3 de la edificación de Ingeniería Señor de Sipán no es satisfactoria, debido a que no cumplen las normas actuales vigentes de diseño sismorresistente con el reducido número de muestras utilizadas en el ensayo de diamantinos y la evaluación no estructural de los paños inspeccionados de la edificación de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán no cumple con la metodología FEMA 310, debido que se observan múltiples puntos críticos que ponen en riesgo la integridad física de las personas ante la presencia de un sismo severo. La presente tesis nos ofrece un aporte muy importante para la determinación de la vulnerabilidad sísmica, y es que utiliza de manera valiosa la normativa sismorresistente peruana actualizada para respaldar los datos que obtiene y procesa en su estudio. Conjuga muy bien cada ítem de la normativa, analiza

cada ítem de la norma y aplica a su proyecto. Para la investigación a realizar, el uso de la norma será de suma importancia, para dar un respaldo legal y técnico a los valores procesados.

Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica del Monumento Hotel Palermo en el Centro Histórico de Huancayo 2017.

(VALLE, 2019). Al obtener el resultado del análisis de la vulnerabilidad sísmica del monumento Hotel Palermo para continuar su historia, cultura y seguridad de los habitantes en el centro histórico de Huancayo. El método se centró en un enfoque cuantitativo, el tipo de investigación que se ejecuto fue aplicada, de un nivel descriptivo – explicativo y un diseño no experimental, alrededor de la plaza de armas se encuentran cuatro monumentos cuya muestra es de clase no probabilística o dirigida, eligiendo por convenio un solo monumento alrededor de la plaza constitución. Al aplicar el método italiano arrojó un resultado cuantitativo del análisis hecho que arroja un resultado de $I_v = 115$, con índice de Vulnerabilidad Normalizado $I_v\% = 30.07\%$, el cual es mayor a 25% y menor a 50%, la estructura se pudo clasificar con un rango de vulnerabilidad sísmica media, el método italiano Benedetti y Petrini presenta una calificación de vulnerabilidad casi igual al estado actual de la edificación, debido a que cuenta con un mejor control de calidad de materiales, es por ellos que presenta un mejor comportamiento a los esfuerzos laterales de sismo a comparación de nuestro país. Podemos concluir que los tres análisis realizados presentan un estado vulnerable en el monumento Hotel Palermo dando como resultado del proceso de desarrollo del Análisis Cualitativo con un $I_v\% = 30.07\%$ clasificándolo en una escala vulnerable sísmica media, del Análisis Cuantitativo con un resultado de $\bar{R} < V$ calificándolo en un estado vulnerable y del Análisis Dinámico con esfuerzo a corte mayor a 0.25 Kg/cm^2 originando el colapso del material de adobe y su respectiva vulnerabilidad sísmica.

El aporte de esta tesis a la investigación radica en la forma de cómo abordar un análisis para poder determinar la vulnerabilidad sísmica, sobre todo de estructuras monumentales con valor histórico. Si bien es cierto, esta estructura presenta una edificación hecha con adobe de menor antigüedad

que el de nuestra investigación, pero de tal manera ayuda a tener más claro los procedimientos a realizar. Se pueden aplicar diversas metodologías como el italiano llamado M. Benedetti Petrini, para obtener un primer acercamiento al resultado de la vulnerabilidad sísmica en este tipo de estructuras arqueológicas.

“Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Casona Espinach – Ex Palacio Municipal de la Ciudad de Cajamarca”

Según (DIAZ, 2015). Al establecer la vulnerabilidad sísmica en la casona Espinach – Ex Palacio Municipal en la Ciudad de Cajamarca. El método que se empleó para estudiar la vulnerabilidad sísmica mediante fichas técnicas de evaluación y el modelado de toda la edificación en el programa SAP V. 17.2, todo esto nos aproximará al comportamiento de la edificación y por ende se obtendrá el nivel de vulnerabilidad de la casona en estudio. Los resultados se indican a detalle en las hojas de reporte aplicadas en el lugar de estudio, así mismo, los resultados del modelamiento del SAP 2000 arrojan datos fiables desde el punto de vista probabilístico y son: La casona Espinach – Ex Palacio Municipal en la Ciudad de Cajamarca tiene un nivel de alta vulnerabilidad sísmica, con calificación de 2.6. La resistencia a compresión del adobe, obtenido es de 5.80 kg/cm², un valor que está muy por debajo de lo que indica la norma E.080 (12.kg/cm²) y el comportamiento de la edificación; y al usar el SAP 2000 V17.2, arroja valores de cortantes mayores que 0.25 kg/cm² que es el esfuerzo admisible según la norma E. 080. La estructura tiene un desplazamiento máximo en X de 15.03 cm y en Y de 4.46 cm.

El aporte de esta tesis a la investigación, radica en la aplicación de ensayos para determinar por ejemplo la resistencia a la compresión del elemento fundamental en la construcción de este tipo de edificaciones arqueológicas, para luego poder comparar con la requerida, según normativa. Así mismo, otro aporte que brinda esta tesis es el uso del Software de Análisis Estructural SAP 2000 como medio para modelar la estructura en estudio. Ambos aportes ayudarían a realizar un adecuado análisis y pondría mucho más valor a la investigación.

“Vulnerabilidad Sísmica de la Iglesia San José de la Ciudad de Cajamarca 2019”

(OLIVA, 2019). Determinar la vulnerabilidad sísmica de la Iglesia San José de la Ciudad de Cajamarca. La metodología está basada en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, a través de fichas de evaluación propuesta por la Pontificia Universidad Católica del Perú; además, se extrajo la unidad de adobe para realizar el ensayo de resistencia a la compresión y se realizó el levantamiento arquitectónico. Se obtuvo los esfuerzos según la Norma E.070 donde el valor obtenido del esfuerzo máximo total fue de 8.36 kg/cm²; así también la relación del área existente y el área requerida es de 0.38 para el primer nivel, 0.46 para el segundo nivel y 0.21 para el tercer nivel, muy por debajo de 0.6. Se obtuvo como resultados de verificación de muros a esfuerzo cortante, que, de un total de 52 muros, 42 son inadecuados debido a que el esfuerzo sísmico a corte es mayor al esfuerzo admisible de 21 KPa, entonces los muros fallan ante esfuerzo cortante por acción de un sismo; ahora, con respecto a la estabilidad de muros al volteo, de 26 muros, 8 son inestables, debido a que los muros tienen inadecuado arriostramiento. Tenemos un resultado de 2.6 que conlleva a determinar una vulnerabilidad sísmica alta para la Iglesia San José. Se concluye validando la hipótesis planteada.

El aporte de esta tesis a la investigación es fundamentalmente en la incorporación de un análisis basado en la resistencia a la compresión del elemento estructural obtenido de la edificación previa solicitud y trámites, incorporación del análisis de la densidad de muros, así como la verificación de los muros a esfuerzos cortantes, y la estabilidad de muros al volteo. Solo usa las fichas y los análisis previamente mencionados, a comparación de las tesis anteriores no usa un software. Estos datos brindados de la tesis a nuestra investigación pondrían un valor agregado en la validación de la hipótesis planteada.

“Inspección Sísmica Visual Rápida de los Edificios de la Universidad de Piura por el Método FEMA 154”.

(CASTRO, 2019). El objetivo es estudiar el Procedimiento de Inspección Visual Rápido propuesto por FEMA 154 que evalúa la vulnerabilidad sísmica a través de un sistema de puntuación. Se aplicó a estructuras de la Universidad de Piura. Las propuestas desarrolladas hasta el momento son dos: La primera es la clasificación propuesta por Corsanego y Petrini, donde los diferentes tipos de estudios se dividen en clases de acuerdo con el tipo de resultado que produce. La segunda de ellas fue propuesta por Dolce M et al (1994) donde se permite evaluar, tres elementos básicos: los datos de entrada, la metodología y resultados de vulnerabilidad. Entonces, lo más pertinente es que cada investigador analice cada uno de estos datos, considerando su consistencia y/o haciendo énfasis en alguno de ellos. Se puede ver que ninguna edificación o estructura, tiene un Puntaje Final S aceptable, dado que fueron construidas antes de la norma sísmica. Se puede señalar que un Puntaje Final S bajo involucra una elevada probabilidad de falla de la estructura ante un sismo. Se propone analizar la estructura por un experto, quien, mediante un uso apropiado de instrumentos de cálculo y software de análisis especializados, le permita realizar un estudio detallado de la vulnerabilidad sísmica. Tras la aplicación del método, se confirma que éste es un método fácil dado que se realiza en el mismo lugar del emplazamiento de la estructura a analizar, y toman un tiempo de 15 a 30 minutos por edificio. La información se registra de forma simple y rápida en los formularios de recopilación de datos.

El aporte de esta tesis a través de su desarrollo profundo del Método FEMA 154 nos permitirá tener una idea más detallada de la aplicación de ésta, mediante la Inspección Sísmica Visual Rápida, en donde se utiliza un cuadro para recolectar información de manera inmediata y con la puntuación de cada parámetro nos conlleva a indicar casi de manera automática el grado de vulnerabilidad de la estructura. El método FEMA 154, fácilmente podría incorporarse en la investigación como un medio de colaboración en la búsqueda de los objetivos trazados.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Sismo

Se le denomina sismo al movimiento que sufre la superficie terrestre por acción de las placas tectónicas, éstas muchas veces dependen del nivel de profundidad. Estos se originan en el interior de la tierra y trasciende en todas direcciones en forma de ondas. Muchas veces suelen ser de corta duración e intensidad. Increíblemente, poseen un aspecto positivo que es el de brindarnos mucha información sobre lo que ocurre en el interior de nuestro planeta (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Ahora, dependiendo la profundidad en donde se origine este movimiento, la denominación suele ser diferente, dando paso a una primera clasificación que actualmente es muy conocida, nos referimos al hipocentro y Epicentro.

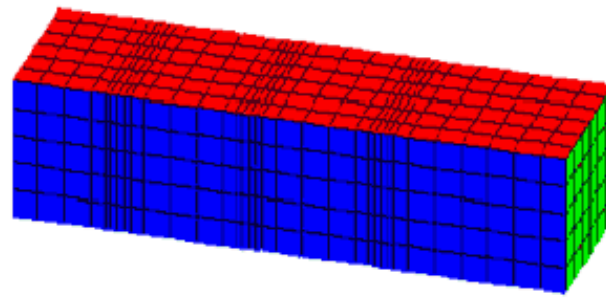
- ✓ **Hipocentro:** Viene a ser el sismo suscitado en un pequeño volumen, debajo de la tierra, el cual puede ser representado como un punto, para fines de estudio, análisis. Este tipo de movimiento suele ocurrir a unos 700 km de profundidad de la corteza o superficie terrestre (Zelaya, 2007).
- ✓ **Epicentro:** viene a ser la proyección vertical, sobre la extensión de la gleba del evento que representa el hipocentro, se denomina epicentro (Zelaya, 2007).

2.2.2. Características de los sismos

a. Ondas Corporales

- **Ondas primarias (P):** es la vibración que ocurre en la dirección de las ondas provocando compresión y dilatación. Son de tipo auditivo y la prisa en que viaja o se extiende varía entre 1 Km/seg, para el caso de suelos blandos no consolidados y 14 Km/seg, para el caso de las zonas más profundas del manto. (Zelaya, 2007).

Figura 1. Esquemmatización de onda "p"

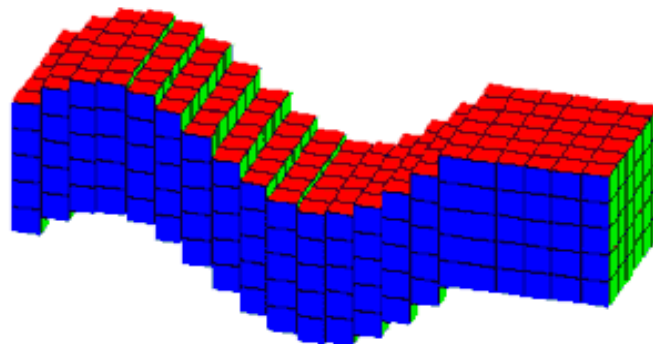


ONDA P

Fuente: https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Investigacion/Terremotos/ondas_s%EDsmicas.htm

- **Ondas secundarias o de corte (S):** son las que ocurren cuando la vibración se presenta perpendicularmente a su orientación de extensión de las escotaduras. Para tal caso, la velocidad en que viaja o se propagan estas ondas es la mitad, por así decirlo, de la velocidad de las ondas primarias. (Zelaya, 2007).

Figura 2. Esquematización de onda "S"



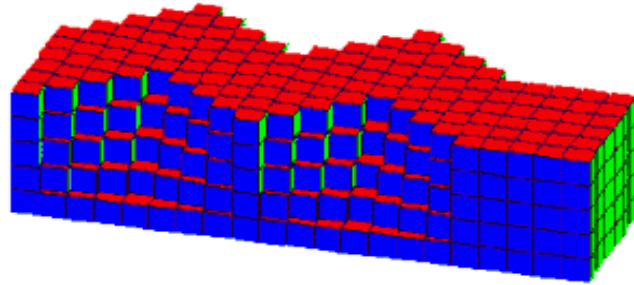
ONDA S

Fuente: https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Investigacion/Terremotos/ondas_s%EDsmicas.htm

b. Ondas Superficiales

- **Ondas Love (L):** estas escotaduras son de tipo horizontal y producen agitaciones perpendiculares a la orientación de transferencia de la energía. (Zelaya, 2007).

Figura 3. Esquematización de onda “L”

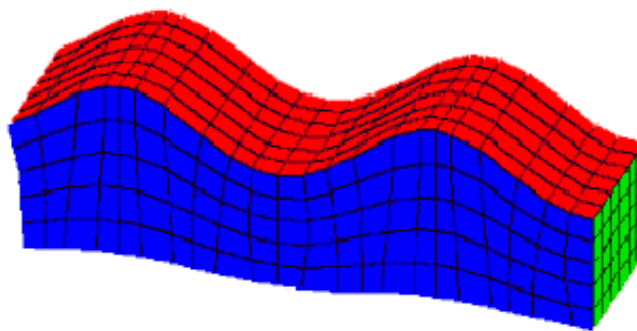


ONDA LOVE

Fuente: https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Investigacion/Terremotos/ondas_s%EDsmicas.htm

- **Ondas Rayleigh (R):** este tipo son las que vibran en un plano vertical. Se caracteriza porque son las que recorren grandes distancias. Se mueve a lo largo del terreno, mucho se asemeja a una ola que viaja a lo largo del océano. Mientras va avanzando, sacude el terreno tanto de arriba hacia abajo, dejando consecuencias muchas veces catastróficas (Zelaya, 2007).

Figura 4. Esquematización de onda “R”



ONDA RAYLEIGH

Fuente: https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Investigacion/Terremotos/ondas_s%EDsmicas.htm

2.2.3. Historia Sísmica del Perú

Es muy conocido que el Perú es una zona de actividad sísmica alta, esto debido a que se ubica en un sector en donde dos placas tectónicas colisionan. Se hace referencia a la placa de Nazca, que en gran proporción ocupa el subsuelo del océano Pacífico y por otro lado la placa Sudamericana. Suele ocurrir que la placa de Nazca se introduce por debajo de la placa Sudamericana, a este proceso se le conoce como Subducción. La Cronología histórica de los terremotos más destructivos se muestra en la siguiente imagen:

Figura 5. Cronología Histórica de los terremotos más destructivos en el Perú 1533-2017

1. • Lima, 1533: un temblor es advertido por Hernando Pizarro antes de llegar al santuario de Pachacamac;
2. • Arequipa, VIII-1555: quedan casas dañadas y provoca la muerte de varias personas, de acuerdo con el Libro de Cabildos de dicha ciudad;
3. • Lima, 15-XI-1555: causa desperfectos en las edificaciones
4. • Arequipa, 22-I-1582: deja en ruinas a la ciudad, siendo derribadas más de 300 casas y pereciendo más de 35 personas;
5. • Lima, 9.VII-1586: con destrucción de edificaciones aunque pocas pérdidas humanas. La tierra quedó temblando por 60 días y fue sentido en Huánuco y en Cuzco;
6. • Costa sur, 24-XI-1604: deja en ruinas a Arequipa, Moquegua, Tacna, Arica y los daños se extienden hasta Ica. También se produjo un tsunami que destruyó el puerto de Arica y el de Pisco;
7. • Trujillo, 14-II-1619: con extensión a las Villas de Saña y Santa, muriendo más de 350 personas;
8. • Cuzco, 31-III-1650: son derribados los templos y la mayor parte de las edificaciones, extendiéndose los daños a Abancay y Andahuaylas;
9. • Lima, 13-XI-1655: fueron derribadas muchas casas y edificaciones;
10. • 12-V-1644: Ica, donde mueren más de 300 personas. A este le siguieron 60 temblores más, aunque de menor intensidad;
11. • Lima, 20-X.1687: dos terremotos ocasionan la ruina total de la capital. Sus efectos fueron desastrosos, siendo sentidos en las haciendas de Cañete, Ica, Palpa, Nazca y Camaná. Se calcula en 300 las víctimas, con movimientos de tierra hasta el 12-XII de ese mismo año;
12. • Pisco, 10-II-1716: provoca el derrumbe de las casas y, al abrirse la tierra, la expulsión de agua;
13. • Lima, 28-X-1746: terremoto de probable intensidad en grado 11 en escala de Mercalli. Cuando aún la capital no terminaba de reponerse del terremoto de 20-X-1687, éste provoca que de las 3000 casas existentes sólo quedasen en pie 25 de ellas, destruyéndose incluso la catedral. El número de víctimas se calculó, de acuerdo con testimonios contemporáneos, en 1.141 personas para una población de 60.000 habitantes. El Callao también quedó afectado pues un tsunami causó numerosas víctimas. En las 24 horas siguientes se contaron cerca de 200 temblores más;
14. • Arequipa, 13-V-1784: provoca la muerte de 54 personas junto a la ruina de edificios y viviendas;
15. • Lima, 1-XII-1806: tsunami que causa daños en buques de la bahía;

16. • Arequipa, 10-VII-1821: daños en Camaná, Ocoña, Caravelí, Chuquibambaba y Valle de Majes;
17. • Lima, 30-III-1868: con graves consecuencias para las edificaciones, como la catedral, que quedó en ruinas. Por las estadísticas de contemporáneos se calcula en 180 los muertos;
18. • Costa sur9-V-1877: con tsunami en los puertos de Ilo y Arica, siendo arrasados los puertos de Pabellón de Pica y;
19. • Lima, 9-III-1904: con derrumbes en las viviendas, siendo sus efectos sentidos en Casma, Trujillo, Huánuco, Pisco, Ica y Ayacucho;
20. • Caravelí, 6-VIII-1913: con averías en edificios públicos y viviendas;
21. • Apurímac, 4-XI-1913; provoca la destrucción de varios caseríos de la provincia de Aymaraes;
22. • Lima, 11-II-1926: con efectos en Chosica, Cañete, Chiclayo e Ica;
23. • Carabaya, 9-IV-1928: ocasionando el desprendimiento de enormes masas de hielo y aluviones;
24. • Chachapoyas, 14-V-1928: destrucción de la ciudad de Chachapoyas y en varias ciudades interandinas del norte del Perú;
25. • Lima, 24-V-1940: con una intensidad aproximada de 8 grados en escala de Mercalli. Dejo un saldo de 179 muertos y 3,500 heridos. El 38% de las viviendas resultaron afectadas y los daños se prolongaron al Callao, Chancay, Huacho y Lurin. También fue percibido en Trujillo, Piura, el Callejón de Huaylas, Cajamarca, Chota, Hualgayoc, Huancavelica, Oxapampa, Cuzco y Puno;
26. • Cuzco, 18-IX-1941: con daños en iglesias, capillas, edificios públicos y viviendas;
27. • Ica y Arequipa, 24-VIII-1942: fallecen 30 personas y se desploman las viviendas. Su intensidad fue de 4 grados en la escala de Mercalli;
28. • Pisco, 29-IX-1942: destruyó la ciudad y el puerto;
29. • Pallasca y Pomabamba, en Ancash, 20-XI-1946; provocó la muerte de 1,936 personas con un área de percepción de 450,000Km²;
30. • Arequipa, Moquegua y Tacna, 11-V-1948, y Cañete, 28-V-1948: hubo pérdidas materiales notables;
31. • Cuzco, 21-V-1950: destrucción de mas de la mitad de las viviendas y una intensidad de 7 grados en la escala de Mercalli;
32. • Ica, 9-XII-1950: ocasiona averías de consideración con la muerte de cuatro personas;
33. • Tumbes y Piura, 12-XII-1953: derrumbe de viviendas por sismo de 8 grados de intensidad en la escala de Mercalli;
34. • Arequipa, 15-I-19587: desprendimiento de piedras y destrucción de viviendas humildes;
35. • Arequipa, 26-VII-1958: rompimiento de tuberías, con epicentro en la frontera Perú-Bolivia;

36. • Tumbes a Chiclayo, 7-II-1959: ligeros deterioros en algunas casas;
37. • Ayacucho, 24-XII-1959: destrucción de 250 viviendas con inhabilitación de vías terrestres;
38. • Arequipa, 13-I-1960: destrucción de algunas construcciones de sillar con inhabilitación de carreteras a causa de un sismo de 9 grados en la escala de Mercalli;
39. • Lima y provincias sureñas de Lima, 15-I-1960: derrumbe de casas de construcción precaria;
40. • Cordillera Negra, 24-IX-1963: daños en las construcciones rurales, con deslizamientos y averías en los canales de irrigación;
41. • Lima; 17-X-1966: sismo con intensidad de 8 grados de la escala de Mercalli, sus efectos se sintieron entre Lima y Supe, dejando un saldo de 100 muertos;
42. • San Martín, 19-VI-1968: deslizamientos con daños en las viviendas de adobe;
43. • Ancash, **31-V-1970**: muerte de 50,000 personas, 20,000 desaparecidos y 150,000 heridos a causa de la avalancha que siguió al terremoto y sepultó al pueblo de Yungay. De acuerdo con una evaluación de los daños 60,000 viviendas necesitaban reconstruirse; quedó inhabilitado el alcantarillado de 18 ciudades; hubo destrucción de 6,730 aulas; reducción de capacidad de energía eléctrica de Ancash y la Libertad a un 10% por los daños causados en la Central Hidroeléctrica de Huallanca; daño de capacidad de irrigación de 110 mil ha.; interrupción del 77% de los caminos entre la Libertad y Ancash y del 40% de los existentes entre Chancay y Cajatambo;
44. • Lima, **3-X-1974**: muerte de 78 personas y un alto costo material;
45. • Arequipa, **16-II-1979**: alcanza una intensidad de 6,2 grados de la escala de Richter;
46. • Cuzco, **4-IV-1986**: afecta a la ciudad y sus alrededores, con una intensidad de 5,4 grados de la escala de Richter;
47. • Moyobamba, **30-V-1990**: sismo de 6,1 grados de la escala de Richter;
48. • Moyobamba, **4 y 5-IV-1991**: dos sismos simultáneos alcanzan los 6,0 y 6,5 grados en la escala de Richter;
49. • Lima, **18-IV-1993**: movimiento sísmico de 5,8 grados en la escala de Richter sacude la capital;
50. • Nazca, **12-XI-1996**: terremoto de 7,7 grados en la escala de Richter provoca la muerte de 17 personas; 1,500 heridos y 100,000 damnificados. La ciudad quedó destruida;
51. • Región sur, **3-IV-1999**: conocido como el "terremoto de Arequipa", llega a los 6 grados en la escala de Richter;
52. • Chuschi, Ayacucho, **31-X-1999**: alcanza los 4 grados en la escala de Richter;

53. • Moquegua, **23-VI-2001**: terremoto de 7 grados en la escala de Richter; afecta al 80% de la población, ocasionando el derrumbe de algunos poblados, del 90% de las viviendas. La ciudad quedó incomunicada y las líneas telefónicas y viviendas fueron seriamente dañadas, en ciudades aledañas, como Arequipa y Tacna, murieron más de 70 personas. Además, un fuerte tsunami arrasó la localidad de Camaná. La onda sísmica fue sentida en Lima y también, con menor intensidad, en Tumbes, Talara Sullana y Piura.

54 • El terremoto del **15-VIII-2007** es obviamente calificable como desastroso porque trajo al piso elevados porcentajes de las edificaciones de las ciudades de Chincha, Pisco, Ica, Tambo de Mora, Leoncio Prado y otros centros poblados de Ica, Lima, Apurímac y Ayacucho, que afectaron rudamente a más de 35,000 familias "damnificadas" (que implica la destrucción de sus viviendas), según el Instituto Nacional de Defensa Civil; y determinaron la muerte de alrededor de 600 personas.

Fuente: Alayo, L. (2007)

2.2.4. Historia Sísmica del Norte del Perú

Ahora, otra clasificación de los sismos en la historia del Perú, es por zonas. En la zona norte del Perú la historia señala los siguientes eventos que se presentan en la imagen:

Figura 6. Catálogo Sísmico del Norte del Perú

Fecha	Hora	Descripción
1606, marzo 23	15:00	Se estremeció violentamente la tierra en Zaña, Lambayeque.
1619, febrero 14	11:30	Terremoto en el Norte del Perú que arruinó los edificios de Trujillo y sus templos extendiéndose la destrucción a las Villas de Zaña y Santa.
1725, enero 07	23:25	Notable movimiento sísmico que ocasionó diversos daños en Trujillo. En los nevados de la Cordillera Blanca originó la rotura de una laguna glaciaria, la cual arrasó un pueblo cercano a Yungay, muriendo 1500 personas.
1759, setiembre 02	23:15	Un gran temblor causó cinco víctimas en Trujillo y averió sus construcciones. Sentido a lo largo de la costa entre Lambayeque, hasta la villa de Santa.
1814, febrero 01	05:00	En Piura, fortísimo temblor que maltrató edificios y viviendas.
1857, agosto 20	07:00	Fuerte sismo en Piura, de cuarenta y cinco segundos de duración que destruyó muchos edificios. Se abrió la tierra, de la cual emanaron aguas negras. Daños menores en el Puerto de Paita.
1877, noviembre 26	----	Chachapoyas sufrió los efectos de una recia sacudida de tierra.
1902, enero 02	09:08	Fuerte y prolongado movimiento de tierra en Casma y Chimbote donde causó alarma. Sentido moderadamente en Chiclayo y Paita. Leve en Lima. A las 10 horas se repitió en Casma, con menor intensidad.
1905, abril 23	23:15	Movimiento Sísmico sentido a lo largo de la costa litoral entre Tumbes y el Valle de Santa.
1906, enero 09	05:00	Hubo temblor en el noroeste del país. Fuerte en Piura y Paita, mediado en Trujillo.
1907, junio 20	06:33	Sismo localizado por Sieberg (1930) a 7°S, 81°O. Grado IV de Mercalli en Chiclayo, Lambayeque y Éten. Grado IV en Olmos y en menor intensidad en Trujillo.
1907, noviembre 16	05:10	Temblor sentido en la Costa, entre Lambayeque y Casma en la región central en Tarma. Cerro de Pasco, Huancayo y en la selva entre Masissea y Puerto Bermúdez.
1912, julio 24	06:50	Terremoto en el Norte, arruinó la ciudad de Piura y poblaciones circunvecinas, ocasionando muertos y heridos. Se estimó una intensidad de X – XI en el área epicentral que parece hoy exagerados en vista del tipo, edad y calidad las construcciones que predominan en esa ciudad a comienzos del siglo.
1917, mayo 20	23:45	Fuerte temblor en Trujillo que agrietó paredes en edificios públicos, Palacio Arzobispal, local de la Beneficencia, hospitales, iglesias, monasterios y en muchas viviendas. El sismo fue fuerte en Zaña a 150 km al norte de Trujillo, en Chimbote y Casma.

1928, mayo 14	17:12	Notable conmoción sísmica que trajo devastación y muerte en varias poblaciones interandinas en el Norte del Perú. Sufrió casi total destrucción la ciudad de Chachapoyas (2318 msnm), capital de departamento de Amazonas, edificada en el valle de Utcubamba.
1928, julio 18	14:05	Una fuerte réplica del terremoto del 14 de mayo, causa en Chachapoyas el desplome de algunas casas que se encontraban ya desarticuladas con motivo de ese gran sismo.
1937, junio 21	10:13	Gran temblor sentido en la costa desde el paralelo 5° hasta 11° de latitud sur y hacia el interior unos 180 km. Área probable de percepción: 315.00 km. En la ciudad de Trujillo ocasionó caída de cornisas y rajaduras de paredes. En Lambayeque y en el puerto de Salaverry, derrumbes parciales de las torres de las iglesias.
1938, julio 06	23:50	Movimiento sísmico en el noroeste del Perú sentido fuertemente en Piura, Sullana, Chulucanas, lugares en los que causó alarma. Percibido con regular intensidad Chepén y Lambayeque.
1940, mayo 24	11:35	La ciudad de Lima y poblaciones cercanas fueron sacudidas por un terremoto, cuya intensidad apreciada por sus efectos sobre las construcciones urbanas se aproximó al Grado VII - VIII MM. Tuvo una vasta área de percepción, que comprendió casi todo el Perú.
1951, mayo 08	15:03	Movimiento sísmico regional sentido entre los paralelos 7° y 12° latitud S. En la ciudad Chiclayo tuvo el grado V de escala MM
1951, junio 23	20:44	Sismo originado en el océano, frente a las costas del litoral del Norte. En la ciudad de Trujillo y el puerto de Pacasmayo, se apreció una intensidad del grado V, de la escala de MM. Sentido en las poblaciones de Cajamarca y en el Callejón de Huaylas
1952, marzo 30	19:51	Fuerte movimiento sísmico en el Norte del Perú. Los moradores de la población andina de Cutervo, pernoctaron en carpas. Intensidad apreciada, alcanzó en Cajamarca y Chota (Grado V – VI MM).
1954, junio 15	08:30	La región nororiental fue conmovida por un fuerte sismo que causó ligeros daños materiales en las construcciones de las ciudades de Moyobamba, Celendín y Chachapoyas. El fenómeno se percibió en un área aproximada de 460,000 Km ² incluyendo Lima.
1955, agosto 19	02:45	Fuerte movimiento sísmico estremeció la zona norte del país. Ligeramente destructor en la Hacienda Cartavio (Trujillo) y en el puerto de Chimbote. Sentido desde Piura hasta el sur de Lima.
1959, febrero 07	04:38	La región costera del noroeste entre Tumbes y Chiclayo, fue sacudida por otro fuerte sismo que ocasionó ligeros deterioros en algunas viviendas de concreto en la ciudad de Talara. Intensidad grado VI MM.
1960, noviembre 20	17:02	Movimiento sísmico en el Norte. En Piura ocasionó dos muertos, varios heridos y daños a las construcciones, después un pequeño tsunami golpeaba las costas del departamento de Lambayeque, una ola de nueve metros de altura, causó daños en los puertos de Éten y Pimentel y en las caletas de Santa Rosa y San José.
1962, noviembre 15	18:25	Originado en la costa frente a Trujillo. Daños leves a las construcciones pobres. Sentido en Chiclayo, Trujillo y Chimbote.
1963, agosto 30	10:30	Intenso temblor en el noroeste. Rotura de objetos decorativos y menaje en Piura. Grado V MM. Alarma en Chiclayo y Trujillo.
1969, febrero 4	23:11	Las ciudades del norte del país especialmente Trujillo y Chiclayo, fueron sacudidas por un violento sismo. En Chiclayo causó gran alarma.

1970, mayo 31	----	Un domingo por la tarde ocurrió uno de los más catastróficos terremotos en la historia del Perú y posiblemente del hemisferio occidental. Murieron ese día 50,000 personas, desaparecieron 20,000 y quedaron heridos 150,000, según el informe de la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada (CRYRZA). La mayor mortalidad se debió a la gran avalancha que siguió al terremoto y que sepultó el pueblo de Yungay.
1970, diciembre 09	23:55	Un sismo de magnitud 7.2 sacudió y averió edificaciones de los poblados del noroeste del Perú. Murieron 48 personas. En Ecuador, hubo tantos otros muertos y daños materiales. La máxima intensidad fue de VIII grados en la Escala MM.
1971, julio 10	20:33	Un fuerte sismo en el noroeste del país, produjo en Sullana, la caída de dos viviendas antiguas ya dañadas por el terremoto de diciembre de 1970 y ligeros desperfectos en otras viviendas. Hubo alarma en Piura, Tumbes, Chiclayo y Trujillo.
1972, marzo 22	02:34	Juanjui y Saposoa, edificadas a orillas del río Huallaga, fueron remecidas violentamente por un sismo que dejó 22 heridos y alrededor de quinientas viviendas inhabitables entre derrumbadas y semi destruidas.

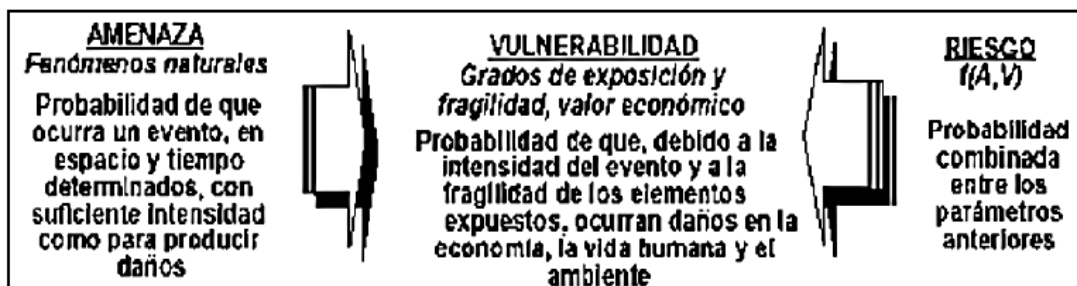
Fuente: Silgado (1979).

2.2.5. Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica puede definirse como el grado a la cual está expuesta una estructura o edificación a un determinado movimiento sísmico, sea de cualquier tipo o característica que presentara. Hablar de vulnerabilidad sísmica es hacer alusión a otro concepto como es el riesgo sísmico de una edificación, ya que esta depende de su vulnerabilidad. Existe el temor que por la antigüedad de una estructura se puedan presentar daños importantes por acción de sismos futuros, es así que se busca emprender un proceso de evaluación de su vulnerabilidad estructural, con la única meta de mantener niveles mínimos de seguridad. Se contempla dos aspectos fundamentales: por un lado, está la tipificación y evaluación de los datos y por otro lado está la determinación de sus causas. Se señala que los daños frecuentemente son debidos a los siguientes factores: factores geológicos, factores estructurales, factores arquitectónicos, factores constructivos y factores socio económicos (Alonso, 2015).

La Vulnerabilidad Sísmica mantiene estrecha relación con la “Amenaza” y “Riesgo”, se puede observar lo siguiente:

Figura 7. Relación de la vulnerabilidad con amenaza y riesgo sísmico



Fuente: Tomado de CEPAL (la Comisión Económica para América Latina y el Caribe) y BID (Banco Interamericano de Desarrollo) “Un tema de desarrollo: La Reducción de la Vulnerabilidad frente a los desastres”

Entonces, debido a que existen diversas consecuencias particularidades para diferenciar los daños sufridos luego del movimiento sísmico, es necesario contar con una clasificación de vulnerabilidad para las estructuras, ya que no todas cuentan con el mismo diseño y/o proceso de elaboración. Se señalan así tres tipos: la vulnerabilidad estructural, la no estructural, y la funcional.

✓ ***Vulnerabilidad Estructural:***

Este tipo de vulnerabilidad hace referencia al grado en que se puede dañar los elementos estructurales que soportan las cargas del propio edificio en sí. Estas son las columnas, vigas, muros, losas, placas, etc. Cuando esto pase, entonces podemos señalar que la edificación es estructuralmente vulnerable con índice alto, quedando expuesta al colapso.

✓ ***Vulnerabilidad No Estructural:***

Hace referencia al grado en que puede quedar una estructura y no necesariamente debido a sus elementos estructurales, sino a elementos externos de la edificación que muchas veces juegan un rol mucho más importante, dejando al borde del colapso a la edificación. Entre estos podemos citar a manera de ejemplo los equipos mecánicos, elementos arquitectónicos y elementos que no se encuentran fijos a la estructura.

✓ ***Vulnerabilidad Funcional:***

Señala una vulnerabilidad diferente, desde la perspectiva de servicios, quiere decir que evalúa el estado de tuberías de agua, desagüe,

instalaciones eléctricas, aparatos sanitarios. Son estos elementos que determinarán si la estructura retoma su funcionalidad o queda en desuso.

2.2.6. Método del Índice de Vulnerabilidad Sísmica

El método del índice de vulnerabilidad Benedetti y Petrini nace en Italia con motivo de los estudios post-terremotos realizados a partir de 1976. Por ello nos pudo arrojar unos resultados los cuales nos dio un importante banco de datos sobre daños de edificios para diferentes intensidades de terremotos y las comprobaciones realizadas demuestran buenos resultados en la aplicación del método. El método del Índice de Vulnerabilidad puede clasificarse como subjetivo, porque evalúa los rangos más resaltantes que revisan el daño estructural. Las edificaciones se clasificaron mediante el índice de vulnerabilidad. Estas funciones permiten formular el índice de vulnerabilidad para cada grado de intensidad macrosísmica de terremoto y evaluar de manera rápida y sencilla la Vulnerabilidad sísmica de edificios, condiciones que resultan imprescindibles para desarrollar estudios urbanos a gran escala.

Este método propuesto consta con once parámetros que nos permitirán calificar la vulnerabilidad sísmica en los edificios, los cuales son:

1. *Organización del sistema sismo resistente*
2. *Calidad del sistema resistente*
3. *Resistencia convencional*
4. *Influencia de la cimentación*
5. *Elementos horizontales*
6. *Configuración en planta*
7. *Configuración en altura*
8. *Separación máxima entre muros*
9. *Tipo de cubierta*
10. *Elementos no estructurales*
11. *Estado de conservación*

El índice de vulnerabilidad para edificaciones de albañilería es obtenido por una suma ponderada de los valores numéricos los cuales expresan la calidad sísmica de cada parámetro estructural y no estructural. A cada parámetro se

le califica durante las inspecciones a la edificación con una de las cuatro clases A, B, C, D. Lo cual nos dice que la calificación “A” es la más óptima, mientras que la “D” es la más desfavorable, conforme se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 1.

Escala del Índice de Vulnerabilidad para Albañilería

NÚMERO	PARÁMETRO	Ki A	Ki B	Ki C	Ki D	PESO Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1
2	Calidad del Sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de Conservación	0	5	25	45	1

Nota: Benedetti y Petrini “Escala numérica del índice de vulnerabilidad I_v de las edificaciones de mampostería”.

Y para obtener el índice de vulnerabilidad aplicamos la siguiente fórmula:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i * W_i$$

2.2.7. *Parámetros del Método del Índice de Vulnerabilidad Sísmica*

- **Parámetro 1: Tipo y Organización del Sistema Resistente**

En este parámetro se lleva a aparejo la valoración del nivel de tutela de los elementos verticales no teniendo en cuenta el tipo de material. En el caso de estructuras de albañilería las uniones deben asegurar el comportamiento de la edificación.

Se asigna de acuerdo con los siguientes puntos:

- **ALBAÑILERIA:**

A : Estructuras de albañilería que cumplan la norma E 070.

B : Estructuras que incumplen con al menos un requisito de la norma E 070.

C : Estructuras que presentas fallas o deficiencias en el proceso constructivo que no presenten vigas o columnas según corresponda.

- **Parámetro 2: Calidad del Sistema Resistente**

- **ALBAÑILERIA:**

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

1. Ladrillo de buena calidad y resistencia con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro
2. Presencia de buen amarre entre unidades de albañilería.
3. Mortero de buena calidad con espesor de 10 - 15 mm.

B : El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

C : El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.

D : El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.

- **Parámetro 3: Resistencia Convencional**

- **ALBAÑILERIA**

Con las referencias de un comportamiento rectangular perfecto evaluaremos la resistencia de mampostería de una edificación.

El coeficiente sísmico **C**, se define como el factor entre la fuerza horizontal resistente al pie del edificio dividido entre el peso del mismo y está dado por la expresión.

$$\alpha = \frac{C}{C'}, \dots (1)$$

$$C = \frac{a_0 * \tau_k}{q * N} \sqrt{1 + \frac{q * N}{1.5 * a_0 * \tau_k * (1 + \gamma)}}$$

$$q = \frac{(A + B) * h}{A_t} * P_m + P_s$$

Observamos que el término “q” es el peso piso por unidad de área techada que a su vez es igual al peso de muros adicionando el diafragma, ya que no hay variaciones excesivas en los diferentes pisos de la estructura.

El factor α , es una de las cuatro clases, siendo C el coeficiente sísmico de referencia que se toma como según las Zonas de amenaza sísmica y movimientos.

Donde:

N = # de niveles,

τ_k = Resistencia a corte de los paneles de mampostería (18 ton/m²),

A_t = Área total techada (m²),

h = Altura libre promedio entrepisos (m),

P_m = Peso específico de la mampostería (1.80 ton/m³),

P_s = Peso por unidad de área de forjado (0.38 ton/m²),

A_x, A_y = Son todas las áreas totales resistentes de muros (m²) en la dirección “x” e “y” respectivamente,

$$A = \min [A_x, A_y],$$

$$B = \max [A_x, A_y],$$

$$a_0 = A/A_t,$$

$$y = A/B$$

A : Edificio con $\alpha \geq 1$.

B : Edificio con $0.6 \leq \alpha \leq 1$.

C : Edificio con $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$.

D : Edificio con $\alpha \leq 0.4$.

- **Parámetro 4: Posición del Edificio y Cimentación**

Realizamos una verificación de manera visual del terreno y de la cimentación.

Para esto se toman los siguientes aspectos:

- a. La consistencia y pendiente del terreno.
- b. La eventual ubicación de la cimentación a diferente cota.
- c. Presencia de la humedad, sales, etc.

• **ALBAÑILERÍA**

- A : Edificación cimentada sobre suelo rígido y según la norma E. 070, sin presencia de humedad ni sales.
- B : Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible, según la norma E – 070, sin presencia de humedad ni sales.
- C : Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible, según la norma E – 070, con presencia de humedad y sales.
- D : Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica, con presencia de sales y humedad. Estado de conservación deteriorado.

- **Parámetro 5: Diafragmas Horizontales**

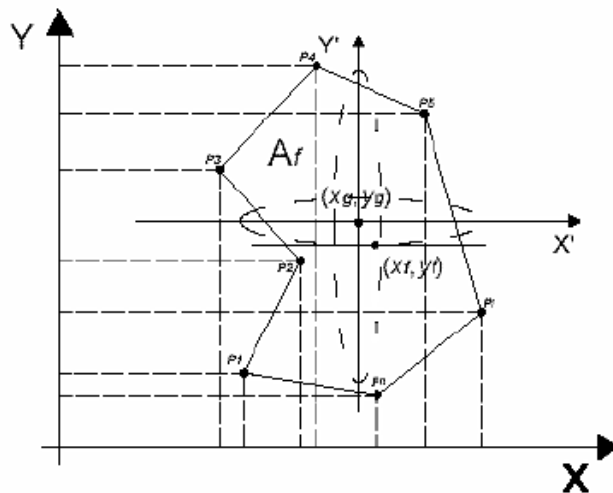
• **ALBAÑILERÍA.**

- A : Edificaciones con diafragma 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 muro es eficaz.
- B : Edificación que no cumple con una de las condiciones de la clase A.
- C : Edificación que no cumple con dos de las condiciones de la clase A.
- D : Edificación que no cumple con ninguna de las condiciones de la clase A.

- Parámetro 6: Configuración en Planta

Por la similitud de ciertos edificios que no poseen una simetría en su planta no nos permite evaluar el parámetro original. Para los edificios de albañilería proponemos lo siguiente:



“Sean $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$, los puntos de la forma geométrica correspondientes a las coordenadas $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$, que definen la planta de cada edificio. El centroide o centro de gravedad (x_g, y_g) se obtiene de las siguientes ecuaciones”

$$x_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * x_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$y_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * y_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

“En donde A_i , son áreas parciales auxiliares de la figura las cuales sirven para obtener el centro de gravedad y se obtienen de multiplicar $X_i * Y_i$. Se calcula, además, un valor medio de los puntos más alejados de la figura en donde cruza una línea imaginaria que pasa por el centro de gravedad, en donde, x_{min} , x_{max} , y_{min} y y_{max} , corresponden a los valores de los puntos Px_{min} , Px_{max} , Py_{min} y Py_{max} , respectivamente”

“al realizar todos los cálculos y obtenido los valores en “x” e “y”, reemplazaremos en las ecuaciones para obtener valores de la regularidad en ambas direcciones de la estructura (x_m e y_m). El valor máximo obtenido, permitirá determinar dicho parámetro”

$$x_m = \frac{(Px_{min} + Px_{max})}{2}$$

$$y_m = \frac{(Py_{min} + Py_{max})}{2}$$

$$IR_x = \frac{|x_g - x_m|}{\frac{1}{2}|x_{max} - x_{min}|}$$

$$IR_y = \frac{|y_g - y_m|}{\frac{1}{2}|y_{max} - y_{min}|}$$

$$IR = \max(IR_x, IR_y)$$

- **ALBAÑILERIA**

- A : $IR \leq 0.10$.
- B : $0.10 < IR \leq 0.50$.
- C : $0.50 < IR \leq 1.00$.
- D : $IR > 1.00$.

- Parámetro 7: Configuración en Elevación

- **ALBAÑILERIA**

- A : si $0.75 < T/H$.
- B : si $0.50 < T/H \leq 0.75$.

C : si $0.25 < T/H \leq 0.50$.

D : si $T/H \leq 0.25$.

- **Parámetro 8: Distancia Máxima entre muros**

El parámetro indica que podemos aumentar el espaciamiento máximo, y podemos eliminar los muros internos secundarios, alteramos el **S** que es la vulnerabilidad sísmica del edificio y el grosor del muros y **L** es el espaciamiento máximo entre los muros transversales (Criollo P. & Santisteban J., 2018).

- **ALBAÑILERIA**

A : si $L/S \leq 15$.

B : si $15 < L/S \leq 18$.

C : si $18 < L/S \leq 25$.

D : si $25 < L/S$.

- **Parámetro 9: Tipo de Cubierta**

- **ALBAÑILERIA**

A : Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano. Edificación con cubierta plana.

B : Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.

C : Cubierta inestable de material liviano y en malas condiciones.

D : Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

- **Parámetro 10: Elementos no Estructurales**

- **ALBAÑILERIA**

A : Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.

B : Edificación con balcones y parapetos bien conectados al sistema resistente.

C : Edificación con balcones y parapetos mal conectadas al sistema resistente. Elementos deteriorados debido a su antigüedad.

D : Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros

elementos de peso significativo, mal construido, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificios con balcones contruidos posteriormente a la estructura principal y conectada a esta de modo deficiente y en mal estado.

- Parámetro 11: Estado de Conservación

• **ALBAÑILERIA**

- A : Muros en buena condición, sin fisuras visibles.
- B : Muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras, menores a dos (02) milímetros.
- C : Edificación que no presenta fisuras, pero en mal estado de conservación; o muros con fisuras de tamaño medio de dos a tres milímetros.
- D : Muros con fuerte deterioro en sus componentes.

2.2.8. Método FEMA 154-Agencia Federal de Manejo de Emergencias EE. UU

FEMA 154 es una metodología netamente estadounidense propuesta por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) que tiene como objetivo primordial el cuidar la vida humana y también el reducir la pérdida de vidas humanas ante cualquier situación de peligro; una de las actividades con más responsabilidad que tienen es el de proteger a las comunidades de los Estados Unidos de todos los riesgos que se puedan suscitar tanto por desastres naturales como por actos de terrorismo. FEMA colabora, prepara, atiende, asiste, dirige y apoya a la nación estadounidense con un sistema integral de manejo de emergencias.

La institución u organización a lo largo del tiempo han venido desarrollando, implementando y diseñando diversos formatos para el registro preventivo de diversos peligros presentados en edificaciones. La gran mayoría son de gran ayuda ante la evolución o la toma de decisiones. Los formatos son de rápido llenado. El formato para el caso de evaluación de estructuras o edificaciones contempla los siguientes puntos:

1. Toma de datos del edificio o estructura.
2. Observar, identificar su tamaño y forma, y dibujar una vista en planta y elevación en el formato de registro de datos.
3. Determinar y documentar la ocupación y uso.
4. Determinar el tipo de suelo.
5. Identificar los peligros potenciales no estructurales.
6. Hallar el sistema estructural, ya sea desde el exterior o ingresando a la edificación, luego, seleccionar con un círculo el sistema estructural.
7. Identificar y seleccionar el puntaje estructural básico que corresponde al sistema estructural identificado.
8. Seleccionar los modificadores estructurales. Estos modificadores son el número de plantas, fecha de diseño, irregularidad vertical, irregularidad de planta y tipo de suelo.
9. Determinar la puntuación final S realizando la suma aritmética del puntaje estructural correspondiente a cada modificador identificado en el paso anterior.
10. Determinar si la edificación cuenta con una vulnerabilidad aceptable o no o si se requiere una evaluación detallada.

Figura 8. Formato RVS FEMA 154

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form**

<p>Scale: _____</p>	<p>Address: _____ _____ Zip _____</p> <p>Other Identifiers _____</p> <p>No. Stories _____ Year Built _____</p> <p>Screener _____ Date _____</p> <p>Total Floor Area (sq. ft.) _____</p> <p>Building Name _____</p> <p>Use _____</p> <div style="text-align: center; padding: 50px 0;"> <p>PHOTOGRAPH</p> </div>																																																																																																																																																																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">OCCUPANCY</th> <th colspan="2">SOIL</th> <th colspan="6">TYPE</th> <th colspan="4">FALLING HAZARDS</th> </tr> <tr> <td>Assembly</td> <td>Govt</td> <td>Office</td> <td colspan="2">Number of Persons</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> <td>F</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Commercial</td> <td>Historic</td> <td>Residential</td> <td>0-10</td> <td>11-100</td> <td>Hard</td> <td>Avg.</td> <td>Dense</td> <td>Stiff</td> <td>Soft</td> <td>Poor</td> <td>Unreinforced</td> <td>Parapets</td> <td>Cladding</td> <td>Other:</td> </tr> <tr> <td>Emer. Services</td> <td>Industrial</td> <td>School</td> <td>101-1000</td> <td>1000+</td> <td>Rock</td> <td>Rock</td> <td>Soil</td> <td>Soil</td> <td>Soil</td> <td>Soil</td> <td>Chimneys</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		OCCUPANCY		SOIL		TYPE						FALLING HAZARDS				Assembly	Govt	Office	Number of Persons		A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Commercial	Historic	Residential	0-10	11-100	Hard	Avg.	Dense	Stiff	Soft	Poor	Unreinforced	Parapets	Cladding	Other:	Emer. Services	Industrial	School	101-1000	1000+	Rock	Rock	Soil	Soil	Soil	Soil	Chimneys																																																																																																																																					
OCCUPANCY		SOIL		TYPE						FALLING HAZARDS																																																																																																																																																																																				
Assembly	Govt	Office	Number of Persons		A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																
Commercial	Historic	Residential	0-10	11-100	Hard	Avg.	Dense	Stiff	Soft	Poor	Unreinforced	Parapets	Cladding	Other:																																																																																																																																																																																
Emer. Services	Industrial	School	101-1000	1000+	Rock	Rock	Soil	Soil	Soil	Soil	Chimneys																																																																																																																																																																																			
<p>BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>BUILDING TYPE</th> <th>W1</th> <th>W2</th> <th>S1 (MRF)</th> <th>S2 (BR)</th> <th>S3 (LM)</th> <th>S4 (RC SW)</th> <th>S5 (URM INF)</th> <th>C1 (MRF)</th> <th>C2 (SW)</th> <th>C3 (URM INF)</th> <th>PC1 (TU)</th> <th>PC2</th> <th>RM1 (FD)</th> <th>RM2 (RD)</th> <th>URM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Basic Score</td> <td>4.4</td> <td>3.8</td> <td>2.8</td> <td>3.0</td> <td>3.2</td> <td>2.8</td> <td>2.0</td> <td>2.5</td> <td>2.8</td> <td>1.6</td> <td>2.6</td> <td>2.4</td> <td>2.8</td> <td>2.8</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>Mid Rise (4 to 7 stories)</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>+0.2</td> <td>+0.4</td> <td>N/A</td> <td>+0.4</td> <td>+0.4</td> <td>+0.4</td> <td>+0.4</td> <td>+0.2</td> <td>N/A</td> <td>+0.2</td> <td>+0.4</td> <td>+0.4</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>High Rise (> 7 stories)</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>+0.6</td> <td>+0.8</td> <td>N/A</td> <td>+0.8</td> <td>+0.8</td> <td>+0.6</td> <td>+0.8</td> <td>+0.3</td> <td>N/A</td> <td>+0.4</td> <td>N/A</td> <td>+0.6</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Vertical Irregularity</td> <td>-2.5</td> <td>-2.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.5</td> <td>N/A</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.5</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>N/A</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> </tr> <tr> <td>Plan Irregularity</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td>Pre-Code</td> <td>0.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-0.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.0</td> <td>-0.2</td> <td>-0.8</td> <td>-0.8</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.2</td> </tr> <tr> <td>Post-Benchmark</td> <td>+2.4</td> <td>+2.4</td> <td>+1.4</td> <td>+1.4</td> <td>N/A</td> <td>+1.6</td> <td>N/A</td> <td>+1.4</td> <td>+2.4</td> <td>N/A</td> <td>+2.4</td> <td>N/A</td> <td>+2.8</td> <td>+2.6</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Soil Type C</td> <td>0.0</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>Soil Type D</td> <td>0.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> </tr> <tr> <td>Soil Type E</td> <td>0.0</td> <td>-0.8</td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.0</td> <td>-1.2</td> <td>-0.8</td> <td>-1.2</td> <td>-0.8</td> <td>-0.8</td> <td>-0.4</td> <td>-1.2</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> </tr> </tbody> </table>															BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8	Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0	High Rise (> 7 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A	Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2	Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A	Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM																																																																																																																																																																															
Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8																																																																																																																																																																															
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0																																																																																																																																																																															
High Rise (> 7 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A																																																																																																																																																																															
Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0																																																																																																																																																																															
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5																																																																																																																																																																															
Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2																																																																																																																																																																															
Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A																																																																																																																																																																															
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4																																																																																																																																																																															
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6																																																																																																																																																																															
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8																																																																																																																																																																															
<p>FINAL SCORE, S</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:75%; height: 40px; vertical-align: top;"> <p>COMMENTS</p> </td> <td style="width:25%; text-align: center; vertical-align: top;"> <p>Detailed Evaluation Required</p> <p>YES NO</p> </td> </tr> </table>															<p>COMMENTS</p>	<p>Detailed Evaluation Required</p> <p>YES NO</p>																																																																																																																																																																														
<p>COMMENTS</p>	<p>Detailed Evaluation Required</p> <p>YES NO</p>																																																																																																																																																																																													

* = Estimated, subjective, or unreliable data
 DNK = Do Not Know
 BR = Braced frame
 FD = Flexible diaphragm
 LM = Light metal
 MRF = Moment-resisting frame
 RC = Reinforced concrete
 RD = Rigid diaphragm
 SW = Shear wall
 TU = Tilt up
 URM INF = Unreinforced masonry infill

Fuente: tomado de: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (AHandbook – FEMA 154)

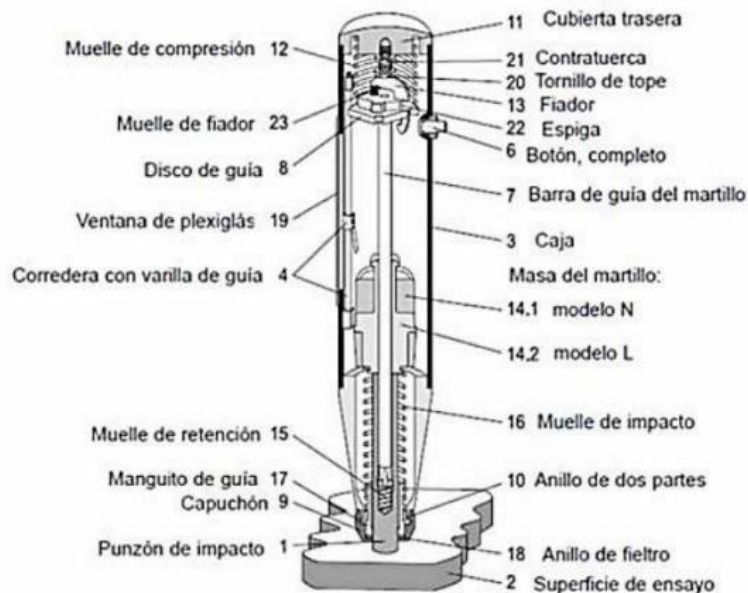
2.2.9. Ensayo de Esclerometría

El Esclerómetro es un instrumento de medición empleado, generalmente, para la determinación de la resistencia a compresión en hormigones ya sea en pilares, muros, pavimentos, etc. En algunos países ya no se usa para determinar la resistencia del hormigón endurecido, sino que solamente se utiliza para evaluar la uniformidad del hormigón in situ, delinear zonas de hormigón deteriorado o de baja calidad o estimar el desarrollo de resistencias in situ.

Su funcionamiento consiste en una pesa tensada con un muelle. Dicha pesa tensada es lanzada contra el hormigón y se mide su rebote. Aunque no es un método excesivamente fiable, su uso está muy extendido. Proporciona valores aproximados y se emplea principalmente como método de comprobación, siendo menos usado que el ensayo de compresión.

En 1950 se diseñó el primer esclerómetro para la medición no destructiva del hormigón. Patentado con el nombre SCHMIDT, su valor de rebote "R" permite medir la dureza de este material. se ha convertido en el procedimiento más utilizado, a nivel mundial, para el control no destructivo en hormigón.

Figura 9. Sección del esclerómetro



Fuente: Tomado de STUDOCU

Es un método muy subjetivo. Según quién lo haga y cómo lo haga, arrojará unos valores más o menos fiables. Algunas de las causas que pueden alterar el valor son:

- ✓ Si no está el esclerómetro perfectamente perpendicular con la superficie, nos dará un rebote menor.
- ✓ Si la superficie no está muy limpia y pulida nos dará valores menores (capas de pintura o polvo crean una capa blanda que amortigua el golpe).
- ✓ El hormigón es una mezcla de cemento, grava y arena. Si golpeamos sobre una piedra nos dará una dureza mayor.
- ✓ Si es hormigón armado corremos el riesgo de golpear cerca de una barra corrugada de acero, con una dureza mucho mayor.
- ✓ La posición del aparato, en casos de 4 ensayos comparativos, deberá tener la misma dirección. La posición normal del aparato es horizontal. De actuar verticalmente incide la acción de la gravedad, dando resultados de rebotes más altos actuando hacia abajo y más bajos hacia arriba.

Figura 10. Posición del Esclerómetro



Fuente: Tomado de STUDOCU

2.2.10. Ensayo Escáner de Armaduras

A menudo resulta difícil saber qué se encuentra debajo de la superficie de un suelo, techo o muro mientras se trabaja en obra.

Sin embargo, con los escáneres de hormigón, podrás averiguar lo que hay debajo sin necesidad de dañar físicamente el hormigón u otros materiales base. Utilizar los sistemas de detección para localizar objetos metálicos y no metálicos antes de taladrar, perforar, serrar o cortar.

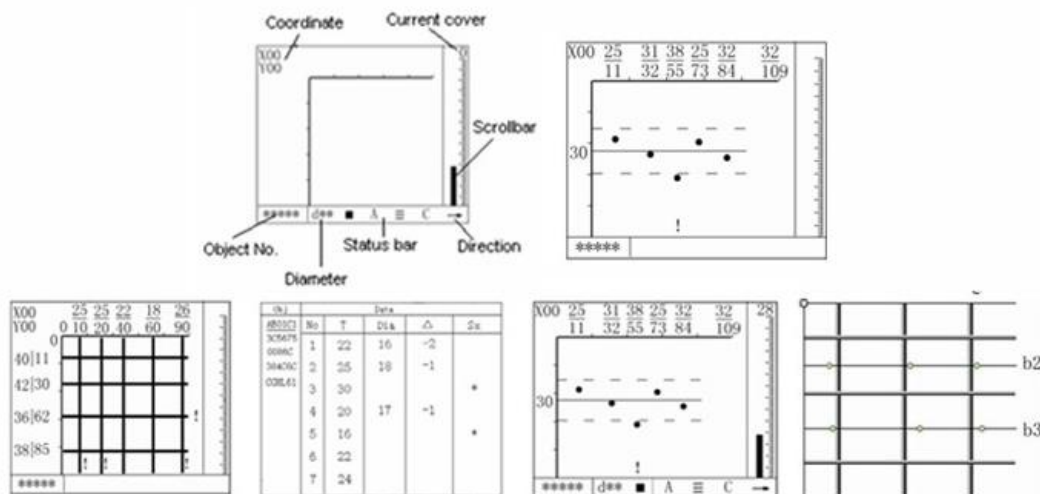
En este caso nos permitirá identificar el diámetro de refuerzo longitudinal de la viga.

Figura 11. Medidor de cobertura y localizaciones de barras



Fuente: Tomado de T-MEASUREMENT

Figura 12. Visualización de la pantalla del escáner



Fuente: Tomado de T-MEASUREMENT

2.3. Marco conceptual

- **Cornisa:**

“Una cornisa es el área horizontal superior que sobresale, como moldura a lo largo de la parte superior de una pared o justo debajo de la línea de un techo. Cuerpo moldurado que sirve de remate a otro. Parte sobresaliente superior de un entablamento. Moldura que cubre el ángulo formado por el paramento y el cielo raso” (Arquitectura Pura)
- **Confinamiento:**

“Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante” (Ministerio de vivienda, 2018)
- **Muro de arriostre:**

“Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral” (Ministerio de vivienda, 2018)
- **Altura efectiva:**

“Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real” (Ministerio de vivienda, 2018)
- **Torsión estructural:**

“Cuando los centros de resistencia no coinciden con los centros de masa, las fuerzas sísmicas causan el movimiento torsional en la estructura. Las estructuras con los centros de masa y de resistencia no coincidentes se definen como estructuras asimétricas, y el movimiento torsional de tales estructuras durante un terremoto es definido como torsión natural o torsión estructural” (Gómez R.& Maldonado R., 2004).
- **Mampostería:**

“Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido” (Ministerio de vivienda, 2018).

- **Parapeto:**

“Son muros que se construyen en las azoteas de las edificaciones. Cuando el parapeto se ubica en los linderos del edificio o en el perímetro de un tragaluz se denomina parapeto exterior y cuando el parapeto sirve como divisorio de ambientes en la azotea se denomina parapeto interior” (Romero, 2017).

- **Licuefacción:**

“Fenómeno causado por la vibración de los sismos en los suelos granulares saturados y que produce el incremento de la presión del agua dentro del suelo con la consecuente reducción de la tensión efectiva. La licuación reduce la capacidad de carga y la rigidez del suelo. Dependiendo del estado del suelo granular saturado al ocurrir la licuación se produce el hundimiento y colapso de las estructuras cimentadas sobre dicho suelo” (Ministerio de vivienda, 2018).

- **Diafragma:**

“Un diafragma puede definirse como un conjunto estructural horizontal o ligeramente alejado de la horizontal, de espesor pequeño respecto de sus otras dos dimensiones, que tiene la capacidad de trabajar bajo fuerzas contenidas en su propio plano, y a su vez transmite las cargas al resto de elementos verticales. Comúnmente se usa en pisos y muros de cortante” (McCormac, 2011).

2.4. Hipótesis

La diferencia de grados de vulnerabilidad ante sismicidad entre el método Benedetti Petrini-Fema 154 será del orden $\pm 20\%$.

2.5. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VULNERABILIDAD ANTE SISMICIDAD	<p>La vulnerabilidad ante sismicidad puede definirse como el grado a la cual está expuesta una estructura o edificación a un determinado movimiento sísmico, sea de cualquier tipo o característica que presentara. Hablar de vulnerabilidad ante sismicidad es hacer alusión a otro concepto como es el riesgo sísmico de una edificación, ya que esta depende de su vulnerabilidad. Existe el temor que por la antigüedad de una estructura se puedan presentar daños importantes por acción de sismos futuros, es así que se busca emprender un proceso de evaluación de su vulnerabilidad estructural, con la única meta de mantener niveles mínimos de seguridad. Se contempla dos aspectos fundamentales: por un lado, está la tipificación y evaluación de los datos y por otro lado está la determinación de sus causas. Se señala que los daños frecuentemente son debidos a los siguientes factores: factores geológicos, factores estructurales, factores arquitectónicos, factores constructivos y factores socio económicos (Alonso, 2015).</p>	<p>La investigación se desarrollará en base a la evaluación y comparación de los resultados obtenidos luego de aplicar ambas metodologías, in situ y respaldados por el modelamiento estructural a la edificación, en conjuntos con ensayos a los elementos.</p>	<p>Aplicación del Método Italiano Benedetti Petrini</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Organización del sistema sismo resistente -Calidad del sistema resistente -Resistencia convencional -Influencia de la cimentación -Elementos horizontales -Configuración en planta -Configuración en altura -Separación máxima entre muros -Tipo de cubierta -Elementos no estructurales -Estado de conservación 	Intervalo
			<p>Aplicación del Método Estadounidense FEMA 154.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Región de Sismicidad. -Tipología del Sistema estructural. -Altura de edificación. -Irregularidad de estructura. -Código de Construcción. -Tipo de Suelo. 	
			<p>Ensayo de Esclerometría</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Toma datos. 	
			<p>Ensayo escaneo de armaduras</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de datos. 	
			<p>Evaluación de Estado actual</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de datos por observación. 	
			<p>Modelamiento Estructural</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de columnas. - Diseño de vigas. - Diseño de muros. - Diseño de losas. 	
			<p>Verificación de derivas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desplazamientos de la estructura. - En planta - En altura. 	
		<p>Analizar Irregularidades</p>			

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, porque tiene propósitos prácticos a raíz del conocimiento e información adquirida sobre ingeniería sismorresistente y estructural.

3.1.2. Nivel de Investigación

Descriptiva, debido a la necesaria recolección de datos de los objetos de estudio, para luego ser procesada y obtener resultados de acuerdo a lo previsto (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Edificación ubicada en la urb. Monserrate del distrito de Trujillo

3.2.2. Muestra

Conjunto habitacional de 04 niveles en la urb. Monserrate del distrito de Trujillo

3.3. Diseño de investigación

Según el diseño de investigación es de tipo no experimental – Transversal Descriptivo, dado que no existe la manipulación de variables independientes para encontrar resultados en la variable dependiente. Se recolectan datos con el propósito de describir, estudiar la única variable que se tiene para luego analizar su comportamiento en un solo periodo de tiempo.

Tabla 2**Esquema de Diseño de investigación No Experimental-Transversal****Descriptivo**

ESTUDIO	T1
M	O

Nota: Donde M es muestra y O es Observación

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación**3.4.1. Técnicas**

Dentro de las técnicas a utilizar tenemos las siguientes:

-Observación Directa: Se evaluarán *in situ* el estado situacional de las características estructurales, con el fin de verificar el estado de conservación y la condición de los materiales de construcción.

-Análisis documental: a través de la búsqueda de información en fuentes confiables se extrae datos importantes para la investigación; para posteriormente analizar. Además, recopilar datos que ayuden a analizar los principales problemas que afectan la variable de estudio.

3.4.2. Instrumentos

- Ficha observación para el método de Benedetti y Petrini.
- Ficha de observación para el método Fema 154.
- Cámara profesional Canon.
- Equipo de protección personal (EPP).
- Esclerómetro.
- Escáner de estructuras.
- Excel para elaborar los cálculos pertinentes.
- Word para elaborar el informe de tesis.
- AutoCAD elaborar planos estructurales en 2D
- Software de ingeniería para el modelamiento estructural de las edificaciones.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Para la investigación se realizaron diversas etapas, primeramente se realizó una búsqueda de información acerca del tema que se deseaba abordar, posteriormente se asistió in situ al lugar en donde se aplicaría el estudio, se observó y mediante fichas de observación se recolectaron los datos, estos datos fueron ordenados y tomados según la metodología a usar, luego con ayuda de software como Excel y AutoCAD se procedió a un primer modelado según lo obtenido por las fichas y también según obtenido con la cámara fotográfica, se analizaron los datos y se obtuvo un resultado, se procedió a realizar la comparación de la investigación y finalmente se llegó a una conclusión. Estos datos fueron respaldados por ensayos como el de esclerometría y escaneo de estructuras, así también con el modelado estructural de la edificación en un software más sofisticado de ingeniería civil.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Ensayo de esclerometría

Se realizó el ensayo de esclerometría para la evaluación de vulnerabilidad en el conjunto habitacional de 4 niveles según la norma de referencia ASTM C805 ubicado en la Urb. Monserrate.

Figura 13. Ensayo de esclerometría a estructura existente del lado derecho

ENSAYO REALIZADO A ESTRUCTURA EXISTENTE (LADO DERECHO DE EDIFICACIÓN)																		
CODIGO	MODIFICACIÓN	ELEMENTO ESTRUCTURAL	ÁNGULO DE IMPACTO	NÚMERO DE REBOTE (N)										PROMEDIO	RANGO DE VALIDEZ SEGÚN NORMA		PROMEDIO DEFINITIVO	RESISTENCIA REFERENCIAL (kg/cm ²)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		PROMEDIO - 6	PROMEDIO +6		
E-09	PRIMER NIVEL	COLUMNA 1	0	34.5	30.5	31.0	37.5	34.0	29.5	38.0	35.5	31.0	32.0	33.35	27.35	39.35	33.35	253.50
E-10	SEGUNDO NIVEL	COLUMNA 2	0	29.0	30.0	34.0	33.0	29.5	38.0	33.0	30.5	32.5	28.5	31.8	25.8	37.8	31.8	234.40
E-11	TERCER NIVEL	COLUMNA 3	0	34.5	37.5	37.0	37.0	36.0	38.5	35.0	35.5	36.0	32.5	35.95	29.95	41.95	35.95	289.50
E-12	CUARTO NIVEL	COLUMNA 4	0	36.0	33.0	38.0	37.5	36.5	34.5	37.5	35.5	38.0	36.5	36.3	30.3	42.3	36.3	296.00
E-13	PRIMER NIVEL	VIGA 1	0	30.0	31.0	30.0	27.0	33.0	32.5	29.0	32.5	29.0	28.5	30.25	24.25	36.25	30.25	212.50
E-14	SEGUNDO NIVEL	VIGA 2	0	29.5	32.0	28.5	28.5	33.0	30.5	30.0	28.5	27.0	26.5	29.4	23.4	35.4	29.4	198.00
E-15	TERCER NIVEL	VIGA 3	0	29.5	29.5	27.0	32.5	31.5	31.0	33.5	34.0	30.0	36.5	31.5	25.5	37.5	31.5	229.00
E-16	CUARTO NIVEL	VIGA 4	0	30.0	30.5	29.0	29.5	38.5	29.5	30.0	30.0	29.5	28.5	30.5	24.5	36.5	30.5	215.00

Fuente: Elaboración con nuestros propios recursos en RETROFIT INGENIEROS ASOCIADOS SAC

Figura 14. Ensayo de esclerometría a estructura existente lado izquierdo

ENSAYO REALIZADO A ESTRUCTURA EXISTENTE (LADO IZQUIERDO DE EDIFICACIÓN)																		
CODIGO	MODIFICACIÓN	ELEMENTO ESTRUCTURAL	ÁNGULO DE IMPACTO	NÚMERO DE REBOTE (N)										PROMEDIO	RANGO DE VALIDEZ SEGÚN NORMA		PROMEDIO DEFINITIVO	RESISTENCIA REFERENCIAL (kg/cm ²)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		PROMEDIO - 6	PROMEDIO +6		
E-01	PRIMER NIVEL	COLUMNA 1	0	32.0	35.0	34.0	29.0	33.0	35.0	31.5	32.0	35.0	31.0	32.75	26.75	38.75	32.75	247.00
E-02	SEGUNDO NIVEL	COLUMNA 2	0	37.0	31.0	33.0	35.0	33.0	34.5	37.0	35.0	32.5	33.5	34.15	28.15	40.15	34.15	263.00
E-03	TERCER NIVEL	COLUMNA 3	0	32.0	34.0	35.0	35.0	31.5	35.0	32.5	36.0	33.0	35.5	33.95	27.95	39.95	33.95	259.50
E-04	CUARTO NIVEL	COLUMNA 4	0	31.0	30.0	32.0	30.0	33.5	29.0	33.0	29.5	33.0	34.0	31.5	25.5	37.5	31.5	229.00
E-05	PRIMER NIVEL	VIGA 1	90	32.0	31.0	31.5	32.0	33.0	30.0	31.5	34.0	35.0	35.0	32.5	26.5	38.5	32.5	180.00
E-06	SEGUNDO NIVEL	VIGA 2	90	33.0	32.0	32.5	30.0	33.0	30.5	30.0	28.5	36.0	35.0	32.05	26.05	38.05	32.05	171.00
E-07	TERCER NIVEL	VIGA 3	90	32.0	31.5	30.0	34.0	35.0	31.0	33.5	34.0	30.0	36.0	32.7	26.7	38.7	32.7	184.00
E-08	CUARTO NIVEL	VIGA 4	90	35.0	30.5	32.0	31.0	33.0	30.0	32.5	30.0	31.5	30.5	31.6	25.6	37.6	31.6	166.00

Fuente: Elaboración con nuestros propios recursos en RETROFIT INGENIEROS ASOCIADOS SAC

4.1.2. Memoria de cálculo estructural

4.1.2.1. Alcances

El diseño estructural se orienta a proporcionar una adecuada estabilidad, resistencia, rigidez y ductilidad frente a sollicitaciones provenientes de cargas muertas, cargas vivas, asentamientos diferenciales y eventos sísmicos.

El diseño sísmico obedece a los principios de la norma E030 DISEÑO SISMORRESISTENTE del Reglamento Nacional de Edificaciones conforme a los cuales:

- La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.
- La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas, debido a cargas estáticas (carga muerta + carga viva).
- La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio. Experimentando posibles daños dentro de los límites aceptables.

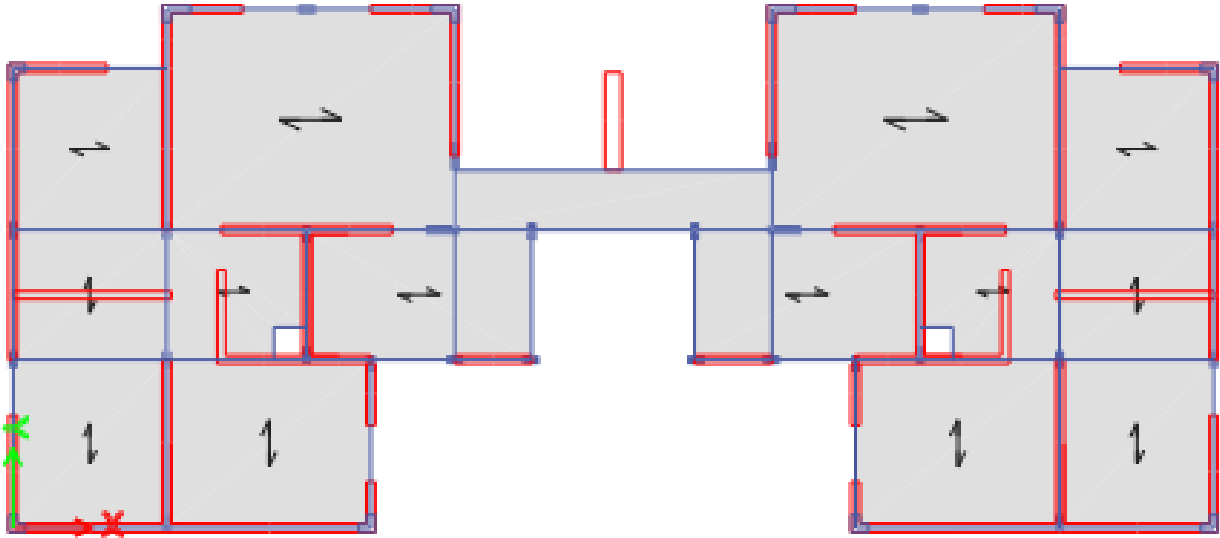
Estos principios guardan estrecha relación con la filosofía de diseño sismo resistente de la norma E030:

- Evitar pérdidas de vidas
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- Minimizar los daños a la propiedad

4.1.2.2. Descripción general

El proyecto comprende EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD ANTE SISMICIDAD APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI PETRINI Y FEMA – 154 EN EL CONJUNTO HABITACIONAL DE 04 NIVELES, UBICADO EN LA URB. MONSERRATE DEL DISTRITO DE TRUJILLO, LA LIBERTAD.

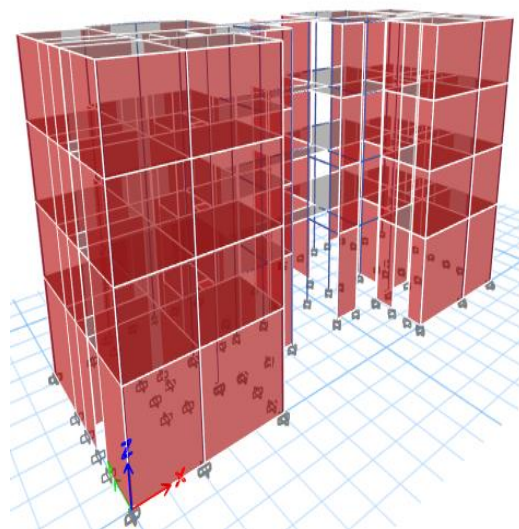
Figura 15. Planta 2D capturada del ETABS nivel 1 al 4 (misma configuración)



Fuente: elaboración propia

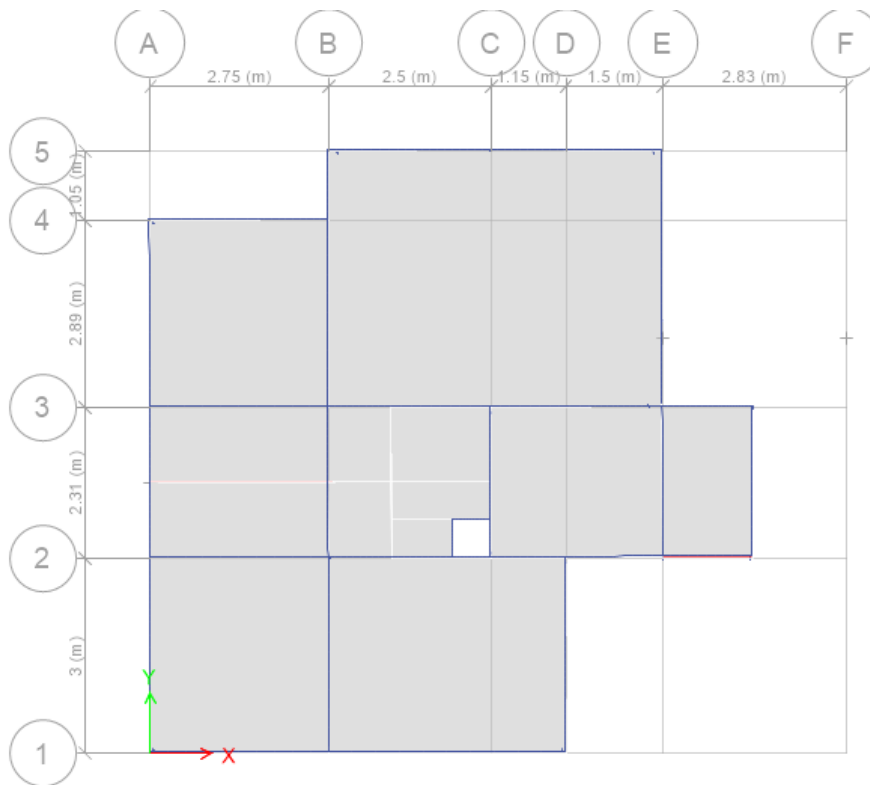
El diseño estructural de un edificio de 4 niveles se orienta a proporcionar adecuada estabilidad, resistencia, rigidez y ductilidad frente a solicitaciones provenientes de cargas muertas, vivas, asentamientos diferenciales y eventos sísmicos, para lo cual evaluaremos un de los dos bloques simétricos.

Figura 16. Modelo estructural vista en 3D



Fuente: elaboración propia

Figura 17. Planta 2d del bloque A



Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3. Diafragma rígido

La cimentación consiste en una cimentación de cimientos corridos reforzados, con zapatas corridas, cuenta además con vigas de cimentación. La cimentación se constituye así en el primer diafragma rígido en la base de la construcción, con la rigidez necesaria para controlar asentamientos diferenciales.

Los techos están proyectados en el análisis del modelo, por losas aligeradas de 20 cm de espesor orientadas en una dirección, siendo una estructura integrada, que responde a los esfuerzos propios de cargas aplicadas por su uso y transmitidas a vigas, muros y columnas, cumplen la función de formar un Diafragma Rígido Continuo integrado a los elementos verticales y compatibilizando sus desplazamientos laterales. La disposición en planta de las viguetas del aligerado es tanto en el sentido "X" como en "Y", debido a los requerimientos de ambientes y a la disposición de ejes.

4.1.2.4. Configuración del edificio

El Sistema Estructural Predominante en la dirección “X” es el Sistema Albañilería Confinada y en la dirección “Y” Igualmente, de esta manera la norma principal que rige su diseño es la E030, E060 y E070 del RNE.

Se observa columnas y placas de concreto armado en las dos direcciones debido al arriostramiento que es necesario para la rigidez lateral, analizando de acuerdo a los planos un comportamiento estructural de la edificación.

La configuración deberá satisfacer los siguientes requisitos:

- Planta simple
- Simetría en distribución de masas y disposición de muros,
- Proporciones entre dimensiones mayor y menor en planta menores a 4, lo mismo en altura.
- Regularidad en planta y elevación sin cambios bruscos de rigidez, masa o discontinuidades en la transmisión de las fuerzas de gravedad y horizontales a través de los elementos verticales hacia la cimentación.
- Rigidez similar en las dos direcciones principales de la edificación.
- Cercos y tabiques aislados de la estructura principal.

Evaluación de la configuración:

Irregularidad de Rigidez – Piso Blando.	<i>No presenta.</i>
Irregularidad de Masa.	<i>No presenta.</i>
Irregularidad Geométrica Vertical.	<i>No presenta.</i>
Discontinuidad en el Sistema Resistente.	<i>No presenta.</i>
Irregularidad Torsional.	<i>No presenta.</i>
Esquinas Entrantes.	<i>No presenta.</i>
Discontinuidad del Diafragma.	<i>No presenta.</i>
La estructura clasifica como.	<u>Regular.</u>

4.1.2.5. Método y reglamento de diseño

El método de diseño de los elementos de concreto armado es por el estado límite de resistencia última.

- Reglamento Nacional de Edificaciones RNE-2015.
- Norma Técnica de Edificación de Cargas E.020.
- Norma Técnica de Diseño Sismo resistente E.030.
- Norma Técnica de Edificación de Suelos y Cimentaciones E.050
- Norma Técnica de Edificación de Concreto Armado E.060.
- Norma Técnica de Edificación de Albañilería Estructural E.070
- Especificaciones del ACI 318-14

4.1.2.6. Software de modelación

El software empleado para el modelamiento de los pórticos de concreto armado para el análisis estructural, es el programa ETABS 2019 que emplea el método matricial de rigidez y de elementos finitos. Se modela la geometría de la estructura y las cargas actuantes. Además, se adiciona los parámetros de análisis sísmico mencionado en el espectro sísmico de acuerdo a la norma peruana de edificación E-030.

4.1.2.7. Parámetros de diseño

4.1.2.7.1. Características de los materiales de diseño

Para concreto:

- Resistencia a la Compresión 1 ($F'c$) = 280 kg/cm²
- Resistencia a la Compresión 2 ($F'c$) = 210 kg/cm²
- Módulo de Elasticidad 1 ($E_c = 15000\sqrt{F'c}$) = 2509980.08 Ton/m²
- Módulo de Elasticidad 2 ($E_c = 15000\sqrt{F'c}$) = 2188197.89 Ton/m²
- Módulo de Poisson = 0.15

Para el Acero:

- Esfuerzo Fluencia = 4200 kg/cm²
- Peso Específico del Acero = 7.849 Ton/m³

Para la Albañilería:

- Resistencia a la Compresión ($f'm$) = 65 kg/cm²
- Resistencia al Corte ($V'm$) = 8.1 kg/cm² (Asumido)
- Módulo de Elasticidad ($E_m = 500 f'm$) = 32500 kg/cm²
- Módulo de Corte = 13000 kg/cm²
- Módulo de Poisson = 0.25

4.1.2.8. Modelo estructural

Empleamos un modelado tridimensional de elementos lineales (vigas y columnas), elementos bidimensionales como losas y muros estructurales en albañilería.

Los elementos verticales se ligan al suelo por medio de restricciones tipo empotramiento perfecto.

carga axial, fuerza cortante y torsión. Los elementos bidimensionales incluyen el efecto de membrana y de flexión.

Este modelo considera el efecto tridimensional del aporte de rigidez de cada elemento estructural. Para modelar los muros de albañilería se emplearon elementos tipo Shell (Areas) que incluyen el efecto de membrana y de flexión.

El Software ETABS 2019 podemos determinar el peso por unidad de el volumen de los materiales en base a las dimensiones de cada elemento, calcula el peso propio de vigas, columnas, muros y losas. Asimismo, el programa traslada el peso proveniente de las losas y las distribuye según el área tributaria a cada viga y hace lo mismo con las cargas de las vigas trasladándolas hacia las columnas y muros.

Adicionalmente se pueden incluir cargas distribuidas uniformes debidas a tabiques ubicados sobre las vigas. También pueden incluirse cargas.

Los elementos lineales de eje recto incluyen deformaciones por flexión, puntuales, fuerzas distribuidas triangulares, trapezoidales o con cualquier otra distribución posible.

El modelo para determinar las propiedades dinámicas de la estructura considera las masas distribuidas en los diversos elementos estructurales y las concentra a nivel de Diafragma rígido en la losa de cada nivel. Estas masas son determinadas como el producto del volumen de los elementos estructurales (muros de concreto, columnas, vigas, losas y escaleras) por la masa por unidad de volumen del

material que los conforma; y a este resultado se le agrega la masa proveniente de las cargas actuantes provenientes de los acabados, tabiquería y cargas vivas.

4.1.2.9. Combinaciones de cargas y solicitantes sísmicas

En este caso se definirán las combinaciones de carga de acuerdo a la norma E.060 por tratarse de una edificación de concreto armado:

$$CU1 = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$CU2x = 1.25 CM + 1.25 CV + 1.0 CSx$$

$$CU2y = 1.25 CM + 1.25 CV + 1.0 CSy$$

$$CU3x = 0.90 CM + 1.0 CSx$$

$$CU3y = 0.90 CM + 1.0 CSy$$

Dónde: CM (Cargas Muertas), CV (Cargas Vivas), CSx (Sismo en la dirección "X"), CSy (Sismo en la dirección "Y").

Además, se debe definir una combinación que sea del tipo envolvente, que contenga a todas las combinaciones anteriores.

4.1.2.10. Creación de elementos estructurales

Para Columnas:

- Acero Longitudinal de 1/2"
- Acero de Confinamiento de 3/8" con espaciamiento 0.15m
- Secciones de Columnas de concreto de $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ creadas de acuerdo a lo observado en campo.

- El detalle de geometría de las columnas se puede observar en los planos anexados

Para Vigas:

- Sección de viga de concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ creadas de acuerdo a lo observado en campo.
- El detalle de la geometría de las vigas se puede observar en los planos anexados

Esta edificación se trabajó como Block A y Block B siendo el Block A igual al Block B.

Los datos obtenidos del Block A serán los mismos del Block como se podrá observar en el siguiente apartado.

4.1.2.11. Análisis modal y cargas consideradas para la estructura

4.1.2.11.1. Carga Muerta Entrepiso (1 al 3)

- Aligerado de 20cm = 0.3 ton/m²
- Acabados = 0.1 ton/m²
- Tabiquería = 0.12 ton/m²

4.1.2.11.2. Carga Viva Entrepiso (1 al 3)

- Sobre Carga = 0.2 ton/m²

4.1.2.11.3. Carga Muerta Techo (4)

- Aligerado de 20cm = 0.3 ton/m²
- Acabados = 0.1 ton/m²

4.1.2.11.4. Carga Viva Techo (4)

- Sobre Carga = 0.1 ton/m²

4.1.2.11.5. Análisis modal

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCCM	YCCM
		tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	m	m	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	m	m
Story1	D1	9.30287	9.30287	3.9181	4.4925	9.30287	9.30287	3.9181	4.4925
Story2	D2	8.5696	8.5696	3.9319	4.5027	8.5696	8.5696	3.9319	4.5027
Story3	D3	8.5696	8.5696	3.9319	4.5027	8.5696	8.5696	3.9319	4.5027
Story4	D4	6.43125	6.43125	4.2195	4.479	6.43125	6.43125	4.2195	4.479

PESO TOTAL	32.87332	32.87332
-------------------	----------	----------

Modos de vibración de la estructura

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.254	0.4906	0.1526	0	0.4906	0.1526	0	0.0682	0.1963	0.1886	0.0682	0.1963	0.1886
Modal	2	0.217	0.2652	0.5295	0	0.7559	0.6822	0	0.2192	0.1062	0.0317	0.2874	0.3025	0.2203
Modal	3	0.15	0.0686	0.1418	0	0.8245	0.824	0	0.0483	0.0324	0.6406	0.3357	0.335	0.8609
Modal	4	0.072	0.0819	0.0322	0	0.9064	0.8562	0	0.1035	0.3116	0.0264	0.4392	0.6465	0.8873
Modal	5	0.062	0.0509	0.0921	0	0.9573	0.9484	0	0.3585	0.2061	0.0059	0.7977	0.8526	0.8932
Modal	6	0.047	0.0136	0.0274	0	0.9709	0.9758	0	0.1264	0.0609	0.0872	0.9241	0.9135	0.9803
Modal	7	0.037	0.0141	0.0052	0	0.985	0.981	0	0.0164	0.0391	0.0065	0.9405	0.9525	0.9868
Modal	8	0.033	0.0093	0.012	0	0.9943	0.993	0	0.0349	0.026	0.0005	0.9754	0.9786	0.9873
Modal	9	0.026	0.0015	0.0036	0	0.9958	0.9966	0	0.0098	0.0044	0.0101	0.9852	0.983	0.9974
Modal	10	0.026	0.0021	0.0012	0	0.9979	0.9978	0	0.0049	0.0079	0.0013	0.9901	0.9908	0.9987
Modal	11	0.024	0.002	0.0016	0	0.9999	0.9994	0	0.0069	0.0084	4.25E-06	0.997	0.9993	0.9987
Modal	12	0.02	0.0001	0.0006	0	1	1	0	0.003	0.0007	1.30E-03	1	1	1

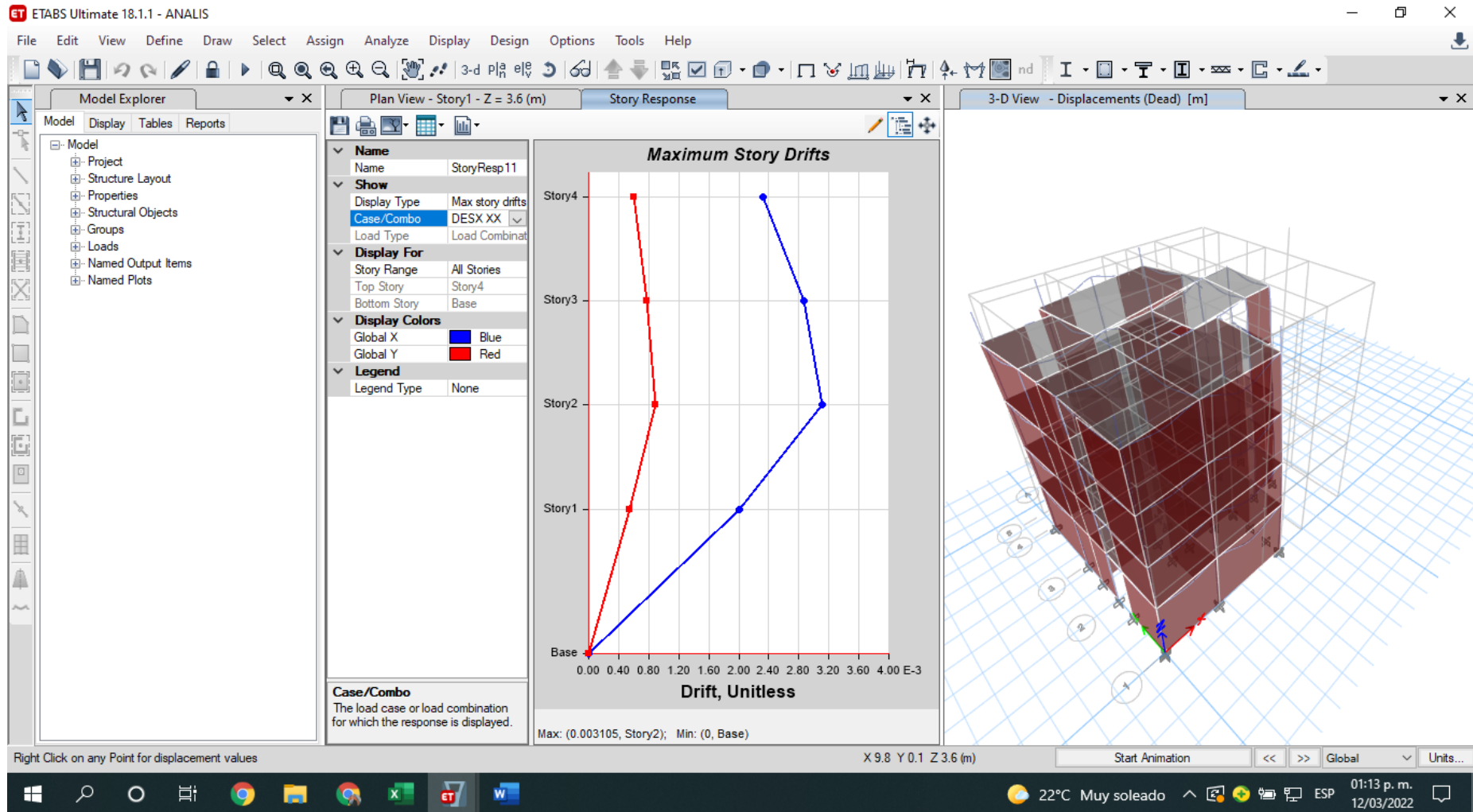
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

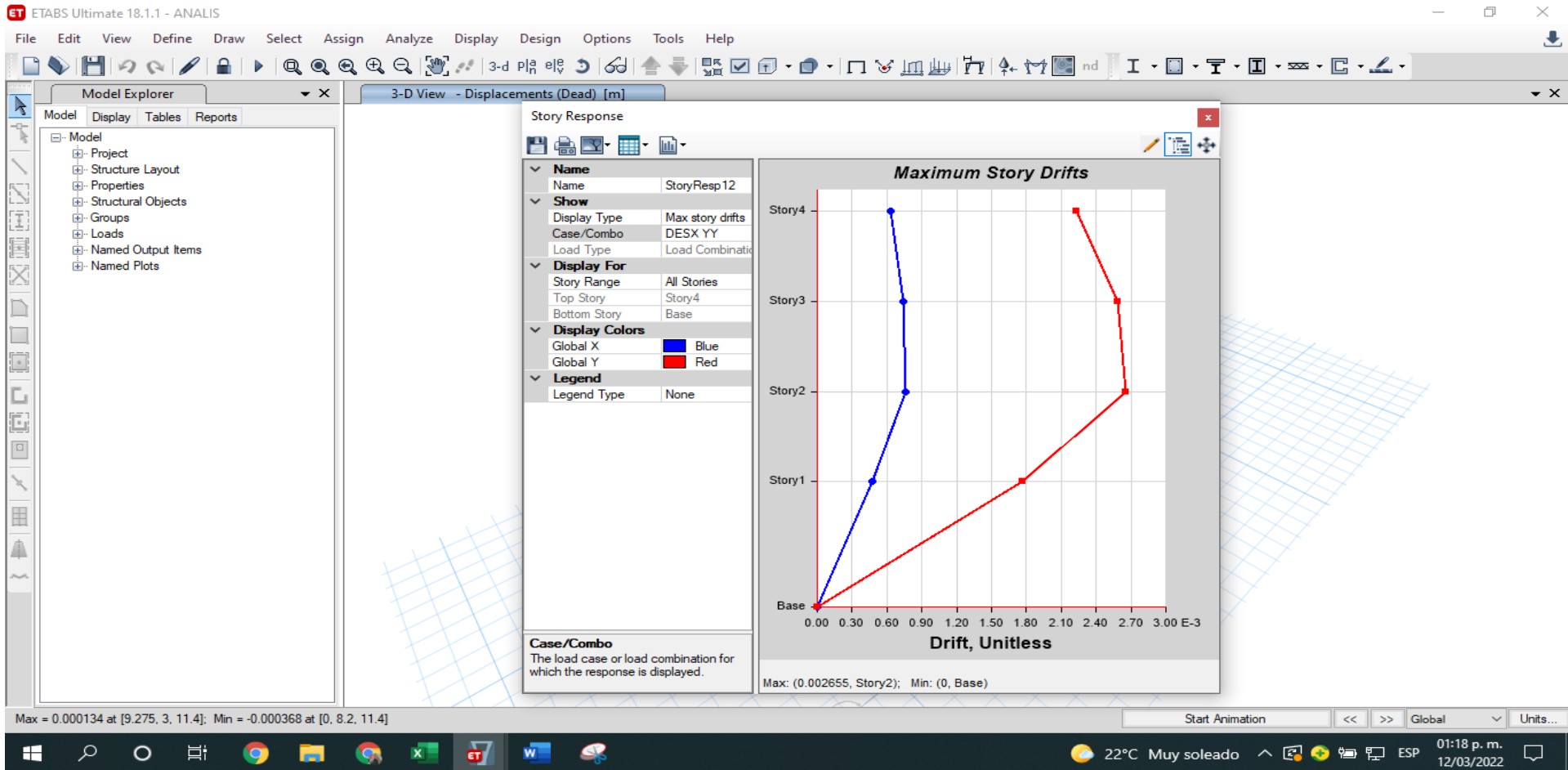
$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$



Como observamos **SI CUMPLE** con la distorsión, la deriva en el sentido del eje "X" es de $0.0031 < 0.005$, debido a que hay rigidez suficiente en esa dirección para arriostar a las fuerzas laterales de sismo provocando un desplazamiento mayor a lo permisible en el último piso.



Como observamos SI CUMPLE con la distorsión, la deriva en el sentido del eje "Y" es de $0.002655 < 0.005$, debido a que hay rigidez suficiente en esa dirección para arristrar a las fuerzas laterales de sismo provocando un desplazamiento mayor a lo permisible en el último piso

4.1.2.11.6. Factores de irregularidad en altura

FACTORES DE IRREGULARIDAD EN ALTURA

Irregularidad en Altura Piso Blando- Direccion X - X

Irregularidad en Altura Piso Blando- Direccion Y - Y

$$K_I < 0.7 * K_{(I+1)}$$

$$K_I < 0.8 * \left(\frac{K_{(I+1)} + K_{(I+2)} + K_{(I+3)}}{3} \right)$$

FUERZA CORTANTE	
PISO	R6_X
4	13.65
3	26.58
2	35.31
1	40.54

FUERZA CORTANTE	
PISO	R6_Y
4	13.6469
3	26.286
2	34.7247
1	39.9147

X - X			
	hei	βCM (cm)	βCMi (cm)
4	260	0.3319	0.0698
3	260	0.2621	0.0868
2	260	0.1753	0.0927
1	360	0.0826	0.0826

Y - Y			
	hei	βCM (cm)	βCMi (cm)
4	260	0.2586	0.0645
3	260	0.1941	0.0668
2	260	0.1273	0.0669
1	360	0.0604	0.0604

	Ki	0.7 * K(i+1)	0.8*((K(i+1)+K(i+2)+K(i+3))/3)	Condicion
4	195.572			
3	306.267	136.900		REGULAR
2	380.958	214.387		REGULAR
1	490.752	266.671	235.412	REGULAR

	Ki	0.7 * K(i+1)	0.8*((K(i+1)+K(i+2)+K(i+3))/3)	Condicion
4	211.580			
3	393.503	148.106		REGULAR
2	519.054	275.452		REGULAR
1	660.839	363.338	299.770	REGULAR

COEF=

Irregularidad de Resistencia Piso debil - Direccion X - X

Irregularidad de Resistencia Piso debil - Direccion Y - Y

$$\sum Vc_{(i)} < 0.8 * \sum Vc_{(i+1)}$$

$$Vc = 0.53\lambda\sqrt{f'c} * bw * d$$

$$\sum (bw * d)_{(i)} < 0.8 * \sum (bw * d)_{(i+1)}$$

bw * d = Area de los Elementos Estructurales

	X - X		
	ΣVc(i)	0.8*ΣVc(i+1)	Condicion
4	18541.684		
3	29500.536	14833.347	REGULAR
2	36858.024	23600.429	REGULAR
1	46165.195	29486.419	REGULAR

PISO	Y - Y		
	ΣVc(i)	0.8*ΣVc(i+1)	Condicion
4	21109.870		
3	34385.588	16887.896	REGULAR
2	43946.697	27508.470	REGULAR
1	53263.569	35157.358	REGULAR

COEF=

Página 1

Irregularidad de Masa o Peso

$$P_i > 1.5 * P_{i+1}$$

$$P_i > 1.5 * P_{i-1}$$

PESO	
PISO	PX
4	63.069
3	84.039
2	84.039
1	91.230

NO SE APLICA EN AZOTEAS NI EN SOTANOS

PESO	
PISO	PY
4	63.069
3	84.039
2	84.039
1	91.230

PISO	X - X			
	Pi	1.5*Pi(i+1)	1.5*Pi(i-1)	Condicion
4	63.069		126.058609	REGULAR
3	84.039	94.60353215	126.058609	REGULAR
2	84.039	126.058609	136.844993	REGULAR
1	91.230	126.058609		REGULAR

PISO	Y - Y			
	Pi	1.5*Pi(i+1)	1.5*Pi(i-1)	Condicion
4	63.069		126.058609	REGULAR
3	84.039	94.60353215	126.058609	REGULAR
2	84.039	126.058609	136.844993	REGULAR
1	91.230	126.058609		REGULAR

1

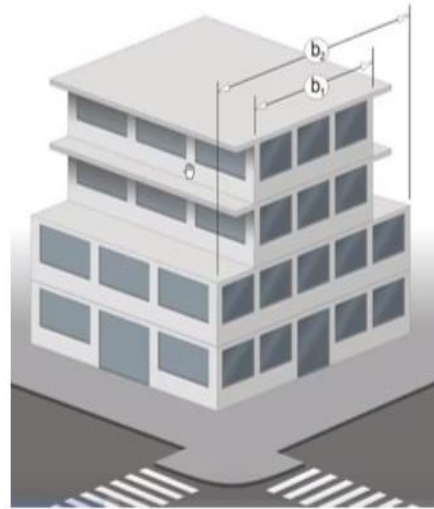
1

COEF= 1 No se aplica en azotea

Irregularidad Geometrica Vertical

$$b_2 > 1.3 * b_1$$

X - X			
b2	b1	1.3*b1	Condicion
1	0	0	Regular



$$b_2 > 1.3 * b_1$$

Y - Y			
b2	b1	1.3*b1	Condicion
1	0	0	Regular

COEF= factor la =

FACTORES DE IRREGULARIDAD EN PLANTA

Irregularidad Torsional

$$\Delta_{(i)max} > 1.3 * \Delta_{(i)prom}$$

$$R * \beta_{(i)max} > 1.3 * R * \beta_{(i)prom}$$

$$\beta_{(i)max} > 1.3 * \beta_{(i)prom}$$

1 ER NIVEL	2DO NIVEL	3ER NIVEL	4TO NIVEL
0.0512	0.106	0.16	0.2062
0.1134	0.238	0.3528	0.4447
0.1244	0.2607	0.3857	0.4853
0.0512	0.106	0.16	0.2062

1 ER NIVEL	2DO NIVEL	3ER NIVEL	4TO NIVEL
0.0485	0.099	0.1477	0.1889
0.0485	0.099	0.1477	0.1889
0.0901	0.1857	0.2782	0.3567
0.0783	0.162	0.2434	0.3131

PISO	X - X				
	hi (cm)	$\beta_{max}(cm)$	$\beta_{min}(cm)$	$\beta(i)_{max}(cm)$	$\beta(i)_{min}(cm)$
4	260	0.4853	0.2062	0.0996	0.0462
3	260	0.3857	0.16	0.125	0.054
2	260	0.2607	0.106	0.1363	0.0548
1	360	0.1244	0.0512	0.1244	0.0512

PISO	Y - Y				
	hi	$\beta_{max}(cm)$	$\beta_{min}(cm)$	$\beta(i)_{max}(cm)$	$\beta(i)_{min}(cm)$
4	260	0.3567	0.1889	0.0785	0.0412
3	260	0.2782	0.1477	0.0925	0.0487
2	260	0.1857	0.099	0.0956	0.0505
1	360	0.0901	0.0485	0.0901	0.0485

PISO	X - X		
	$\Delta(i)_{max}(cm)$	$\Delta_{permi.}(cm)$	$\Delta(i)_{max} > 50\% \Delta(i)_{permi.}$
4	0.50796	1.3	NO
3	0.6375	1.3	NO
2	0.69513	1.3	SI
1	0.63444	1.8	NO

PISO	Y - Y		
	$\Delta(i)_{max}(cm)$	$\Delta_{permi.}(cm)$	$\Delta(i)_{max} > 50\% \Delta(i)_{permi.}$
4	0.40035	1.3	NO
3	0.47175	1.3	NO
2	0.48756	1.3	NO
1	0.45951	1.8	NO

	X - X			
	$\beta(i)_{max}(cm)$	$\beta(i)_{prom}$	$1.3 \cdot \beta(i)_{prom}$	Condicion
4	0.0996	0.0729	0.09477	IRREGULAR
3	0.125	0.0895	0.11635	IRREGULAR
2	0.1363	0.09555	0.124215	IRREGULAR
1	0.1244	0.0878	0.11414	IRREGULAR

PISO	Y - Y			
	$\beta(i)_{max}(cm)$	$\beta(i)_{prom}$	$1.3 \cdot \beta(i)_{prom}$	Condicion
4	0.0785	0.05985	0.077805	IRREGULAR
3	0.0925	0.0706	0.09178	IRREGULAR
2	0.0956	0.07305	0.094965	IRREGULAR
1	0.0901	0.0693	0.09009	IRREGULAR

COEF=

0.75

Esquina Entrante

$$a > 0.2 * A$$

PISO	X - X			
	a	A	0.2*A	Condicion
4	2.95	9.42	1.884	Irregular
3	2.95	9.42	1.884	Irregular
2	2.95	9.42	1.884	Irregular
1	2.95	9.42	1.884	Irregular

PISO	X - X			
	b	B	0.2*A	Condicion
4	3.94	9.43	1.886	Irregular
3	3.94	9.43	1.886	Irregular
2	3.94	9.43	1.886	Irregular
1	3.94	9.43	1.886	Irregular

COEF= 0.9

Discontinuidad de Diafragma

$$A' > 0.5 * A$$

PISO	A'	A	0.5*A	Condicion
	0.16	71.63	35.815	Regular
3	0.16	71.63	35.815	Regular
2	0.16	71.63	35.815	Regular
1	0.16	71.63	35.815	Regular

COEF=

1

factor I_p =

0.75

	Coef.
Ro=	6
Ia=	1
Ip=	0.75

R final=	4.5
----------	-----

4.1.2.11.7. Análisis sísmico

Para el Análisis Sísmico, primero debemos clasificar la estructura como Regular o Irregular, dependiendo de la configuración en Altura y en Planta que esta posea. Para ello nos ayudamos de una hoja de cálculo siguiendo lo especificado en la Norma E.030-355-2018 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Una vez teniendo la verificación de las irregularidades corremos el programa con el R final

La estructura de la presenta 2 irregularidades en planta, de las cuales escogeremos más desfavorable y lo multiplicaremos con el Coeficiente Básico del Sistema Estructural (Ro) para así obtener el factor de Reducción Sísmica (R) final.

$$R_o = 6$$

$$\text{Irregularidad en Altura (Ia)} = 1$$

$$\text{Irregularidad en Planta (Ip)} = 0.75$$

$$\mathbf{R = R_o * I_a * I_p}$$

$$\mathbf{R = 6 * 1 * 0.75}$$

$$\mathbf{R = 4.5}$$

4.1.2.11.8. Análisis estático

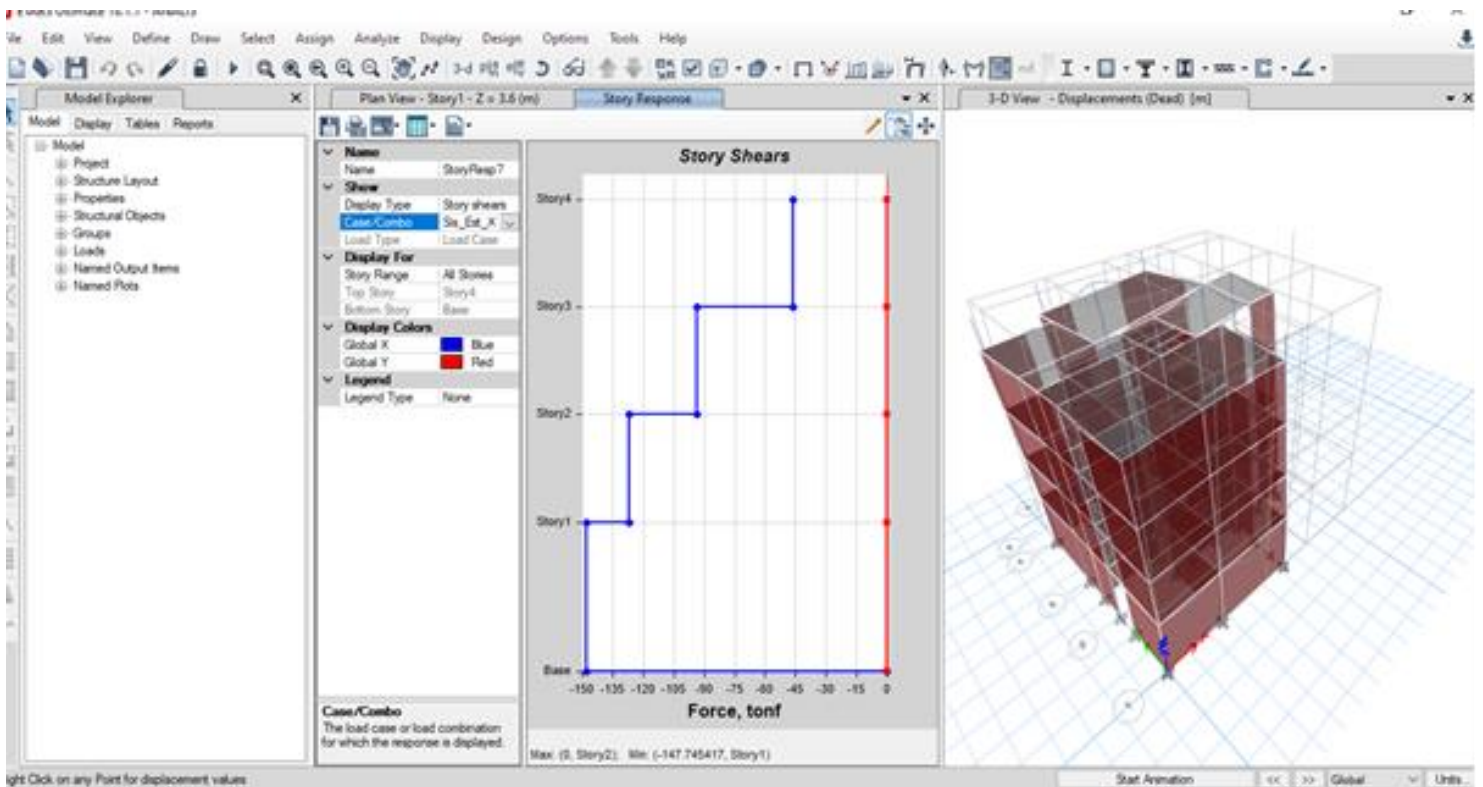
Z	0.45
U	1
C	2.5
S	1.05
R	4.5

ZUCS/R =	0.2625
----------	--------

NIVELES	PESO
PISO 4	6.4313
PISO 3	8.5696
PISO 2	8.5696
PISO 1	9.3029
Base	2.6398

NIVELES	TON	H	Pi(hi)^k	α_i	Fi
Diafragma 4	63.07 TON	11.40 m	718.987	0.312	26.362
Diafragma 3	84.04 TON	8.80 m	739.544	0.320	27.116
Diafragma 2	84.04 TON	6.20 m	521.042	0.226	19.104
Diafragma 1	91.23 TON	3.60 m	328.428	0.142	12.042
TOTAL	322.377	ΣPi(hi)^k	2308.001		

V.basal	84.624
----------------	---------------



4.1.2.11.9. Análisis Dinámico

Espectro de respuesta

Response Spectrum Function - Peru NTE E.030 2014

Function Name: Function Damping Ratio:

Parameters

Seismic Zone: Occupation Category: Soil Type: Irregularity Factor, Ia: Irregularity Factor, Ip: Basic Response Modification Factor, R0:

Define Function

Period	Acceleration
0	0.2625
0.1	0.2625
0.2	0.2625
0.3	0.2625
0.4	0.2625
0.5	0.2625

Plot Options

Linear X - Linear Y
 Linear X - Log Y
 Log X - Linear Y
 Log X - Log Y

Function Graph

The graph displays a red curve on a grid. The vertical axis is labeled 'E-3' and ranges from 0 to 280. The horizontal axis ranges from 0.0 to 15.0. The curve starts at a value of approximately 262.5 at period 0.0 and decreases rapidly, reaching about 100 at period 1.5, and continuing to decay towards zero as the period increases to 15.0.

Fuerzas sísmicas producidas por el espectro de respuesta

Story	Output Case	Case Type	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Story1	SIS_DIN_X_R4.5	LinRespSpec	54.05	34.86	400.88	291.44	449.11
Story1	SIS_DIN_Y_R4.5	LinRespSpec	34.86	53.22	276.92	443.12	290.19

Resultado de Derivas en Ambas direcciones**SIS_DIN_X_R4.5**

Nivel	DERIVAS ELASTICAS X-X	DERIVAS INELASTICAS X-X	DERIVA LIMITE	X - X
Piso 4	0.000516	0.0020	0.005	Ok
Piso 3	0.000645	0.0025	0.005	Ok
Piso 2	0.000701	0.0027	0.005	Ok
Piso 1	0.000461	0.0018	0.005	Ok

SIS_DIN_Y_R4.5

Nivel	DERIVAS ELASTICAS Y-Y	DERIVAS INELASTICAS Y-Y	DERIVA LIMITE	Y-Y
Piso 4	0.000449	0.0017	0.005	Ok
Piso 3	0.000532	0.0020	0.005	Ok
Piso 2	0.00055	0.0021	0.005	Ok
Piso 1	0.000375	0.0014	0.005	Ok

4.1.3. Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini

Esta metodología permite evaluar la vulnerabilidad de manera práctica en base a la inspección ocular y evaluación de algunos parámetros críticos de la edificación. La credibilidad de la metodología se basa en la amplia aplicación internacional con estudios realizados en España, Italia, Ecuador, Colombia, Perú, etc, y a los resultados satisfactorios brindados.

A partir de la información se elabora una gran base de datos estructurales para edificaciones de mampostería (Albañilería Confinada) como para aquellas de concreto armado.

Figura 18. Escala Numérica para vulnerabilidad de Edificaciones de Albañilería

PARÁMETROS	CLASES K_i				PESO W_i
	A	B	C	D	
1. Tipo y organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2. Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3. Resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4. Posición del edificio y la cimentación	0	5	25	45	0.75
5. Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6. Configuración en planta	0	5	25	45	0.75
7. Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8. Distancia máxima entre los muros y conexiones entre los elementos críticos.	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10. Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11. Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Fuente: Quispe N. 2004

Figura 19. Escala de Vulnerabilidad de Edificaciones de Concreto Armado

PARÁMETROS	CLASES K_i			PESO W_i
	A	B	C	
1. Tipo y organización del sistema resistente	0	1	2	4
2. Calidad del sistema resistente	0	1	2	1
3. Resistencia convencional	-1	0	1	1
4. Posición del edificio y la cimentación	0	1	2	1
5. Diafragmas horizontales	0	1	2	1
6. Configuración en planta	0	1	2	1
7. Configuración en elevación	0	1	3	2
8. Distancia máxima entre los muros y conexiones entre los elementos críticos.	0	1	2	1
9. Tipo de cubierta	0	1	2	1
10. Elementos no estructurales	0	1	2	1
11. Estado de conservación	0	1	2	1

Fuente: Quispe N. 2004

4.1.3.1. Conceptualización de vulnerabilidad:

Viene a ser el grado de daño que puede sufrir una estructura, ocasionado por un sismo de determinadas características. En otras palabras, es la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico asociado directamente con las características, patologías físicas, mecánicas y estructurales de diseño.

El peligro sísmico, representa la probabilidad de que en un lugar determinado pueda ocurrir un movimiento sísmico en un periodo específico.

El riesgo sísmico son las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un sismo, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto.

Se puede apreciar que el riesgo sísmico depende directamente del peligro y la vulnerabilidad. El estudio de este concepto es indispensable para estudios de mitigación de desastres por terremotos.

Se toma en cuenta aspectos estructurales como los funcionales, operativos y urbanos, para que puedan proporcionar información útil para la prevención de desastres, la planificación y la ordenación del territorio.

4.1.3.2. Aplicación de la Metodología

4.1.3.2.1. Análisis de vulnerabilidad sísmica para edificaciones de mampostería

1. Organización de Sistema Resistente

Configuración del sistema de componentes verticales. Conexión con paredes ortogonales asegurando el comportamiento tipo cajón.

A. Edificación de Acuerdo a la Normativa E030

- B. Edificio con plantas conectadas mediante vigas de amarre, capaces de transmitir acciones de cortantes verticales sísmicas.
- C. Edificio que no presenta vigas de amarre, solo está constituido únicamente por paredes ortogonales bien unidas
- D. Edificio con paredes ortogonales no unidas rígidamente.

2. Calidad del sistema resistente

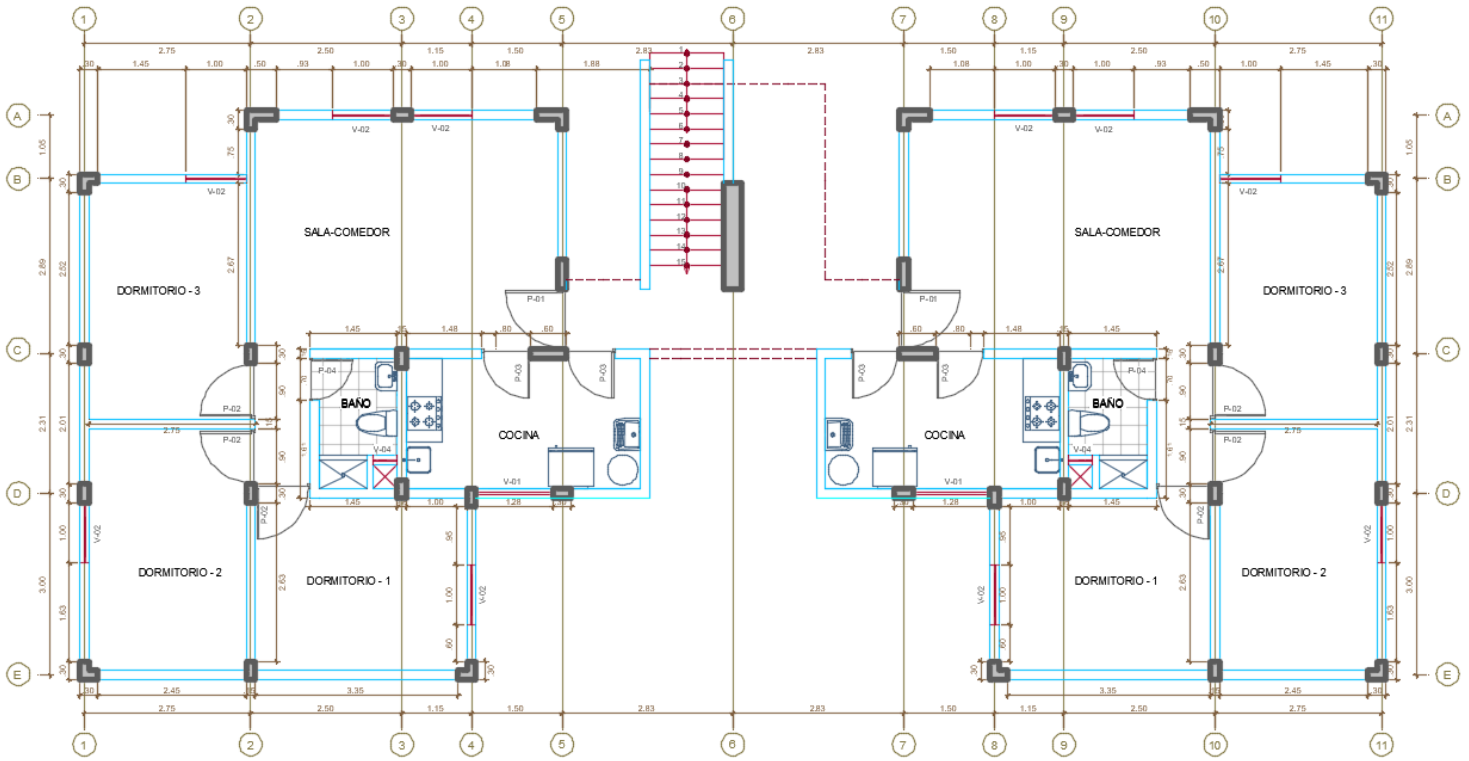
Con este parámetro se determina el tipo de mampostería mas frecuentemente utilizada, diferenciándolo particularmente la calidad del material para su resistencia.

A. Albañilería con bloques prefabricados de buena calidad, bien cortada, homogénea y de dimensiones constantes con buena unión.

- B. Albañilería con bloques de baja calidad, bien cortada, no muy homogénea y presenta una buena unión.
- C. Albañilería con bloques de baja calidad, mal cortada, no homogénea y presenta unión trabada irregular.
- D. Albañilería con bloques de baja calidad, mal cortada, no homogénea y no presenta unión bien ligada.

Resistencia Convencional

Éste parámetro evalúa la densidad de muros resistentes en cada dirección.



Planta Típica 1° al 4° Nivel

RESISTENCIA CONVENCIONAL

AX		
L(m)	t(m)	A
7.9	0.15	1.185
2.75	0.15	0.4125
1.48	0.15	0.222
		1.8195

AY		
L(m)	t(m)	A
8.35	0.15	1.2525
2.63	0.15	0.3945
1.61	0.15	0.2415
1.61	1.15	1.8515
1.61	2.15	3.4615
		7.2015

Ax, y min	1.8195 m ²	
Bx,y max	7.2015 m ²	
kVm	1.5 kgf/cm ²	
N	4	
At	71.65 m ²	bloque A
h prom	2.65	2.55
	2.5	
	2.5	
pm	1.9	
ps	0.55	
ao	A/At	0.02539428
	B/A	3.95795548

$$q = \frac{(A+B)h}{A_t} P_m + P_s \quad 0.116$$

$$C = \frac{a_0 \tau_x}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 a_0 \tau_x (1+\gamma)}}$$

C 0.91 a 1.001

- A. Edificación con $\alpha \geq 1$
- B. Edificación con $1 > \alpha \geq 0.60$
- C. Edificación con $0.60 > \alpha \geq 0.40$
- D. Edificación con $0.40 < \alpha$

3. Posición del edificio y cimentación

- A. Edificación sobre terreno estable con pendiente menor o igual al 10%.
La fundación está ubicada a una misma cota. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30%, o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%. La diferencia entre cotas de la fundación es inferior a 1 m. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- C. Edificio cimentado sobre terreno rocosa con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%, o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30%. La diferencia entre cotas de la fundación es inferior a 1 m. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- D. Edificación sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30%. O sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50% La fundación esta con una diferencia de cotas superior a 1m. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.

4. Diafragmas Horizontales

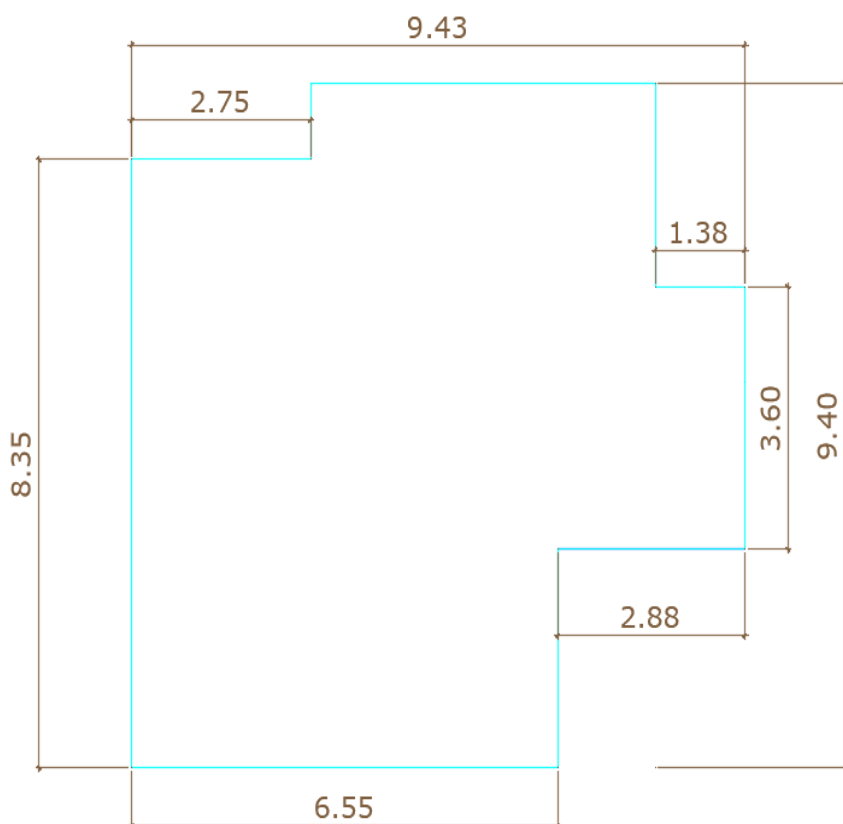
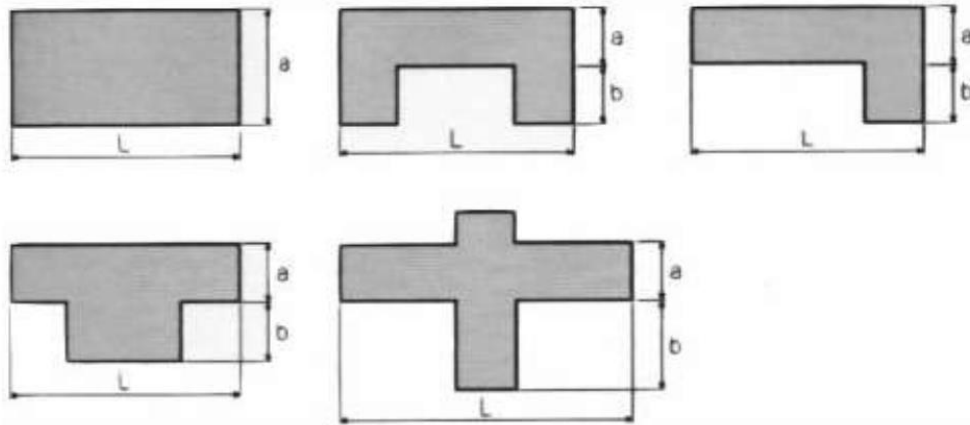
Se evaluó la calidad de los diafragmas para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos verticales resistentes.

- A. Edificación con ausencia de desnivel de diafragma, deformabilidad de diafragma despreciable, la conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- B. Edificación con presencia de desnivel de diafragma, deformabilidad de diafragma despreciable, la conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- C. Edificación con presencia de desnivel de diafragma, deformabilidad de diafragma es apreciable, la conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

- D. Edificación con presencia de desnivel de diafragma, deformabilidad de diafragma es apreciable, la conexión entre el diafragma y los muros es ineficaz.

5. Configuración en Planta

Se evaluó la configuración de la planta, que tiene un factor importante en el comportamiento sísmico de la edificación.



Lado Menor es más crítico			
a	2.75	m	
b	6.55	m	
L	21.6	m	
b1	.a/L	0.13	<0.40
b2	.b/L	0.32	>0.30
A	b1>=0.8	b2<=0.1	
B	0.8>b1>=0.6	0.1<b2<=0.2	
C	0.6>b1>=0.4	0.2<b2<=0.3	
D	b1>0.4	0.3 < b2	

6. Configuración en Elevación

H	10.3
T	2.55
T/H	0.25
A1	166.28
A2	166.28
A3	166.28
A4	166.28
TOTAL	665.12
Aterreno	195.24
Porche %	60.6
DA	-135
A	166.28
DA/A %	-81.19

- A. Edificación con $-DA/A < 10\%$
- B. Superficie Porsche $< 10\%$ ó $10\% \leq -DA/A < 20\%$
- C. Superficie Porsche = 10% a 20% ó $-DA/A > 20\%$ ó $T/H < 2/3$
- D. Superficie Porsche $> 20\%$ ó $-DA/A > 0$ ó $T/H > 2/3$

7. Distancia Máxima entre los muros

Con éste parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros portante interceptados con muros transversales ubicados a una distancia excesiva entre ellos. Se tiene en cuenta la siguiente definición:

L: Distancia de los muros transversales

S: Espesor del muro portante

Teniendo en cuenta la situación más desfavorable. Y el factor a evaluar es

L/S:

- A. Edificación con $L/S < 15$
- B. Edificación con $15 \leq L/S < 18$
- C. Edificación con $18 \leq L/S < 25$
- D. Edificación con $L/S > 25$

8. Tipo de Cubierta

Se tiene en cuenta la capacidad del techo para resistir las fuerzas sísmicas.

- A. Edificación con cubierta estable y provista de viga solera. Edificación con cubierta planta bien conectada.
- B. Edificación con cubierta parcialmente estable sin viga solera. Edificación con cubierta planta bien conectada a los muros.
- C. Edificación con cubierta inestable con viga solera.
- D. Edificación con cubierta inestable sin viga solera.

9. Elementos no Estructurales

Se tiene en cuenta la presencia de cornisas, parapetos o cualquier elemento no estructural, que pueda causar daño a personas o cosas.

- A. Edificación sin cornisas y sin parapetos.
- B. Edificación con cornisas y parapetos. Bien conectadas a la pared con chimeneas de pequeña dimensión y de peso moderado. Los balcones forman parte de la estructura de los diafragmas.
- C. Edificio con elementos de pequeña dimensión mal vinculados a la pared.
- D. Edificación que ni presenta chimeneas, parapetos mal vinculados a la estructura, y mal construidos que pueden colapsar ante un terremoto. Los balcones fueron construidos posteriormente al a estructura principal y conectada con esta de modo deficiente.

10. Estado de Conservación

- A. Muros en buena condición, sin lesiones visibles.
- B. Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales las lesiones han sido producidas por terremotos
- C. Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 y 3 mm de ancho con lesiones capilares producidas por sismos. Edificios que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la albañilería.
- D. Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o lesiones graves de más de 3mm de ancho.

VULNERABILIDAD DE BENEDETTI Y PETRINI

PARAMETROS	A	B	C	D	PESO W _i	CALIFICACION
1. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	0	5	20	45	1.00	0
2. CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	0	5	20	45	0.25	0
3. RESISTENCIA CONVENCIONAL	0	5	20	45	1.5	0
4. POSICION DEL EDIFICIO Y CIMENTACION	0	5	20	45	0.75	0
5. DIAFRAGMAS HORIZONTALES	0	5	20	45	1.00	5
6. CONFIGURACION EN PLANTA	0	5	20	45	0.75	33.75
7. CONFIGURACION EN ELEVACION	0	5	20	45	1.00	20
8. DISTNACIA MAXIMA ENTRE LOS MUROS	0	5	20	45	0.25	1.25
9. TIPO DE CUBIERTA	0	5	20	45	1.00	0
10. ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	0	5	20	45	0.25	1.25
11 ESTADO DE CONSERVACION	0	5	20	45	1.00	0
						61.25

Nivel de Vulnerabilidad: 15.25%

ESCALA DE VULNERABILIDAD

VULNERABILIDAD BAJA	$0 < IV < 20\%$
VULNERABILIDAD MEDIA	$20\% \leq IV < 40\%$
VULENRABILIDAD ALTA	$40\% \leq IV < 100\%$

La estructura de albañilería confinada que no presenta irregularidades verticales o de planta poseen un índice de vulnerabilidad aceptable, siendo el mínimo valor para el índice de vulnerabilidad igual a 1.3, lo que da una probabilidad de falla ante evento sísmico de menos del 0.5%.

4.2. Docimasia de hipótesis

Se desarrolla la prueba de hipótesis y se procederá a validar o rechazar la hipótesis teórica.

Paso 1:

Planteamos la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1).

H_0 : El conjunto habitacional de 04 niveles, ubicado en la urb. Monserrate tienen vulnerabilidad sísmica media.

H_1 : El conjunto habitacional de 04 niveles, ubicado en la urb. Monserrate tienen vulnerabilidad sísmica baja.

Paso 2:

Para el presente trabajo consideraremos un margen del 5% por lo tanto el $\alpha=5\%$, es decir trabajamos con una confianza del 95%.

Paso 3:

Hallamos los valores críticos y de prueba, para una significación del 5% se tiene:

$$V_c = Z_c = -1.64$$

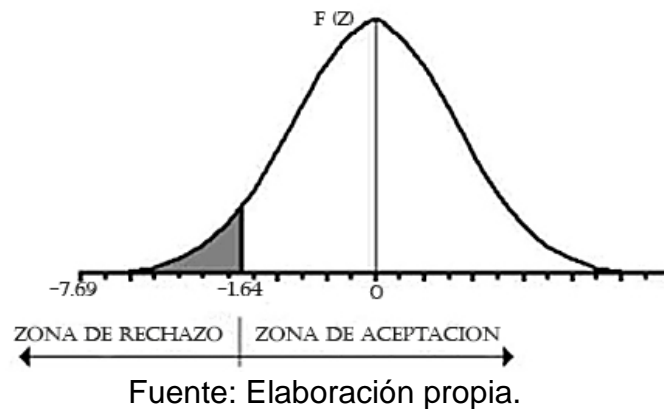
En nuestra muestra se tuvo que de 5 viviendas analizadas sólo 1 tiene vulnerabilidad sísmica media, por lo tanto:

$$P = \frac{1}{5} = 0.2$$

Entonces se tiene:

$$Z_p = \frac{P - P_0}{\sqrt{\left(\frac{P_0 \times q_0}{n}\right)}} = \frac{0.2 - 0.95}{\sqrt{\left(\frac{0.95 \times 0.05}{5}\right)}} = -7.69$$

Figura 20. Grafica de Z con cola hacia la izquierda.



Podemos concluir que el valor de prueba $Z_p = -7.69$ está a la izquierda del valor crítico $Z_c = -1.64$; por lo tanto, se niega la hipótesis nula (H_0).

Paso 4:

Decisión:

Se descarta que conjunto habitacional de 04 niveles, ubicado en la urb. Monserrate tienen vulnerabilidad sísmica media.

Conclusión:

Podemos afirmar que el conjunto habitacional de 04 niveles, ubicado en la urb. Monserrate, distrito de Trujillo provincia de Trujillo, departamento La Libertad en el año 2022 tiene vulnerabilidad sísmica baja con una

Se afirma que las viviendas de la urbanización Monserrate del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, al año 2020 tienen una vulnerabilidad sísmica baja con un significado del 5%.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

CONCLUSIONES

El formulario de Benedetti y Petrini se ajustó a la norma con motivo de recolectar todo tipo de información rápida y concisa para el conjunto habitacional en estudio. Este formulario fue de gran ayuda porque recolectamos datos precisos en nuestra investigación y completamos los once parámetros que integran el método.

Al realizar el método de Benedetti y Petrini obtuvimos un resultado una vulnerabilidad baja en el conjunto habitacional de 4 niveles en la Urb. Monserrate ya que I_v dentro del rango.

Se realizó el modelamiento tridimensional computacional en el conjunto habitacional de 04 niveles en Monserrate en el software ETABS 2019, a través del método de los Elementos Finitos, para esto se utilizaron los valores de la resistencia al concreto f'_c que se habían obtenido en los ensayos de esclerometría.

Los resultados en las tablas de derivas obtenidos por el programa computacional ETABS nos señala que todas las viviendas del conjunto habitacional de 04 niveles cumplen con la distorsión máxima de entrepiso permitida por la norma, por lo que se concluye que tienen una vulnerabilidad sísmica baja.

Tras aplicar el método PIVR (Fema – 154) para analizar la vulnerabilidad del conjunto habitacional en Monserrate de 04 niveles, podemos decir que es de uso sencillo y con una aplicación muy fácil. Para recolectar los datos el tiempo que puede tomar es de 10 a 35 minutos y se realiza en el mismo punto del emplazamiento del edificio. Se registra de forma simple y rápida en los formularios de recopilación de datos.

En base al estudio realizado en esta tesis, se observa que la edificación de albañilería confinada mediante el método Fema – 154 observamos que el puntaje básico de este tipo de edificación no supera el valor de corte; lo que significa que no se encuentra vulnerable aun un sismo de 0.5%.

En conclusión, según el método de Benedetti y Petrini y PIVR (Fema -154) el conjunto habitacional de 04 niveles estudiado posee una vulnerabilidad baja y gracias al análisis del software ETABS 2019 se corroboró toda la información al

arrojar los mismos resultados. Podemos concluir que el conjunto habitacional de 04 niveles en la Urb. Monserrate posee una vulnerabilidad sísmica baja.

RECOMENDACIONES

Para los futuros estudios podemos ya recomendar utilizar el formulario de Benedetti y Petrini ya que se encuentra adaptada a la norma peruana para poder obtener resultados rápidos y concisos.

La implementación del método PIVR (fema – 154) en el Perú puede significar una excelente ayuda en la identificación de edificaciones con potencial de riesgo sísmico. Sin embargo, es importante llevar a cabo un estudio previo para respaldar el método.

Se recomienda aplicar el método matemático con información precisa de las edificaciones, es decir, realizar ensayos, entrevistas, inspeccionar de forma visual acompañados por un inspector o profesional especializado. Con el fin de lograr modelamientos lo más cercano posible con el software Etabs 2019.

Se recomienda a municipalidades tanto provinciales como distritales que incorporen capacitaciones a la población con respecto a las visitas técnicas para la evaluación de sus viviendas.

Capacitar a los trabajadores de construcción para poder evitar fallas en el proceso constructivo y así prevenir futuros accidentes por causas de sismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Enríquez, J. (2018). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Edificio de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, actualizada a la norma E 0.30 2016. (Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Aguilar, G & Mudarra, C. (2018). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica mediante el Método de Índice de Vulnerabilidad de la I.E Liceo Trujillo-2018. (Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Abanto, S & Cardenas, D. (2015). Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica aplicando el Método de Benedetti – Petrini en las Instituciones Educativas del Centro Histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad. (Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Yamin, Luis & Valencia, Daniel & Reyes, Juan & Phillips, Camilo. (2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Apuntes: Revista de estudios sobre patrimonio cultural - Journal of Cultural Heritage Studies, ISSN 2011-9003, Vol. 20, Nº. 2, 2007 (Ejemplar dedicado a: Arquitectura en tierra), pags. 286-303. 20.
- BBC News Mundo. (11 de marzo 2011). El terremoto movió a Japón de lugar. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/03/110314_terremoto_japon_movimiento_eje_tierra_lh
- Valcárcel, Jairo & Mora, Miguel & Cardona, Omar & Beneit, Lluís & Barbat, Alex & Bernal, Gabriel. (2011). Análisis de beneficio-costos de la mitigación del riesgo sísmico de las escuelas de la región Andina y de Centro América.
- Panahi. M., Rezaie. F., Meshkani. A. (2014). Seismic vulnerability assessment of school buildings in Tehran city based on AHP and GIS. pp.969-979. doi: :10.5194/nhess-14-969-2014
- Instituto Nacional de Defensa Civil. Proyecto de preparación ante desastre sísmico y/o tsunami y recuperación temprana en Lima y Callao. Directrices para la

- evaluación y reducción del riesgo sísmico del patrimonio cultural edificado (2011). INDECI – PNUD – Perú y COOPI.
- Ochoa, A. (2012). Aplicación de los Sistemas de información geográfica para la determinación de escenarios de riesgo en el Balneario de Pucusana. Universidad Nacional de San Marcos, Perú.
- Bonett, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Kuroiwa, J. (2002). Reducción de Desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza. Lima: Quebecor World Perú S.A.
- Norma E.030 Diseño Sismorresistente - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El peruano.
- Redacción EC. (15 de enero de 2020). Los sismos más devastadores que ocurrieron en el Perú en los últimos años. El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/sismos-los-sismos-mas-devastadores-que-ocurrieron-en-peru-en-los-ultimos-anos-fotos-noticia/>
- Astorga, M. A., & Aguilar, R. (abril de 2006). Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas. Tesis para optar al grado de Magister en Ingeniería Civil. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Radio Programa del Perú (2016). Defensa Civil: Trujillo presenta alta vulnerabilidad ante un sismo. De <https://rpp.pe/peru/la-libertad/defensa-civil-trujillo-presenta-alta-vulnerabilidad-ante-un-sismo-noticia-987937>
- Arteaga, T. (2016) Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca Ecuador. Proyecto de graduación previo a la obtención del grado de: Especialista en el análisis y diseño de estructuras de acero y hormigón armado. Universidad de Cuenca.
- Sánchez, M. (2013) Vulnerabilidad Sísmica de Construcciones Patrimoniales Históricas de Mampostería en Chile: Aplicación a los Torreones Españoles de Valdivia. Tesis para optar el título de ingeniero Civil. Universidad Austral

de Chile. Recuperado en:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmficis211v/doc/bmficis211v.pdf>

Valle, J. (2019) Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica del Monumento Hotel Palermo en el Centro Histórico de Huancayo 2017. Universidad Peruana de los Andes. URI: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1296> .
http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/1296/T037_20075726_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gallardo, García, Morales, & Ruiz (2013). ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA: ESTRUCTURAL, NO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DEL HOSPITAL NACIONAL CAYETANO HEREDIA. Lima. Perú.

Nisperuza Lopez, D., 2021. Análisis cualitativo y comparativo del método Benedetti-Petrini y la NRS 2010, desarrollado en edificaciones de uno y dos pisos en el barrio Bijao, municipio del Bagre Antioquia. [online] Repository.usta.edu.co. Available at:
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/16713>

Enríquez, J. (2018). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Edificio de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, actualizada a la norma E 0.30 2016. (Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.

Valle, J. (2019) Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica del Monumento Hotel Palermo en el Centro Histórico de Huancayo 2017. Universidad Peruana de los Andes. URI: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1296> .
http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/1296/T037_20075726_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Díaz, A. Y. (2015). Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la Casona Espinach – ex palacio municipal de la ciudad de Cajamarca (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/6651>

- Oliva, F. G. (2019). Vulnerabilidad sísmica de la iglesia San José de la ciudad de Cajamarca. (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/14777>
- Castro, M. (2019). Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura por el método FEMA 154 (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.
- Causas, características e impactos (2017). Servicio Geológico Mexicano. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Causas-caracteristicas-e-impactos.html>
- Zelaya, V. A. (2007). Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Alayo, L. (2007). CRONOLOGIA HISTORICA DE LOS TERREMOTO MÁS DESTRUCTIVOS EN EL PERU 1533- 2007. Tomado de https://www.preventionweb.net/files/16782_historiadelosterremotosenelp eru.pdf
- Silgado (1979). Catálogo Sísmico del Norte del Perú. Repositorio Institucional ULima. https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10796/Lizarraga_Historia_de_los_sismos_en_el_Perú.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Criollo Paucar, J. A., & Santisteban Jacinto, A. G. (2018). Vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti Petrini) en la ciudad de San José, distrito de San José, provincia Lambayeque, departamento Lambayeque. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- ArquitecturaPura. (s.f.). Arquitectura Pura. Obtenido de <https://www.arquitecturapura.com/que-es-una-cornisa-y-cuantos/>
- Ministerio de vivienda, C. y. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones. En C. y. Ministerio de vivienda, Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Lima.

Gómez Rueda, O. J., & Maldonado Rondón, E. (2004). Estudio Analítico de los Efectos de la Torsión Natural en el Comportamiento de Edificios de Varios Pisos Torsionamente Desbalanceados ante Solicitaciones Sísmicas. *Revista de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas*, 148.

McCormac, J. C. (2011). *Análisis de estructuras*. New Jersey.

Romero Ortiz, C. (2017). Tipos y usos de parapetos en albañilería armada. 48.

Alonso G. (2015). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones*. Colombia.

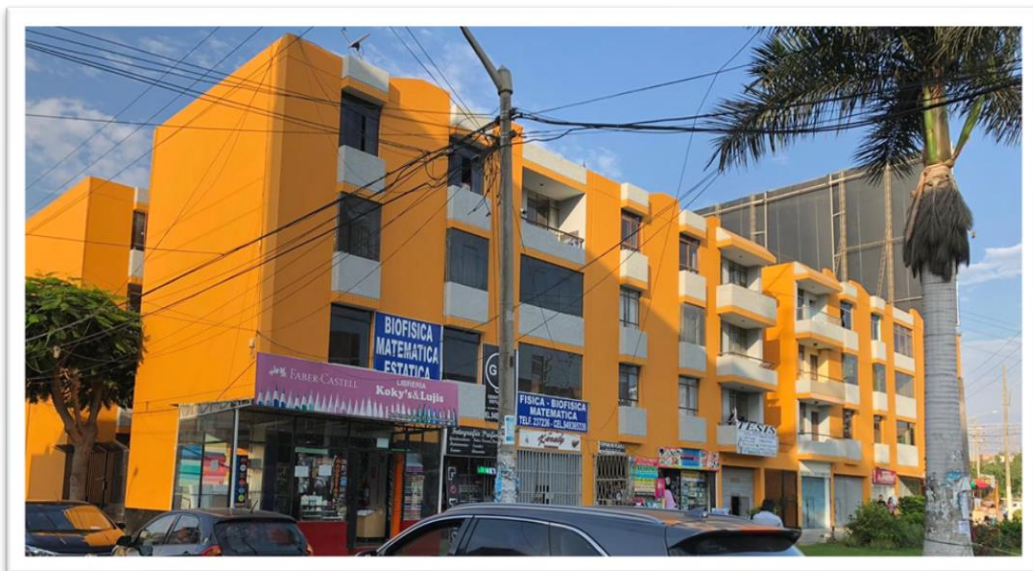
Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.

ANEXOS

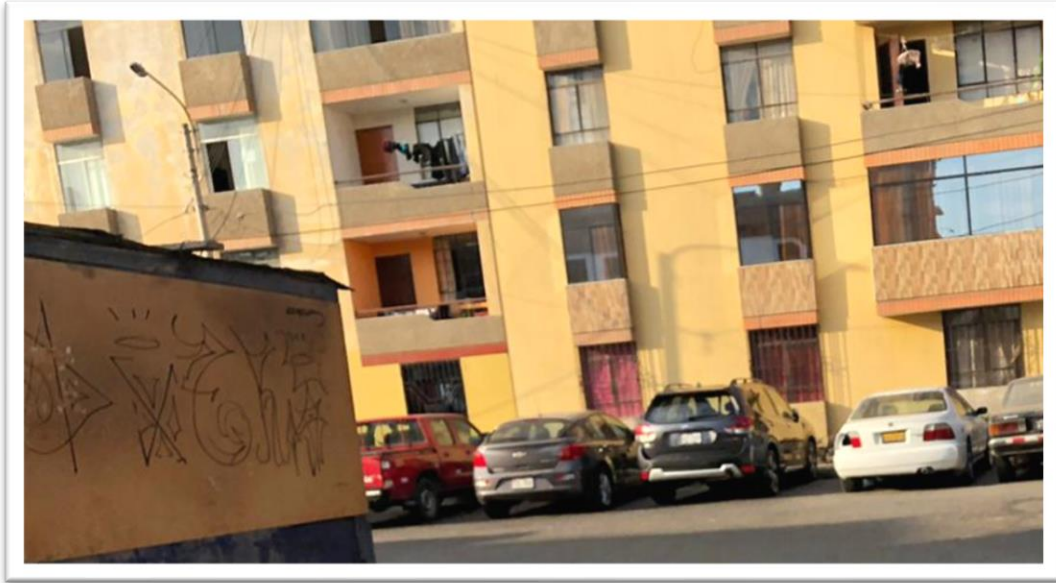
Equipos utilizados para ensayos, el de la izquierda es el escáner de armaduras y el equipo de la derecha es el esclerómetro.



Conjunto habitacional de 04 niveles similar al que será objeto de estudio de esta tesis.



Vista 1 del conjunto habitacional de 04 niveles que será objeto de estudio de esta tesis.



Vista 2 del conjunto habitacional de 04 niveles que será objeto de estudio de esta tesis.

