

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“ANÁLISIS DEL GRADO VULNERABILIDAD SÍSMICA
ESTRUCTURAL DE LOS PRINCIPALES MERCADOS DE LA
CIUDAD DE HUÁNUCO - 2020”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORA: Alvarado Verde, Jordan Brayan

ASESOR: Valdivieso Echevarria, Martin Cesar

HUÁNUCO – PERÚ

2021

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería estructural, y municipal

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73221103

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22416570

Grado/Título: Maestro en gestión pública

Código ORCID: 0000-0002-0579-5135

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Martínez Fabian, Efraín Raúl	Maestro en gestión pública	22486921	0000-0002-5177-380X
3	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 08:00 horas del día **viernes 26 de noviembre de 2021**, mediante la plataforma Google Meet, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- | | |
|------------------------------------|--------------|
| • MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | - PRESIDENTE |
| • MG. EFRAÍN RAÚL MARTÍNEZ FABIÁN | - SECRETARIO |
| • MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS | - VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 1564-2021-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **“ANÁLISIS DEL GRADO VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL DE LOS PRINCIPALES MERCADOS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2020”**, presentado por el (la) Bachiller. ALVARADO VERDE, JORDAN BRYAN, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

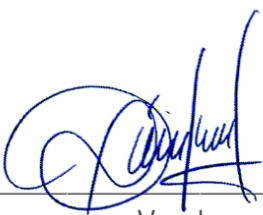
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las 9:00 horas del día **viernes 26** del mes de noviembre del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente

Secretario

Vocal

DEDICATORIA.

A Dios, a mi madre, a mi esposa, a mi hijito, a mi abuela y a mi familia.

AGRADECIMIENTO

A mi madre por todo su apoyo gracias por todo viejita, a mi esposa por ser mi sostenimiento cada día, a mi pequeño hijo por ser mi motivación todos los días, a mi abuela por su amor puro e incondicional que siempre me da, a mi familia por estar siempre a mi lado, gracias por todo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCION	xiv
CAPÍTULO I	16
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Descripción del problema	16
1.2. Formulación del problema	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Objetivo general	20
1.4. Objetivos Específicos	20
1.5. Justificación De La Investigación	21
1.6. Limitaciones de la investigación	22
1.7. Viabilidad de la investigación	23
CAPÍTULO II	24
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes de la investigación	24
2.1.1. Antecedentes Internacionales	24
2.1.2. Antecedentes Nacionales	30
2.1.3. Antecedentes Locales	34
2.2. Bases teóricas	38
2.2.1. Vulnerabilidad	38
2.3. Vulnerabilidad sísmica	52
2.3.2. Mercado	70
2.4. Definiciones conceptuales	76
2.4.1. Vulnerabilidad:	76
2.4.2. Vulnerabilidad sísmica estructural:	76

2.4.3.	Vulnerabilidad sísmica no estructural:	76
2.4.4.	Función de vulnerabilidad:	76
2.4.5.	Junta sísmica	77
2.4.6.	Riesgo inminente:	77
2.4.7.	Falla estructural:	77
2.4.8.	Falla constructiva:	77
2.4.9.	F.V (Factor de vulnerabilidad sísmica):.....	77
2.4.10.	Área construida:.....	77
2.4.11.	Área de corte:	77
2.4.12.	Vulnerabilidad alta:	78
2.4.13.	Vulnerabilidad media:	78
2.4.14.	Vulnerabilidad baja:	78
2.4.15.	Mercado:.....	78
2.5.	Hipótesis	79
2.5.1.	Hipótesis general	79
2.5.2.	Hipótesis Específicos	79
2.6.	Variables	80
2.6.1.	Variable dependiente	80
2.6.2.	La Vulnerabilidad sísmica de las estructuras de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.	80
2.6.3.	Variable independiente	80
2.7.	Operacionalización de variables	80
CAPÍTULO III		81
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	81
3.1.	Tipo de investigación	81
3.1.1.	Enfoque	81
3.1.2.	Alcance o Nivel	81
3.1.3.	Diseño.....	81
3.2.	Población Y Muestra.....	82
3.2.1.	Población	82
3.2.2.	Muestra.....	82
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	82
3.3.1.	técnicas.....	82
3.3.2.	instrumentos	84

3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	84
CAPÍTULO IV.....	86
4. RESULTADOS	86
4.1. ANALISIS ESTRUCTURAL	93
4.1.1. ANALISIS ESTATICO.....	93
4.2. Contrastacion de hipotesis y prueba de hipotesis.....	115
4.2.1. contrastación de hipótesis general	115
4.2.2. Contrastación de las hipótesis especificas	115
CAPÍTULO V.....	117
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	117
5.1. Del tipo de onda que somete a las estructuras.....	117
5.2. De la vulnerabilidad de las estructuras	117
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES.....	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
ANEXO	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Niveles de amenaza sísmica.	66
Tabla N° 2. Estados de daño y niveles de desempeño.....	68
Tabla N° 3. Niveles de daño según EERI.	68
Tabla N° 4. Tipologías de Mercados.....	72
Tabla N° 5. Categorías de Mercados.....	73
Tabla N° 6. Variable de operaciones	80
Tabla N° 7. Parámetros de índice de vulnerabilidad	85
Tabla N° 8. Clasificación de la zona de la investigación.	87
Tabla N° 9. Descripción de las características del suelo t-S3.....	88
Tabla N° 10. Análisis de los estudios de mecánica de suelos obtenidos para el proyecto.	89
Tabla N° 11. Mercado antiguo de Huanuco- cortantes basales.....	98
Tabla N° 12. Cortante basal en la dirección X-X.....	98
Tabla N° 13. Cortante basal en dirección Y-Y.	99
Tabla N° 14. Datos Etabs- Mercado antiguo de Huánuco.	99
Tabla N° 15. Cortante basal en la dirección X-X.....	100
Tabla N° 16. Cortante basal en la dirección Y-Y.....	100
Tabla N° 17.....	102
Tabla N° 18. Vamos a analizar los periodos.	105
Tabla N° 19. Factores de carga según el periodo de retorno.	107
Tabla N° 20	109
Tabla N° 21. Mercado Antiguo X-X.....	109
Tabla N° 22. Limites De La Estructura -Según ATC-40.....	111
Tabla N° 23. Mercado Modelo Curva de Capacidad-Y.	111
Tabla N° 24. Límites de La Estructura -Según ATC-40.	113

Tabla N° 25. Mercado modelo curva de capacidad X-X.	113
Tabla N° 26. Limites de la estructura -según ATC-40.....	114
Tabla N° 27. Desplazamiento según el espectro de aceleración sísmica – mercado antiguo.	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Las 15 placas tectónicas mayores.....	41
Figura N° 2. Esquema del proceso de convergencia de la Placa Nazca y la Placa Sudamericana.....	43
Figura N° 3. Mapa del Cinturón de Fuego del Pacífico	44
Figura N° 4. Sección transversal del proceso tectónico en la zona de subducción.....	45
Figura N° 5. Principales rasgos tectónicos superficiales en Perú y en el borde oeste de Sudamérica	47
Figura N° 6. Mecanismo de acción de un sismo.....	48
Figura N° 7. Tipos de ondas	49
Figura N° 8. Ondas de volumen y ondas de superficie	50
Figura N° 9. Escala de Richter vs escala de Mercalli.....	52
Figura N° 10. Falla por flexión y corte cerca de las esquinas del muro, causadas por fuerzas de inercia que actúan perpendicularmente a la cara de las paredes.	56
Figura N° 11. Fórmula para la cortante basal en una edificación de albañilería	57
Figura N° 12. Relación de daños y densidad de muros, con columnas de concreto armado	57
Figura N° 13. Viviendas sin columnas y baja densidad de muros en la dirección paralela a la fachada.....	58
Figura N° 14. Viviendas sin columnas y baja densidad de muros en la dirección paralela a la fachada.....	58
Figura N° 15. Fallo súbito de las columnas del primer nivel. Sismo de Imperial Valley de 1979. Fuente: Bonnet R. (2003).....	60
Figura N° 16. súbito de las columnas del primer nivel. Sismo de Imperial Valley de 1979. Fuente: Bonnet R. (2003).....	62

Figura N° 17. Fallo súbito de las columnas del primer nivel. Sismo de Imperial Valley de 1979. Fuente: Bonnet R. (2003).....	62
Figura N° 18. Falla por falta de densidad de muros.....	63
Figura N° 19. Tabiques sobre voladizos.	64
Figura N° 20. Primer piso de adobe, segundo piso de albañilería.	64
Figura N° 21. Izq.: Muros sin viga solera. Der.: Unión viga columna sin estribos. La NTE E.070 obliga colocar por lo menos 2 estribos.....	65
Figura N° 22. Clasificación de las Técnicas de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica según Corsanero y Petrini.....	69
Figura N° 23. Clasificación de las Técnicas de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica.....	70
Figura N° 24. Fotos del Mercado Viejo.	74
Figura N° 25. Mapa sísmico del Perú.	86
Figura N° 26. Grillas de las aceleraciones sísmicas vs periodo de retorno.	87
Figura N° 27. Cuadro resumen de la imagen N°26.....	87
Figura N° 28 Clasificación del factor u.	88
Figura N° 29. Clasificación del facto “S”-suelo.	90
Figura N° 30. Clasificación del periodo estructural según el tipo de suelo de fundación	90
Figura N° 31. Factor de resistencia por tipo de edificación $R_o=7$	92
Figura N° 32. Factor por irregularidad en planta $I_a=0.30$	92
Figura N° 33. Factor por irregularidad en elevación $I_p=0.85$	93
Figura N° 34. Factor de resistencia por tipo de edificación $R_o=7$	95
Figura N° 35. Irregularidades en altura $I_p=0.9$	96
Figura N° 36. Irregularidades en altura $I_p=0.9$	96
Figura N° 37. Diagrama de espectro sísmico-tiempo historia	103
Figura N° 38. Mercado atiguo curva de capacidad-y.	106

Figura N° 39. Desplazamiento según el espectro de aceleración sísmica – mercado antiguo	108
Figura N° 40. Desplazamiento según el espectro de aceleración sísmica – mercado modelo.	110
Figura N° 41. Desplazamiento según el espectro de aceleración sísmica – mercado modelo.	112
Figura N° 42. Desplazamiento según el espectro de aceleración sísmica – mercado antiguo.	114

RESUMEN

La investigación realizada evalúa las condiciones de la vulnerabilidad sísmica de los principales mercados de la ciudad de Huánuco, Mercado Modelo y Mercado Antiguo, por ser una de los principales afluentes de personas en la ciudad y por sus condiciones estructurales se han realizado un análisis sísmico para evaluar su vulnerabilidad, y así evaluar las condiciones estructurales frente a un record histórico de sismos registrados y calculado mediante métodos matemáticos.

Al análisis realizado mediante programa por el método PUSHOVER donde se han analizado las 02 edificaciones donde sus características son:

- Mercado modelo que contamos con un punto de colapso en el eje Y-Y con un desplazamiento de 0.17m sobre una carga de 253.95 Tn en un periodo de retorno de 3000 años y en el eje X-X con un desplazamiento de 0.16m sobre una carga de 243.64 Tn. en un periodo de retorno de 500 años siendo su vulnerabilidad las condiciones del eje X-X para el colapso total de la edificación.
- Mercado antiguo que contamos con un punto de colapso en el eje Y-Y con un desplazamiento de 0.14m sobre una carga de 211.62 Tn en un periodo de retorno de 3000 años y en el eje X-X con un desplazamiento de 0.07m sobre una carga de 123.27 Tn. en un periodo de retorno de 500 años siendo su vulnerabilidad las condiciones del eje X-X para el colapso total de la edificación

Palabras clave: Norma E.030 2018, deriva, Análisis Pushover, ETABS, vulnerabilidad sísmica.

SUMMARY

The research carried out assesses the conditions of seismic vulnerability of the main markets of the city of Huánuco, Mercado Modelo and Mercado Antiguo, as it is one of the main affluents of people in the city and due to its structural conditions, a seismic analysis has been carried out to evaluate their vulnerability, and thus evaluate the structural conditions against a historical record of earthquakes registered and calculated using mathematical methods.

To the analysis carried out by means of a program by the PUSHOVER method where the 02 buildings where their characteristics are:

- Market model that we have a collapse point on the YY axis with a displacement of 0.17m on a load of 253.95 Tn in a return period of 3000 years and on the XX axis with a displacement of 0.16m on a load of 243.64 Tn. In a return period of 500 years, its vulnerability being the conditions of the XX axis for the total collapse of the building.
- Old market that we have a collapse point on the YY axis with a displacement of 0.14m on a load of 211.62 Tn in a return period of 3000 years and on the XX axis with a displacement of 0.07m on a load of 123.27 Tn. in a return period of 500 years, its vulnerability being the conditions of the X-X axis for the total collapse of the building

Keywords: Standard E.030 2018, drift, Pushover analysis, ETABS, seismic vulnerability

INTRODUCCION

En el capítulo N°01 se desarrolla una necesidad de evaluar las edificaciones frente a sismos de gran consideración, del mismo modo evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones con una afluencia alta de personas como viene a ser en nuestra ciudad el mercado modelos y el mercado antiguo por sus condiciones y el proceso constructivo practicado en aquellos tiempos en la ciudad de Huánuco, no garantiza un correcto comportamiento frente a un sismo de considerables magnitudes.

En el capítulo N°02 se desarrolla la parte fundamental de nuestra investigación. En ella se identificaremos las fuentes primarias y secundarias sobre todo lo relacionado a las bases teóricas y prácticas de los sismos las cuales se sustenta las investigaciones y el diseño de las edificaciones.

Amplía la descripción del problema que estamos estudiando, sobre los efectos sísmicos las teorías y todo lo relacionado a las literaturas sísmicas encontradas.

En el capítulo N°03 se desarrolla el enfoque de esta investigación es cuantitativo, ya que el investigador propone medir el grado de vulnerabilidad sísmica en los principales mercados de la ciudad de Huánuco, para lo que necesita tomar diferentes mediciones secuenciales a fin de obtener dicha vulnerabilidad.

Por el alcance, la investigación es DESCRIPTIVA, al encontrar la vulnerabilidad sísmica se podrá conocer el comportamiento futuro ante el sismo de las estructuras a analizar así también se podrá generalizar los resultados para otras estructuras con similares características.

En atención al diseño, la investigación es un estudio NO EXPERIMENTAL, por lo que se observaran y analizaran los elementos constructivos, materiales empleados, y proceso constructivo de los mercados modelo y antiguo de la ciudad de Huánuco.

La metodología en nuestra investigación (tesis) no es más que la serie de técnicas y métodos, de índole científica, que se aplican durante un proceso de investigación para alcanzar un resultado.

La metodología de la investigación en la tesis se encarga de orientar la forma en que uno enfoca una investigación.

En el capítulo N°04 se desarrolla el análisis mediante el método PUSHOVER con ayuda del programa especializado para estructuras ETABS, donde se han logrado hacer un cuadro de los datos tiempo, historia de los factores de amplificación sísmica y así lograr realizar la eficacia de ambas edificaciones.

Mercado antiguo llega a un punto de colapso sería un desplazamiento de 0.07289cm, es decir el eje más débil sería X-X con un periodo de retorno de 500 años. En conclusión, el eje X-X es menos rígido, haciendo que, con una inclinación normal, esta edificación fallaría ocasionando el colapso completo de la edificación.

Mercado modelo En esta determinamos que el punto de colapso sería un desplazamiento de 0.16723cm, es decir el eje más débil sería X-X con un periodo de retorno de 2000 años. En conclusión, el eje X-X es menos rígido, haciendo que, con una inclinación normal, esta edificación fallaría ocasionando el colapso completo de la edificación.

En el capítulo N°05 se desarrolla en perfilar las conclusiones y recomendaciones de la tesis en base a los objetivos propuestos en la investigación, los resultados y la discusión realizada.

La discusión de resultados se refiere a la sección del trabajo de nuestra investigación (tesis), en la cual se describe el significado de los hallazgos obtenidos versus los datos ideales de un diseño sísmico estructural.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

En la ciudad de Huánuco, una de las principales actividades económicas es el comercio, en especial con alimentos y otros productos de primera necesidad. Los mercados son lugares públicos con tiendas o puestos de venta, en Huánuco contamos con 2 mercados principales, el mercado modelo y el mercado “antiguo” donde por el tipo de comercio, existe una gran cantidad de personas que asisten tanto como los dueños de las tiendas y las personas que asisten a realizar sus compras.

“El Mercado Antiguo cuenta con un área evaluada mide 4800 m², de las cuales el área construida por adobe, es de 2242 m² con un perímetro es de 193 m.l, siendo el restante, un área de 2558 m² que comprende la parte de los puestos de atención hechos de madera (sub gerente de riesgo y desastres MPHCO).

En este mercado existen 292 puestos de expendio de diversos tipos de productos que atienden a un flujo de 2000 a 2500 personas por día, actividades económicas que se cumplen en condiciones precarias e insalubres en una infraestructura construida hace 100 años en el año de 1919 aproximadamente, en el gobierno del Sr. Juan Rabasa (Ivan Antun Rabaza Bojanovic). En la construcción se usó como materiales, el adobe y el tapial, que en aquellos años no tenía mucha profundidad en sus estudios ni características de los materiales usados en la construcción, también por el paso de los años, se encuentran muy deteriorados (sub gerente de riesgo y desastres MPHCO).” (Alvarado f. (1993). Huánuco historia, pág. 105).

“En este mercado existen 1180 puestos de expendio de diversos tipos de productos que atienden a un flujo de 4000 a 5500 personas por día, actividades económicas que se cumplen en condiciones precarias e insalubres En 1950 se creó el mercado modelo de Huánuco, el terreno

destinado para el mercado era un 50% propiedad de la municipalidad de Huánuco y el otro 50% propiedad de la beneficencia.

El gobierno decide comprar la otra parte a la beneficencia y así se logra hacer todo el mercado. Constaba de 12890m², de las cuales en 7900m² se construye el mercado y los 4990m² restantes fueron considerados como playa de estacionamiento.

Dentro de los 7900m² solo existía 473 puestos de trabajo a nombre de la municipalidad de Huánuco. Ahora se refleja un estudio hasta la actualidad se viene reflejando con 1180 puestos de distintos tipos de negocios la cual Hasta la actualidad viene siendo conducida por la asociación “Frente de Defensa de los Trabajadores Formales del Mercado Modelo”.

Pasaron los años y los alcaldes de ese entonces comenzaron a repartir la parte de afuera para hacer lo que ahora son los puestos azules, convirtiéndose en mercado todo aquello que era playa de estacionamiento sin tener en cuenta las vías de acceso y de emergencia.” (Alvarado f. (1993). Huánuco historia, pág. 105).

Existe un peligro permanente ante un riesgo de sismo, ya que en la actualidad se viene suscitando presencias de movimientos telúricos en la provincia de Huánuco, que puede provocar la caída del techo y paredes. El deterioro de la infraestructura, debido a la antigüedad de la construcción, puede causar derrumbes. La manipulación balones de gas, en el área de comidas, y la precariedad de las instalaciones eléctricas pueden ser causal de incendios ya que no se cumplen con las normas técnicas.

Es necesario tomar las medidas de carácter correctivo con carácter de urgencia a fin de no exponer a la persona a riesgos que pueden afectar su salud e integridad y emitir el documento legal para declarar la situación de emergencia.

Esta investigación repercutirá positivamente en la toma de decisiones sobre la intervención en el Antiguo Mercado, más aún que ahora es

considerado Patrimonio Histórico (resolución R.J. N°348-91-INC/J de fecha 08 de marzo de 1991, publicado el 18 de marzo de 1991) según INC (instituto nacional de cultura). ya que se encuentra vulnerable ante eventos de naturaleza sísmica.

“La reducción de la vulnerabilidad es una inversión clave, no solamente para reducir los costos humanos y materiales de los desastres naturales, sino también para alcanzar un desarrollo sostenible en nuestro país.” (Norabuena Garay, 2012).

Ante esta situación, siendo las principales fuentes de economía en la provincia, existe una preocupación cómo está construido el Antiguo Mercado, bajo qué parámetros sísmicos, bajo qué técnicas de ingeniería, así también, los daños que se podría ocasionar en el mercado viejo en un eventual terremoto de escalas considerables.

El subgerente de Riesgo y Desastres de la Municipalidad de Huánuco, informó que según la evaluación del estado situacional del Mercado Central (Mercado Antiguo o Mercado Viejo) donde se recomienda con carácter de urgencia a proceder con su desocupación por el riesgo alto en que se encuentran las personas, que desarrollan sus actividades cotidianas, y aquellas que acuden a ese centro de abastos.

En el instituto nacional de Defensa Civil, se encuentran como base histórica los sismos de gran magnitud hasta la actualidad. En la cual la base histórica refleja desde el sismo del año 1471, sismo de gran magnitud, donde destruyo el primitivo asiento de la ciudad incaica en Arequipa en la época del inca Tupac Yupanqui, donde perecieron todos sus habitantes, en la cual se ocasiono la erupción del volcán Misti, en esta oportunidad se alcanzó una intensidad de VIII en la escala modificada de Mercalli, la cual en su evaluación de intensidad del terremoto se considera con: Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno, considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcialmente grandes en estructuras débilmente construidas. Donde también registra los sismos actuales la cual es el sismo del año 2005 en

el distrito de Omate, de la provincia de Sánchez del departamento de Moquegua de magnitud 8.4 en la escala de Richter registrándose daños personales en los distritos de San Cristóbal con 469 familias damnificadas y 311 afectadas, en Cuchumbaya con 02 familias damnificadas y 68 afectadas, en la cual también se registraron 471 viviendas destruidas y 379 afectadas.

En este registro histórico se considera 2 grandes sismos de magnitudes considerables en la Región de Huánuco, 14 de febrero de 1970. 06:18 horas el sismo fue registrado en Pano, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco, 10 muertos y un número no precisado de casas destruidas, también se registra el 10 de junio de 1971. 01:47 horas sismo en Huánuco, con una Intensidad 3 a 4 grados en la escala de Mercalli. donde se registran grandes daños a la ciudad de Huánuco.

Por las consideraciones antes explicadas, es importante este tipo de investigación, cuyo objetivo principal es determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural y no estructural del monumento histórico “Antiguo Mercado” de la ciudad de Huánuco.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es grado de vulnerabilidad sísmica estructural de Los principales mercados de la ciudad de Huánuco?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los comportamientos estructurales del mercado antiguo (como patrimonio cultural) y el mercado moderno frente a un sismo de gran magnitud?
- ¿Cuál es la comparación de la rigidez estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco?

- ¿Cuáles son las fuerzas sísmicas aplicadas en las estructuras según la norma vigente (E030)?
- ¿Cuáles son los parámetros de diseño del espectro de respuesta sísmica estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco?
- ¿los parámetros de diseños actuales de los comportamientos estructurales, serán compatibles con las normas peruana (E070 y E080)?
- ¿Cuáles son los esfuerzos admisibles los principales mercados de Huánuco?

1.3. Objetivo general

Determinar el grado de la vulnerabilidad sísmica estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.

1.4. Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento estructural del mercado antiguo y el mercado modelo de la ciudad de Huánuco según la norma técnica peruana E030.
- Comparar la rigidez estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.
- Determinar las fuerzas sísmicas en las estructuras de los principales mercados de Huánuco.
- Determinar los parámetros para el diseño del espectro de respuesta sísmica estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.
- Analizar los parámetros actuales de diseños de comportamientos estructurales, serán compatibles con las normas peruana (E030).

- Evaluar los esfuerzos admisibles en las estructuras de los principales mercados de Huánuco.

1.5. Justificación De La Investigación

Los estudios modernos en ingeniería sismo resistente enfatizan con la necesidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica en los centros urbanos, donde hay concentración de personas, infraestructura y servicios.

El Mercado Antiguo y el mercado modelo tienen gran valor cultural por ser un modelo del tipo de construcciones coloniales que representan a nuestra ciudad, diseñadas y elaboradas por profesionales de la construcción de aquellos tiempos y que hasta la actualidad sigue siendo uno de los más importantes puntos de comercio para la región, y que es considerado patrimonio cultural de Huánuco, el presente trabajo de investigación tiene por finalidad evaluar la vulnerabilidad sísmica estructural y no estructural del Mercado Antiguo de Huánuco, en particular de las edificaciones existentes; por ser una planta dedicado al comercio, con gran concentración de personas, con el fin de establecer niveles de vulnerabilidad sísmica, estimar los posibles daños en las edificaciones y calcular las posibles pérdidas materiales debido a los movimientos sísmicos que se puedan producir en Huánuco.

Donde, prácticamente Existe una justificación práctica con la presente investigación, pues ayudará a resolver el problema de la inseguridad que presenta el Mercado Viejo en su infraestructura ante un evento sísmico de grado medio o mayor.

Con esta investigación serán beneficiados los comerciantes propietarios de los puestos en el Mercado Viejo y mercado modelo, los usuarios que hacen compras y el público en general, al contar con un estudio sobre de esta índole y con las conclusiones y resultados que se derivarán de la investigación, para tomar las decisiones y medidas correctivas necesarias. Por ello es conveniente llevar a cabo esta investigación.

Se justifica la presente investigación pues utiliza en su proceso de desarrollo el método científico con sus diversas etapas (observación, recolección de información, hipótesis, experimentación y comunicación).

Además, los resultados de la investigación permitirán tener a las autoridades de la municipalidad provincial de Huánuco y del gobierno regional de Huánuco, la información necesaria y oportuna para abordar y realizar posteriormente el estudio de la reconstrucción y/o remodelación del Mercado Antiguo, tomando en cuenta y con rigurosidad las normas técnicas precisas para disminuir y evitar los posibles daños que pueden sufrir las estructuras durante un evento sísmico considerable.

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica será factible, pues se empleará la metodología de números finitos aplicados con las normas técnicas regidas en el país en la actualidad (E-030, E-050, E-070 (apoyo a formas de construcción y diseño) y E-080) con apoyos de programas especializados en estos cálculos, los cuales estimaran un índice de vulnerabilidad en función a las características, tanto constructivas, arquitectónicas y estructurales de una estructura, que más influyen en su comportamiento sísmico.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Esta investigación se limita al estudio de Antiguo Mercado y mercado modelo del distrito de Huánuco, provincia de Huánuco.
- Ausencia de estudios locales sobre el tema de la presente investigación.
- Escasa documentación y/o limitado acceso a datos de estudios.
- El grado de vulnerabilidad a determinarse será una estimación que no pretende describir la realidad absoluta de las condiciones en las que se encuentra el Mercado Viejo y mercado modelo.

- “No se debe asumir que los índices de vulnerabilidad calculados garanticen por su valor numérico, el colapso o no de dichas edificaciones”. (Hurtado, 2008).

1.7. Viabilidad de la investigación

La presente investigación es viable dado que:

- Se cuenta con la capacidad intelectual del investigador.
- Se cuenta con los recursos materiales y económicos necesarios para llevar a cabo la investigación.
- Se tiene accesos a la Internet y a los medios bibliográficos relacionados al tema.
- Se cuenta con acceso a la municipalidad provincial de Huánuco, donde se encuentra el Antiguo Mercado, sujeto de este estudio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Silva, N. (2015), realizó el estudio titulado: Vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales, y evaluación preliminar de riesgo sísmico en la Región Metropolitana. El objetivo general de esta investigación fue: Evaluar el riesgo sísmico en algunas comunas de la Región Metropolitana, mediante un análisis de vulnerabilidad sísmica estructural a una muestra de viviendas sociales construidas entre los años 1980 y 2001, y a través de la generación de mapas de peligro sísmico probabilístico y determinístico. Sus objetivos específicos fueron: Seleccionar una muestra de viviendas sociales a evaluar, aunando criterios de interés provenientes de diversos enfoques. Asignar una clase representativa de vulnerabilidad a la muestra de viviendas sociales de la Región Metropolitana construidas entre los años 1980 y 1985, considerando el daño observado y las intensidades reportadas en el terremoto de marzo del '85, empleando la distribución estadística de daños dada por la Escala MSK-64. Calcular el índice de densidad de muros a la muestra de viviendas sociales consideradas, a partir de la metodología propuesta por Meli (1991), y mediante la revisión de planos estructurales puestos a disposición por el SERVIU RM. Establecer a partir de la Muestra 1, la relación entre el grado de daño promedio y el índice de densidad de muros, previa validación (y eventual calibración) de los rangos establecidos para el índice de densidad de muros en estructuras de albañilería reforzada en Chile. Estimar el grado de daño promedio esperado para las viviendas sociales pertenecientes a la Muestra 2, extrapolando la relación obtenida anteriormente. Evaluar peligro sísmico determinístico para las fuentes de tipo cortical (segmento de la FSR), interplaca e intraplaca oceánica, determinando previamente el evento más desfavorable y creíble a la vez para cada fuente

sismogénica. Calcular, para distintos periodos de retorno, el peligro sísmico probabilístico para las fuentes cortical (sismicidad background), interplaca trust e intraplaca oceánica.

Mediante un análisis previo de sensibilidad de los distintos parámetros (input) considerado en la evaluación del Peligro Sísmico Probabilístico, establecer nodos, ramas y sus respectivos pesos, para la metodología de Árbol Lógico (Logic Trees). Determinar una función de primer orden de riesgo sísmico $G_d [I, (d/n) \%]$, que relacione la intensidad generada en el análisis de peligro sísmico, la densidad de muros entregada por la metodología de vulnerabilidad propuesta por Meli, y que entregue el grado de daño promedio esperado. Estimar preliminarmente el riesgo sísmico para los conjuntos habitacionales considerados, mediante dos escenarios. El primero de ellos mediante el cruce espacial de intensidades, y de las clases de vulnerabilidad, y el segundo a través de la función de riesgo $G_d [I, (d/n) \%]$.

Se concluyó que: Se observa una sostenida disminución de intensidades hacia el oriente, con diferencias entre la IMM máxima (costa) y IMM mínima (sector cordillerano) cada vez mayores a medida que aumenta el periodo de vida útil considerado. Para 10 años la diferencia es 1.6 grados y para 250 años, el delta llega a 3.2. La disminución de las intensidades es lenta hacia el interior del continente (desde Melipilla al oriente), decayendo unos pocos grados en más de 200 kilómetros. En cambio, en el sector costero la atenuación es más rápida, lo que concuerda con la influencia individual de las fuentes en dependencia con la distancia. Se pueden reconocer fácilmente el aporte local de las tres fuentes sismogénicas involucradas, identificando las áreas de influencia de cada cual. En el caso de la cuenca de Santiago, claramente predomina el aporte de la fuente intraplaca y cortical debido a su cercanía, respectivamente. Pero en general para Chile Central la mayor influencia está dada por la fuente interplaca Thrust, por ello se observa el decaimiento de las intensidades a medida que aumenta la distancia hacia el oriente desde la zona de contacto. No es posible

identificar la operación matemática que representa la distribución de intensidades ocasionadas por las tres fuentes sismogénicas de manera conjunta. Para la zona de interés (cuenca de Santiago), se observa que para 10 años de vida útil las intensidades generadas alcanzan a valores levemente inferiores que VII.5, en cambio para un periodo de vida útil correspondiente a 250 años, las intensidades llegan a superar los IX grados.

La diferencia entre las contribuciones de las fuentes se hace más marcada a medida que aumentan los periodos de vida útil a considerar. Es decir, por ejemplo, en el mapa de 10 años de vida útil, la diferencia entre las intensidades es levemente superior a 1 punto siendo casi comparables los aportes de las fuentes interplaca, intraplaca y cortical, mientras que, en el mapa de 250 años de vida útil, la diferencia es cercana a los 3 puntos entre el sector costero y el cordillerano, resaltando aún más el predominio del efecto de la fuente tipo thrust en toda la zona de interés.

Garcés Mora, R. (2017), realizó la investigación titulada: Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio San Judas Tadeo II en la ciudad de Santiago de Cali. El objetivo general fue: Establecer los niveles de vulnerabilidad sísmica en las viviendas de uno y dos pisos, trabajando las variables correspondientes dadas en la Norma NSR10, para mitigar el riesgo sísmico existente frente a una intensidad sísmica moderada, salvaguardando la vida y bienes de los propietarios. Los objetivos específicos fueron: Inspeccionar los diferentes elementos estructurales que componen las viviendas. Identificar las deficiencias no estructurales que son potencialmente vulnerables ante la presencia de un sismo. Describir las deficiencias de la calidad de los materiales y de los procesos constructivos. Proponer recomendaciones para corregir las deficiencias encontradas durante la evaluación de vulnerabilidad sísmica. Desarrollar el método ATC-21, una metodología cualitativa y económica. Estudio de vulnerabilidad sísmica viviendas de 1 y 2 pisos.

Se concluyó que: A partir de las inspecciones de los diferentes elementos estructurales que componen las viviendas se logró identificar la falta de conceptos de estructuración para la seguridad sísmica como lo son: la carencia de una viga o cinta de amarre en cubiertas, la falta de continuidad en los elementos estructurales y falencias en el confinamiento de los muros. Se identificaron las deficiencias en elementos no estructurales que son potencialmente vulnerables ante la presencia de un sismo como son la ausencia de dinteles de concreto en los vanos de puertas y ventanas que pueden generar grandes daños en estos elementos y el bloquear la salida de los ocupantes después de eventos sísmicos.

Se pudo documentar las deficiencias de la calidad de los materiales y de los procesos constructivos. En general se observó mampostería mixta, diferentes tipos de ladrillo en un mismo plano sin elementos de amarre, barras de acero expuestas a la oxidación, recubrimiento del acero de refuerzo deficiente, predominan las humedades en las fachadas y, un deterioro en los materiales utilizados en los acabados, estucos, pinturas y repellos.

Durante el desarrollo de este trabajo se propuso diseños para corregir las deficiencias encontradas durante la evaluación de vulnerabilidad sísmica, tanto para las viviendas de un piso como las de dos niveles. En estas propuestas se plantea la adición de columnas y vigas de confinamiento para incrementar la cantidad de muros que soportaran las cargas producidas por el sismo. Las soluciones propuestas se sujetan a la normativa sismo resistente vigente, porque las edificaciones fueron construidas sin tener presente las normas de sismo resistencia, y con el factor predominante de la autoconstrucción o construcción informal. Finalmente se puede concluir que se aplicó el método ATC-21 para realizar el estudio de vulnerabilidad sísmica y conocer las condiciones en las cuales se encuentra las edificaciones. Se confirma nuevamente que son muy importantes las buenas prácticas constructivas, un aspecto inherente, que repercute de manera positiva o negativa en el buen

comportamiento sísmico de una vivienda. Se percibe la necesidad de los conceptos teóricos, los cuales Estudio de vulnerabilidad sísmica viviendas de 1 y 2 pisos complementa y afianzan los conocimientos prácticos o empíricos que se puedan tener las personas que realizan las obras en el sector objeto de estudio. Es mejor invertir \$ 63'394.474,37 en el mejoramiento y evitar pérdidas por \$ 278.291.167 que incluye la muerte de 5 personas, la ocurrencia de 5 personas heridas y pérdidas económicas materiales por metro cuadrado de construcción.

Cabezas Almeida, J. (2016), realizó la investigación titulada: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de la facultad de Comunicación Social, de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE, 2015). El objetivo general fue: Evaluar la vulnerabilidad sísmica del edificio de la Facultad de Comunicación Social, de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC SE-RE, 2015). Sus objetivos específicos fueron: Realizar una inspección visual y una evaluación rápida del edificio de la Facultad de Comunicación Social, mediante el método FEMA 154 para determinar las fallencias que ésta posea.

Efectuar la valoración del peligro sísmico de la estructura, en base a la norma empleada (NEC SE-RE, 2015) y de la información recolectada. Realizar un análisis lineal estático y análisis lineal dinámico de la estructura del edificio de la Facultad de Comunicación Social, en base a la Norma (NEC SERE, 2015). Elaborar un modelo matemático de la estructura, utilizando un programa computacional (SAP 2000) para simular el comportamiento real de la estructura, ante la presencia de un sismo. Valorar los resultados, entre el modelo de la estructura y el modelo computacional (SAP 2000), para establecer la vulnerabilidad de la estructura.

Se llegaron a las siguientes conclusiones: Los bloques I (Biblioteca) y III (Gradas), son aquellos que presentan la mayor cantidad de problemas, debido a la presencia del volado y a la geometría,

respectivamente. La edificación, no cumple con las derivas máximas permisibles por la Norma Ecuatoriana de la Construcción. La evaluación rápida realizada con el formato FEMA 154, concuerda con el análisis realizado en función de la investigación BS1, SS1 y el modelo matemático, ya que todos llegan a la misma conclusión, de que la estructura presenta deficiencias en la vulnerabilidad sísmica. Mediante la evaluación del edificio de la Facultad de Comunicación Social, se determinó que la edificación no cumple con la NEC, por lo que es una estructura vulnerable, ante la presencia de un sismo de gran magnitud.

La realización de la evaluación del edificio de la Facultad de Comunicación

Social, resultó conveniente efectuarla, a raíz del terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016, en el cantón Pedernales, en la provincia de Manabí, el cual se sintió en

Quito, al igual que sus réplicas. El modelo matemático de la estructura, nos proporciona una idea aproximada del comportamiento de la misma, pero no nos genera un comportamiento real o exacto. A más de las falencias que se presentaron en la estructura, con el análisis se debe tomar en cuenta que la estructura puede poseer problemas adicionales que son más de tipo constructivo. El sistema de reforzamiento de la estructura mediante la utilización de fibras de carbono resulta el 101.73% más costosa, que el reforzamiento de la estructura mediante enchapados. El sistema de reforzamiento de la estructura mediante enchapados, es proporcional a la relación costo beneficio, ya que ésta incrementa la rigidez de la edificación. El reforzamiento de la estructura mediante fibras de carbono, es costosa pero más beneficiosa, ya que ésta cubre las deficiencias encontradas en los elementos estructurales de la edificación. Las patologías encontradas en el edificio de la Facultad de Comunicación Social, son importantes ya que están incrementan la vulnerabilidad de la edificación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Estrella Ruiz, R. (2019), realizó la investigación titulada: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en el área urbana del distrito de Yanahuanca – provincia Daniel Alcides Carrión – Región Pasco – 2,018. Cuyo objetivo general fue: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en el área urbana del distrito de Yanahuanca. Sus objetivos específicos: Evaluar el estado de los elementos estructurales y su grado de incidencia para determinar la vulnerabilidad sísmica en el área urbana del distrito de Yanahuanca. Identificar los tipos de edificaciones y su afectación para determinar la vulnerabilidad sísmica en el área urbana del distrito de Yanahuanca. Identificar los materiales utilizados en la construcción de viviendas en el área urbana del distrito de Yanahuanca. Identificar las deficiencias constructivas que se presentan en la construcción, y cuanto afecta en la determinación de la vulnerabilidad sísmica en el área urbana del distrito de Yanahuanca. Identificar y evaluar la composición de los suelos en los cuales la población construye sus viviendas.

Se llegaron a las siguientes conclusiones: Las calicatas han sido realizadas en puntos estratégicos, los cuales nos permiten conocer en promedio las características del suelo Yanahuanquino; los suelos varían, encontrándose CL (Arcillas de baja plasticidad), SC-CM (Arenas Limos Arcillosas) y GC (Gravas Arcillosas). Con Datos del Ensayo de Corte Directo, se obtienen las capacidades portantes de los suelos que se encuentran desde Muy baja (0.71 Kg/cm^2) hasta Media (2.59 Kg/cm^2). En el área urbana del distrito de Yanahuanca la clasificación de las edificaciones según a la tipología son; (Adobe (40) /Tapial (604)) = 644 edificaciones, Albañilería = 424 edificaciones y Concreto Armado = 22 edificaciones. Para la tipología de Concreto Armado, el sistema estructural A porticado es el considerado para este estudio, dicho sistema está conformado por pórticos de columnas y vigas de concreto armado. Dentro de la tipología de Albañilería, está considerado el sistema estructural de Albañilería confinada, el cual consiste en construir primero

el muro sobre el sobrecimiento, posteriormente construir las columnas y finalmente construir la viga solera, quedando así confinado por los cuatro lados, se utilizan mampostería de ladrillos y bloques de concreto, confinados con vigas y columnas de concreto armado.

En la tipología de Adobe/Tapial; el material primordial es la tierra, el cual humedecida es utilizada para construir bloques de adobe, y con estos construir muros; y también mediante cajones (Gaberas), construir el tapial. Los elementos estructurales en la gran mayoría de las edificaciones no están conectados correctamente al sistema resistente; los elementos estructurales representan el esqueleto primordial de toda edificación, por ende, si estos no están correctamente concebidos la edificación se presenta con alto riesgo de vulnerabilidad sísmica. En las construcciones de Adobe/Tapial la vulnerabilidad es Alta, debido a las propiedades del material, y se acrecienta mucho más debido a la antigüedad, al deterioro de sus componentes y también a que son contruidos empíricamente, sin considerar el Reglamento Nacional de Edificaciones E-0-80 Diseño y Construcción con tierra reforzada.

En las construcciones de albañilería se presenta vulnerabilidad Media, con tendencia a Alta; La gran mayoría se debe a que no están cimentadas correctamente, el espesor del mortero no es constante, las colocaciones de los ladrillos no presentan uniformidad, la mano de obra es empírica y por ende los procesos constructivos deficientes; Las construcciones siguen su curso sin contemplar el Reglamento Nacional de Edificaciones E-0-70 Albañilería.

En las construcciones de Albañilería en muchas de estas se presenta que los muros, balcones y/o parapetos no están correctamente unidos al sistema resistente; también la mampostería está contruida sin elementos de confinamiento, y en su gran mayoría las construcciones no cuentan con revestimiento, acrecentando con facilidad su deterioro. Muchas de las edificaciones de Albañilería no están concluidas, otras se encuentran paralizadas a mitad de su concepción inicial, debido en gran mayoría a la disponibilidad de dinero, esto se ve reflejado en el ornato y

hermosura de la ciudad. Las construcciones de Concreto Armado se presentan en estado de Vulnerabilidad Media con tendencia a Baja. De 644 construcciones de Adobe/Tapial, 638 presentan vulnerabilidad sísmica alta, que representa el 99.07% y 6 presentan Vulnerabilidad sísmica media, que representa 0.93%.

Baldeón, M. (2017), realizó la investigación titulada: Evaluación de vulnerabilidad sísmica y autoconstrucción de viviendas de la urbanización Carabayllo de Comas, 2016. El objetivo general es determinar de qué manera la evaluación de vulnerabilidad sísmica generara un diagnóstico del estado actual en la autoconstrucción de viviendas de la urbanización Carabayllo de Comas, 2016; sus objetivos específicos: Establecer en qué medida la evaluación de vulnerabilidad sísmica, ayudaran a identificar la resistencia estructural en la autoconstrucción de viviendas de la urbanización Carabayllo de Comas, 2016. Determinar en qué medida la evaluación de vulnerabilidad sísmica contribuirá, con la Identificación de los problemas constructivos en el autoconstrucción de viviendas de la urbanización Carabayllo de Comas, 2016. Establecer de qué modo la evaluación de vulnerabilidad sísmica identificara las condiciones del lugar de las viviendas autoconstruidas de la urbanización Carabayllo de Comas, 2016.

Se ha llegado a las siguientes conclusiones: Se determinó que al identificar la resistencia estructural de las 30 viviendas autoconstruidas analizadas todas poseen irregularidades de rigidez, de masa, geometría vertical y torsión, y de 5 viviendas analizadas con ensayos no destructivos de esfuerzo a la comprensión de sus elementos estructurales están entre $f'c$ (+147.9 kg/cm²) y $f'c$ (+153.36 kg/cm²) por debajo de lo óptimo, y de las modelaciones realizadas para el análisis estático y dinámico muestra que la cortante basal en el eje X es mayor que en la del eje Y por la forma rectangular del terreno, y con un desplazamiento de $D/he = 0.000444$ como máximo; por lo tanto estas viviendas cuentan con proceso constructivo ineficientes, pero con desplazamiento máximo aceptable. Se estableció con la identificación de

los problemas constructivos que el riesgo de vulnerabilidad sísmica está más enfocado en las juntas frías y cangrejas hasta de 25% y que estas generarían fisuras y rajaduras, sin dejar de lado la no existencia de junta sísmica que ocasionaría el contacto directo con la propiedad adyacente.

Se determinó que al identificar las condiciones del lugar en el laboratorio de la universidad UCV, que una de las características del lugar es que tiene una capacidad de carga admisible de 0.96 Kg/cm^2 a 1.06 Kg/cm^2 , y con material de Arena limosa, con gravillas sub-redondeadas aisladas. Por lo tanto, los peligros sísmicos estimados incrementarían moderadamente. Se estableció que las viviendas autoconstruidas del 100% de las 30 viviendas analizadas presentan mediana calidad de procesos constructivos, 5 de ellas presentan resistencia estructural baja y con un desplazamiento de $D/h_e = 0.000444$ como máximo, por lo tanto, tendrían por consecuencia rajaduras, fisuras y con efectos de torsión por tener un suelo de comportamiento dinámico moderado.

Marín, F. (2014), realizó la investigación titulada: Determinación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la I.E. Estatal Ramón Castilla y Marquesado del distrito de Jaén – Cajamarca. La Institución Educativa Estatal Ramón Castilla y Marquesado del distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad y sobre un suelo de baja resistencia, sus pabellones son en su mayoría antiguos y deteriorados.

Es por ello que se planteó el objetivo de determinar la vulnerabilidad sísmica de dichos pabellones, con el fin de plantear medidas que permitan mejorar su comportamiento estructural, mitigando los daños que se podrían producir después de un sismo severo. Para ello se aplicó el modelo italiano de Benedetti y Petrini, el cual estima un índice de vulnerabilidad en función de las características de la estructura que más influyen en su comportamiento sísmico. La información recogida en la fase de campo permitió evaluar y ponderar los diferentes parámetros relacionados con componentes, estructurales y no estructurales, que

tienen un papel muy importante en el comportamiento sísmico de cada pabellón.

Se concluyó que: Los pabellones 1 y 2 de la Institución Educativa Estatal Ramón Castilla y Marquesado, tienen vulnerabilidad sísmica alta y media respectivamente; a causa de su comportamiento sísmico inadecuado, elevada rigidez de la columna corta, inestabilidad de sus tabiques y su regular a mal estado de conservación. Las características geométricas, constructivas y estructurales que más influyeron en la vulnerabilidad sísmica de los pabellones evaluados fueron: desplazamientos relativos de entrepiso, falla de columna corta, calidad del tipo de mampostería, calidad de líneas resistentes y uso de la normativa antisísmica.

El reforzamiento con vigas y muros de concreto armado o el reforzamiento con columnas T y L, mejoraría la resistencia y rigidez de ambos pabellones, disminuyendo los desplazamientos laterales de entrepiso y evitando la falla de columna corta.

2.1.3. Antecedentes Locales

Simón Díaz, Á. (2016). Realizó la investigación titulada: Vulnerabilidad sísmica en instituciones educativas nivel secundario del distrito de Pano, Pachitea – Huánuco. Su objetivo general fue: Determinar la vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas del nivel secundario del distrito de Pano, Provincia de Pachitea, región Huánuco. Como objetivos específicos se plantearon: Evaluar las características constructivas de las instituciones educativas que más influyen en su comportamiento sísmico. Evaluar las características arquitectónicas de las instituciones educativas. Evaluar las características estructurales de las instituciones educativas que influyen en su comportamiento sísmico. Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica por el método italiano de Benedetti y Petrini.

Se concluyó que: Las características arquitectónicas, constructivas y estructurales de las edificaciones de las instituciones educativas del nivel

de secundaria del distrito de Panao, provincia de Pachitea, influyen significativamente en la vulnerabilidad sísmica. Las edificaciones educativas tienen vulnerabilidad sísmica media baja y baja, debido a que no se han aplicado normas sísmicas según RNE E.30- 2016. El índice de vulnerabilidad sísmica (de todas las muestras trabajadas) obtenido en el presente trabajo se muestra en el cuadro N° 022. Para obtener los datos estadísticos, se tomaron como variables a los doce módulos; de los cuales siete son de vulnerabilidad baja, y cinco son de vulnerabilidad media baja.

El método de índice de vulnerabilidad propuesto por Benedetti y Petrini se puede adaptar a la zona de estudio (modificando o no, ya sea las instrucciones de las clases, los pesos de cada clase, o agregando o quitando parámetros) según la realidad de sus estructuras; por consiguiente, es un método que es posible adaptarlo a otras regiones distintas a las de donde se creó. (Hurtado et al, 2008). La ventaja de este método es que describe fácilmente la vulnerabilidad por medio del índice de vulnerabilidad, lo cual se convierte en una herramienta de decisiones para la mitigación de desastres a gran escala. “No se debe asumir que los índices de vulnerabilidad calculados garanticen por su valor numérico, el colapso o no de dichas edificaciones”. (Hurtado et al, 2016). Las instituciones educativas son clasificadas como edificaciones esenciales para las cuales la norma es más exigente, pues debe asegurar la integridad de los alumnos; además, su función no debe interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un evento sísmico, pues estas sirven para albergar personas durante un desastre natural ocurrido en la zona, razones por las cuales no se debe ignorar el estudio de estas edificaciones aplicando, indistintamente, otros métodos.

Los colegios de vulnerabilidad media baja como Huanchag, Huatuna y Túpac Amaru II-pabellón 01 (módulos 01, 02 y 03) deben seguir las siguientes técnicas de reforzamiento para asegurar su funcionalidad estructural: En los colegios I.E. Huanchag N° 32578 - Huanchag y Túpac Amaru II de Panao los módulos 1,2 y 3, ambos de dos niveles se utilizó

la técnica de vano lleno (ver anexo N° xx) rigidizando así la estructura en el sentido x-x, teniendo en cuenta que el sentido y-y se encuentra rigidizado, garantizando así que los desplazamientos relativos se encuentran dentro de lo establecido en la norma E.030, 2016; en cuanto a la cobertura de techo se cambió a lozas aligeradas teniendo como resultado buenas conexiones en los nudos comportándose como diafragmas rígidos.

Marín, F. (2014), de la Universidad Nacional de Ingeniería, en su tesis para optar el grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería estructural: realizó la investigación titulada: Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la ciudad de Huánuco. En la cual llego a las siguientes conclusiones:

- El método del índice de vulnerabilidad es el adecuado para ser implementado y adaptado en grandes ciudades (aplicación a centros urbanos).
- Para la evaluación del daño en las edificaciones del área en estudio, es vital elaborar funciones de vulnerabilidad adecuadas a las tipologías estructurales existentes en la zona de análisis.
- El método ha permitido configurar una base de datos con información de la gran mayoría de las edificaciones del centro histórico de la ciudad de
- Huánuco.

Los parámetros más importantes y de mayor incidencia en la evaluación de las edificaciones, tanto en el cálculo del índice de vulnerabilidad como en la estimación de pérdidas económicas directas son: tipo y organización del sistema resistente, calidad del sistema resistente y resistencia convencional.

A pesar de que la aplicación de la metodología descrita, permite asignar un índice de vulnerabilidad y un índice de daño a cada

edificación, se tiene que tener en cuenta el sentido probabilístico (aproximado) tanto del método como de los resultados obtenidos.

Se hizo uso de una metodología adaptada a la realidad peruana, en este caso al centro histórico de la ciudad de Huánuco, el cual se puede utilizar en zonas urbano marginales, donde la construcción de viviendas tenga predominancia por la mampostería.

Tinoco, T., Cotos, J. y Bayona, R. (2018), realizaron la investigación titulada: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el Model Builder del ArcGIS. El presente trabajo de investigación descriptivo, no experimental y transversal, tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, Huánuco, aplicando el Model Builder del ArcGIS. La metodología propuesta permite la automatización y la creación de un modelo de vulnerabilidad sísmica utilizando la herramienta model builder del ArcGIS, donde se evaluó once parámetros para la determinación del índice de vulnerabilidad y el índice de daños en las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián.

Se concluyó que: El modelo de vulnerabilidad sísmica realizado con la herramienta Model Builder del ArcGIS permitió la automatización y obtención del mapa de índice de vulnerabilidad sísmica para la zona urbana de Chiquián, pudiendo ser replicado en cualquier estudio de esta naturaleza. El análisis de los once parámetros y el cálculo del índice de vulnerabilidad muestran que el 14,7% de las viviendas se encuentran en vulnerabilidad baja (clase A), el 21,2% se encuentran en vulnerabilidad media (clase B), el 48,8% se encuentran en vulnerabilidad alta (clase C) y el 15,2% se encuentran en vulnerabilidad muy alta (clase D).

Teniendo en cuenta el índice de vulnerabilidad y una aceleración horizontal del terreno de 0,32g, se observa que 1209 viviendas (85,32%) sufrirían el colapso total y 208 viviendas (14,68%) seguirían en pie con algún daño estructural. De acuerdo al índice de daño calculado y teniendo en cuenta el precio por metro cuadrado de construcción, si

ocurriera un sismo con las características descritas anteriormente los daños económicos ascenderían a la suma de S/ 70'043,266.14.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Vulnerabilidad

En este contexto, la vulnerabilidad sísmica proviene de 2 definiciones:

la primera es vulnerabilidad que se define como la capacidad de una persona o un grupo de personas para anticiparse, hacer frente y resistir a los efectos de un peligro natural o causado por la actividad humana, y para recuperarse de los mismos.

La segunda definición es sismo que es un temblor o sacudida de tierra por causas internas.

Donde podemos definir que la vulnerabilidad sísmica es la capacidad de anticiparse, hacer frente y resistir un sismo de gran magnitud.

Las normas peruanas que especifican y tratan sobre movimientos telúricos o conocidos como sismos, se basan en datos y registros históricos con periodos de retorno que están entre 50-100 años, resultados presentados por el instituto geofísico del Peru. Las cuales son utilizadas en las normas técnicas de diseño sismorresistente o denominada Norma Técnica Peruana E-030 (rige en el Peru para diseños sísmicos).

El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo tanto, está expuesto a este peligro, que trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales.

Es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de este fenómeno para poder planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo.

Una forma de conocer el probable comportamiento sísmico de un lugar es mediante la evaluación del peligro sísmico en términos probabilísticos, es decir predecir las posibles aceleraciones que podrían ocurrir en un lugar determinado.

En las normas de diseño se especifican las cargas sísmicas, por lo que no es necesario realizar investigaciones detalladas de la actividad sísmica del área donde se construirán estructuras comunes.

El coeficiente de diseño sísmico a ser usado en el diseño sísmico pseudo-estático se determina en base a la zona, condición del suelo e importancia de la estructura.

Se ha observado que ciertas estructuras, dentro de la misma topología estructural, experimentan un daño más severo que otras, a pesar de estar ubicadas en la misma zona. Si al grado de daño que sufre una estructura, ocasionado por un sismo de determinadas características, se le denomina vulnerabilidad, se puede calificar las edificaciones en más vulnerables o menos vulnerables frente a un evento sísmico.

Bunnet, R. (2003), manifiesta que la vulnerabilidad sísmica de una estructura, grupo de estructuras o una zona urbana, se define entonces, como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño.

Para Alva, J y Castillo, J. (1993) indican que el peligro sísmico, representa la probabilidad de que en un lugar determinado, dentro de un periodo específico de tiempo, ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un valor fijado.

Según Mena, U. (2002). 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.

Por lo mismo, se puede apreciar que el riesgo sísmico depende directamente del peligro y de la vulnerabilidad; es decir, los elementos de una zona con cierta peligrosidad sísmica pueden verse afectados en menor o mayor medida, dependiendo del grado de vulnerabilidad sísmica que tengan, ocasionando un cierto nivel de riesgo sísmico del lugar.

Los terremotos son fenómenos naturales que continuamente ocasionan cuantiosos daños humanos y materiales. La principal causa de estas grandes pérdidas es el comportamiento sísmico inadecuado de las estructuras. En general, las enseñanzas que han dejado los movimientos sísmicos indican que en los países donde se diseña con una buena normativa sismo resistente, donde la construcción es sometida a una supervisión estricta y donde el sismo de diseño es representativo de la amenaza sísmica real de la zona, el daño sobre la infraestructura es marginal en comparación con el observado en sitios donde no se han dado estas circunstancias.

El concepto de vulnerabilidad sísmica es indispensable en estudios sobre riesgo sísmico y mitigación de desastres por terremotos.

Las aplicaciones de los estudios de vulnerabilidad sísmica en entornos urbanos, debe considerar tanto los 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. En tal sentido, constituyen un importante punto de partida para la toma de decisiones relacionadas con la rehabilitación o demolición de edificios peligrosos, ubicación de hospitales y puestos de socorro en una determinada zona, diseño de vías alternativas de evacuación y rápido acceso de las ayudas hacia las zonas más vulnerables.

2.2.1.1. Origen de los sismos

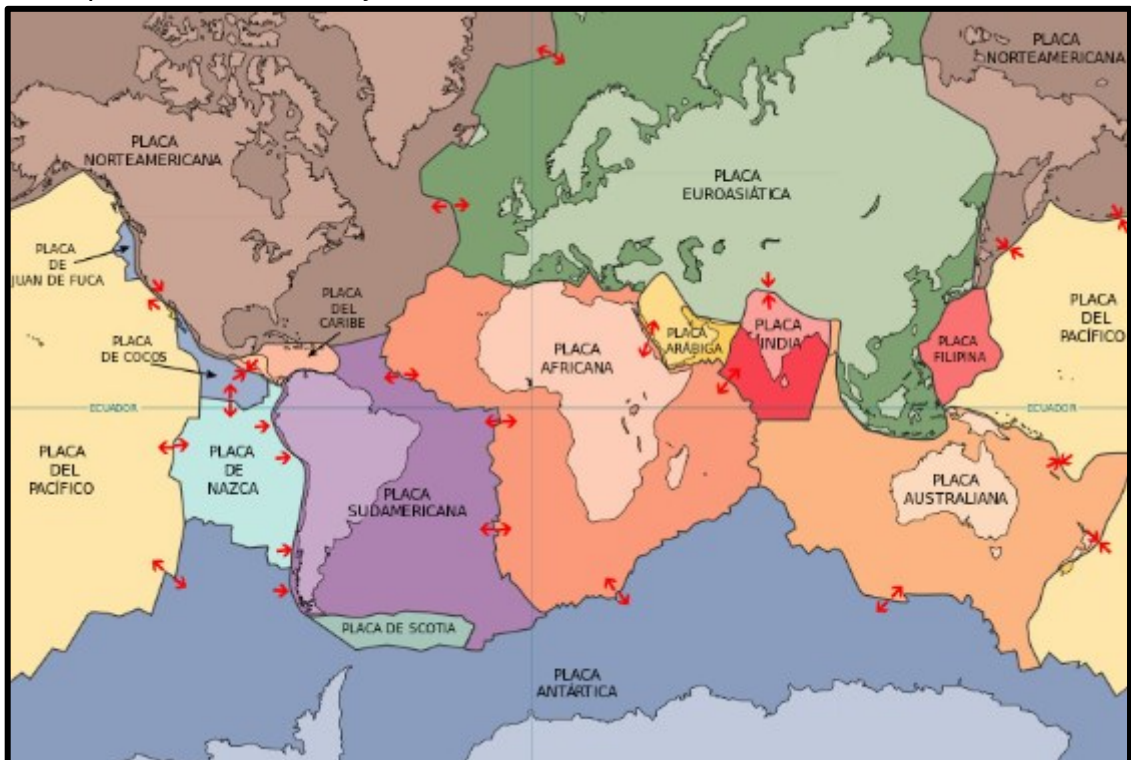
La idea básica de la teoría de la Tectónica de Placas es que la envoltura más superficial de la tierra sólida, llamada Litósfera (100 Km), está dividida en varias placas rígidas que crecen a lo largo de estrechas

cadenas meso-oceánicas casi lineales; dichas placas son transportadas en otra envoltura menos rígida, la Astenósfera, y son comprimidas o destruidas en los límites compresionales de interacción, donde la corteza terrestre es comprimida en cadenas montañosas o donde existen fosas marinas (Alva, J y Castillo, J. 1993).

El mecanismo básico que causa el movimiento de las placas no se conoce con exactitud, pero se considera que es debido a corrientes de convección o movimientos del manto plástico y caliente de la tierra y también a los efectos gravitacionales y de rotación de la tierra.

Así pues, la superficie de la Tierra está conformada por 15 placas mayores: africana, Antártica, Árabe, australiana, del Caribe, de Cocos, Euroasiática, filipina, India, Juan de Fuca, de Nazca, norteamericana, del Pacífico, de Scotia y Sudamericana; y 43 menores.

Figura N° 1.
Las 15 placas tectónicas mayores.



Fuente: (USGS. 2014)-placas tectónicas y masas continentales activas

Los tres tipos más importantes de movimientos de placas son divergentes, friccionante y convergente (Carrasco, A. y Rayles, J. (2012).

a) Movimiento divergente (S)

Se produce cuando dos placas se separan una respecto de la otra. Da origen a sismos de pequeña magnitud tipo Dorsal Oceánico, que son acompañados de actividad volcánica. Un ejemplo es la fosa oceánica ubicada en el fondo del Océano Atlántico.

b) Movimiento friccionante

se origina cuando las placas se desplazan relativamente una de otra, en las denominadas zonas de fractura. Es el caso de la falla de San Andrés en el estado de California, Estados Unidos. Se producen sismos de magnitud intermedia (alrededor de 7 grados en la escala de Richter), pero que pueden ser destructivos por ser muy superficiales.

c) Movimiento convergente (subducción)

Ocurre cuando una de las placas se pliega un ángulo pequeño, hacia el interior de la Tierra, y se introduce bajo la otra. Es el caso de la placa oceánica Nazca, que se introduce bajo la placa continental Sudamericana, frente al Perú, a razón de unos 9cm/año. Estas placas, al avanzar en sentido contrario, comprimiéndose, acumulan gran cantidad de energía, provocando la ruptura de grandes volúmenes de roca, lo que genera terremotos de gran magnitud (más de 8 grados). En la zona de subducción se generan sismos de hasta 700km de profundidad.

Figura N° 2.

Esquema del proceso de convergencia de la Placa Nazca y la Placa Sudamericana.



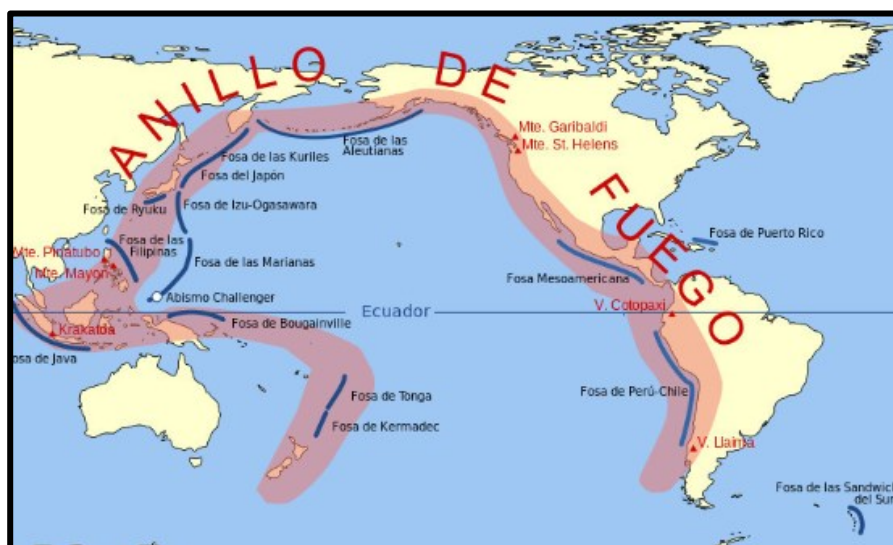
Fuente: Bernal I, Tavera H. (2002)-anillo de fuego de la placa continental

El Cinturón de Fuego es el resultado directo de la tectónica de placas, el movimiento y la colisión de las placas de la corteza terrestre. Está situado en las costas del océano Pacífico y se caracteriza por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, lo que ocasiona una intensa actividad sísmica y volcánica en las zonas que abarca.

Se extiende sobre 40,000 km y tiene la forma de una herradura. Tiene 452 volcanes y concentra más del 75% de los volcanes activos e inactivos del mundo. Alrededor del 90% de los terremotos del mundo y el 80% de los terremotos más grandes del mundo se producen a lo largo del Cinturón de Fuego (INDECI, 2012).

El Cinturón de Fuego va desde las costas sur como Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala, México, pasa por Estados Unidos, dobla a la altura de las Islas Aleutianas y baja por las costas de Japón y China. A su vez el Pacífico tiene diferentes placas oceánicas que están en constante fricción y producen acumulación de tensión. En un momento dado, esa tensión se libera y produce los terremotos.

Figura N° 3.
Mapa del Cinturón de Fuego del Pacífico



Fuente: (USGS. 2014)-anillo de fuego

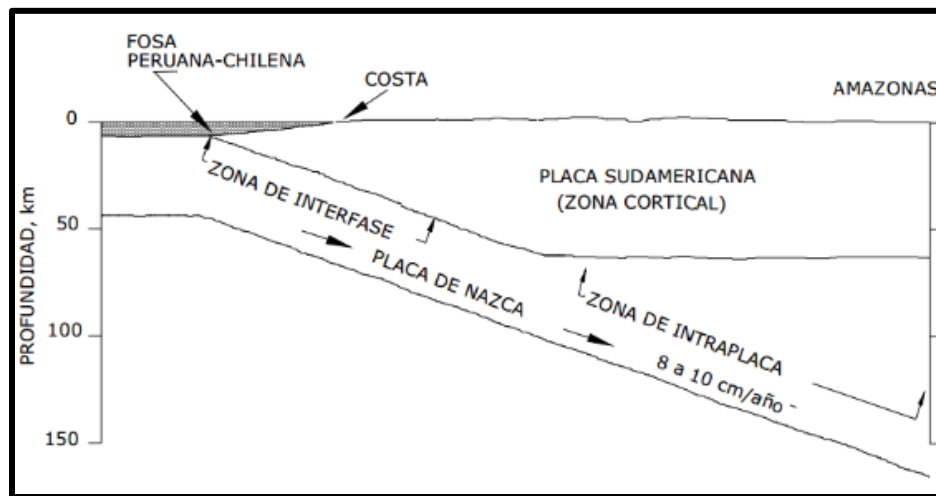
2.2.1.2. Sismo tectónico del Perú

Según Bolaños y Monroy (2004), la actividad sísmica en el Perú está gobernada por la interacción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, así como de los reajustes que se producen en la corteza terrestre. La alta convergencia entre las placas ha producido la subducción de la placa de Nazca debajo la Sudamericana a una razón de 8-10 cm/año hasta profundidades de por lo menos 200 km en el Perú Central.

El proceso de subducción de la placa de Nazca presenta tres rasgos tectónicos importantes, cada uno con características distintas con respecto a los eventos sísmicos que producen y las fallas que presentan (Fig. N° 5).

Figura N° 4.

Sección transversal del proceso tectónico en la zona de subducción



Fuente: Bernal I, Tavera H. (2002)-placas tectónicas en contacto en el anillo de fuego

La zona de corteza continental de la placa Sudamericana está sujeta a esfuerzos tectónicos compresionales debido a su convergencia con la placa de Nazca. Esto ha dado como resultado el arrugamiento y levantamiento del margen continental durante un proceso orogénico muy complejo, cuyo resultado final fue la formación de la cordillera de los Andes. La zona de la corteza está caracterizada por eventos moderados, con fallas con ángulo de buzamiento pequeño y con magnitudes M_w entre 6,0 y 7,5; presentadas a lo largo de los márgenes occidental y oriental de la cordillera de los Andes.

Bernal, I. y Tavera, H. (2002), indican que el continuo interaccionar entre las placas de Nazca y sudamericana dieron origen a distintos rasgos tectónicos:

- a) La Dorsal de Nazca. Esta cadena montañosa o cordillera se localiza en el extremo NW de la región sur del país frente al departamento de Ica (15° - 19° de latitud Sur). La estructura de la Dorsal de Nazca es producto de un proceso de distensión de la corteza oceánica y se estima que su formación tiene una edad de 5 a 10 millones de años. Esta dorsal tiene una influencia decisiva en la constitución tectónica

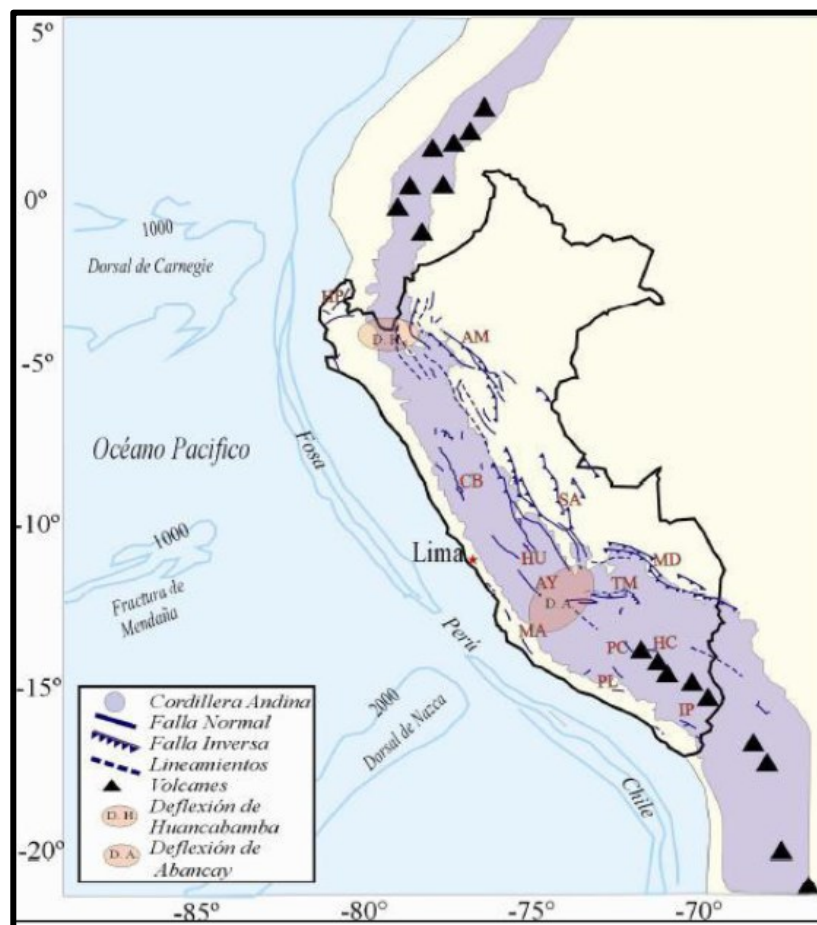
de la parte occidental del continente, donde se nota un marcado cambio en la continuidad de otros rasgos tectónicos.

- b) La Fractura de Mendaña. Corresponde a una discontinuidad de la corteza oceánica que se localiza en el extremo NW de la región central de Perú, frente al departamento de Ancash (10° - 12° de latitud sur). En la actualidad, esta fractura tiene una orientación NESW; es decir, perpendicular a la línea de la fosa peruano-chilena y un ancho de 80 km aproximadamente sobre la cota de 1000 metros.
- c) La Fosa Perú-Chile. Delimita el inicio de la interacción entre la placa de Nazca y la Sudamericana. Litológicamente, la fosa está formada por sedimentos de diferente potencia depositados sobre rocas pre-existentes. Frente a la costa de Perú la fosa peruano-chilena presenta profundidades máximas de hasta 6000 metros en la región norte y sur; mientras que, en la región centro es del orden de 5000 metros.
- d) La Cordillera Andina. Se distribuye paralela al borde oeste de Sudamérica sobre una extensión de 7000 km, y con alturas máximas de 6000 metros sobre el nivel del mar. En Perú, de norte a sur, la Cordillera de los Andes se presenta bien definida; sin embargo, es notoria la presencia de dos inflexiones, a la altura de 5° Sur, denominada deflexión de Huancabamba y a los 14° Sur, denominada deflexión de Abancay.
- e) La Cadena Volcánica. Se ubica en la región Sur de Perú por debajo de la deflexión de Abancay hasta los 25° S en Chile. Presenta con conos volcánicos activos como el Ampato, Coropuna, Paucarani, Misti, Ubinas y Sarasara. Es importante remarcar que en las regiones norte y centro de Perú, la actividad volcánica disminuyó o desapareció hace 8 millones de años.
- f) Los Sistema de fallas presentes en el Perú, son el resultado del continuo proceso de deformación de la corteza continental. Estos sistemas están presentes en mayor número, de norte a sur, sobre la zona sub-andina al pie del borde oriental de la Cordillera Andina,

afectando a los principales plegamientos del escudo Brasileño (sistemas de fallas de Moyobamba, Satipo, Madre de Dios, etc.). El número de estos sistemas de fallas es menor sobre la Alta Cordillera y en el Altiplano (sistema de fallas de la Cordillera Blanca, Huaytapallana y Tambomachay). El mayor número de fallas son de tipo inverso que evidencian el acortamiento de la corteza.

Figura N° 5.

Principales rasgos tectónicos superficiales en Perú y en el borde oeste de Sudamérica



Fuente: extraído de (Oscar, 2011)-mapa clave de rasgos tectónicos en el país

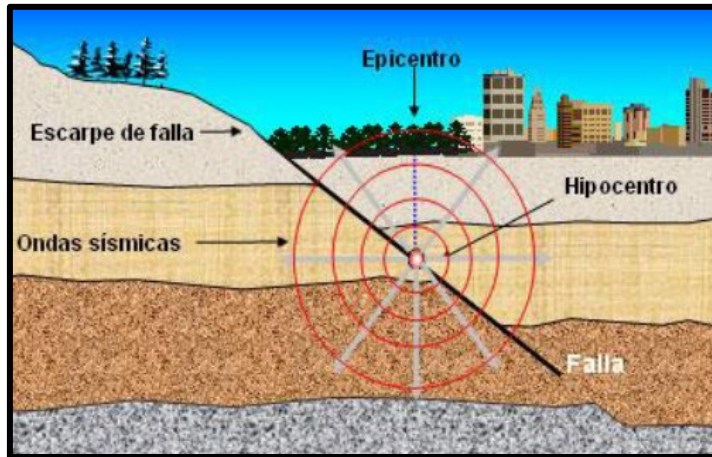
2.2.1.3. Foco y epicentro

Las vibraciones que determinan un terremoto se inician en un área limitada y se propagan desde ella en todas direcciones. Esta área central de iniciación bajo la superficie de la tierra se llama foco, hipocentro o área focal. La porción de la superficie terrestre situada directamente encima

de ella, donde la sacudida es más intensa, se llama epicentro o área epicentral.

Figura N° 6.

Mecanismo de acción de un sismo.



Fuente: (INII – Universidad de Costa Rica)-placas en punto de contacto, los cuales generan el movimiento sísmico

2.2.1.4. Ondas sísmicas.

Desde el foco u origen la energía sísmica generada se irradia tridimensionalmente en todas direcciones en forma de ondas sísmicas. Éstas atraviesan diversos medios, se reflejan o se refractan en sus fronteras y vuelven a generar diferentes tipos de ondas, siendo las más importantes las de cuerpo y las superficiales. (Kuroiwa, 2002, pág. 100).

a) Ondas de cuerpo:

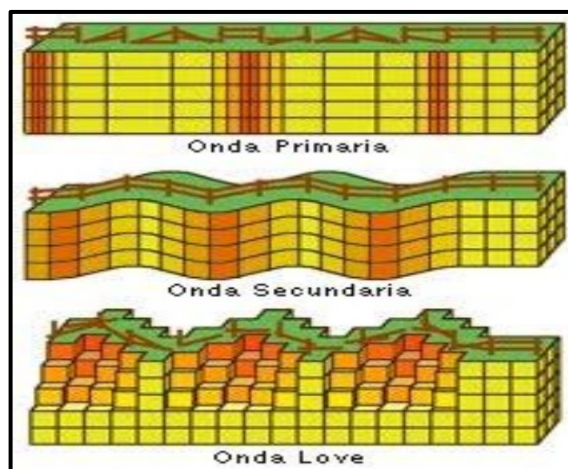
- Ondas primarias: ondas P o longitudinales (las primeras en producirse), son vibraciones de oscilación donde las partículas sólidas del medio se mueven en el mismo sentido en que se propagan las ondas con velocidades que oscilan entre 6 e 13,6 Km/s. Por producir cambios de volumen en los materiales se les llama también de compresión; son las de mayor velocidad y se propagan en todos los medios. (Tirado, M., Zeghen, G. 2007, pág. 22).
- Ondas secundarias: ondas S o transversales, son las segundas en llegar, producen una vibración de las partículas en dirección

perpendicular a la propagación del movimiento con velocidades que oscilan entre 3,7 e 7,2 Km/s. No alteran el volumen, son más lentas que las ondas P y no se propagan a través de los fluidos. (Tirado, M., Zeghen, G. 2007, pág. 23).

- Las ondas compresionales y transversales son también conocidas como ondas internas porque pueden viajar en el interior de un sólido elástico.

Figura N° 7.

Tipos de ondas



Fuente: (USGS. 2014)-tipos de ondas sísmicas

b) Ondas superficiales:

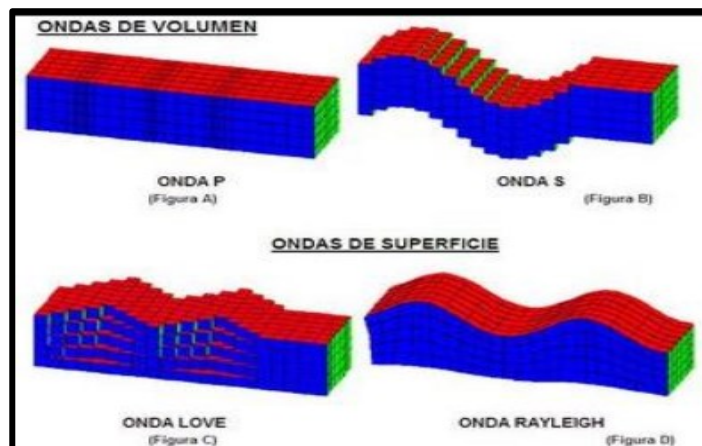
Son las que se producen cuando las ondas sísmicas P y S sacuden las capas superficiales de la corteza, después de que emergen del foco hasta la superficie, y desde allí se vuelven a irradiar por la superficie terrestre. Son dos los tipos de ondas que así se generan:

- Love (L), cuando las partículas vibran en una trayectoria elíptica en un plano horizontal.
- Rayleigh ®, cuando las partículas vibran en una trayectoria elíptica contenida en un plano vertical.

Tanto las ondas L como R son más lentas que las P y S, y llegan al punto de observación retrasadas con respecto a ellas. (Kuroiwa, 2002, pág. 100).

Figura N° 8.

Ondas de volumen y ondas de superficie



Fuente: (USGS. 2014)-tipo de ondas sísmicas

2.2.1.5. Medida de los sismos:

Hay dos maneras diferentes de medir los sismos: por su magnitud y por su intensidad.

a) Magnitud

La escala de magnitud más conocida, propuesta por Richter, que se expresa en números arábigos, con aproximaciones hasta los décimos. Por ejemplo, el sismo de Ancash del 31 de mayo de 1970, fue de magnitud 7,8. Como la relación entre la escala de magnitud y la energía se expresa exponencialmente ($10^{-5} = 31,5$), un sismo de un grado mayor que otro, es 31,5 veces más grande y unas mil veces mayor que otros 2 grados menor.

Las amplitudes de algunas de las ondas sísmicas registradas en instrumentos calibrados, como las ondas superficiales (s), y de cuerpo (b), se utilizan para determinar las diferentes formas de medir las magnitudes.

- Ms, se calcula con la amplitud de las ondas superficiales (para periodos de 20 segundos).

- M_b , se determina con la amplitud y periodo de las ondas de cuerpo, generalmente las ondas longitudinales (ondas P).
- M_l , la magnitud local se obtiene correlacionando la duración total del sismo en una estación local de periodo corto, con la magnitud M_b , mediante una función estadística.
- A propuesta de Kanamori en 1977, se ha definido también a la magnitud en función del momento sísmico, M_0 , o del área de ruptura, S , denominándosele M_w .

b) Intensidad

La intensidad o escala de observaciones es la medida o estimación empírica de la vibración o sacudimiento del suelo, a través de como el hombre percibe las vibraciones sísmicas en el ambiente en que vive, el grado de daños que causan en las construcciones y los efectos que tienen sobre la naturaleza.

La Mercalli Modificada, usada en las Américas y la MSK, usada en Europa, son las dos escalas más conocidas.

La geografía del oeste de Sudamérica, cuya característica más conspicua son los Andes, con elevadas montañas, es también diferente al entorno topográfico al que responden estas escalas.

Por esas razones, un grupo de egresados de la CISMID FIC/UNI y el autor desarrollaron entre 1989 y 1992, una nueva escala aplicable a los países de la costa occidental de Sudamérica, la “MMA-92” la Escala Mercalli Modificada para los Países Andinos, cuya primera propuesta se terminó de elaborar en 1992. Se presenta a continuación la versión simplificada, revisada y actualizada al año 2001. (Kuroiwa, 2002, pág. 101).

Figura N° 9.
Escala de Richter vs escala de Mercalli

Escala de Mercalli		Escala de Richter	
I.	Casi nadie lo ha sentido.	2,5	En general no sentido, pero registrado en los sismógrafos.
II.	Muy pocas personas lo han sentido.	3,5	Sentido por mucha gente.
III.	Tembor notado por mucha gente, sin embargo, no suele darse cuenta de que es un terremoto.		
IV.	Se ha notado en el interior de los edificios por mucha gente. Parece un camión que ha golpeado el edificio.		
V.	Sentido por casi todos; mucha gente se despierta. Pueden verse árboles y postes oscilando.	4,5	Pueden producirse algunos daños locales pequeños.
VI.	Sentido por todos; mucha gente corre fuera de los edificios. Los muebles se mueven, pueden producirse pequeños daños.		
VII.	Todo el mundo corre fuera de los edificios. Las estructuras mal construidas quedan muy dañadas; pequeños daños en el resto.		
VIII.	Las construcciones especialmente diseñadas dañadas ligeramente, las otras se derrumban.	6,0	Terremoto destructivo
IX.	Todos los edificios muy dañados, desplazamiento de muchos cimientos. Grietas apreciables en el suelo.	7,0	Terremoto importante.
X.	Muchas construcciones destruidas. Suelo muy agrietado.		
XI.	Derrumbe de casi todas las construcciones. Puentes destruidos. Grietas muy amplias en el suelo.	8,0 o más	Grandes terremotos
XII.	Destrucción total. Se ven ondulaciones sobre la superficie del suelo, los objetos se mueven y voltean.		

Fuente: extraído de (Oscar, 2011)-características de la escala RITHER, escala nacional conocida

2.3. Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica es el grado de susceptibilidad de una o un grupo de edificaciones, a sufrir daños parciales o totales, representados en bienes materiales y en vidas humanas, que pueden ocasionar la pérdida de la funcionalidad, por la ocurrencia de movimientos sísmicos de intensidad y magnitud dadas, en un periodo de tiempo y en sitio determinado. (Peralta Buritacá, 2002, pág. 56).

2.3.1.1. Causas de la Vulnerabilidad Sísmica

Una edificación o grupo de edificaciones, puede ser vulnerable debido a dos condiciones:

- a) **Vulnerabilidad Por Origen:** Se define como el grado de susceptibilidad o predisposición de las estructuras físicas, socio-económicas y medioambientales, constituidas y construidas sin ningún tipo de control ni planificación, las cuales pueden sufrir daño o pérdida a causa de un fenómeno natural.
- b) **Vulnerabilidad Progresiva:** Se define como el grado de susceptibilidad o predisposición de las estructuras físicas, socioeconómicas y medioambientales, en gran parte transformadas sin ningún tipo de control ni planificación, que pueden sufrir daño o

pérdida a causa de un fenómeno natural. (Peralta Buritacá, 2002, pág. 57).

2.3.1.2. Componentes de la Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad puede ser física o funcional.

- a) **Vulnerabilidad Física:** Está definida como el grado de susceptibilidad o predisposición de los elementos estructurales y no estructurales a sufrir daño o pérdida, puede ser de tipo estructural o no estructural.
- **Vulnerabilidad Estructural:** Se define como el grado de susceptibilidad en que pueden afectarse los elementos que componen el sistema de soporte de la edificación (muros de carga, pórticos de concreto o acero, entre otros), los cuales son el resultado de la calidad de la construcción, su estado de conservación, la configuración y forma, así como el tipo de estructura y las características del suelo y la fundación.
- **Vulnerabilidad No Estructural:** Se define como el grado de susceptibilidad de los elementos arquitectónicos, tales como cielorrasos, paneles, tabiques, ventanas, puertas cerramientos, áticos, cornisas, adornos, etc., además de equipos e instalaciones eléctricas, mecánicas, hidrosanitarias, entre otros, a sufrir daño o pérdida, ocasionando la inhabilitación temporal o permanente de una edificación para la adecuada prestación de su servicio.

Los elementos no estructurales pueden llegar a convertirse en elementos potencialmente peligrosos cuando no están ligados o amarrados adecuadamente al resto de la edificación, introduciendo cambios en la estructuración y en los mecanismos de transmisión de las cargas, que pueden propiciar su falla.

- b) **Vulnerabilidad Funcional:** Definida como la susceptibilidad de la edificación para seguir prestando el servicio para el que fue construida. Este término se aplica a edificaciones (hospitales, clínicas

y centros de salud, etc.) Aunque estas desarrollen un buen desempeño estructural, se puede presentar un “colapso funcional” (Cardona, 1989), que puede ser más grave que una falla en los elementos de la propia estructura. (Peralta Buritacá, 2002, págs. 59-65).

2.3.1.3. Comportamiento sísmico de edificaciones

Como ya se mencionó, la vulnerabilidad sísmica guarda implicación directa con el grado de daños que pueden sufrir las edificaciones durante un evento sísmico. Depende en gran medida de las características de su diseño, la calidad de los materiales y la técnica de construcción.

A continuación, se caracterizarán los sistemas más comunes en el país: edificaciones de adobe, de albañilería y de concreto armado, como lo indica Kuroiwa, J. (2008).

2.3.1.4. Edificaciones de adobe

Es el tipo de construcción más vulnerable en caso de sismo. Se puede clasificar, en orden creciente de resistencia, en 2 subgrupos.

- a) **Tapialo adobón**, que son grandes bloques de tierra húmeda de 0.60 a 0.80m de espesor, compactada in situ en moldes de madera. Usualmente tienen techo ligero y flexible.
- b) **Adobe**, que son piezas moldeadas de barro secadas al sol. Las dimensiones más comunes son de 0.40m de largo, 0.25m de ancho y 0.16m de espesor, los que, colocados en aparejo de cabeza, dan muros de 0.40m de espesor y en soga, 0.25m. En la actualidad las dimensiones de los bloques se han reducido, resultando muros de menor sección, incrementando su vulnerabilidad. Usualmente tienen techo ligero y flexible.

Las construcciones que emplean estos dos materiales presentan un comportamiento sísmico similar, debido a su baja resistencia sísmica en

contraste con el alto peso de los materiales, así como una muy baja capacidad de ductilidad.

En las zonas marginales de las ciudades importantes del interior del país no es racional proscribir las construcciones de adobe, pero es recomendable prohibir el tapial, que es el tipo de construcción más vulnerable frente a los sismos.

El adobe es un poco más resistente a los sismos que el tapial, consume un poco más de mano de obra en su construcción y es más fácil y económico reforzarlo. Se logra incrementar sustancialmente la resistencia de este tipo de construcciones, si se les incluye viga collar y se les edifica sobre suelos secos y compactos, donde las ondas sísmicas sufren poca amplificación.

Los techos definidos como ligeros y flexibles están conformados por vigas de madera o troncos rústicos, con cobertura de caña y barro, planchas onduladas de asbesto-cemento o de zinc. Debido a que pesan poco y son flexibles, la parte superior de los muros vibran como un borde libre, análogamente a una “caja de zapatos sin tapa”, en otras palabras, como si fueran solamente cercos.

Durante las vibraciones sísmicas horizontales, si el suelo se mueve en una dirección, las fuerzas de inercia que se generan en los muros actúan en sentido contrario. Esto provoca en ellos fallas por flexión, por momento y corte, que actúan simultáneamente en cada uno de los muros. Tanto el momento negativo, como el corte provocan grietas cerca de las esquinas, y el momento positivo, grietas en el centro; efecto similar a empujar los muros, que se desconectan en las esquinas.

Figura N° 10.

Falla por flexión y corte cerca de las esquinas del muro, causadas por fuerzas de inercia que actúan perpendicularmente a la cara de las paredes.



Fuente: Kuroiwa J. (2008)-falla estructural en una vivienda rustica, zona frágil encuentro de 2 muros

Eventualmente, los muros quedan separados entre sí y se vuelcan al quedar en voladizo con una fuerza de inercia actuando perpendicularmente a su cara.

Esto ocurre frecuentemente con las fachadas.

2.3.1.5. Edificaciones con muros de albañilería

Son edificaciones con muros de piezas de ladrillo cocido de arcilla o bloques de concreto, unidos con mortero de arena cemento, con techos de losas macizas de concreto armado, o aligerados con ladrillos huecos. Estos techos son, en general, suficientemente rígidos para actuar como elemento diafragma y permiten distribuir la fuerza sísmica de manera proporcional a las rigideces de los muros.

Entonces, se estima que la rigidez del edificio es proporcional a la densidad de muros en la dirección analizada, despreciándose la mínima contribución de los muros perpendiculares. La NTE E.070 (Art. 19) indica

que la densidad mínima de muros portantes a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión.

Figura N° 11.

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área de la planta típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Fórmula para la cortante basal en una edificación de albañilería

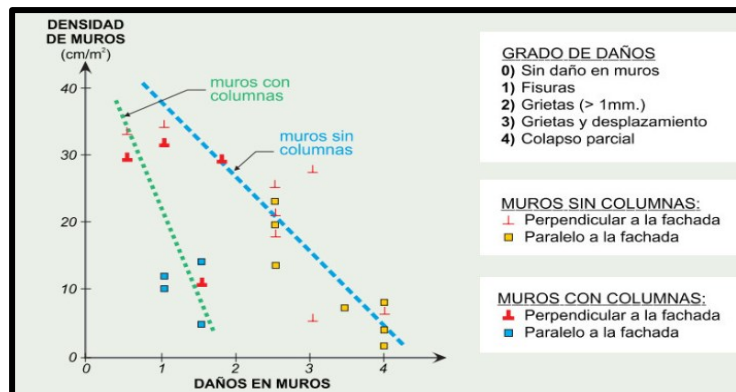
Fuente: norma técnica peruana sismoresistente e030)

Donde, L es la longitud total del muro, t es el espesor efectivo del muro, Ap es el área de la planta típica, N es el número de pisos y Z, U, S son parámetros sismo resistentes especificados en la NTE E.030.

La Fig. N° 11, muestra los resultados de estudios efectuados en Chimbote entre 1970 y 1973; puede verse una clara correlación entre la densidad de muros y grado de daños. Para la misma densidad, la presencia de columnas y vigas de amarre de concreto armado reduce sustancialmente los perjuicios.

Figura N° 12.

Relación de daños y densidad de muros, con columnas de concreto armado



Fuente: Kuroiwa J. (2008). -densidades de muros en escalas logarítmicas

Las fallas en la vivienda de la Fig. N° 12, son grietas diagonales, lo que puede ser explicado mediante la Fig. N° 13, donde se muestra una vivienda de dos pisos. Si el suelo se mueve bruscamente en una dirección, las masas reaccionan en el sentido contrario. La deformación por corte se convierte en un paralelogramo, la diagonal que se alarga causa la grieta diagonal en la dirección perpendicular, denominada falla

por tracción diagonal. Fracción de segundos más tarde, cuando el movimiento del suelo cambia de sentido, se produce la otra grieta. Como el corte en el primer piso $H_1=F_2+F_1$, es casi el doble que $H_2=F_2$, las grietas en el primer piso son más pronunciadas.

Figura N° 13.

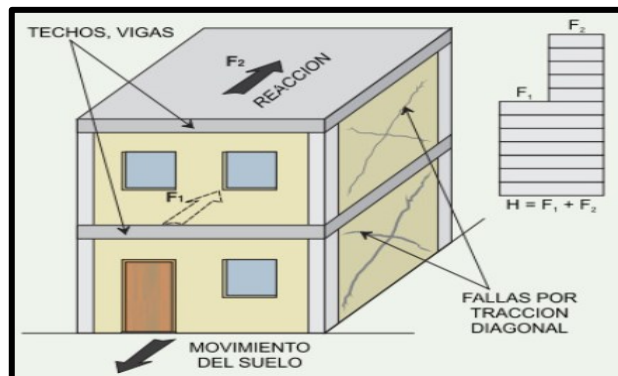
Viviendas sin columnas y baja densidad de muros en la dirección paralela a la fachada.



Fuente: Kuroiwa J. (2008).-falta estructural por zona frágil.

Figura N° 14.

Viviendas sin columnas y baja densidad de muros en la dirección paralela a la fachada.



Fuente: Kuroiwa J. (2008).-falta estructural por piso blando.

2.3.1.6. Edificaciones de concreto armado

Son edificaciones con columnas y muros de concreto armado, con techos de losas macizas de concreto armado, o aligerados con ladrillos huecos. Los techos son, en general, suficientemente rígidos para actuar como elemento diafragma y permitir distribuir la fuerza sísmica de manera proporcional a las rigideces de los elementos resistentes verticales.

Para que las estructuras de concreto armado presenten un buen desempeño sísmico ante acciones sísmicas, es necesario que posean cierta ductilidad, es decir tener la capacidad para sufrir deformaciones plásticas sin perder su resistencia. La NTE E.030 identifica diversos sistemas estructurales de concreto armado: pórticos, dual, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada, cada uno caracterizado por factores propios de ductilidad.

Los edificios que presentan un buen desempeño sísmico, se caracterizan por tener la capacidad de evitar el desarrollo inesperado de un mecanismo de colapso durante un movimiento sísmico severo.

El comportamiento de las conexiones viga-columna, tienen una incidencia directa sobre la respuesta total y la estabilidad de los edificios. Cuando una estructura se desplaza lateralmente por la acción de un sismo severo se tiende a desarrollar articulaciones plásticas en los extremos de los miembros de los pórticos. El American Concrete Institute (ACI) exige que las articulaciones plásticas se presenten en los extremos de las vigas y que las columnas permanezcan elásticas en toda la respuesta al sismo severo, ya que lo contrario es peligroso por los problemas de inestabilidad.

Cuando se incorporan muros de corte a la estructura, se hace con el objeto primario de resistir, si no toda, gran parte de la acción sísmica. La mayor rigidez de los muros ofrece una mayor resistencia al desplazamiento y posiblemente un menor grado de incursión en el rango inelástico. Asimismo, el menor desplazamiento que exhiben las estructuras con muros de corte durante un sismo es una gran medida de protección contra los daños de los elementos no estructurales.

Asimismo, es importante mencionar que las estructuras que tienen una distribución simple, regular, continua y con un sistema resistente a cargas laterales redundante, presentan un buen desempeño durante los movimientos sísmicos.

Figura N° 15.

Fallo súbito de las columnas del primer nivel. Sismo de Imperial Valley de 1979. Fuente: Bonnet R. (2003).



fuelle: Kuroiwa J. (2008). - falla por piso blando, elementos estructurales simples que portan una masa de peso importante.

2.3.1.7. Defectos que inciden en el comportamiento sísmico inadecuado de las edificaciones

Se describirán los errores más frecuentes cometidos en las construcciones, clasificándolos en cuatro grupos: materiales inadecuados; técnica constructiva deficiente; fallas de arquitectura o estructuración y detalles estructurales (San Bartolomé, A. 2007).

2.3.1.8. Materiales inadecuados.

En muchas ciudades de la costa, se utilizan ladrillos artesanales de arcilla, pandereta y bloques de concretos vacíos para la construcción de los muros portantes en edificios de hasta 5 pisos. La NTE E.070 prohíbe emplear estas unidades de albañilería porque se trituran, perdiéndose drásticamente la resistencia y rigidez de los muros.

Los ladrillos artesanales de arcilla pueden emplearse para la construcción de viviendas de hasta 3 pisos, y cualquiera de las unidades mencionadas puede ser utilizada para una mayor cantidad de pisos, siempre y cuando el ingeniero estructural demuestre que el comportamiento de todos los muros será elástico (sin ninguna fisura) ante

la acción del sismo severo, lo cual podría lograrse mediante la adición de algunos muros de concreto armado.

2.3.1.9. Técnica constructiva deficiente

La técnica de construcción que se utiliza en muchas ciudades de la costa es híbrida, entre la albañilería confinada y el sistema aporticado con tabiques de relleno.

Primero, se construyen las columnas, luego se levanta la albañilería y finalmente se vacía la losa de techo en conjunto con las vigas. De esta manera, los muros son portantes de carga vertical, pero se encuentran desvinculados de las columnas (como si existiese una junta vertical lisa y al ras entre ambos materiales). Este tipo de construcción no es permitida por la NTE E.070, donde se especifica, que para que un muro sea confinado la albañilería debe construirse en primer lugar, para después vaciar el concreto de las columnas, permitiéndose una conexión dentada o a ras, pero agregando mechas de anclaje.

2.3.1.10. Fallas de arquitectura o estructuración

a) Columna corta

Es un tipo de falla muy observada en los edificios de concreto armado. Generalmente, los locales escolares existentes presentan en uno de sus ejes, alféizares de ventanas bastante altos hechos de albañilería, no aislados de la estructura aporticada, o separados de la estructura, pero con juntas de muy poco espesor, lo que da lugar a la formación del problema de "columna corta".

Al ocurrir el sismo, la losa del techo arrastra lateralmente a la columna haciéndola chocar contra la zona superior del alféizar (elemento más rígido que la columna), lo que genera una gran distorsión angular en la columna corta causando su falla por corte, luego de lo cual, al degradarse su rigidez, la columna corta termina aplastándose por el hecho de soportar cargas verticales que se tornan excéntricas por el excesivo

desplazamiento lateral (problema P-δ); adicionalmente, debido a la gran rigidez lateral que inicialmente tienen las columnas cortas en el rango elástico, absorben un gran porcentaje del cortante de entrepiso y causan torsión en el edificio.

De una manera práctica, podemos visualizar lo siguiente. Sabemos que la rigidez de una columna viene dada por la siguiente expresión:

Figura N° 16.

súbito de las columnas del primer nivel. Sismo de Imperial Valley de 1979. Fuente: Bonnet R. (2003).

$$k = \frac{12EI}{h^3}$$

Fuente: norma técnica peruana sismoresistente e030).

Donde, E es el módulo de elasticidad del concreto, I la inercia de la sección transversal de la columna y h la altura libre de la columna.

Si consideramos una ventana alta de 0.25h entonces el alfeizar de ladrillo tendrá una altura de 0.75h; luego si calculamos la rigidez de esta columna corta tendremos:

Figura N° 17.

Fallo súbito de las columnas del primer nivel. Sismo de Imperial Valley de 1979. Fuente: Bonnet R. (2003).

$$k_{col\ corta} = \frac{12EI}{(0.25h)^3} = 64 \left(\frac{12EI}{h^3} \right) = 64 k_{col\ normal}$$

Fuente: norma técnica peruana sismoresistente e030).

b) Piso blando y reducción brusca en planta

La falla por piso blando se produce cuando estructuras pesadas y rígidas se apoyan sobre elementos estructurales (muros, columnas) débiles y flexibles, o una cantidad insuficiente de los mismos. La brusca reducción en planta concentra grandes esfuerzos en la unión de los dos “cuerpos” de diferentes áreas, causando daños en las construcciones.

c) Excentricidad y torsión

La torsión se produce por la excentricidad existente entre el centro de masa y el centro de rigidez. Algunos de los casos que pueden dar lugar a dicha situación en planta son la posición de elementos rígidos de manera asimétrica con respecto al centro de gravedad del piso y/o la colocación de grandes masas en forma asimétrica con respecto a la rigidez.

d) Falta de densidad de muros

En la NTE E.070 se obliga a que los edificios de albañilería tengan por lo menos una densidad mínima de muros en cada dirección, y a verificar que la resistencia que aportan estos muros, sea por lo menos igual a la fuerza cortante que imprime el sismo severo en el piso en análisis. A simple vista el edificio de la Fig. N° 15, construido con ladrillos de baja calidad, no debe haber cumplido en su dirección corta con la disposición reglamentaria.

Figura N° 18.

Falla por falta de densidad de muros.



fuelle: Kuroiwa J. (2008). Falla por piso blando.

e) Tabiques en voladizos de fachadas

Para ganar espacio en los pisos superiores, se recurre a voladizos en las fachadas de los edificios, cerrando el ambiente con tabiques de ladrillo pandereta. La conexión dentada entre los tabiques transversales es insuficiente como para soportar las acciones sísmicas perpendiculares

al plano y terminan volcándose (Fig. N° 16), pudiendo causar daños a las personas que escapan por el primer piso. Estos tabiques deben arriostrarse.

Figura N° 19.
Tabiques sobre voladizos.



fuelle: Kuroiwa J. (2008). Falla estructural por zona frágil.

f) Ampliaciones

Las ampliaciones de las edificaciones hechas sin ningún criterio técnico, generan problemas en caso de sismo. Por ejemplo, en Pisco se construyeron segundos pisos sobre un primer piso hecho de adobe, empleándose pórticos que incluso estaban fuera del plano de los muros de adobe; el estado en que quedaron estas edificaciones después del terremoto aparece en la Fig. N° 17.

Figura N° 20.
Primer piso de adobe, segundo piso de albañilería.



fuelle: Kuroiwa J. (2008). Falla estructural por corte en muros.

g) Proximidad entre las estructuras adyacentes

La interacción entre las estructuras adyacentes, que tienen una separación inadecuada, es decir, que están muy cerca de otras y, que adicionalmente difieren en la distribución en altura de los niveles de las losas de techo, puede producir una respuesta irregular debido a los efectos de impacto, llamado también efecto “aplauso” entre ellas mismas.

h) Detalles estructurales

Son los errores cometidos en los detalles estructurales como la nexistencia de vigas soleras, discontinuidad de columnas, nudos sin estribos, espaciamiento entre arriostres verticales muy grande, etc.

Figura N° 21.

Izq.: Muros sin viga solera. Der.: Unión viga columna sin estribos. La NTE E.070 obliga colocar por lo menos 2 estribos.



fuelle: Kuroiwa J. (2008). Muros al punto de colapso, lograron un desplazamiento crítico.

2.3.1.11. Desempeño sísmico de edificaciones

La norma sismo resistente peruana NTE E.030, considera la siguiente filosofía de diseño:

- a) Evitar pérdida de vidas.
- b) Asegurar la continuación de los servicios básicos.
- c) Minimizar los daños a la propiedad.

En concordancia con esta filosofía se establecen los siguientes principios para el diseño:

La estructura no debe colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que pueden ocurrir en el sitio.

La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante la vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

Los códigos sísmicos, normalmente presentan los alcances sobre peligrosidad sísmica en función al sismo severo. Esto ha sucedido, además de la normativa peruana, en la normativa colombiana, ecuatoriana, venezolana, entre otras, en que se indica las zonificaciones sísmicas para una vida útil de 50 años y con una probabilidad de excedencia del 10%.

Sin embargo, el Comité VISION 2000 del SEAOC (Structural Engineers Association of California), en uno de los trabajos más completos realizados hasta el momento, establece claramente la manera de cuantificar las características de los sismos que deben considerarse en el análisis sísmico de estructuras.

Son cuatro los sismos de análisis, los cuales están definidos en la Tabla

Tabla N° 1.
Niveles de amenaza sísmica.

SISMO	VIDA ÚTIL	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA	PERIODO DE RETORNO
Frecuente	30 años	50%	43 años
Ocasional	50 años	50%	72 años
Raro	50 años	10%	475 años
Muy raro	100 años	10%	950 años

Fuente: Bonnet, R. (2003) Nota, nos da a conocer la proporcionalidad que se presentan los sismos y el porcentaje que ocurra uno de esas magnitudes.

Los sismos frecuente, moderado y raro son equivalentes a los sismos menor, moderado y severo, que la filosofía de diseño tradicional enuncia. Asimismo, el informe del Comité VISION 2000 señala cuatro niveles de desempeño, cuantificados en términos de cantidad de daño directo a la

estructura y al impacto directo posterior sobre las actividades en el edificio, que identifica a través de los siguientes calificadores:

- a) **Totalmente operacional:** corresponde a un nivel en el cual no ocurren esencialmente daños. La edificación permanece completamente segura para sus ocupantes. Todo el contenido y los servicios de la edificación permanecen funcionales y disponibles para su uso. Por lo tanto, no se requieren reparaciones.
- b) **Operacional:** en este nivel no se presentan daños moderado en los elementos no estructurales y en el contenido de la edificación, e incluso algunos daños leves en los elementos estructurales. El daño es limitado y no compromete la seguridad de la estructura para continuar siendo ocupada inmediatamente después del sismo, no obstante, los daños en algunos contenidos y componentes no estructurales pueden interrumpir parcialmente algunas funciones normales. Por esta razón, se requieren algunas reparaciones menores.
- c) **Seguridad:** está asociado a la ocurrencia de daños moderados en elementos no estructurales, así como en algunos contenidos de la construcción. La rigidez lateral de la estructura y la capacidad de resistir cargas laterales adicionales, se ven reducidas, posiblemente en gran porcentaje, sin embargo, aún permanece un margen de seguridad frente al colapso. Los daños producidos pueden impedir que la estructura sea ocupada inmediatamente después del sismo, con lo cual, es probable que sea necesario proceder a su rehabilitación, siempre y cuando sea viable y se justifique desde un punto de vista económico.
- d) **Próximo al colapso:** la degradación de la rigidez lateral y la capacidad del resistente del sistema compromete la estabilidad de la estructura aproximándose al colapso. Los servicios de evacuación pueden verse interrumpidos por fallos locales, aunque los elementos que soportan las cargas verticales continúan en funcionamiento. Bajo

estas condiciones, la estructura es insegura para sus ocupantes y el costo de reparación puede no ser técnicamente viable desde un punto de vista económico.

Tabla N° 2.
Estados de daño y niveles de desempeño.

ESTADO DE DAÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO	DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS
Despreciable	Totalmente operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando servicios.
Leve	Operacional	Agrietamiento en elementos estructurales. Daño entre leve y moderado en contenidos y elementos arquitectónicos. Los sistemas de seguridad y evacuación funcionan con normalidad.
Moderado	Seguridad	Daños moderados en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente de cargas laterales. El sistema permanece funcional. Algunos elementos no estructurales y contenidos pueden dañarse. Puede ser necesario cerrar el edificio temporalmente.
Severo	Pre colapso	Daños severos en elementos estructurales. Fallo de elementos secundarios, no estructurales y contenidos. Puede llegar a ser necesario demoler el edificio.
completo	Colapso	Pérdida parcial o total de soporte. Colapso parcial o todo. No es posible la reparación.

Fuente: Mena U. (2002)- niveles de vulnerabilidad del método PUSHOVER.

Tabla N° 3.
Niveles de daño según EERI.

NIVEL DE DAÑO	RANGO DE DAÑO (%)	DESCRIPCIÓN
Ligero	0 – 5	Daño no estructural aislado, no se requiere reparación. El efecto en la estructura es despreciable.
Moderado	5 – 25	Daño estructural ligero y daño no estructural considerable.
Severo	25 – 50	Daño estructural considerable y daño no estructural excesivo.
Total Colapso	50 – 70 >100	Más económico demoler que reparar. colapso de la estructura.

Fuente: Mena U. (2002) niveles de vulnerabilidad según EERI.

2.3.1.12. Métodos de la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica:

Existen una variedad de metodologías y técnicas propuestas por diferentes autores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de diferentes tipos de instalaciones (Caicedo et al., 1994). Estas técnicas de evaluación dependen principalmente de los siguientes factores:

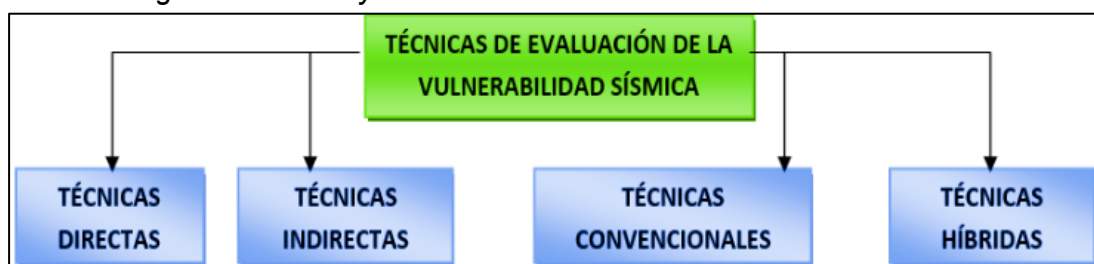
- Naturaleza y objetivo del estudio.
- Información disponible.
- Características del elemento que se pretende estudiar.
- Metodología de evaluación empleada.
- Resultado esperado.
- Destinatario de esta información

2.3.1.13. Clasificación de las metodologías

Una de las clasificaciones más reconocida y completa se debe a Corsanero y Petrini (1960), quienes las agrupan en función del tipo de resultado que producen como: Técnicas Directas; permiten predecir directamente y en una sola etapa, el daño causado por un sismo. Destacan en este grupo los llamados métodos tipológicos y los métodos mecánicos. Técnicas Indirectas; determinan un índice de vulnerabilidad como primer paso, para luego relacionar el daño con la intensidad sísmica. Técnicas Convencionales; introducen un índice de vulnerabilidad independiente de la predicción del daño. Se usan básicamente para comparar la vulnerabilidad relativa de diferentes construcciones ubicadas en áreas de igual sismicidad. Técnicas Híbridas; combinan elementos de los métodos descritos anteriormente con juicios de los expertos. (Salvador, 2002, págs. 45-46).

Figura N° 22.

Clasificación de las Técnicas de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica según Corsanero y Petrini.



Sobre la base de esta clasificación, Dolce, M. (1994) propone un nuevo criterio de clasificación producto de examinar separadamente las etapas fundamentales que comprende un análisis de vulnerabilidad. Considera tres tipos de métodos: Métodos Estadísticos; basados en un análisis estadístico de las construcciones, caracterizadas por los datos de entrada. Métodos Mecánicos; en los cuales se estudian los principales parámetros que gobiernan el comportamiento dinámico de las estructuras como la ductilidad. Métodos basados en Juicios de Expertos; donde se evalúan cualitativamente y cuantitativamente los factores que gobiernan la respuesta sísmica de las edificaciones. (Salvador, 2002, pág. 46).

Figura N° 23.

Clasificación de las Técnicas de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica.



Fuente: Mena U. (2002)- técnicas de evaluaciones sísmicas estructurales.

2.3.2. Mercado

2.3.2.1. Definición de Mercado:

Establecimiento donde concurren productos y comerciantes mayoristas, medio mayoristas y detallistas con el objeto de realizar transacciones de productos alimenticios y artículos básicos de consumo de origen regional y/o extra regional como son: frutas, hortalizas y raíces feculentas; abarros, granos y semillas; lácteos, aves, pescados y mariscos.

Estos productos requieren de almacenamiento adecuado para conservar sus características óptimas para el consumo, por lo que las unidades de abasto cuentan con frigoríficos y cámaras para maduración

de frutas; así como locales para servicios administrativos, conservación y mantenimiento, de información, área para circulación peatonal y vehicular, estacionamiento para vehículos de carga y particulares, andenes para carga y descarga y de trasbordo de productos, entre otros.

2.3.2.2. Características de Mercado:

El mercado está compuesto de vendedores y compradores que vienen a representar la oferta y la demanda. Se realizan relaciones comerciales de transacciones de mercancías. Los precios de las mercancías tienden a unificarse y dichos precios se establecen por la oferta y la demanda.

2.3.2.3. Tipos de Mercado:

a) Mercado mayorista

Son en los que se venden mercaderías al por mayor y en grandes cantidades. Allí acuden generalmente los intermediarios y distribuidores a comprar en cantidad los productos que después han de revender a otros comerciantes, a precios mayores y caprichosamente elevados.

b) Mercado Minorista

Llamados también de abastos, donde se venden en pequeñas cantidades directamente a los consumidores. Una nueva modalidad de este tipo de mercados son los llamados "Supermarkets" (Supermercados) de origen norteamericano, los que constituyen grandes cadenas u organizaciones que mueven ingentes capitales. En aquellos se estila el "autoservicio", es decir, que el mismo consumidor elige los artículos que va a comprar, eliminándose el empleado dependiente y al pequeño comerciante que vende personalmente sus artículos.

c) Mercado Municipal

Como proyecto de graduación se desarrolló el anteproyecto de un Mercado Municipal de Morales departamento de Izabal. Siendo este un

lugar o edificio público desinado permanentemente o en días señalados, a comprar, vender o permutar géneros y mercancías.

En términos económicos, se puede decir que mercado es el ámbito que comprende a consumidores y productores, que tienen influencia sobre la formación del precio del bien objeto de cambio.

También pode decir que un mercado municipal o mercado detallista es un lugar de concurrencia de compradores y vendedores o comerciantes, donde se realizan actividades de intercambio comercial. El local del mercado debe ser una instalación apropiada para el comercio, con las condiciones mínimas requeridas para este tipo de actividades.

2.3.2.4. Clasificación de los mercados

Tipologías de mercados

Tabla N° 4.

Tipologías de Mercados.

TIPO DE MERCADO	POBLACIÓN SERVIDA
A	25000 Habitantes
AZ	15000 Habitantes
B	20000 Habitantes
BZ	10000 Habitantes
C	10000 a 25000 Habitantes
D	4000 a 10000 Habitantes

Fuente: Quispe, N. (2014) tipos de mercados según su afluencia de personas.

Categorías:

Dentro del equipamiento urbano, el equipamiento comercial es quizás el que tiene mayor diversificación en función a las particularidades de cada ciudad.

La siguiente presenta indicadores para cada una de las categorías del equipamiento en base a rangos de población total a servir:

Tabla N° 5.
Categorías de Mercados.

CATEGORÍA	RANGO POBLACIONAL	TERRENO MÍN. (M ²)
Mercado mayorista	Mayor a 200000	2000
Mercado minorista	Mayor a 10000	800
Centro de acopio	Mayor a 50000	10000
Camal municipal	Mayor a 20000	8000
Terminal pesquero	Mayor a 400000	8000
Campos feriales (agropecuarios)	Mayor a 200000	20000

Fuente: Quispe, N. (2014)- categoría de mercados según su afluencia de personas.

2.3.2.5. Principales Elementos Espaciales del Mercado:

Para diseñar instalaciones de este tipo, los mercados deben contar con un mínimo de espacio de 2.0 m² por habitante.

Una organización del mercado en términos espaciales puede darse por zonas de actividades semejantes, de la siguiente forma:

- **Comerciantes:** Son todas aquellas personas que venden sus productos en las diferentes estaciones.
- **Usuarios:** Son las personas que llegan a los mercados a comprar productos de comerciantes.
- **Abarrotes:** Artículos de consumo doméstico de primera necesidad, tales como granos básicos, artículos de cocina, artículos de uso personal, artículos varios.

2.3.2.6. Mercado Viejo de Huánuco

Ubicada entre los Jr. 28 de Julio, Jr. Huánuco y Pasaje. Presenta una infraestructura deteriorada, los productos que se ofrecen no cuentan con una buena salubridad; así mismo existe el comercio informal alrededor del Mercado, no cuenta con una buena iluminación y ventilación.

Figura N° 24.
Fotos del Mercado Viejo.



Fuente: propio –vista de la puerta del mercado antiguo.

Pese a haber sido declarado patrimonio cultural, el mercado Central o viejo como lo conocen las personas por su visible deterioro, está abandonado por las autoridades.

Varias zonas del mercado están por desplomarse, incluso una de las torres presenta grietas cada vez más pronunciadas. Como se recuerda, una parte del techo, compuesta de palos, carrizo y quincha, se desplomó sobre el almacén y un puesto de comida.

127 comerciante alberga el Mercado Antiguo y 292 se ubican en la parte externa.

El subgerente de Riesgo y Desastres de la Municipalidad de Huánuco, José Fernando Chocano Cavalie, informó que según la evaluación del estado situacional del Mercado Central (Mercado Antiguo o Mercado Viejo), se recomienda con carácter de urgencia a proceder con su desocupación por el riesgo alto en que se encuentran las personas, que desarrollan sus actividades cotidianas, y aquellas que acuden a ese centro de abastos. El área evaluada mide 4800 m² que comprende la parte interna, tiendas externas y la zona que ocupan los puestos azules externos.

En el informe técnico se señala que en este mercado existen 292 puestos de expendio de diversos tipos de productos que atienden a un flujo de 2000 a 2500 personas por día, actividades económicas que se cumplen en condiciones precarias e insalubres en una infraestructura construida hace 100 años aproximadamente.

En la construcción se usó como materiales, el adobe y el tapial, que, por el paso de los años, se encuentran muy deteriorados.

Chocano Cavalíe manifestó que existe un peligro permanente ante un riesgo de sismo que puede provocar la caída del techo y paredes. El deterioro de la infraestructura, debido a la antigüedad de la construcción, puede causar derrumbes. La manipulación balones de gas, en el área de comidas, y la precariedad de las instalaciones eléctricas pueden ser causal de incendios ya que no se cumplen con las normas técnicas.

Mientras que la contaminación ambiental se hace evidente por el manejo inadecuado de los residuos sólidos y porque el sistema del desagüe está conectado de manera irregular al drenaje pluvial.

El informe concluye que la vulnerabilidad es alta luego de evaluar los aspectos ambiental-ecológico, físico, económico, social, cultural-ideológico, política institucional y científico-tecnológico. El estimador de riesgos y encargado de realizar el informe fue el ingeniero César Lu Egúsquiza.

Se recomienda tomar las medidas de carácter correctivo con carácter de urgencia a fin de no exponer a las personas a riesgos que pueden afectar su salud e integridad y emitir el documento legal para declarar la situación de emergencia.

2.4. Definiciones conceptuales

2.4.1. Vulnerabilidad:

“Es el grado de pérdida o daño de un bien” (Garcés Mora, R. (2017). Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada, pág. 41).

2.4.2. Vulnerabilidad sísmica estructural:

“Es el grado de pérdida o daño que puede ocurrir en los diferentes elementos estructurales, debido a un evento sísmico. Daño asociado a los elementos resistentes de una estructura como son las vigas, columnas, muros de carga, sistemas de piso, y tiene que ver con la calidad de los materiales que componen dichos elementos, su configuración y tipo de sistema resistente y, obviamente, de las características de las cargas actuantes” (Alva J, Castillo J. (1993). Peligro Sísmico en el Perú, pág. 105).

2.4.3. Vulnerabilidad sísmica no estructural:

“Es el grado de pérdida o daño de todos los bienes que forman parte del equipamiento de una edificación. Daño asociado principalmente a elementos que no forman parte del sistema resistente, como puede ser muros divisorios ventanales, revestimientos, etc” (Herráiz M. (1997). Conceptos Básicos de Sismología para Ingenieros CISMID, pág. 261).

2.4.4. Función de vulnerabilidad:

“Aquella que relaciona gráfica o matemáticamente la vulnerabilidad de una estructura con el daño que puede sufrir, para varias intensidades del movimiento del terreno, siendo estas intensidades utilizadas preferiblemente por valores de algún parámetro físico, como, por ejemplo, la aceleración máxima del terreno o uno de los grados en cualquier escala macro sísmica” (Méndez, M. L. (2006). Determinación De Los Mecanismos Focales De Los Sismos, pág. 305).

2.4.5. Junta sísmica

“Junta que permite una independencia de dos macizos adyacentes, de forma que el movimiento de uno se produce de manera independiente del otro” (Junta de Separación sísmica (s), cap. 15.2 norma E.030).

2.4.6. Riesgo inminente:

“Posibilidad de daño que se materialice en un futuro inmediato y pueda suponer la pérdida de una vida humana” (Rojas, H. C. (2018) pág. 19).

2.4.7. Falla estructural:

“Es la deficiente configuración en geometría o condición de posición de uno o varios elementos estructurales que genera una respuesta por debajo de lo mínimo establecido en los reglamentos, al estar solicitados a cargas de trabajo” Bernal I, Tavera H. (2002). Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú Instituto Geofísico del Perú.

2.4.8. Falla constructiva:

“Es la deficiente resistencia que presentan uno o varios elementos estructurales debido a procesos de construcción que no obedecen un adecuado control de calidad” (Rojas, H. C. (2018) pág. 41).

2.4.9. F.V (Factor de vulnerabilidad sísmica):

“Es la relación entre el área construida y el área de corte” (Garcés Mora, R. (2017). Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada, pág. 41).

2.4.10. Área construida:

“Es el área techada” (cap. 13.7 norma E.030).

2.4.11. Área de corte:

“Es la suma del área de las columnas” (cap. 14.2 norma E.060).

2.4.12.Vulnerabilidad alta:

“Cuando la edificación llega al pre colapso en el modelo estático no lineal con un desplazamiento equivalente al provocado con una aceleración 0.10g”. (Garcés Mora, R. (2017). Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada, pág. 42).

2.4.13.Vulnerabilidad media:

“Cuando la edificación llega al pre colapso en el modelo estático no lineal con un desplazamiento equivalente al provocado con una aceleración 0.25g.” (Garcés Mora, R. (2017). Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada, pág. 42).

2.4.14.Vulnerabilidad baja:

“Cuando la edificación llega al pre colapso en el modelo estático no lineal con un desplazamiento equivalente al provocado con una aceleración 0.45g.” (Garcés Mora, R. (2017). Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada, pág. 42).

2.4.15.Mercado:

“Actividad transaccional de ciclo corto y en exclusiva de tipo comercial y en el que se ajusta la oferta y demanda de un bien. Con un significado distinto, se puede reconocer, el sitio o lugar físico de la compra y la venta, en el que se enfrenta una oferta y una demanda de bienes y/o de servicios produciéndose la formación de un precio. A lo largo de la historia se ha convertido en un lugar público urbano, situado en la vía pública o en un inmueble, provisto de puestos de venta y donde se encuentran vendedores y compradores diarios o periódicamente” (Garcés Mora, R. (2017). Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada, pág. 125).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Hi: El grado de vulnerabilidad sísmica estructural es adecuada en los principales mercados de la ciudad de Huánuco.

Ho: El grado de vulnerabilidad sísmica estructural no es adecuada en los principales mercados de la ciudad de Huánuco.

2.5.2. Hipótesis Específicos

Ha:1 el comportamiento estructural del mercado antiguo y el mercado modelo de la ciudad de Huánuco tiene los parámetros la norma técnica peruana E030.

Ha:2 la rigidez estructural es adecuada de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.

Ha:3 las fuerzas sísmicas en las estructuras de los principales mercados de Huánuco cumplen las normas de diseño nacional.

Ha:4 los parámetros de diseño del espectro de respuesta sísmica estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco cumplen las normas de diseño nacional.

Ha:5 parámetros actuales de diseños de comportamientos estructurales, son compatibles con las normas peruana (E030).

Ha:6 esfuerzos admisibles son suficientes para soportar un sismo considerable en las estructuras de los principales mercados de Huánuco.

2.6. Variables

2.6.1. Variable dependiente

2.6.2. La Vulnerabilidad sísmica de las estructuras de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.

2.6.3. Variable independiente

El estado estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.

2.7. Operacionalización de variables

Tabla N° 6.
Variable de operaciones

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DIMENSION	ESCALA	INSTRUMENTO
Dependiente	La Vulnerabilidad sísmica de las estructuras de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.	aspecto de respuesta	calculada	R.N.E. E030, E080.
		fuerza de corte	calculada	R.N.E. E030, E080.
		centro de masa y rigidez	calculada	R.N.E. E030, E080.
		fuerzas actuantes	calculada	R.N.E. E030, E080.
independiente	El estado estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.	tipos de estructura	apotecada, mixta, placas, confinada	R.N.E. E030, E050, E080.
		rigidez estructural	calculada	R.N.E. E030, E050, E080.
		elementos estructurales	verificación en campo	R.N.E. E030, E050, E080.
		estado actual de la estructura	bueno, malo	R.N.E. E030, E050, E080.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Enfoque

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos, Refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos” (Hernández Siampieri, Roberto (2005:5)), ya que el investigador propone medir el grado de vulnerabilidad sísmica en los principales mercados de la ciudad de Huánuco, para lo que necesita tomar diferentes mediciones secuenciales a fin de obtener dicha vulnerabilidad.

3.1.2. Alcance o Nivel

Por el alcance, la investigación es DESCRIPTIVA, ya que busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo población. (Hernández Siampieri, Roberto (2005:92)), al encontrar la vulnerabilidad sísmica se podrá conocer el comportamiento futuro ante el sismo de las estructuras a analizar así también se podrá generalizar los resultados para otras estructuras con similares características.

3.1.3. Diseño

En atención al diseño, la investigación es un estudio NO EXPERIMENTAL, ya que, el estudio se realizará sin la manipulación deliberada de variables y sólo se observarán los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos. (Hernández Siampieri, Roberto (2005:154)), por lo que se observaran y analizaran los elementos constructivos, materiales empleados, y proceso constructivo de los mercados modelo y antiguo de la ciudad de Huánuco.

3.2. Población Y Muestra

3.2.1. Población

Mercado modelo de Huánuco y el mercado antiguo de Huánuco.

3.2.2. Muestra

“Muestras con casos-tipo Esta muestra se utiliza en las tesis que desean recabar datos muy especiales y de alta calidad, no se enfocan ni en la cantidad, ni en la generalización de resultados a toda una población” (Pedro L. López. (2018). población muestra y muestreo, pág. 80).

Mercado modelo de Huánuco y el mercado antiguo de Huánuco.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. técnicas

Los principales materiales e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos son los siguientes:

- Plano de lotización de los mercados de la ciudad de Huánuco y vías de acceso.
- Computadora con software especializado de ingeniería (software ETABS de cálculo estructural)
- Cámara fotográfica.
- Materiales de escritorio e impresión.
- Recomendaciones según la norma técnica peruana E080 (extracción de muestras).
- Recomendaciones según la norma técnica peruana E030 (análisis sísmicos de estructura).

La información necesaria, para poder evaluar los distintos parámetros de la metodología, serán recopilada mediante trabajos in-situ como

medición de los elementos estructurales, observación y evidencias fotografías de elementos que aportan fallas estructurales. El almacenamiento de la información para la creación de la base de datos se realizará haciendo uso de una hoja de cálculo programada con macros. (Excel y SPSS) Los resultados finales se mostrarán en tablas de resultados (distribución de frecuencias), fuerzas participativas, desplazamientos, grados de libertad, refracción sísmica de la estructura, falla estructurales y modelamiento para el análisis por método finito de la estructura.

recopilación de EMS:

En este caso vamos a aplicar una encuesta para poder obtener los EMS (estudios de mecánica de suelos) de las edificaciones colindantes en los perímetros de la edificación, para obtener el parámetro “S” para poder evaluar los parámetros sísmicos de la estructura.

Probetas de muestra:

Para Obtener una resistencia representativa, la Norma técnica peruana donde determina los procedimientos a seguir en cada etapa de la preparación de las probetas; y el Reglamento Nacional de Construcciones señala el tamaño y número de la muestra de ensayo.

La manera tradicional y práctica de evaluar la resistencia y uniformidad del concreto en las edificaciones, consiste en moldear probetas con el concreto empleado en obra, que luego son llevadas a rotura en una prensa, bajo cargas de compresión.

Los resultados de ensayo muestran la dispersión del concreto debido a la heterogeneidad de sus constituyentes y a las condiciones propias de los procesos de mezcla, transporte y colocación. Además, a esta natural variación debe agregarse la posible segregación de la muestra y las diferencias producidas en las operaciones de moldeo, curado y ensayo.

3.3.2. instrumentos

- ❖ Formato de captura de datos para la evaluación estructural
- Información del inmueble.
- Uso de la edificación.
- Terreno y cimentación.
- Características de la estructura.
- Vulnerabilidad.
- Sistema estructural.
- Rehabilitación.
- Evaluación de daños.
- Croquis del inmueble- elementos estructurales.

3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

- **Nivel de riesgo sísmico de las edificaciones.**

Para determinar el nivel del riesgo sísmico del mercado viejo, se utilizará el método de Índice de vulnerabilidad.

El método del índice de vulnerabilidad plantea 09 parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones. Con el objetivo de determinar si estos 09 parámetros eran suficientes para realizar dicha evaluación en las edificaciones, se comparó con lo que el Reglamento Nacional de Edificaciones propone. Efectuando ciertas adaptaciones a las clases de algunos parámetros, como bien se mostrará más adelante, se pudo observar que casi en su totalidad, el método del índice de vulnerabilidad satisface las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones. En la Tabla N° 7 se presentan los criterios análogos encontrados entre lo exigido por el reglamento y lo presentado por el método del índice de vulnerabilidad, llegándose a determinar los parámetros utilizados para el índice de vulnerabilidad del mercado viejo.

Tabla N° 7.

Parámetros de índice de vulnerabilidad

Nº	PARÁMETROS DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
1	Tipo y organización del sistema resistente.
2	Calidad de sistema resistente
3	Resistencia convencional.
4	Desplazamiento frente al espectro r.s.
5	Aspecto de refracción sísmica
6	Configuración en planta.
7	Configuración en elevación.
8	Distancia máxima entre los muros y conexiones entre los elementos críticos.
9	Estado de conservación.

Fuente: Quispe, N. (2014)

- Propuesta del plan de gestión del riesgo sísmico.

Con la finalidad de lograr un trabajo de investigación con amplio fundamento se empleará la recopilación de información, tesis similares, normas legales y normas técnicas para finalmente formular un plan de gestión del riesgo de origen sísmico con los parámetros establecidos en el reglamento nacional de edificaciones E030, por lo cual necesitaremos roturas de probetas de adobe (obtención de la F_c , la poder calcular la elasticidad de la estructura-mecánica de materiales) y de la recopilación de los EMS (estudio de mecánica de suelos) para la obtención del parámetro "S".

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de Datos

Zona sísmica

Zonificación 10.1. El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 25. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

Figura N° 25.
Mapa sísmico del Perú.



Fuente: norma técnica peruana E030- sismo resistente.

Tabla N° 8.
Clasificación de la zona de la investigación.

UBIGEO	ZONA	FACTOR
REGION	Z-2	0.25
PROVINCIA		
DISTRITO		

Fuente: propia- ubicación de la estructura a evaluar.

se han sacado datos históricos del Instituto Geofísico del Perú donde los datos parte del “Proyecto de Asistencia Técnica para la elaboración del Mapa de peligro Sísmico del Perú y Aplicaciones”, el mismo que contó con el apoyo del Banco Mundial. Durante el desarrollo del proyecto participaron el Dr. Oscar Ishikawa, experto en el manejo del riesgo de desastres del Banco Mundial y del Dr. Mario Ordaz, asesor científico en estudios de Peligro Sísmico.

Figura N° 26.
Grillas de las aceleraciones sísmicas vs periodo de retorno.

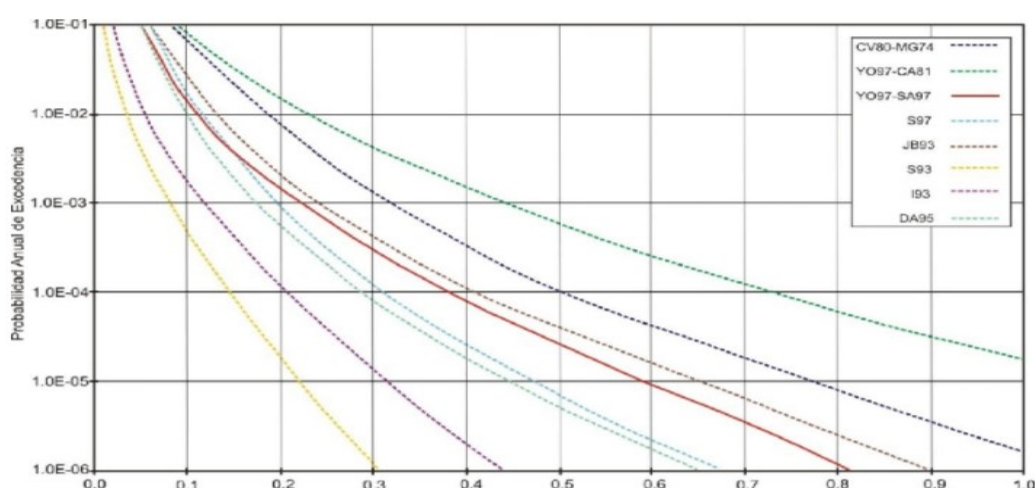


Figura N° 27.
Cuadro resumen de la imagen N°26

LEY DE ATENUACIÓN	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)							
	100	200	500	1000	2000	3000	5000	10000
Idriss, I. M. (1993) I 93	0.05	0.07	0.10	0.13	0.16	0.16	0.19	0.21
Sadigh, K. et al. (1993) S 93	0.04	0.05	0.07	0.08	0.10	0.11	0.14	0.15
Boore, Joyner y Fumal (1993,4): JB 93	0.23	0.29	0.38	0.46	0.53	0.57	0.66	0.76
Dahle, A. et al (1995) DA 95	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20	0.22	0.25	0.29
Schmidt, et al. (1997): S 97	0.13	0.14	0.18	0.20	0.23	0.25	0.28	0.32
Ycungs, et al, (1997) y Campbell, K. (1981) YO97 + CA81	0.13	0.16	0.20	0.24	0.29	0.31	0.35	0.41
Casaverde y Vargas(1980) y R.McGuire (1974) CV80+M74	0.19	0.22	0.27	0.32	0.37	0.39	0.44	0.50
Youngs, et al, (1997) y Sadigh, et al. (1997) YO97 + SA 97	0.11	0.14	0.18	0.23	0.27	0.31	0.33	0.38

Fuente: IGP-datos por periodo de retorno, facto Z.

Uso (U)

Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U) Cada estructura está clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 28. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usa según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se puede considerar $U = 1.3$.

Figura N° 28

Clasificación del factor u.

B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
-----------------------------------	---	-----

Fuente: RNE E030, clasificación del uso de la estructura

Suelo (S)

El análisis de este parámetro se realiza por una encuesta de los EMS (estudios de mecánica de suelos) al perímetro del mercado antiguo de Huánuco, donde se visualiza que tiene las mismas características los suelos.

Tabla N° 9.

Descripción de las características del suelo t-S3.

SUELO S	CLASIFICACION N	CARACTERISTICAS AS
TIPO S3	Suelos Blandos	Arena media a fina, o grava arenosa Cualquier perfil que no corresponda al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada

Fuente: propia.

Tabla N° 10.

Análisis de los estudios de mecánica de suelos obtenidos para el proyecto.

CALICAT A	CLASIFICACION DE SUELO			TIPO DE SUELO	CLASIFICACION E030
	SUCS	AASHTO			
01.00	SC-SM	A-2	A-2-6	suelo de grano grueso mezcla de arenas con arcilla y limos con gravillas metamórficas	S3
02.00	SM	A-2	A-2-6	textura arenosa de estructura desmenuzable de consistencia blanda con presencia de gravillas esquitosas. Suelo semipermeable	S3
03.00	SC	A-2	A-2-6	material de color marrón, de textura arenosa, de estructura desmenuzable de consistencia blanda, con baja cohesión, suelo semipermeable.	S3
04.00	SC	A-2	A-2-6	material de color marrón, de textura arenosa, de estructura desmenuzable de consistencia blanda, con baja cohesión, suelo semipermeable.	S3
05.00	SC	A-2	A-2-6	suelo de grano grueso, mezcla de arenas con arcillas con piedras tipo esquisto procedente de rocas metamórficas.	S3

Fuente: propia- sondeo de los estudios de mecánica de suelo a las edificaciones ubicadas en el perímetro.

Factor "S"

S= S3.

$T_p(s) = 1.0$

$T_l(s) = 1.6$

Figura N° 29.

Clasificación del facto "S"-suelo.

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	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

Figura N° 30.

*Clasificación del periodo est
fundación*

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _P " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: norma técnica peruana e030- sismo resistencia-clasificación del periodo corto y largo

MERCADO ANITUGO DE HUANUCO

FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA(C)

Factor de Amplificación Sísmica (C) De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de Amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

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

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

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

Donde:

Período Fundamental de Vibración

El período fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{hn}{Ct} \quad T = \frac{1}{60}$$

donde:

hn=número de pisos.

Ct:

CT = 35 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

CT = 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

b) Pórticos de acero arriostrados.

CT = 60 Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

EXPRESION

1	$T < T_p$	$0.017 < 1$	SI CUMPLE
2	$T_p < T < T_I$	$1 < 0.017 < 1.6$	NO CUMPLE
3	$T > T_I$	$0.017 > 1.6$	NO CUMPLE

Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_0).

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismo resistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 31.

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se toma el menor coeficiente R_0 que corresponda.

Figura N° 31.

Factor de resistencia por tipo de edificación $R_0=7$.

Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

Fuente: norma técnica peruana e030- sismo resistencia-restricción por el tipo de estructura.

Factores de Irregularidad (I_a , I_p)

El factor I_a se determina como el menor de los valores de la Tabla N° 32 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis.

El factor I_p se determina como el menor de los valores de la Tabla N° 33 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las Tablas N° 32 y 33 se obtuvieran valores distintos de los factores I_a o I_p para las dos direcciones de análisis, se toma para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones

Figura N° 32.

Factor por irregularidad en planta $I_a=0.30$

Irregularidad Geométrica Vertical	
La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90

Fuente: norma técnica peruana e030- sismo resistencia-irregularidades estructurales.

Figura N° 33.

Factor por irregularidad en elevación $I_p=0.85$

Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85
--	------

COEFICIENTE DE REDUCCION:

Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determina como el producto del coeficiente R_0 determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

$$R=R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R=7 \cdot 0.90 \cdot 0.85$$

$$R=3.355$$

4.1. ANALISIS ESTRUCTURAL

4.1.1. ANALISIS ESTATICO

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

FUERZA CORTANTE EN LA BASE

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos:
- b) $k = 1,0$.
- c) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

DATOS:

	XX	YY
U=	1.3	U= 1.3
C=	2.5	C= 2.5
S=	1.4	S= 1.4
R=	5.355	R= 5.355
K=	2.00	K= 2.00

MERCADO MODELO DE HUANUCO

FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA(C)

Factor de Amplificación Sísmica (C) De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$\text{Donde: } T = \frac{h_n}{C_t} \quad T = \frac{1}{60} \quad T = 0.017S$$

h_n = numero de pisos

C_t :

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

b) Pórticos de acero arriostrados.

CT = 60 Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

EXPRESION

1	$T < T_p$	$0.017 < 1$	SI CUMPLE
2	$T_p < T < T_I$	$1 < 0.017 < 1.6$	NO CUMPLE
3	$T > T_I$	$0.017 > 1.6$	NO CUMPLE

EXPRESION 01

$T < T_p$ $C=2.5$

Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_0)

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sísmo resistente en cada dirección de análisis.

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se toma el menor coeficiente R_0 que corresponda

Figura N° 34.

Factor de resistencia por tipo de edificación $R_0=7$.

Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

Fuente: norma técnica peruana e030- sismo resistencia

Factores de Irregularidad (I_a , I_p)

El factor I_a se determina como el menor de los valores de la Tabla N° 35 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis.

El factor I_p se determina como el menor de los valores de la Tabla N° 36 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las Tablas N° 35 y 36 se obtuvieran valores distintos de los factores I_a o I_p para las dos direcciones de análisis, se toma para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

Figura N° 35.

Irregularidades en altura $I_p=0.9$.

Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
--	------

Fuente: norma técnica peruana e030- sismo resistencia.

Figura N° 36.

Irregularidades en altura $I_p=0.9$

Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
---	------

Fuente: norma técnica peruana e030- sismo resistencia.

COEFICIENTE DE REDUCCION:

Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determina como el producto del coeficiente R_0 determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R = 8 \cdot 0.90 \cdot 0.90$$

$$R = 6.48$$

ANALISIS ESTATICO

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

FUERZA CORTANTE EN LA BASE

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

K:

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

DATOS:

	XX	YY
U=	1.3	U= 1.3
C=	2.5	C= 2.5
S=	1.4	S= 1.4
R=	6.48	R= 6.48
K=	2.00	K= 2.00

MERCADO ANTIGUO DE HUANUCO- CORTANTES BASALES

Tabla N° 11.

Mercado antiguo de Huanuco- cortantes basales

					PUNTO DE ANALISIS	PESO	FX	FY	FZ	UX	UY
Story2	Modal	LinModEigen	Mode 1	Top		0	0	0	0	0	0
Story2	DERVIVA XX	Combination	Max	Bottom		28.05	0	0	0	0	0
Story2	DERVIVA YY	Combination	Max	Bottom		28.05	0	0	0	0	0
Story1	DERVIVA XX	Combination	Max	Bottom		465.25	2.07E- 05	1.33E- 05	1.78E- 05	4.63E- 05	0.0001
Story1	DERVIVA YY	Combination	Max	Bottom		465.25	6.03E- 06	3.18E- 06	4.42E- 05	1.10E- 05	2.12E- 05

Fuente: propia- datos obtenidos del programa ETABS.

Tabla N° 12.

Cortante basal en la dirección X-X.

X-X																	
		CORTANTE BASAL (V)															
PESO	(U*C*S)R	100 AÑOS		200 AÑOS		500 AÑOS		1000 AÑOS		2000 AÑOS		3000 AÑOS		5000 AÑOS		10000 AÑOS	
		Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V
465.25	0.8497	0.13	51.39	0.16	63.25	0.20	79.06	0.24	94.87	0.290	114.64	0.31	122.55	0.44	173.94	0.5	197.66

Fuente: propia-datos calculados manualmente de las cortantes basales.

Tabla N° 13.

Cortante basal en dirección Y-Y.

		Y-Y															
		CORTANTE BASAL (V)															
PESO	(U*C*S)R	100 AÑOS		200 AÑOS		500 AÑOS		1000 AÑOS		2000 AÑOS		3000 AÑOS		5000 AÑOS		10000 AÑOS	
		Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V
465.25	0.8497	0.13	51.39	0.16	63.25	0.20	79.06	0.24	94.87	0.290	114.64	0.31	122.55	0.44	173.94	0.5	197.66

Fuente: propia- datos calculados manualmente de las cortantes basales.

MERCADO MODELO DE HUANUCO- CORTANTES BASALES

Tabla N° 14.

Datos Etabs- Mercado antiguo de Huánuco.

					PUNTO DE ANALISIS	PESO	FX	FY	FZ	UX	UY
Story2	Modal	LinModEigen	Mode	1	Top	0	0	0	0	0	0
Story2	DERVIVA XX	Combination	Max		Bottom	28.05	0	0	0	0	0
Story2	DERVIVA YY	Combination	Max		Bottom	28.05	0	0	0	0	0
Story1	DERVIVA XX	Combination	Max		Bottom	465.25	2.07E-05	1.33E-05	1.78E-05	4.63E-05	0.0001
Story1	DERVIVA YY	Combination	Max		Bottom	465.25	6.03E-06	3.18E-06	4.42E-05	1.10E-05	2.12E-05

Fuente: propia- datos obtenidos el programa ETABS.

Tabla N° 15.

Cortante basal en la dirección X-X.

X-X												
PESO	$\frac{(U \cdot C \cdot S)}{R}$	100 AÑOS		200 AÑOS		500 AÑOS		1000 AÑOS		2000 AÑOS		3000 AÑOS
		Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z
1025.65	0.70216	0.13	93.62	0.16	115.23	0.20	144.03	0.24	172.84	0.290	208.85	0.31
		5000 AÑOS		10000 AÑOS								
		Z	V	Z	V							
		0.44	316.88	0.5	360.09							

Fuente: propia.

Tabla N° 16.

Cortante basal en la dirección Y-Y.

Y-Y												
PESO	$\frac{(U \cdot C \cdot S)}{R}$	100 AÑOS		200 AÑOS		500 AÑOS		1000 AÑOS		2000 AÑOS		3000 AÑOS
		Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	Z	V	V
1025.65	0.70216	0.13	93.62	0.16	115.23	0.20	144.03	0.24	172.84	0.290	316.88	
		5000 AÑOS		10000 AÑOS								
		Z	V	Z	V	Z						
		0.31	223.25	0.44	316.88	0.5						

Fuente: propia.

ASPECTRO DE REFRACCION SISMICA- TIEMPO HISTORIA MERCADO ANTIGUO

ANAISIS DINAMICO MODAL

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

MODOS DE VIBRACIÓN

Los modos de vibración pueden determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente características de rigidez y la distribución de las masas. 29.1.2. En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

ACELERCION ESPECTRAL

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

$$Sa = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

FACTORES

U=	1.3
S=	1.4
R=	6.48

MERCADO ANTIGUO DE HUANUCO- DATOS DEL PROGRAMA ETABS

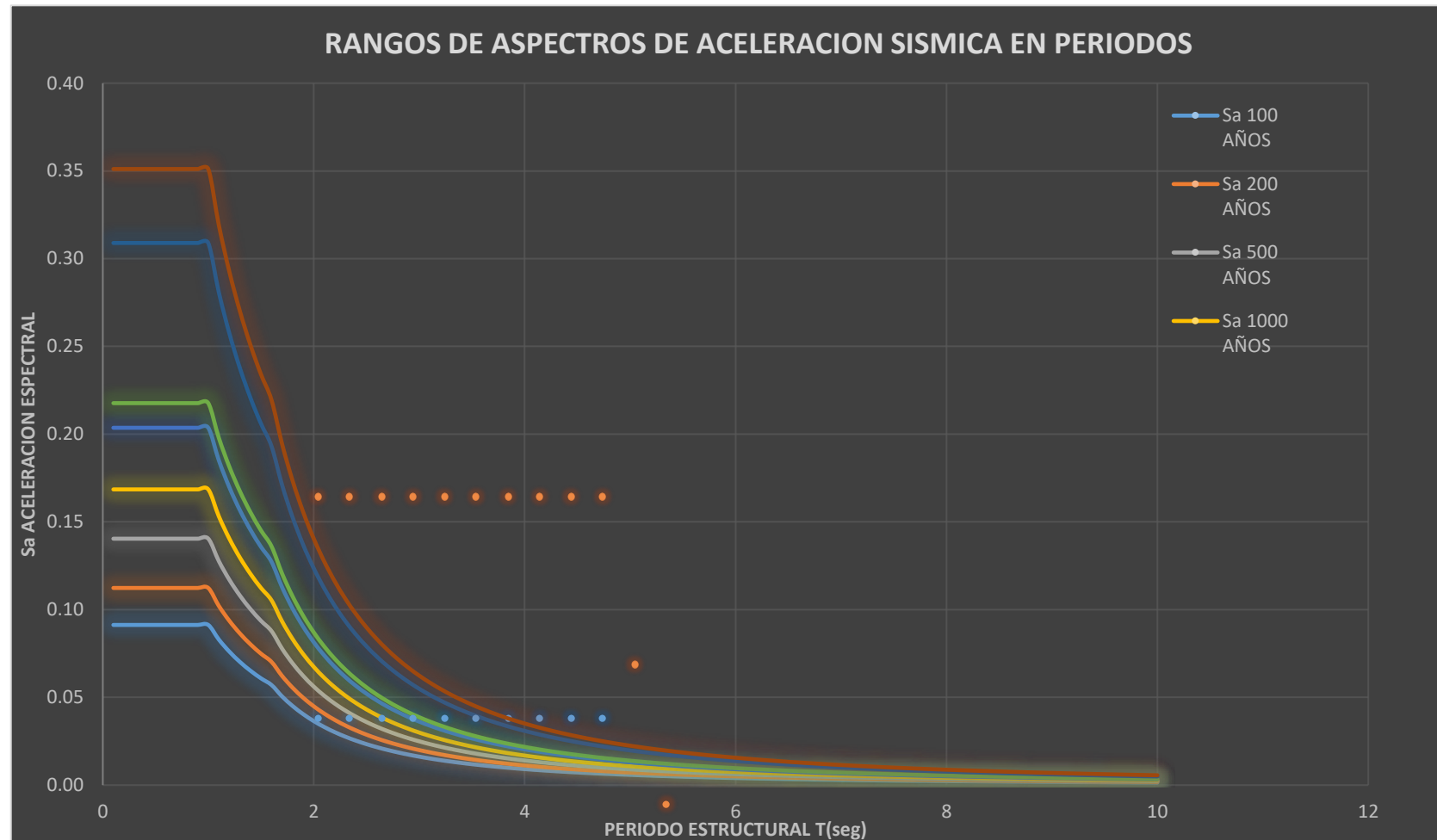
Tabla N° 17.

Vamos a Analizar los Periodos.

FACTOR DE MASA PARTISIPATIVA-PROGRAM ETABS											
CASO	MODAL	PERIODO	UX	UY	UZ	SUM UX	SUMUY	SUMUZ	RX	RY	RZ
Modal	1	9.1471	0.00001	0.01291	0.00001	0.00001	0.01291	0.00001	0.02131	0.00001	0.00011
Modal	2	7.50145	0.00003	0.00001	0.00001	0.00003	0.01291	0.00001	0.00001	0.00004	0.00061
Modal	3	6.53775	0.00001	0.00141	0.00001	0.00003	0.01431	0.00001	0.00231	0.00001	0.00001
Modal	4	5.9593	0.00003	0.00001	0.00001	0.00005	0.01431	0.00001	0.00001	0.00005	0.00011
Modal	5	5.5798	0.00001	0.00051	0.00001	0.00005	0.01481	0.00001	0.00081	0.00001	0.00001
Modal	6	5.313	0.00003	0.00001	0.00001	0.00011	0.01481	0.00001	0.00001	0.00004	0.00005
Modal	7	5.11175	0.00001	0.00031	0.00001	0.00011	0.01511	0.00001	0.00041	0.00001	0.00001
Modal	8	4.9979	0.00001	0.00001	0.00001	0.00011	0.01511	0.00001	0.00001	0.00002	0.00005
Modal	9	4.91625	0.00001	0.00011	0.00001	0.00011	0.01521	0.00001	0.00021	0.00002	0.00001
Modal	10	4.9105	0.00002	0.00004	0.00001	0.00011	0.01521	0.00001	0.00005	0.00002	0.00001
Modal	11	4.8599	0.00001	0.00011	0.00001	0.00011	0.01531	0.00001	0.00021	0.00002	0.00002
Modal	12	4.7679	0.00002	0.00002	0.00001	0.00011	0.01531	0.00001	0.00003	0.00003	0.00002

Fuente: propia, periodo de aceleración sísmica ETABS.

Figura N° 37.
Diagrama de espectro sismico-tiempo historia



Fuente: propia, aspecto de aceleración sísmica estructural, tiempo historia.

ASPECTRO DE REFRACCION SISMICA- TIEMPO HISTORIA MERCADO MODELO

ANALISIS DINAMICO MODAL

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

MODOS DE VIBRACIÓN

Los modos de vibración pueden determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente características de rigidez y la distribución de las masas.

En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

ACELERACION ESPECTRAL

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

FACTORES

U=	1.3
S=	1.4
R=	5.355

MERCADO ANTIGUO DE HUANUCO- DATOS DEL PROGRAMA ETABS

Tabla N° 18.

Vamos a analizar los periodos.

FACTOR DE MASA PARTISIPATIVA-PROGRAM ETABS										
CASO	MODAL	PERIODO	UX	UY	SUM UX	SUMUY	SUMUZ	RX	RY	RZ
Modal	1	9.1471	0.00001	0.01291	0.00001	0.01291	0.00001	0.02131	0.00001	0.00011
Modal	2	7.50145	0.00003	0.00001	0.00003	0.01291	0.00001	0.00001	0.00004	0.00061
Modal	3	6.53775	0.00001	0.00141	0.00003	0.01431	0.00001	0.00231	0.00001	0.00001
Modal	4	5.9593	0.00003	0.00001	0.00005	0.01431	0.00001	0.00001	0.00005	0.00011
Modal	5	5.5798	0.00001	0.00051	0.00005	0.01481	0.00001	0.00081	0.00001	0.00001
Modal	6	5.313	0.00003	0.00001	0.00011	0.01481	0.00001	0.00001	0.00004	0.00005
Modal	7	5.11175	0.00001	0.00031	0.00011	0.01511	0.00001	0.00041	0.00001	0.00001
Modal	8	4.9979	0.00001	0.00001	0.00011	0.01511	0.00001	0.00001	0.00002	0.00005
Modal	9	4.91625	0.00001	0.00011	0.00011	0.01521	0.00001	0.00021	0.00002	0.00001
Modal	10	4.9105	0.00002	0.00004	0.00011	0.01521	0.00001	0.00005	0.00002	0.00001
Modal	11	4.8599	0.00001	0.00011	0.00011	0.01531	0.00001	0.00021	0.00002	0.00002
Modal	12	4.7679	0.00002	0.00002	0.00011	0.01531	0.00001	0.00003	0.00003	0.00002

Fuente: propia, periodo de aceleración sísmica ETABS.

$$T= 9.1471$$

$$Sa = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

$$Tp= 1.00000$$

$$TI= 1.60000$$

$$T= 7.95400$$

FACTORES

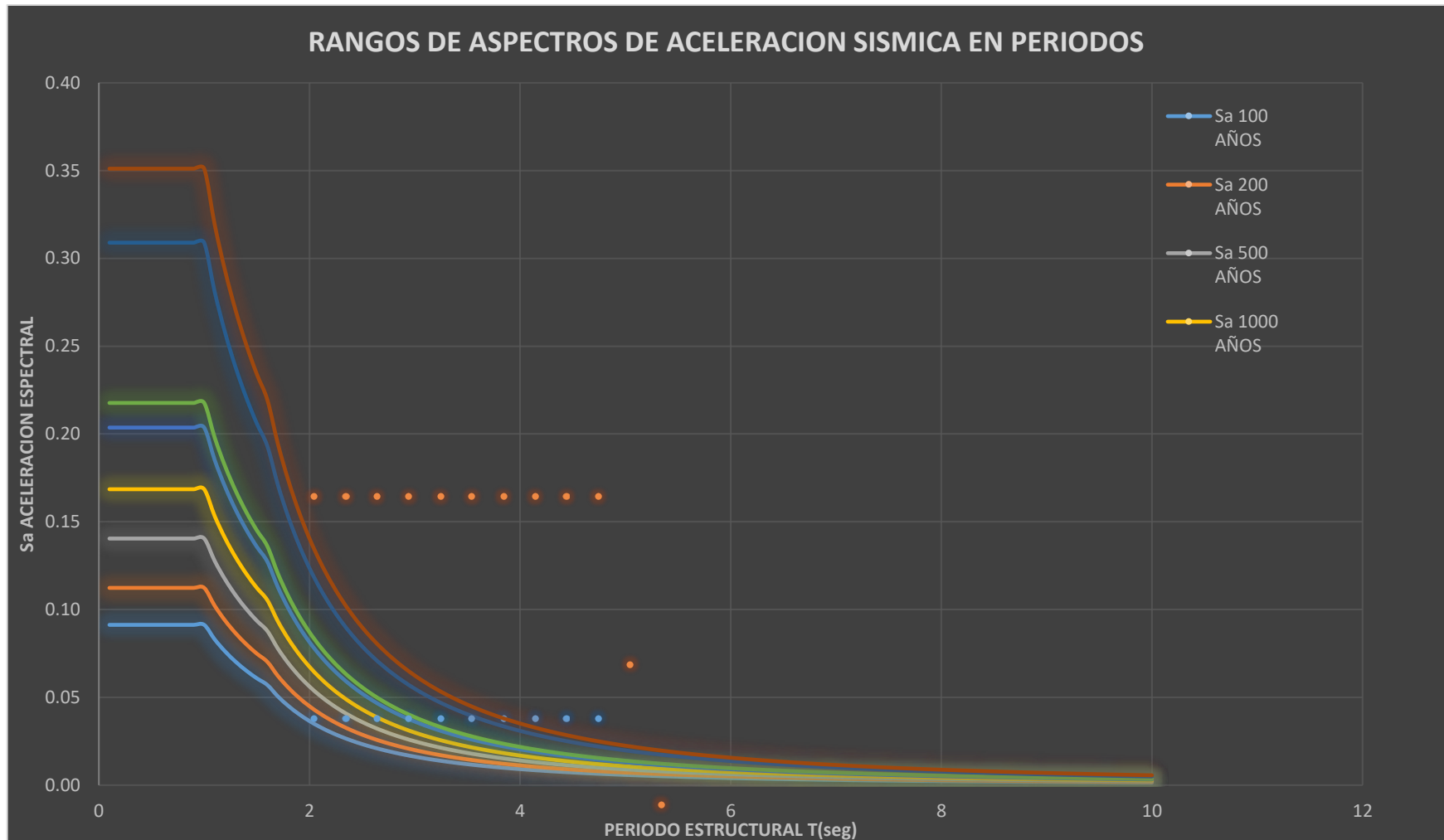
$$U= 1.3$$

$$S= 1.4$$

$$R= 6.48$$

Figura N° 38.

Mercado atiguo curva de capacidad-y.



Fuente: propia, tiempo historia del espectro de refracción sísmica.

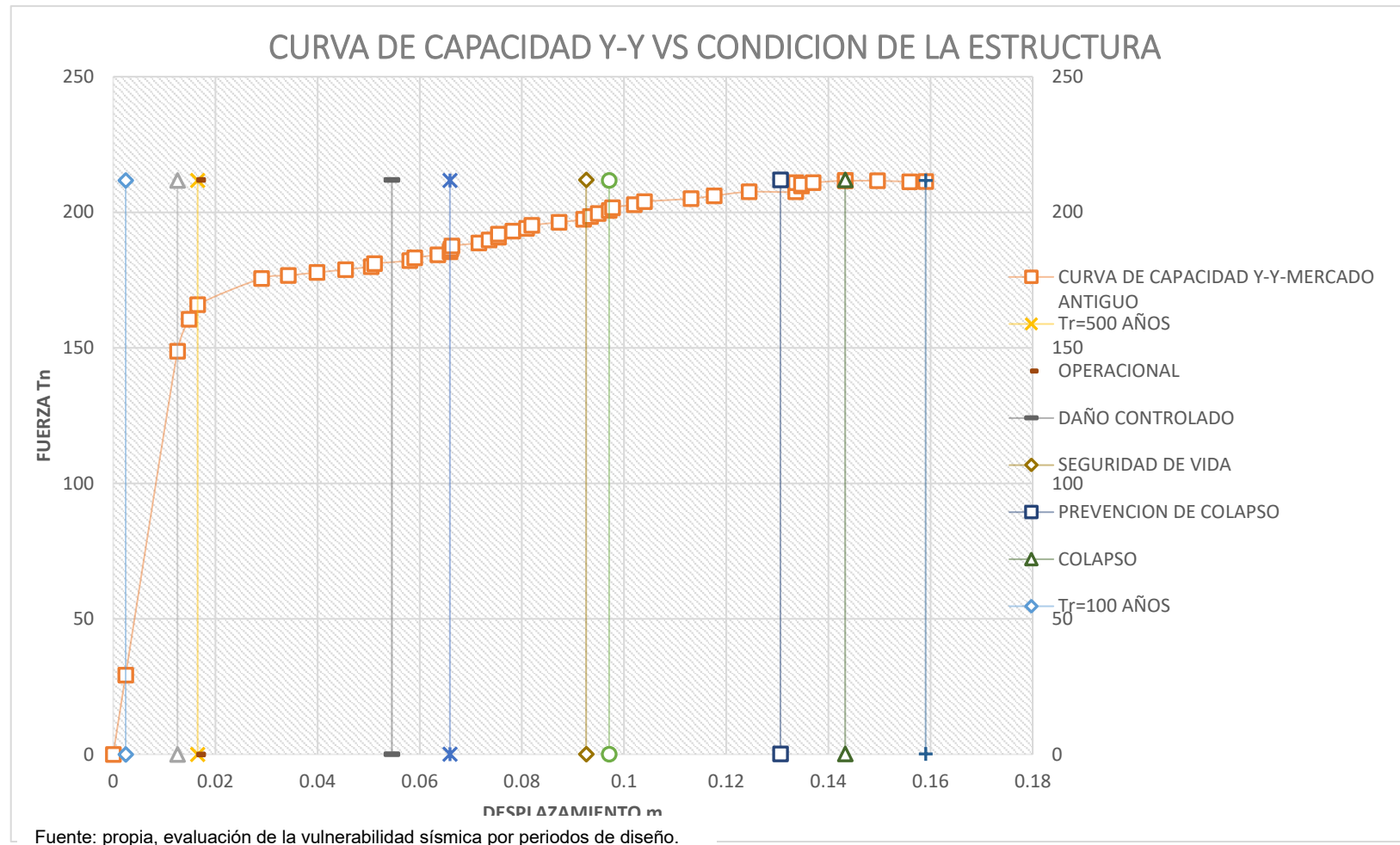
Tabla N° 19.

Factores de carga según el periodo de retorno.

Nº	Δ	CARGA	PERIODO DE RETORNO	Nº	Δ	CARGA	PERIODO DE RETORNO
0	5.4282E-13	0	Tr=100 AÑOS	22	0.0809063	194.111983	Tr=2000AÑOS
1	0.00243037	29.21532		23	0.08192638	195.201033	
2	0.01256846	148.705302	Tr=200 AÑOS	24	0.08724742	196.290083	
3	0.01480819	160.583125	Tr=500 AÑOS	25	0.09204301	197.379133	
4	0.0165187	165.908435		26	0.09340785	198.468183	
5	0.02901749	175.598133	Tr=1000AÑOS	27	0.09491915	199.557233	
6	0.03424792	176.687183		28	0.09707789	200.646283	
7	0.0398692	177.776233		29	0.0977002	201.735333	
8	0.04547221	178.865283		30	0.1019984	202.824383	
9	0.05049216	179.954333		31	0.10396145	203.913433	
10	0.05114922	181.043383		32	0.113076	205.002483	
11	0.0580548	182.132433		33	0.11763346	206.091533	Tr=3000AÑOS
12	0.05899654	183.221483		34	0.12447149	207.5436	
13	0.06354487	184.310533		35	0.13358544	207.5436	
14	0.06591059	185.399583		36	0.13472477	209.7217	
15	0.06605524	186.488633		37	0.13358544	210.9352	
16	0.06630614	187.577683		38	0.13472477	210.3148	
17	0.07156535	188.666733		39	0.13700344	210.9364	
18	0.07358445	189.755783	Tr=2000AÑOS	40	0.14329739	211.726	
19	0.07540068	190.844833		41	0.14329739	211.6392	
20	0.07540486	191.933883		42	0.14959739	211.6286	
21	0.07821897	193.022933		43	0.15589739	211.268	

Fuente: propia, tiempo historia del aspecto de refracción sísmica.

Figura N° 39.
Desplazamiento según el espectro de aceleración sísmica –mercado antiguo



DATOS PARA SECTORIZAR LA CURVA

DATOS PARA LA SECTORIZACION

$\Delta u =$ 0.14329739
 $\Delta y =$ 0.0165187 $\mu\text{capacidad} =$ 9.87635961
 $\Delta p =$ 0.12677869 $R =$ 12.3454495

Tabla N° 20 .

Límites de la estructura -según atc-40.

NIVELES DE DAÑO SEGÚN ATC-40	EXPRESION	DESPLAZAMIENTO
OPERACIONAL	Δy	0.0165187
DAÑO CONTROLADO	$\Delta y + 0.3(\Delta u - \Delta p)$	0.054552307
SEGURIDAD DE VIDA	$\Delta y + 0.6(\Delta u - \Delta p)$	0.092585914
PREVENCION DE COLAPSO	$\Delta y + 0.9(\Delta u - \Delta p)$	0.130619521
COLAPSO	Δu	0.14329739

Fuente: propia, desplazamientos calculados.

Tabla N° 21.

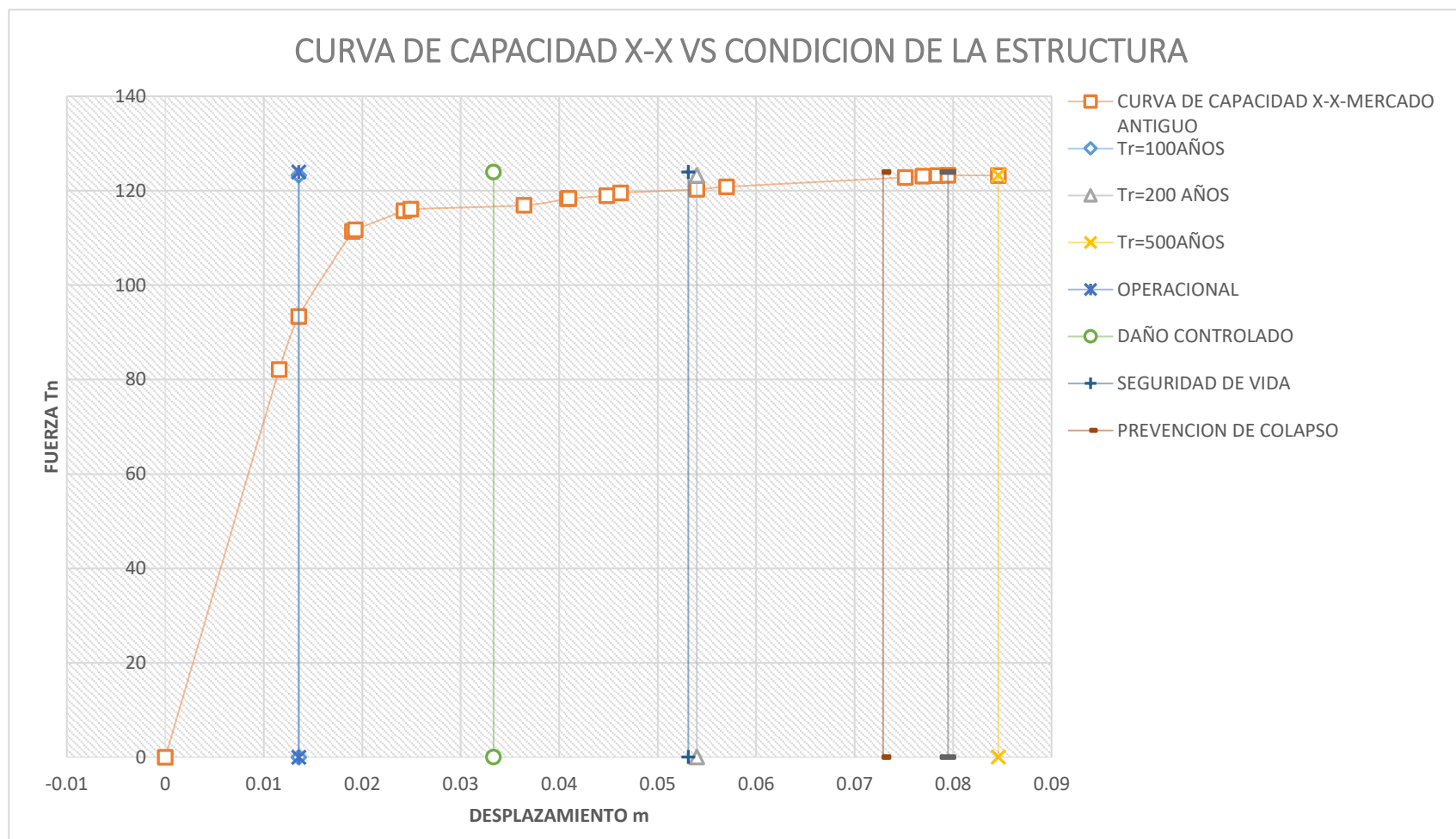
Mercado Antiguo X-X.

X-X		
0	-2.26E-18	0
1	0.01157019	82.113
2	0.01355276	93.3561
3	0.0190006	111.3948
4	0.0192948	111.752
5	0.02424067	115.752
6	0.02493579	116.1102
7	0.03643064	116.9246
8	0.04082637	118.3011
9	0.04098677	118.3811
10	0.04484594	118.9395
11	0.04624697	119.5351
12	0.0539749	120.2839
13	0.056986	120.8338
14	0.07515614	122.8221
15	0.07693235	123.1226
16	0.07840958	123.2436
17	0.079486	123.2778

Fuente: propia- fuerzas sísmicas vs desplazamientos.

Figura N° 40.

Desplazamiento según el aspecto de aceleración sísmica –mercado modelo.



Fuente: propia, evaluación de la vulnerabilidad sísmica por periodos de diseño.

DATOS PARA SECTORIZAR LA CURVA

DATOS PARA LA SECTORIZACION

$\Delta u =$	0.079486		
$\Delta y =$	0.01355276	$\mu \text{capacidad} =$	9.87635961
$\Delta p =$	0.06593324	$R =$	12.3454495

Tabla N° 22.

Limites De La Estructura -Según ATC-40.

NIVELES DE DAÑO SEGÚN ATC-40	EXPRESION	DESPLAZAMIENTO
OPERACIONAL	Δy	0.01355276
DAÑO CONTROLADO	$\Delta y + 0.3(\Delta u - \Delta p)$	0.033332732
SEGURIDAD DE VIDA	$\Delta y + 0.6(\Delta u - \Delta p)$	0.053112704
PREVENCION DE COLAPSO	$\Delta y + 0.9(\Delta u - \Delta p)$	0.072892676
COLAPSO	Δu	0.079486

Fuente: propia- desplazamientos calculados.

Tabla N° 23.

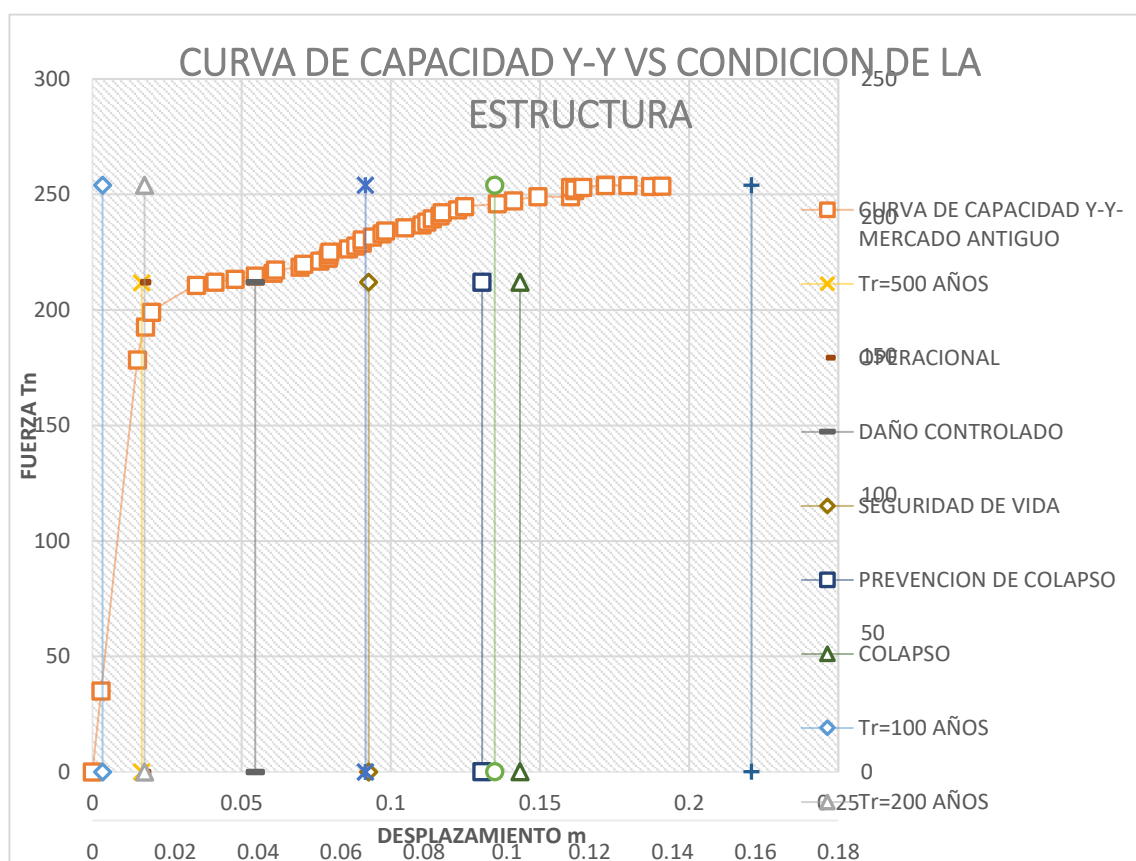
Mercado Modelo Curva de Capacidad-Y.

0	7E-13	0		23	0.0983	234.24	
1	0.0029	35.058	Tr=100 AÑOS	24	0.1047	235.55	
2	0.0151	178.45	Tr=200 AÑOS	25	0.1105	236.85	Tr=2000AÑOS
3	0.0178	192.7	Tr=500 AÑOS	26	0.1121	238.16	
4	0.0198	199.09		27	0.1139	239.47	
5	0.0348	210.72		28	0.1165	240.78	
6	0.0411	212.02		29	0.1172	242.08	
7	0.0478	213.33		30	0.1224	243.39	
8	0.0546	214.64		31	0.1248	244.7	
9	0.0606	215.95	Tr=1000AÑOS	32	0.1357	246	
10	0.0614	217.25		33	0.1412	247.31	
11	0.0697	218.56		34	0.1494	249.05	
12	0.0708	219.87		35	0.1603	249.05	
13	0.0763	221.17		36	0.1617	251.67	Tr=3000AÑOS
14	0.0791	222.48		37	0.1603	253.12	
15	0.0793	223.79		38	0.1617	252.38	
16	0.0796	225.09		39	0.1644	253.12	
17	0.0859	226.4	Tr=2000AÑOS	40	0.172	254.07	
18	0.0883	227.71		41	0.172	253.97	
19	0.0905	229.01		42	0.1795	253.95	
20	0.0905	230.32		43	0.1871	253.52	

Fuente: propia- fuerzas sísmicas vs desplazamientos

Figura N° 41.

Desplazamiento según el aspecto de aceleración sísmica –mercado modelo.



Fuente: propia, evaluación de la vulnerabilidad sísmica por periodos de diseño.

DATOS PARA SECTORIZAR LA CURVA

$\Delta u = 0.17195687$

$\Delta y = 0.01982244$

$\Delta p = 0.15213443$

$\mu_{\text{capacidad}} = 9.87635961$

$R = 12.3454495$

Tabla N° 24.
Límites de La Estructura -Según ATC-40.

NIVELES DE DAÑO SEGÚN ATC-40	EXPRESION	DESPLAZAMIENTO
OPERACIONAL	Δy	0.01982244
DAÑO CONTROLADO	$\Delta y + 0.3(\Delta u - \Delta p)$	0.065462768
SEGURIDAD DE VIDA	$\Delta y + 0.6(\Delta u - \Delta p)$	0.111103097
PREVENCION DE COLAPSO	$\Delta y + 0.9(\Delta u - \Delta p)$	0.156743425
COLAPSO	Δu	0.171956868

Fuente: propia- desplazamientos de la edificación

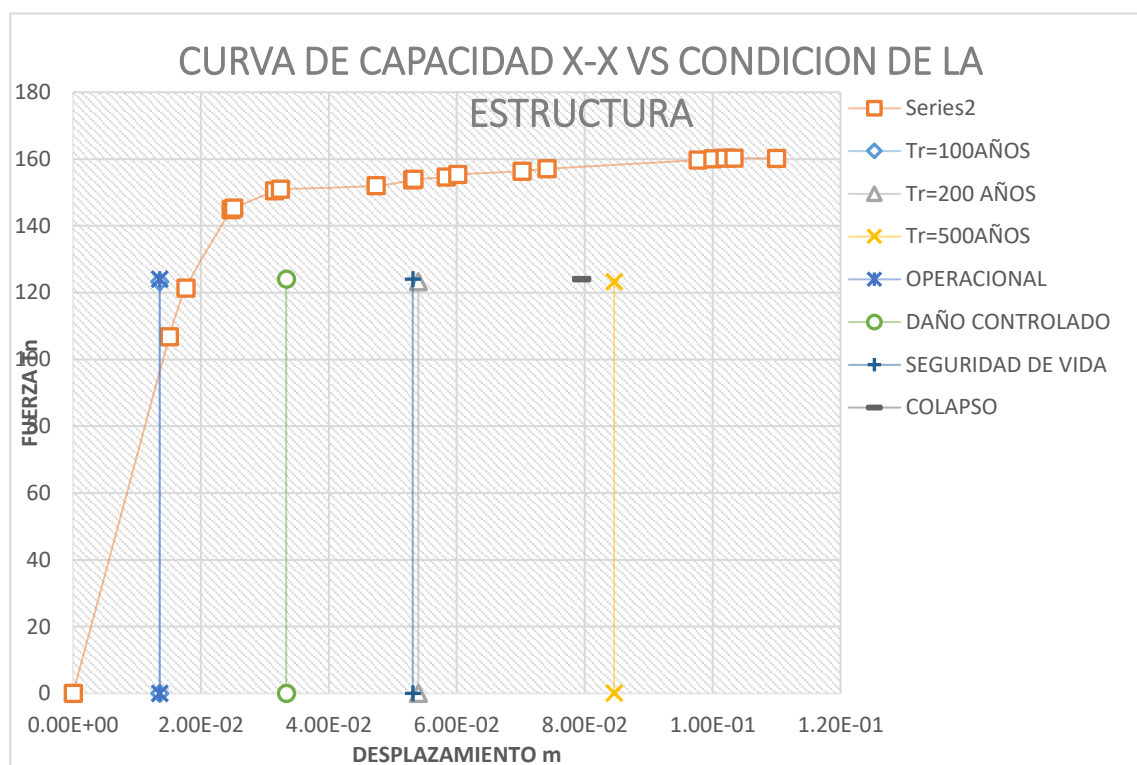
Tabla N° 25.
Mercado modelo curva de capacidad X-X.

X-X		
0	2.94E-18	0
1	0.01504125	106.7469
2	0.01761859	121.36293
3	0.02470078	144.81324
4	0.02508324	145.2776
5	0.03151287	150.4776
6	0.03241653	150.94326
7	0.04735983	152.00198
8	0.05307428	153.79143
9	0.0532828	153.89543
10	0.05829972	154.62135
11	0.06012106	155.39563
12	0.07016737	156.36907
13	0.0740818	157.08394
14	0.09770298	159.66873
15	0.10001206	160.05938
16	0.10193245	160.21668
17	0.1033318	160.26114
18	0.10996076	160.20082
19	0.12645487	184.230943
20	0.14542311	211.865584
21	0.16723657	243.645422
22	0.19232206	280.192235
23	0.22117036	322.221071
24	0.25434592	370.554231
25	0.29249781	426.137366
26	0.33637248	490.057971
27	0.38682835	563.566667
28	0.4448526	648.101667
29	0.51158049	745.316917

Fuente: propia- fuerzas sísmicas vs desplazamientos.

Figura N° 42.

Desplazamiento según el aspecto de aceleración sísmica –mercado antiguo.



DATOS PARA LA SECTORIZACION

$\Delta u = 0.16723657$

$\Delta y = 0.01761859$

$\Delta p = 0.14961798$

$\mu_{\text{capacidad}} = 9.87635961$

$R = 12.3454495$

Tabla N° 26.

Limites de la estructura -según ATC-40.

NIVELES DE DAÑO SEGÚN ATC-40	EXPRESION	DESPLAZAMIENTO
OPERACIONAL	Δy	0.017618588
DAÑO CONTROLADO	$\Delta y + 0.3(\Delta u - \Delta p)$	0.062503983
SEGURIDAD DE VIDA	$\Delta y + 0.6(\Delta u - \Delta p)$	0.107389378
PREVENCION DE COLAPSO	$\Delta y + 0.9(\Delta u - \Delta p)$	0.152274773
COLAPSO	Δu	0.167236571

Fuente: propio desplazamiento de la edificación.

4.2. Contrastacion de hipotesis y prueba de hipotesis

4.2.1. contrastación de hipótesis general

HG: “El grado vulnerabilidad sísmica estructural no es adecuada en los principales mercados de la ciudad de Huánuco”.

Viendo los diseños estructurales en un periodo de retorno de 5000 años mediante datos matemáticos obtenidos de los registros del Instituto Geofísico del Perú, los mercados de la ciudad de Huánuco, el mercado modelo y mercado antiguo fueron analizados por intervalos de diseño tiempo-historia mediante el método PUSHOVER, dando a conocer que ambas estructuras **NO TIENEN EL GRADO DE VULNERABILIDAD ADECUADO** frente a un evento sísmico de fuerzas considerables.

4.2.2. Contrastación de las hipótesis específicas

He:1 “El comportamiento estructural del mercado antiguo y el mercado modelo de la ciudad de Huánuco tiene los parámetros la norma técnica peruana E030”.

Las edificaciones **NO CUMPLEN** con los parámetros de diseño de la norma técnica peruana E030, ya que para garantizar un punto frágil en una estructura nos pide un desplazamiento de 7cm y tenemos desplazamientos mayores dentro del conjunto de ambas estructuras.

He:2 “La rigidez estructural es adecuada de los principales mercados de la ciudad de Huánuco”.

Como se demuestra en la tesis, no existe una rigidez adecuada en ambas edificaciones, ya que, por tener grados de libertad, los centros de rigidez con el centro de masa **NO SON PROPORCIONALES**, originando derivas (desplazamiento) prolongadas.

He:3 “Las fuerzas sísmicas en las estructuras de los principales mercados de Huánuco cumplen las normas de diseño nacional”.

Dentro de los parámetros de diseño sísmico estructural y sus afines, NO CUMPLEN CON LOS PROPÓSITOS DE DISEÑO, ya que se tiene en un periodo de retorno menor un mayor desplazamiento en ambas estructuras.

He:4 “Los parámetros de diseño del aspecto de respuesta sísmica estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco cumplen las normas de diseño nacional”.

Para el diseño del aspecto sísmico estructural calculado con el método PUSHOVER, un método tiempo historia por un rango de 5000 años, CUMPLEN con las normas nacionales de respuesta sísmica estructural, donde nos indica que ambas estructuras tienen una VULNERABILIDAD SISMICA ALTA, por tener un grado de colapso en un desplazamiento menor.

He:5 “Parámetros actuales de diseños de comportamientos estructurales, son compatibles con las normas peruana (E030)”.

Todos los análisis realizados dentro de la tesis CUMPLE con los parámetros de las normas nacionales y del reglamento nacional de edificaciones n.t.p. e030, la cual nos indica que la estructura tiene un alto grado de colapso.

He:6 “Esfuerzos admisibles son suficientes para soportar un sismo considerable en las estructuras de los principales mercados de Huánuco”.

Los análisis sísmicos tiempo-historia, realizado a ambas estructuras, donde nos indica que los esfuerzos admisibles de la estructura, en relación de las características físicas de las está, nos lleva a un desplazamiento alto, con un punto de colapso alto, determinando que los esfuerzos admisibles NO CUENTAN CON LAS CARACTERISTICAS NECESARIAS para soportar una carga sísmica considerable.

CAPÍTULO V

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Del tipo de onda que somete a las estructuras

Ondas P o longitudinales (las primeras en producirse), son vibraciones de oscilación donde las partículas sólidas del medio se mueven en el mismo sentido en que se propagan las ondas con velocidades que oscilan entre 60 e 136 Tn/s. Por producir cambios de volumen en los materiales se les llama también de compresión; son las de mayor velocidad y se propagan en todos los medios. (Tirado, M.y Zeghen, G. 2007, pág. 22).

Los esfuerzos actuantes en las estructuras son del mercado antiguo de Huánuco del eje x-x= 129.1Tn, eje y-y= 141Tn y rotación z=61Tn y del mercado modelo de Huánuco del eje x-x= 130Tn, eje y-y= 100Tn y rotación z= 50 Tn.

La fuerza de las ondas primarias, en relación son menores a nuestro diseño modal mediante refracciones sísmicas, analizados y calculados en la tesis, logran tener movimientos similares a las ondas Primarias.

Concluyendo que las ondas sísmicas que afectan a la estructura son con condiciones similares a las ondas P.

5.2. De la vulnerabilidad de las estructuras

El colapso estructural se puede definir como la disminución de la resistencia de una estructura o elemento estructural por condiciones externas o internas, provocando la incapacidad de su función, pérdida de estabilidad y destrucción. (norma técnica peruana E030, 2018, pág. 65).

Tabla N° 27.

Desplazamiento según el aspecto de aceleración sísmica –mercado antiguo.

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_b (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: reglamento nacional de edificaciones E030.

Los desplazamientos propuestos dentro de la norma técnica peruana están en correlación a sistemas de muros de ductilidad limitada es de 4.00 cm para llegar al colapso.

Las características de las estructuras según el análisis con el método PUSHOVER con ayuda del programa ETABS, se ha analizado en cada año la intensidad con el que será sometido la estructura, será verificada a los desplazamientos de la estructura en conjunto:

- Mercado antiguo en esta determinamos que el punto de colapso sería un desplazamiento de 7.289 cm, es decir el eje más débil sería X-X con un periodo de retorno de 500 años.
- Mercado modelo En esta determinamos que el punto de colapso sería un desplazamiento de 16.723cm, es decir el eje más débil sería X-X con un periodo de retorno de 2000 años.

Las edificaciones del mercado antiguo y del mercado modelo, no cumplen con las condiciones de diseño sismo resistente, donde podemos visualizar que ambas estructuras tienen un desplazamiento al punto de colapso mayor

a 7.289 cm y 16.723 cm respectivamente, donde lo mínimo propuesto con las condiciones de diseño es de 4 cm. Dando como resultado que las condiciones del diseño sismo resistente no cumplen con las edificaciones analizadas por ser el desplazamiento mayor a las condiciones de diseño que pide la norma técnica Peruana.

CONCLUSIONES

- Las estructuras analizadas mediante el programa muestran distintas propiedades físicas frente a un sismo considerable, donde su comportamiento vendría a tener datos poco favorables, la falla mayor vendría ser en el eje XX en ambos mercados (mercado antiguo y mercado modelo de Huánuco) por ser ejes con una longitud considerable.
- Los desplazamientos del centro de rigidez (derivadas) serían del mercado antiguo de Huánuco de 0.07289cm, es decir el eje más débil sería X-X con un periodo de retorno de 500 años y del mercado modelo de Huánuco de 0.16723cm, es decir el eje más débil sería X-X con un periodo de retorno de 2000 años.
- Las fuerzas actuantes en la estructura (cortante y espectro de aceleración sísmica) serían del mercado antiguo de Huánuco de 123.28 Tn, aplicada en el eje X-X y del mercado modelo de Huánuco de 243.64Tn, aplicada en el eje X-X.
- Los parámetros del diseño del espectro de respuesta sísmica estructurales (espectro de aceleración sísmica) serían del mercado antiguo de Huánuco de zona Z=2 uso U=1.3 suelo S=1.4 y los parámetros de restricción R= 6.48 y del mercado modelo de Huánuco sería zona Z=2 uso U=1.3, suelo S=1.4 y restricciones R= 5.355 para los modelamientos matemáticos, y análisis con el método PUSHOVER para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.
- La norma técnica peruana pide un análisis tiempo historia, mediante el método racional PUSHOVER, donde se ven los datos de la vulnerabilidad mediante desplazamientos y los datos estandarizados en la norma peruana E030 están en parámetros muy debajo de los diseños actuales.
- El mercado modelo tiene muchos grados de libertad y el techo que porta la estructura suma un peso considerable, esto aporta una irregularidad en altura mayor, ocasionando una vulnerabilidad crítica.

- Los esfuerzos actuantes en las estructuras son del mercado antiguo de Huánuco del eje x-x= 129.1Tn, eje y-y= 141Tn y rotación z=61Tn y del mercado modelo de Huánuco del eje x-x= 130Tn, eje y-y= 100Tn y rotación z= 50 Tn.

RECOMENDACIONES

- Recomienda a las autoridades realizar mejoras estructurales con respecto a la rigidez de los muros en longitud X con respecto al techo en 2 aguas.
- Analizar las condiciones de evacuaciones y planes de emergencia para los usuarios del mercado.
- Analizar mediante espectrómetros sísmicos los periodos de las estructuras para futuras investigaciones.
- Se recomienda realizar modificaciones estructurales a los muros de adobe y ladrillos, para rigidizar puntos vulnerables frente a cargas sísmicas.
- Analizar la mejora estructural frente a elementos estructurales de peraltes reducidos para la mejora de la edificación así reducir el nivel de daño de ambas estructuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva J y Castillo J. (1993). Peligro Sísmico en el Perú. In VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones. Lima - Perú.
- Baldeón, M. (2017). Evaluación de vulnerabilidad sísmica y autoconstrucción de viviendas de la urbanización Carabayllo de Comas, 2016. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo. Lima – Perú.
- Becerra Vásquez, R. M. (2015). Riesgo Sísmico De Las Edificaciones En La Urbanización Horacio Zevallos De Cajamarca. Cajamarca.
- Bernal I y Tavera H. (2002). Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú Instituto Geofísico del Perú, editor. Lima- Perú.
- Bernal I. (2008). La magnitud del terremoto de Pisco del 15/08/07. Dirección de Sismología del Instituto Geofísico del Perú.
- Bolaños A y Monroy O. (2002). Espectros de peligro sísmico uniforme. Tesis de maestría. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú.
- Bonnet R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, Departamento de Estructuras y Arquitectura. España.
- Braja, M. (2012). Fundamentos De Ingeniería De Cimentaciones. Mexico: Cengage Learning.

Bustamante, R., Castro, M. y Marquez Zabala. (2007). Estudio De Vulnerabilidad Sísmica De Las Instituciones Educativas De La Zona Rural Norte De Sincelejo. Sucre.

Cabezas Almeida, J. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de la facultad de Comunicación Social, de la Universidad Central del Ecuador. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería, Cuencas Físicas y Matemática Carrera de Ingeniería Civil. Quito – Ecuador.

Carrasco A, Reyles J. (2010). Vulnerabilidad sísmica en el distrito de Chiclayo - Este aplicando Índices de Vulnerabilidad (Benedetti-Petrini). Tesis de grado.

Cardona, O. D. (1986). Estudios De Vulnerabilidad Y Evaluación Del Riesgo Sísmico, Planificación Física Y Urbana En Áreas Propensas. Bogotá.

Crespo Villalaz, C. (2004). Mecánica De Suelos Y Cimentaciones. Mexico Df: Limusa.

Estrella Ruiz, R. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en el área urbana del distrito de Yanahuanca – provincia Daniel Alcides Carrión – Región Pasco – 2018. Para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco – Perú.

Garcés Mora, R. (2017). Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio San Judas Tadeo II en la ciudad de Santiago de Cali. Tesis de grado para el título de ingeniero civil. Universidad Militar Nueva Granada. Cali - Colombia.

Guardia, A. P. (2008). Estimación Del Contacto Sismogénico En El Borde Occidental En El Perú. Lima.

Gutiérrez, L. W. (S.F.). Capacidad De Carga - Cimentaciones Superficiales.

Hernando Tavera - Igp. (2014). Programa Presupuestal N°068: Reducción De La Vulnerabilidad Y Atención De Emergencias Por Desastres. Lima.

Herráiz M. (1997). Conceptos Básicos de Sismología para Ingenieros CISMID, editor. Lima; 1997.

Humala Barbier, P. (2012). Vulnerabilidad Sísmica Del Centro Poblado Medio Mundo – Vegueta – Huaura Con Aplicación Del Sistema De Información Geográfica (Sig). Huara-Lima.

Instituto Nacional de Defensa Civil, (2012). Educación Comunitaria para la Gestión del Riesgo de Desastres: Módulos para Capacitadores Regionales. Primera ed. Lima.

Julca J, Orbegoso C. (2008). Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de Chiclayo. Tesis de grado. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura.

Kala, M. y Blanco, J. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las infraestructuras educativas de concreto armado en Juliaca y San Miguel, Puno. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Peruana Unión. Puno – Perú.

Kuroiwa J. (2002). Reducción de desastres: viviendo en armonía con la naturaleza CISMID. Lima – Perú.

Kuroiwa J. (2008). Manual para el desarrollo de viviendas sismo resistentes, considerando la influencia del emplazamiento: características de suelo, geología y topografía PNUD, editor. Lima.

Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura. Trujillo – Perú.

- Marín, F. (2012). Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la ciudad de Huánuco. Tesis para optar el grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería estructural. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Marín, F. (2014). Determinación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la I.E. Estatal Ramón Castilla y Marquesado del distrito de Jaén – Cajamarca. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Jaén – Cajamarca – Perú.
- Mena Hernández, U. (2002). Evaluación de riesgo sísmico en zonas urbanas, España. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Mariarlen, C., Tirado, G. y Zeghen, E. (2007). Evolución De Las Normas Venezolanas De Edificaciones Sismorresistentes Y Su Comparación Con La Norma Americana. Barcelona.
- Méndez, M. L. (2006). Determinación De Los Mecanismos Focales De Los Sismos. San Salvador.
- Mvcs. (2016). R.N.E. (Reglamento Nacional De Edificaciones). Lima: El Peruano.
- Nelson Morales-Soto, Carlos Zavala. (2008). Rev Peru Med Exp Salud Publica-
- Oscar, G. (2011). El Blog De Oscar Con G. Obtenido De Terremoto En Japón: [Http://Oscarcong.Blogspot.Com/2011/03/Terremoto-En-Japon.Html](http://Oscarcong.Blogspot.Com/2011/03/Terremoto-En-Japon.Html).
- Peralta Buritacá, H. A. (2002). Escenarios De Vulnerabilidad De Las Edificaciones De Mampostería De Uno Y Dos Pisos En El Barrio San Antonio, Cali, Colombia. Cali.

Pérez A, Botella A, Muñoz A, Olivella R, Olmedillas J, Rodríguez J. (2011).
Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática
Pérez A, editor. Barcelona: Editorial UOC.

Quispe N. (2004). Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Ayacucho.
Tesis de maestría. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Sección
de Postgrado;

Ramos, C. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones
comunes en la ciudad de Pimentel. Tesis para optar el título profesional
de ingeniero civil. Universidad San Martín de Porres. Chiclayo – Perú.

Reque, C. K. (2006). Diagnostico Preliminar De Vulnerabilidad Para
Establecimientos De Salud En El Perú. Ministerio De Salud, Oficina
General De Defensa Nacional Del Perú. Lima.

Rojas, H. C. (2018). Valdivia 1960: Entre Aguas Y Escombros. Valdivia:
Ediciones Universidad Austral De Chile.

Rojas, P. I. (2015). Astronomía Elemental - Volumen II: Astrofísica Y
Astrobiología. Valparaíso: USM.

Salvador, S. M. (2002). Vulnerabilidad Sísmica De Edificaciones Esenciales.
Barcelona.

San Bartolomé Á. (2007). Defectos que incidieron en el comportamiento de
las construcciones de albañilería en el sismo de Pisco del 15-08-2007.
Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Silva, N. (2011). Vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales, y
evaluación preliminar de riesgo sísmico en la Región Metropolitana.
Tesis para optar al grado de magister en ciencias mención geofísica.
Universidad de Chile. Santiago de Chile.

Simón Díaz, Á. (2016). Vulnerabilidad sísmica en instituciones educativas nivel secundaria del distrito de Panao, Pachitea – Huánuco. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco – Perú.

Taringa. (2012). ¿¿Qué Es La Escala Richter?? Obtenido De https://www.taringa.net/+Ciencia_Educacion/Que-Es-La-Escala-richter_12rn6y

Tinoco, T., Cotos, J. y Bayona, R. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el Model Builder del ArcGIS. Artículo publicado por la Revista Aporte Santiaguino de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo 11(2), julio-diciembre 2018: 63-274 ISSN-L 2616-9541 <http://dx.doi.org/10.32911/as.2018.v11.n2.580>

Pedro L López. (2018). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO.

Wikipedia. (S.F.). Placa Tectónica. Obtenido De https://es.wikipedia.org/wiki/Placa_Tect%C3%B3nica

Yépez, F.; Barbat, A. H.; Canas, J.A. (1995). Riesgo, Peligrosidad Y Vulnerabilidad Sísmica De Edificios De Mampostería. Barcelona: A.H. Barbat.

ANEXO

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 836-2020-D-FI-UDH

Huánuco, 02 de diciembre de 2020

Visto, el Oficio N° 577-2020-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) titulado: "ANÁLISIS DEL GRADO VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL DE LOS PRINCIPALES MERCADOS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2020" presentado por el (la) Bach. **Jordan Bryan, ALVARADO VERDE**.

CONSIDERANDO:

Que, según mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 403-2020-D-FI-UDH, de fecha 10 de agosto de 2020, perteneciente al Bach. **Jordan Bryan, ALVARADO VERDE** se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. César Martín Valdivieso Echevarría, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 577-2020-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) titulado: "ANÁLISIS DEL GRADO VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL DE LOS PRINCIPALES MERCADOS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2020" presentado por el (la) Bach. **Jordan Bryan, ALVARADO VERDE**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Lili Tatiana Boyanovich Ordoñez (Presidente), Mg. Efraín Raúl Martínez Fabián (Secretario) y Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución titulado: "ANÁLISIS DEL GRADO VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL DE LOS PRINCIPALES MERCADOS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2020" presentado por el (la) Bach. **Jordan Bryan, ALVARADO VERDE** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Exp. Graduando – Interesado – Archivo.
BCR/IJR/nto.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 328-2020-D-FI-UDH

Huánuco, 07 de julio de 2020

Visto, el Oficio N° 276-2020-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 1385, del Bach. **Jordan Bryan, ALVARADO VERDE**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 1385, presentado por el (la) Bach. **Jordan Bryan, ALVARADO VERDE**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Mg. Martín César Valdivieso Echevarría, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Jordan Bryan, ALVARADO VERDE**, al Mg. Martín César Valdivieso Echevarría, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Johnny P. Tacha Rojas
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
BLC/R/JPR/nte.

“ANÁLISIS DEL GRADO VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL DE LOS PRINCIPALES MERCADOS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO -2020”

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA.
Problema general ¿Cuál es grado de la vulnerabilidad sísmica estructural de Los principales mercados de la ciudad de Huánuco? Problemas específicos ¿Cuáles son los comportamientos estructurales del mercado antiguo (como patrimonio cultural) y el mercado moderno frente a un sismo de gran magnitud? ¿Cuál es la comparación de la rigidez estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco?	Objetivo general determinar el grado de la vulnerabilidad sísmica estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco Objetivos específicos - Analizar el comportamiento estructural del mercado antiguo y el mercado modelo de la ciudad de Huánuco según la norma técnica peruana E030. - Comparar la rigidez estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco. - Determinar las fuerzas sísmicas en las estructuras de los	Hipótesis general Hi: El grado vulnerabilidad sísmica estructural es adecuada en los principales mercados de la ciudad de Huánuco. Ho: El grado vulnerabilidad sísmica estructural no es adecuada en los principales mercados de la ciudad de Huánuco. Hipótesis específica Ha:1 el comportamiento estructural del mercado antiguo y el mercado modelo de la ciudad de Huánuco tiene los parámetros la norma técnica peruana E030. Ha:2 la rigidez estructural es adecuada de los principales	Variable dependiente La Vulnerabilidad sísmica de las estructuras de los principales mercados de la ciudad de Huánuco. Variable independiente El estado estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco.	Tipo de investigación Enfoque. El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo. Alcance o nivel Descriptivo. Diseño. El presente estudio tiene un diseño no experimental.	Población. Los principales mercados de la ciudad de Huánuco (mercado antiguo y mercado modelo). Muestra El mercado modelo de Huánuco y el Mercado antiguo de Huánuco .

• ¿Cuáles son las fuerzas sísmicas aplicadas en las estructuras según la norma vigente (E030)? • ¿Cuáles son los parámetros de diseño del aspecto de respuesta sísmica estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco? • ¿los parámetros de diseños actuales de los comportamientos estructurales, serán compatibles con las normas peruana (E070 y E080)? • ¿Cuáles son los esfuerzos admisibles los principales mercados de Huánuco?	principales mercados de Huánuco. • Determinar los parámetros para el diseño del aspecto de respuesta sísmica estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco. • Analizar los parámetros actuales de diseños de comportamientos estructurales, serán compatibles con las normas peruana (E070 y E080). • Evaluar los esfuerzos admisibles en las estructuras de los principales mercados de Huánuco.	mercados de la ciudad de Huánuco. Ha:3 las fuerzas sísmicas en las estructuras de los principales mercados de Huánuco cumplen las normas de diseño nacional. Ha:4 los parámetros de diseño del aspecto de respuesta sísmica estructural de los principales mercados de la ciudad de Huánuco cumplen las normas de diseño nacional. Ha:5 parámetros actuales de diseños de comportamientos estructurales, son compatibles con las normas peruana (E030). Ha:6 esfuerzos admisibles son suficientes para soportar un sismo considerable en las estructuras de los principales mercados de Huánuco.			
--	--	---	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.



FOTO N°01- EVALUACION DEL PESO ADICIONAL A LA ESTRUCTURA DEL MERCADO ANTIGUO.



FOTO N°02- EVALUACION DEL PESO DEL TECHO EN 2 AGUAS.



FOTO N°03- EVALUACION DE SONAS CON MAYOR GRADO DE LIBERTAD.



FOTO N°04- ENSAYO DE ROTURA EN PRESA PARA MEDIR LA COMPRESION ANTES DE LA ROTURA EN EL BLOQUE DE ADOBE.



FOTO N°05- EVALUACION DE LA COMPRESION DEL ADOBE CON ESCLEROMETRO MERCADO ANTIGUO.



FOTO N°06- EVALUACION DE LA COMPRESION DE LA MAMPOSTERIA DE LADRILLOS CON ESCLEROMETRO.



FOTO N°07- EVALUACION DE LA COMPRESION DEL ADOBE CON ESCLEROMETRO MERCADO ANTIGUO.



FOTO N°08- EVALUACION DE LA COMPRESION DE LA COLUMNA CENTRAL CON ESCLEROMETRO MERCADO MODELO.



FOTO N°09- EVALUACION DE LA COMPRESION DE LA COLUMNA CON ESCLEROMETRO MERCADO ANTIGUO.



FOTO N°10- FALLA POR COMPRESION DEL ADOBE (MUESTRA N°01) EXTRAIDA DEL MERCADO ANTIGUO DE LA CIUDAD DE HUANUCO.



FOTO N°11- FALLA POR COMPRESION DEL ADOBE (MUESTRA N°01) EXTRAIDA DEL MERCADO ANTIGUO DE LA CIUDAD DE HUANUCO.



FOTO N°12- FALLA POR COMPRESION DEL ADOBE (MUESTRA N°02) EXTRAIDA DEL MERCADO ANTIGUO DE LA CIUDAD DE HUANUCO.

FOTO N°13- USO DE LA PRENSA PARA MEDIR LA COMPRESION DE LA PROBETA DE LOS ADOBES (MUESTRA N°01).



FOTO N°14- USO DE LA PRENSA PARA MEDIR LA COMPRESION DE LA PROBETA DE LOS ADOBES (MUESTRA N°02).

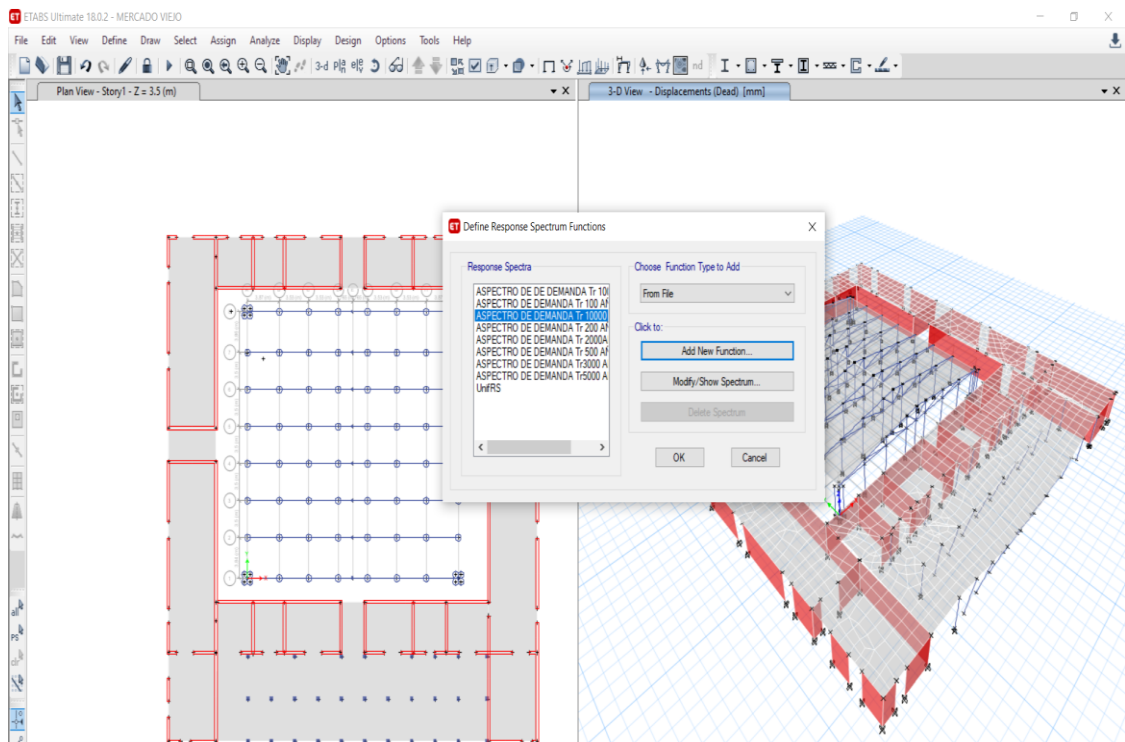


FOTO N°15- MODELAMIENTO MATEMATICO CON EL PROGRAMA ETABS DEL MERCADO ANTIGUO DE LA CIUDAD DE HUANUCO.

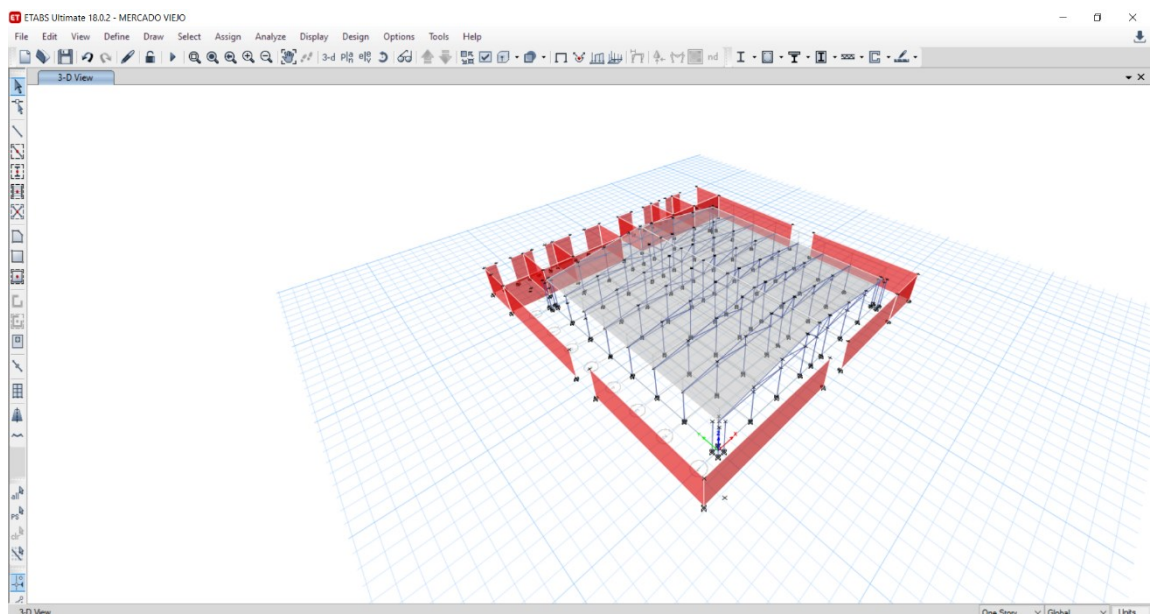


FOTO N°16- MODELAMIENTO MATEMATICO CON EL PROGRAMA ETABS DEL MERCADO MODELO DE LA CIUDAD DE HUANUCO.

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Pushover Capacity Curve

	LoadCase Text	Step Unitless	Displacement	BaseForce Kgf	AtoB Unitless	BtoIO Unitless	IOtoLS Unitless	LStoCP Unitless	CPtoC Unitless	CtoD Unitless	DtoE Unitless
▶	Pushover X	0	-2.256E-18	0	190	0	0	0	0	0	0
	Pushover X	1	0.01157	82112.98	187	3	0	0	0	0	0
	Pushover X	2	0.013553	93356.1	176	14	0	0	0	0	0
	Pushover X	3	0.019001	111394.78	158	32	0	0	0	0	0
	Pushover X	4	0.019295	111787.46	155	35	0	0	0	0	0
	Pushover X	5	0.024241	115751.96	146	44	0	0	0	0	0
	Pushover X	6	0.024936	116110.18	144	46	0	0	0	0	0
	Pushover X	7	0.036431	116924.57	144	17	29	0	0	0	0
	Pushover X	8	0.040826	118301.82	143	11	36	0	0	0	0
	Pushover X	9	0.040987	118381.13	143	11	36	0	0	0	0
	Pushover X	10	0.044846	118939.54	141	13	36	0	0	0	0
	Pushover X	11	0.046247	119535.09	140	14	36	0	0	0	0
	Pushover X	12	0.053987	120283.91	139	15	36	0	0	0	0
	Pushover X	13	0.056986	120883.82	138	16	36	0	0	0	0
	Pushover X	14	0.075156	122622.15	135	19	31	0	0	5	0

<

Record: << < 1 > >> of 27

Done

FOTO N°17- RESULTADOS PARA LOS PERIODOS DE LA EVALUACION DEL MERCADO ANTIGUO DE LA CIUDAD DE HUANUCO.

FORMATO DE CAPTURA DE DATOS PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Febrero-2011

Fecha: _____ Hora: _____ Duración visita: _____ Clave: _____

Nombre del evaluador: _____

☐ Ingeniero o arquitecto ☐ Estudiante Ing/Arq.

INFORMACIÓN GENERAL DEL INMUEBLE

Nombre del inmueble: Mercedo Antiguo
 Nombre del edificio/cuerpo/área: Mercedo Coordenadas: (_____ N, _____ O, _____ msnm)
 Calle y número: _____
 Colonia/Barrio: _____ Código postal: 10001
 Localidad (pueblo/ciudad): _____
 Delegación/Municipio: Municipalidad de Hico Estado: USO
 Referencias: Frente a la iglesia la Merced (entre calles "A" y "B", un sitio notable, etc.)
 Persona contactada/propietario: _____ Cargo o función: _____
 Teléfono: + (_____) Fax: _____ Correo electrónico: _____

USO

(Anotar % de área para cada uso, debe sumar 100%)

1- Habitacional ☐ Vivienda Multifamiliar ☐ Hotel ☐ Dormitorio	3- Educativo ☐ Preescolar ☐ Primaria ☐ Secundaria ☐ Superior ☐ Biblioteca ☐ Museo	5- Reunión ☐ Centro social ☐ Templo religioso ☐ Gimnasio ☐ Salón baile/juego ☐ Cine/Teatro/Auditorio ☐ Estadio	7- Comunicaciones y transportes ☐ Terminal de pasajeros ☐ Terminal de carga ☐ Estacionamiento ☐ Aeropuerto/Puerto ☐ Correo / Telégrafo / Teléfono ☐ Radio / Televisión ☐ Antena transmisora	Estructura GRUPO: ☐ A ☒ B1 ☐ B2 ☐ C
2- Oficinas / Comercio ☐ Oficinas ☐ Tienda ☒ Mercado ☐ Restaurante	4- Salud / Social ☐ Hospital ☐ Clínica ☐ Asilo ☐ Estancia infantil	6- Industrial ☐ Fábrica ☐ Taller ☐ Bodega ☐ Generac. eléctrica ☐ De combustibles	Otro ☐ _____	

Ocupación: ☒ Habitada/en uso ☐ Abandonada/desocupada ☐ Desalojada por daños Número de ocupantes o capacidad de personas: _____

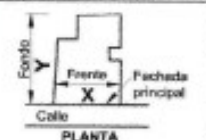
TERRENO Y CIMENTACIÓN

Topografía ☒ Planicie ☐ Ladera de cerro ☐ Rivera río/lago ☐ Fondo de valle ☐ Depósitos lacustres ☐ Costa	Tipo suelo ☐ Arcilla muy blanda ☐ Limos o arcillas ☒ Granular suelto ☐ Granular compacto ☐ Roca	SUELO ☐ Blando ☐ Transición ☒ Firme	Cim. Superficial ☐ Zapatas aisladas ☒ Zapatas corridas ☐ Cimiento de piedra ☐ Losa ☐ Cajón	Cimentación Profunda ☐ Pilotes / pilas ☒ Otro <u>S/C</u>
--	---	--	--	--

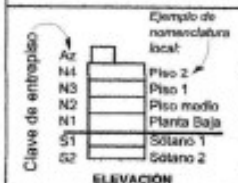
Nivel freático: _____ m Pendiente del terreno: 0.1 % Distancia a río / lago / mar: _____ m

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

No. de niveles, n = 1 Año de construcción: 1919
 No. de sótanos: NO Año rehabilitación: _____
☐ Apéndice en azotea (escaleras / elevador / cuarto azotea)
☐ Mezanine (losa intermedia que no cubre toda la planta)
☐ Piso a media altura (de los entrepisos tipo)
☐ Escalera externa
☐ Semisótano (primer sótano a medio nivel de calle)
Instalaciones
☐ Elevador ☒ Eléctrica
☒ Agua potable ☒ Alcantarillado
☐ Gas ☐ Otra: _____
 Área del terreno: 4800 m²
 Recarga acuíferos: _____ %
 Área de la planta tipo: 4800 m²
Dimensiones Generales:
 X = Frente: 34 m
 Y = Fondo: 22 m
 Altura Planta baja: 2.80 m
 Altura entrepisos: _____ m
 No. cajones estacionamiento: NO
 No. elevadores: NO
 No. escaleras independientes: NO



PLANTA



ELEVACIÓN

FOTO N°18- formato de evaluacion del mercado antiguo de Huanuco.

VULNERABILIDAD																																																																																																												
Posición en manzana: ☒ Esquina ☐ Medio ☐ Aislado																																																																																																												
Irregularidad en planta ☒ Asimétrico (efectos de torsión) ☒ Aberturas en planta > 20 % (área o longitud) ☐ Longitud entrantes/salientes > 20 % ☒ En "L" u otra geometría irregular		Irregularidad en elevación ☐ Planta baja flexible ☐ Marcos o muros no llegan a la cimentación ☒ Columnas cortas ☐ Reducción de la planta en pisos superiores ☒ Apoyos a diferente nivel (laderas) ☐ Sistemas de entrepiso inclinados ☐ Grandes masas en pisos superiores ☐ Arreglo irregular de ventanas en fachada																																																																																																										
Otras fuentes de vulnerabilidad ☒ Conexión excéntrica trabe-columna ☐ Péndulo invertido/una sola hilera de columnas ☐ Un elemento resiste más del 35% del sismo		Edificio vecino crítico No. de pisos: <u>1170</u> cm Separación: <u>1.5</u> cm Uso no.: <u>1.5</u> ☐ Marcos ☐ Sin daño ☐ Muros ☐ Daño medio ☐ Otro ☐ Daño severo ☐ Pisos a diferente altura																																																																																																										
SISTEMA ESTRUCTURAL																																																																																																												
Material en muros ☐ Concreto reforzado ☐ Concreto prefabricado ☐ Tablón de concreto (macizo) ☐ Bloque de concreto (20x40 cm) ☐ Ladrillo de barro macizo ☐ Tabique de arcilla hueco ☐ Paneles con capa de mortero ☒ Madera ☐ Piedra ☒ Adobe ☐ Bahareque (ramas/odo) ☐ Material precario (débil: lámina/cartón/desecho) ☐ Otro: _____		Sección de elementos predominantes <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <thead> <tr> <th>Forma</th> <th>Material</th> <th>Sección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rectangular</td> <td>Concreto</td> <td>☒</td> </tr> <tr> <td>Circular</td> <td>Acero</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Tubo circular</td> <td>Prefabricado</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Secc H / I</td> <td>Madera</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Cajón</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Secc L</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Armadura</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Columnas: ☒ Traves Principales: ☒ Traves Secundarias: ☒ Diagonales: ☒ 		Forma	Material	Sección	Rectangular	Concreto	☒	Circular	Acero	☐	Tubo circular	Prefabricado	☐	Secc H / I	Madera	☐	Cajón			Secc L			Armadura																																																																																			
Forma	Material	Sección																																																																																																										
Rectangular	Concreto	☒																																																																																																										
Circular	Acero	☐																																																																																																										
Tubo circular	Prefabricado	☐																																																																																																										
Secc H / I	Madera	☐																																																																																																										
Cajón																																																																																																												
Secc L																																																																																																												
Armadura																																																																																																												
Refuerzo en la mampostería ☒ Sin refuerzo ☐ Mampostería confinada ☐ Mampostería mal confinada (sin refuerzo en puertas/ventanas) ☐ Con refuerzo interior ☐ Otro: _____		ESTRUCTURA PRINCIPAL VERTICAL <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">Planta Baja</th> <th colspan="2">Niveles Tipo</th> <th>Sótano</th> <th>Apéndice</th> <th>Cubos</th> </tr> <tr> <th></th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th></th> <th></th> <th>(vertical / elevador)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Marcos</td> <td>Acero</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Concreto</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Conc. prefabricado</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Cols. y losa plana</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Contrav.</td> <td>Acero</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Concreto</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Cubre varios pisos</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Cables</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Muros</td> <td>De carga mampostería</td> <td>☒</td> <td>☒</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Diaphragma mampost.</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>De concreto</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>con vigas de acoplamiento:</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> </tbody> </table> Marcos en el entrepiso representativo Número de marcos paralelos: a X: <u>2</u> a Y: <u>2.5</u> Claro promedio: X = <u>2</u> m Y = <u>2.5</u> m Número total de columnas: <u>52</u> (en todo el entrepiso) No. crujeas con contraviento: en X: _____ en Y: _____ No. crujeas con muro diafragma: en X: _____ en Y: _____			Planta Baja		Niveles Tipo		Sótano	Apéndice	Cubos		X	Y	X	Y			(vertical / elevador)	Marcos	Acero	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concreto	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Conc. prefabricado	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Cols. y losa plana	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Contrav.	Acero	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concreto	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Cubre varios pisos	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Cables	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Muros	De carga mampostería	☒	☒	☐	☐	☐	☐	Diaphragma mampost.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	De concreto	☐	☐	☐	☐	☐	☐	con vigas de acoplamiento:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	SISTEMA DE PISO / TECHO Sistema de piso ☐ Losa apoyada en traves ☐ Losa plana (sin traves) ☐ Vigas y piso de madera ☐ Vigas y enladrillado (bóveda catalana) ☐ Vigas, largueros y cubierta ☒ Armaduras y cubierta ☐ Armaduras 3D ☐ Arcos de mampostería Losa de concreto ☐ Maciza ☐ Aligerada (reticular) ☐ Prefabricada de concreto ☐ Vigueta y bovedilla ☐ Lámina acanalada con capa de concreto (Losa-acero) Espesor total: _____ cm Capa compresión: _____ cm Armaduras ☒ De acero ☐ De madera ☒ Peralte variable Claro: <u>2</u> m, Peralte: <u>1.50</u> m Separación armaduras: <u>1.50</u> m Sección cuerdas: _____ Secc. diagonales: _____ Cubierta de techo ☐ Igual a sistema de piso ☐ Lámina metálica ☒ Lámina de asbesto/plástico ☐ Cartón o desecho ☐ Paneles ☐ Madera ☐ Paja ☐ Teja Forma de la cubierta ☐ Techo plano horizontal ☐ Inclinado pendiente: _____ % ☐ Bóveda cilíndrica Ø = _____ m ☐ Cúpula Ø = _____ m Tipo de anclaje y separación: _____	
	Planta Baja		Niveles Tipo		Sótano	Apéndice	Cubos																																																																																																					
	X	Y	X	Y			(vertical / elevador)																																																																																																					
Marcos	Acero	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
	Concreto	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
	Conc. prefabricado	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
	Cols. y losa plana	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
Contrav.	Acero	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
	Concreto	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
	Cubre varios pisos	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
	Cables	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
Muros	De carga mampostería	☒	☒	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
	Diaphragma mampost.	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
	De concreto	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
	con vigas de acoplamiento:	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																																																																																					
Muros en el entrepiso representativo Suma de longitudes de muros y espesor (t): De concreto: $\Sigma Lx = 0.70$ m, $\Sigma Ly = 0.40$ m, t = _____ cm De mampostería: $\Sigma Lx = 0.40$ m, $\Sigma Ly = 0.40$ m, t = _____ cm		Planos: ☐ Arquitectónico ☐ Estructural ☐ Memoria de cálculo ☐ Autoconstrucción (sin cálculo) Especificar: _____																																																																																																										
REHABILITACIÓN																																																																																																												
Tipo ☐ Arquitectónicas ☐ Reparación estruct. ☐ Refuerzo ☐ Reestructuración		Técnicas empleadas ☐ Recimentación ☐ Encamisado concreto ☐ Encamisado acero ☐ Muros: malla y mortero ☐ Contraviento ☐ Adición de muros concreto ☐ Adición muros mampostería ☐ Contrafuertes externos ☐ Fibra carbónica / sintéticos ☒ Otro																																																																																																										
Descripción breve: <u>En evaluación de seguridad de los pórticos mejorar rigidez</u>																																																																																																												

FOTO N°19- formato de evaluación del mercado antiguo de Huanuco.

EVALUACIÓN DE DAÑOS																																																																				
Problemas geotécnicos ☒ Grietas en el terreno circundante ☒ Hundimientos diferenciales ☐ Deslizamiento de ladera ☐ Socavación o Erosión		☐ Licuación de arenas ☒ Hundimiento (-) o emersión (+) general = _____ cm ☐ Inclinación del edificio: _____ %		Estructura ☐ Colapso total																																																																
		Colapso parcial ☒ Techo ☐ Písta baja ☐ Piso intermedio ☐ Sección del edificio _____ % ☐ Choque con edificio vecino																																																																		
Daños máximos observables Anotar la clave de entrepiso (N1, N2, ..., S1...)																																																																				
Tipo de daño y características 1- Colapso / daño generalizado 2- Grietas inclinadas (por cortante) 3- Grietas normales al eje (por flexión) 4- Aplastamiento concr. y barras expuestas 5- Fractura refuerzo longitudinal 6- Fractura refuerzo transversal o estribos 7- Pandeo de barras a compresión 8- Pandeo de placas 9- Pandeo global o inestabilidad 10- Falla de soldadura 11- Falla de conectores (tornillos/remaches) 12- Corrosión del acero Armado del elemento (de concreto) Distancia entre estribos / alisadores Sección del elemento Ejemplos de datos que se pueden recabar:	Columnas 1.2 mm	Trabes mm	Muros mampostería 1.5 mm de concreto mm	Contraviento mm	Conexiones mm																																																															
	b x h / Ø	b x h / d x br, tr	t, h o d o b	t	b x h / d x br, tr																																																															
Sistema de piso / techo ☐ Colapso ☐ Grietas: ☐ alrededor de columnas ☒ al centro del claro ☐ sobre las trabes ☐ en las esquinas del tablero anchura máxima: _____ mm	Porcentaje de elementos dañados en el entrepiso crítico <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Grave</th> <th>Medio</th> <th>Clave de entrepiso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Columnas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Trabes</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Muros concreto X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Muros concreto Y</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Muros mampostería X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Muros mampostería Y</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Contravientos</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Conexiones</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Grave	Medio	Clave de entrepiso	Columnas				Trabes				Muros concreto X				Muros concreto Y				Muros mampostería X				Muros mampostería Y				Contravientos				Conexiones				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Daño grave</th> <th>Medio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Colapso</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Grietas por cortante > 2 mm</td><td></td><td>> 1 mm</td></tr> <tr><td>Grietas por flexión > 5 mm</td><td></td><td>> 2 mm</td></tr> <tr><td>Pandeo general</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Pandeo de placas</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Pandeo o fractura del refuerzo</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Grietas por cortante > 5 mm</td><td></td><td>> 2 mm</td></tr> <tr><td>G. inclinada en castillo > 1 mm</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Daño grave	Medio	Colapso			Grietas por cortante > 2 mm		> 1 mm	Grietas por flexión > 5 mm		> 2 mm	Pandeo general			Pandeo de placas			Pandeo o fractura del refuerzo			Grietas por cortante > 5 mm		> 2 mm	G. inclinada en castillo > 1 mm		
	Grave	Medio	Clave de entrepiso																																																																	
Columnas																																																																				
Trabes																																																																				
Muros concreto X																																																																				
Muros concreto Y																																																																				
Muros mampostería X																																																																				
Muros mampostería Y																																																																				
Contravientos																																																																				
Conexiones																																																																				
	Daño grave	Medio																																																																		
Colapso																																																																				
Grietas por cortante > 2 mm		> 1 mm																																																																		
Grietas por flexión > 5 mm		> 2 mm																																																																		
Pandeo general																																																																				
Pandeo de placas																																																																				
Pandeo o fractura del refuerzo																																																																				
Grietas por cortante > 5 mm		> 2 mm																																																																		
G. inclinada en castillo > 1 mm																																																																				
DAÑOS EN OTROS ELEMENTOS																																																																				
Exteriores ☐ Vidrios ☐ Torres de anuncios ☐ Acabados ☐ Fachadas ☐ Balcones		Interiores ☒ Muros divisorios o particiones ☐ Cielos rasos/plafones ☐ Lámparas ☐ Escaleras		☐ Elevadores ☐ Instalaciones (Gas, Eléctrica, etc.) ☐ Derrames tóxicos																																																																
CROQUIS DEL INMUEBLE																																																																				
(Marcar el Norte) Sr. g. al Prodo Pse. la merced Mercado Sr. Huamano r. 28 de Julio																																																																				

FOTO N°20- formato de evaluación del mercado antiguo de Huanuco.

FORMATO DE CAPTURA DE DATOS PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Febrero-2011

Fecha: _____ Hora: _____ Duración visita: _____ Clave: _____

Nombre del evaluador: _____

☐ Ingeniero o arquitecto ☐ Estudiante Ing/Arq.

INFORMACIÓN GENERAL DEL INMUEBLE

Nombre del inmueble: Mercado Nuevo

Nombre del edificio/cuerpo/área: _____
(usar un formato por cada edificio/cuerpo/área)

Coordenadas: (_____ N, _____ O, _____ msnm)

Calle y número: _____

Colonia/Barrío: _____ Código postal: _____

Localidad (pueblo/ciudad): _____

Delegación/Municipio: _____ Estado: _____

Referencias: _____
(entre calles "A" y "B", un sitio notable, etc.)

Persona contactada/propietario: _____ Cargo o función: _____

Teléfono: +(_____) Fax: _____ Correo electrónico: _____

USO

(Anotar % de área para cada uso, debe sumar 100%)

1- Habitacional ☐ Vivienda ☐ Multifamiliar ☐ Hotel ☐ Dormitorio	3- Educativo ☐ Preescolar ☐ Primaria ☐ Secundaria ☐ Superior ☐ Biblioteca ☐ Museo	5- Reunión ☐ Centro social ☐ Templo religioso ☐ Gimnasio ☐ Salón baile/juego ☐ Cine/Teatro/Auditorio ☐ Estadio	7- Comunicaciones y transportes ☐ Terminal de pasajeros ☐ Terminal de carga ☐ Estacionamiento ☐ Aeropuerto/Puerto ☐ Correo / Telégrafo / Teléfono ☐ Radio / Televisión ☐ Antena transmisora	Estructura GRUPO: ☐ A ☐ B1 ☐ B2 ☐ C
2- Oficinas / Comercio ☐ Oficinas ☐ Tienda ☐ Mercado ☐ Restaurante	4- Salud / Social ☐ Hospital ☐ Clínica ☐ Asilo ☐ Estancia infantil	6- Industrial ☐ Fábrica ☐ Taller ☐ Bodega ☐ Generac. eléctrica ☐ De combustibles	Otro ☐ _____	

Ocupación: ☐ Habitada/en uso ☐ Abandonada/desocupada ☐ Desalojada por daños

Número de ocupantes o capacidad de personas: _____

TERRENO Y CIMENTACIÓN

Topografía ☐ Planicie ☐ Ladera de cerro ☐ Rivera río/lago ☐ Fondo de valle ☐ Depósitos lacustres ☐ Costa	Tipo suelo ☐ Arcilla muy blanda ☐ Limos o arcillas ☐ Granular suelto ☐ Granular compacto ☐ Roca	SUELO ☐ Blando ☐ Transición ☐ Firme	Cim. Superficial ☐ Zapatas aisladas ☐ Zapatas corridas ☐ Cimiento de piedra ☐ Losa ☐ Cajón	Cimentación Profunda ☐ Pilotes / pilas ☐ Otro _____
---	--	---	---	--

Nivel freático: _____ m Pendiente del terreno: _____ % Distancia a río / lago / mar: _____ m

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

No. de niveles, n = _____ Año de construcción: _____

No. de sótanos: _____ Año rehabilitación: _____

☐ Apéndice en azotea (escaleras / elevador / cuarto azotea)
☐ Mezanine (losa intermedia que no cubre toda la planta)
☐ Piso a media altura (de los entrepisos tipo)
☐ Escalera externa
☐ Semisótano (primer sótano a medio nivel de calle)

Instalaciones
☐ Elevador ☐ Eléctrica
☐ Agua potable ☐ Alcantarillado
☐ Gas ☐ Otra: _____

Área del terreno: _____ m²
 Recarga acuíferos: _____ %
 Área de la planta tipo: _____ m²

Dimensiones Generales:
 X = Frente: _____ m
 Y = Fondo: _____ m
 Altura Planta baja: _____ m
 Altura entrepisos: _____ m
 No. cajones estacionamiento: _____
 No. elevadores: _____
 No. escaleras independientes: _____

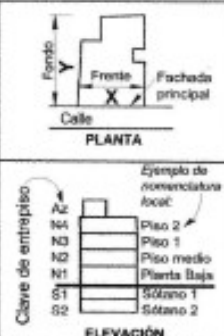


FOTO N°21- formato de evaluación del mercado modelo de Huanuco.

EVALUACIÓN DE DAÑOS																																									
Problemas geotécnicos ☒ Grietas en el terreno circundante ☒ Hundimientos diferenciales ☐ Deslizamiento de ladera ☐ Socavación o Erosión		☐ Licuación de arenas ☐ Hundimiento (-) o emersión (+) general = _____ cm ☐ Inclinación del edificio: _____ %		Estructura ☐ Colapso total		Colapso parcial ☐ Techo ☐ Planta baja ☐ Piso intermedio ☐ Sección del edificio _____ % ☐ Choque con edificio vecino																																			
Daños máximos observables																																									
Anotar la clave de entrespiso (N1, N2, ..., S1...)																																									
Tipo de daño y características 1- Colapso / daño generalizado 2- Grietas inclinadas (por cortante) 3- Grietas normales al eje (por flexión) 4- Aplastamiento concr. y barras expuestas 5- Fractura refuerzo longitudinal 6- Fractura refuerzo transversal o estribos 7- Pandeo de barras a compresión 8- Pandeo de placas 9- Pandeo global o inestabilidad 10- Falla de soldadura 11- Falla de conectores (tornillos/remaches) 12- Corrosión del acero Armado del elemento (de concreto) Distancia entre estribos / alfileres Sección del elemento Ejemplos de datos que se pueden recabar:	Columnas 	Trabes 	Muros mampostería de concreto 	Contraviento 	Conexiones 																																				
(2) (3) (4) (7) (8) (9) (2)																																									
Sistema de piso / techo ☐ Colapso ☐ Grietas: ☒ alrededor de columnas ☒ al centro del claro ☐ sobre las trabes ☐ en las esquinas del tablero anchura máxima: _____ mm	Porcentaje de elementos dañados en el entrespiso crítico <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Grave</th> <th>Medio</th> <th>Clave de entrespiso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columnas</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Trabes</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Muros concreto X</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Muros concreto Y</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Muros mampostería X</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Muros mampostería Y</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Contravientos</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Conexiones</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> </tbody> </table>						Grave	Medio	Clave de entrespiso	Columnas	1	2	3	Trabes	1	2	3	Muros concreto X	1	2	3	Muros concreto Y	1	2	3	Muros mampostería X	1	2	3	Muros mampostería Y	1	2	3	Contravientos	1	2	3	Conexiones	1	2	3
	Grave	Medio	Clave de entrespiso																																						
Columnas	1	2	3																																						
Trabes	1	2	3																																						
Muros concreto X	1	2	3																																						
Muros concreto Y	1	2	3																																						
Muros mampostería X	1	2	3																																						
Muros mampostería Y	1	2	3																																						
Contravientos	1	2	3																																						
Conexiones	1	2	3																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Daño grave</th> <th>Medio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Muros: Columnas, trabes, muros de concreto</td> <td>Colapso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grietas por cortante > 2 mm</td> <td>> 1 mm</td> </tr> <tr> <td>Grietas por flexión > 5 mm</td> <td>> 2 mm</td> </tr> <tr> <td>Pandeo general</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pandeo de placas</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Mampostería</td> <td>Pandeo o fractura del refuerzo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grietas por cortante > 5 mm</td> <td>> 2 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>G. inclinada en castillo > 1 mm</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>							Daño grave	Medio	Muros: Columnas, trabes, muros de concreto	Colapso		Grietas por cortante > 2 mm	> 1 mm	Grietas por flexión > 5 mm	> 2 mm	Pandeo general		Pandeo de placas		Mampostería	Pandeo o fractura del refuerzo		Grietas por cortante > 5 mm	> 2 mm		G. inclinada en castillo > 1 mm	---														
	Daño grave	Medio																																							
Muros: Columnas, trabes, muros de concreto	Colapso																																								
	Grietas por cortante > 2 mm	> 1 mm																																							
	Grietas por flexión > 5 mm	> 2 mm																																							
	Pandeo general																																								
	Pandeo de placas																																								
Mampostería	Pandeo o fractura del refuerzo																																								
	Grietas por cortante > 5 mm	> 2 mm																																							
	G. inclinada en castillo > 1 mm	---																																							
DAÑOS EN OTROS ELEMENTOS																																									
Exteriores ☐ Vidrios ☐ Torres de anuncios ☐ Acabados ☐ Fachadas ☐ Balcones		Interiores ☐ Pretiles ☐ Tanques elevados ☐ Bardas ☐ Otros: _____		☐ Muros divisorios o particiones ☐ Cielos rasos/plafones ☐ Lámparas ☐ Escaleras		☐ Elevadores ☐ Instalaciones (Gas, Eléctrica, etc.) ☐ Derrames tóxicos																																			
CROQUIS DEL INMUEBLE																																									
J1. Son Martin Jr. Aguachol Jr. Huallay Jr. Huallay Jr. Huallay (Marcar el Norte)																																									

FOTO N°21- formato de evaluación del mercado modelo de Huanuco.