



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO NO LINEAL DE UN
MODELO DE ESTRUCTURA APORTICADA ESENCIAL, HUARAZ”
2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

LAZARO HUERTA, JURY PAVEL (orcid: 0000-0001-6202-3353)

ANTUNEZ CARO, FRANZ JHUNIOR (orcid: 0000-0001-7445-1830)

ASESOR:

Mgtr. Ing. Cornejo Saavedra, Gustavo Ivanovich (orcid: 0000-0002-7673-5148)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

HUARAZ - PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, también a nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ella he logrado llegar hasta aquí.

Lazaro & Antunez

Agradecimiento

A nuestras familias, por su apoyo absoluto y siempre incentivarme a culminar mi carrera.

A nuestro asesor: Mtro. Ing. Gustavo Cornejo Saavedra por su orientación y guía en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Lazaro & Antunez

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO TEÓRICO	16
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Diseño y tipo de investigación	21
3.2. Variables y operacionalización	22
3.3. Población y muestra	23
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	23
3.5. Procedimiento	24
3.6. Métodos de análisis de datos´	25
3.7. Aspectos éticos	25
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS	54
ANEXOS	59

Índice de tablas

Tabla 1 : Sismos de diseño para infraestructuras.	18
Tabla 2: Nivel de desempeño.....	19

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Variable dependiente	22
Figura 2. Variable independiente.....	22
Figura 3. Operacionalización de variables	59
Imagen 1. Sectorización de la curva de capacidad propuesto por la SEAOC.....	20
Imagen 2. Objetivos de Desempeño	20
Imagen 3. Vista de isométrico de módulo (06 aulas + escalera)	26
Imagen 4. Plantas arquitectónicas (1° nivel)	26
Imagen 5. Plantas arquitectónicas (2° nivel)	27
Imagen 6. Modelo estructural.....	27
Imagen 7. Vista lateral y en planta de modelo estructural.....	28
Imagen 8. Consideraciones previas de diseño.....	28
Imagen 9. Parámetros sísmicos	29
Imagen 10. Amplificación sísmica	30
Imagen 11. Sistemas estructurales	31
Imagen 12. Sistemas estructurales	32
Imagen 13. Espectro de diseño en Y	33
Imagen 14. Espectro de diseño en X	33
Imagen 15. IRREGULARIDADES EN PLANTA.....	34
Imagen 16. Modo de vibración $T=0.108$	35
Imagen 17. Modo de vibración $T=0.106$	35
Imagen 18. Modo de vibración $T=0.098$	36
Imagen 19. Modal espectral máximo.....	36
Imagen 20. Para la distorsión del Entrepiso.....	37

Imagen 21. Desplazamiento admisible en X	37
Imagen 22. Desplazamiento admisible en Y	38
Imagen 23. Curva de capacidad de la estructura en la dirección X.....	39
Imagen 24. Comportamiento en la dirección X, con la norma FEMA 440 según ASCE 7-10	39
Imagen 25. Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo frecuente (20%g).....	40
Imagen 26. Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo ocasional (25%g).....	40
Imagen 27. Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo raro (40%g).	41
Imagen 28. Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo raro (45%g).	41
Imagen 29. Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo raro (50%g).	42
Imagen 30. Comportamiento según FEMA 356 para un 20%, dirección X.	42
Imagen 31. Comportamiento según FEMA 356 para un 25%, dirección X.....	43
Imagen 32. Comportamiento según FEMA 356 para un 40%, dirección X.	43
Imagen 33. Comportamiento según FEMA 356 para un 45%, dirección X.....	44
Imagen 34. Niveles de desempeño de la estructura en la dirección X	44
Imagen 35. Curva de capacidad de la estructura en la dirección Y.....	45
Imagen 36. Comportamiento según FEMA 356 para un 20%, dirección Y.	45
Imagen 37. Comportamiento según FEMA 356 para un 25%, dirección Y.	46
Imagen 38. Comportamiento según FEMA 356 para un 40%, dirección Y.	46

Imagen 39. Comportamiento según FEMA 356 para un 45%, dirección Y.	47
Imagen 40. Comportamiento según FEMA 356 para un 50%, dirección Y.....	47
Imagen 41. Niveles de desempeño de la estructura en la dirección Y	48

Resumen

La presente investigación tiene por finalidad EVALUAR EL DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA ESENCIAL tendiendo un enfoque cuantitativo el cual se desarrollará mediante un diseño no experimental, donde se obtendrá que el análisis estático no lineal (PUSHOVER) que determinó que la estructura en la dirección X, se encuentra en el nivel de colapso para un sismo según el espectro de diseño de la norma E.030, con un desplazamiento de 63.318 mm., y una fuerza cortante de 732.357 toneladas. Sin embargo, en la dirección Y, se encuentra en el nivel de cerca al colapso para un sismo según el espectro de diseño de la norma E.030, generando un desplazamiento de la estructura de 76.86 mm y una fuerza cortante de 777.83 toneladas, de donde se puede concluir que la estructura de diseño corresponde a una categoría A, para el caso de la Zona 3, por lo que no se permiten irregularidades, por lo que, tanto en el planteamiento de la arquitectura como las evaluaciones del análisis estructural, se verifica que esta condición sea prevaleciente, de manera que se pueda cumplir con los coeficientes $l_a=1.00$ e $l_p=1.00$, y el modelo estructural planteado en esta investigación, la suma de las masas efectivas a partir del modo de vibración 2; son mayores al 90% de la masa total de la estructura, cumpliendo con lo especificado en la Norma E.030.

Palabras clave: Evaluación, desemeño sísmico no lineal, estructura esencial

Abstract

The purpose of this research is to EVALUATE THE SEISMIC PERFORMANCE OF AN ESSENTIAL SUPPLIED STRUCTURE tending a quantitative approach which will be developed through a non-experimental design, where it will be obtained that the non-linear static analysis (PUSHOVER) that determined that the structure in the X direction, is at the collapse level for an earthquake according to the design spectrum of the E.030 standard, with a displacement of 63,318 mm and a shear force of 732,357 tons. However, in the Y direction, it is at the near collapse level for an earthquake according to the design spectrum of the E.030 standard, generating a displacement of the structure of 76.86 mm and a shear force of 777.83 tons, De where it can be concluded that the design structure corresponds to a category A, in the case of Zone 3, so that irregularities are not allowed, therefore, both in the approach to the architecture and the evaluations of the structural analysis, verifies that this condition is prevalent, so that the coefficients $l_a = 1.00$ and $l_p = 1.00$ can be met, and the structural model proposed in this investigation, the sum of the effective masses from vibration mode 2; are greater than 90% of the total mass of the structure, complying with what is specified in Standard E.030.

Keywords: Evaluation, non-linear seismic performance, essential

I. INTRODUCCIÓN

Se sufrió grandes cambios con lo que se refiere al concreto. Actualmente buscamos la mejor resistencia a la estabilidad, humedad de esta manera proteger el ambiente, a medida que pasa el tiempo las medidas aumentan, en vista a esto, es preciso estudiar su comportamiento mecánico y físico, logrando así un mejor diseño, seguridad y calidad.

Durante muchos años el país ha sufrido de miedo y temor relacionado con los sismos, dado que se han generado muchos de ellos en relación al círculo de fuego, dado que nuestro país se encuentra en una zona sísmica muy alta.

Tanto ha sido el daño poblacional, así como el material, que por muchos años buscamos la mejor solución para evitar eso mediante métodos antisísmicos y/o evaluaciones ingenieriles, que poco a poco hemos ido creciendo en conocimiento y técnicas para mejorar la vida y las posibilidades de vivir para toda la población.

Para la problemática en el ámbito internacional, es imposible predecir un fenómeno sísmico, dado a eso se ha llegado a la necesidad de realizar investigaciones de campo en la ingeniería sísmica de tal manera que se puedan llegar a encontrar algún tipo de método antisísmico que pueda apoyar a la población. (Herrera, Saba, Mendoza, 2016).

Alvarado (como se citó en Veras, 2016) afirma con respecto a la población de República Dominicana cree ser un país libre de peligro, debido a su silencio sísmico, idea que es completamente errónea, puesto que , dicho país posee un registro sísmico importante, ejemplo el primer ministro, Jean Max Bellerive, señaló que el sismo ocurrido el año 2010 dejo consigo trescientos dieciséis mil fallecidos, trescientos cincuenta mil heridos y más de un millón y medio perdieron el techo donde vivían, toda esta información consignada en las publicaciones de Castro (2011). A pesar de ello, al no ver fallas estructurales la población insiste en pensar que estará siempre segura frente a este tipo de fenómenos naturales, pero los especialistas se encuentran preocupados, ya que por el momento ninguna de las estructuras está siendo evaluadas, principalmente incumpliendo las Normas de Diseño Sismorresistente y dejando

de lado la supervisión en lo que se refiere a la ejecución de los procesos constructivos a las cuales están sometidas las edificaciones. (p.1).

De otra manera también se puede decir que, con los códigos que se trabajan actualmente en el área de diseño sísmico se aceptan los análisis del uso de los métodos lineales estáticos o dinámicos, sin embargo, estos tipos de métodos pueden llegar a ser insuficientes para describir un comportamiento totalmente real al momento de efectuarse fuerzas dinámicas como las que se ocasionan en un sismo real. (Ayala, Tavera, Ayala, 2002).

En la actualidad, se han creado diversos tipos de métodos o análisis de los cuales se puede dar a permitir y/u observar el comportamiento de una estructura, que con ello apoya a que los fenómenos naturales ya sean sismos o algún otro tipo, no afecte de gran manera a la estructura y así pueda generar daños menos invasivos. (Olivera, Oyarzo,2020).

Un sistema estructural es muy susceptible a cambios de su comportamiento, dado que presenta en su diseño mamposterías, que normalmente son consideradas como elementos no estructurales y con eso puede afectar el análisis sísmico y generar daños muy graves, tanto como vidas humanas y daños materiales, ya que estos provocan graves irregularidades y patologías que dañan el sistema estructural. (Medina, Placencia, 2017).

Pique del Pozo (como se citó en Paredes, 2016) recomienda que las estructuras bajo peligro por cualquier movimiento sísmico de considerable magnitud se deben diseñar con la finalidad de prevenir colapsos y no solo daños estructurales, este tema es uno de los más frágiles para la ingeniería sismorresistente, aun así, no está precisamente representados en los procedimientos de diseño, ya que, está basado en un solo nivel de intensidad. (p.36)

Según lo citado, afirma que en la actualidad los diseños sismorresistentes que se están desarrollando no afianzan los niveles de comportamiento real que podría ocasionar un movimiento sísmico a las estructuras, a consecuencia de ello se sugiere analizar con atención y sumo cuidado los proyectos que están siendo ejecutados y otros que aún están a nivel de estudios ,los profesionales

deberán evaluar hacer uso del método de análisis estático no lineal, conjuntamente con las metodologías proporcionadas por las entidades: SEAOC, ATC-40, FEMA

En Perú, como ejemplo, en la ciudad de Chiclayo se vienen ejecutando muchas construcciones informales, las cuales representan un problema muy importante, puesto que no cuenta con una adecuada supervisión técnica, se podría afirmar que esta situación se da porque la ciudad aún no ha registrado un sismo de gran escala y por ello la población piensa pertenece a una zona asísmica (Vega, Muñoz, 2016)

Ante la inminente cantidad sismos registrados en toda la historia del Perú y también los que se han presenciado con una fuerte intensidad como el Terremoto de Pisco en el año 2007 que genero grandes pérdidas, llegando a la magnitud de 7,9 grados magnitud y en el nivel VIII de intensidad de Mercalli; también como el sismo en el año de 1746 generando una gran pérdida de vidas y dando como el segundo sismo más grande en el Perú; 1868 considerado el mismo más fuerte de todo el país, generando daños desde Trujillo hasta la zona Norte de Chile, con una magnitud de 9 grados.

Prensa (2016) En 1970, siendo aproximadamente a las tres y veintitrés horas de la tarde del día 31 de mayo, se registró un movimiento sísmico de grado 7.8 señalado en la escala de Richter; a consecuencia de este sismo se reportó entre víctimas a sesenta y siete mil muertos y ciento cincuenta mil personas heridas, también se registró otro movimiento de significativa magnitud en la ciudad de Pisco-Ica, el 15 de agosto del 2007, el cual dejo como consecuencia cuatrocientos treinta y cuatro mil seiscientos catorce personas damnificadas, veintidós mil ciento sesenta personas afectadas, quinientos noventa y seis fallecidos y noventa y tres mil setecientos ocho viviendas consideradas destruidas e inhabitables. (parr.16)

Con todo lo antes mencionado en la historia sísmica de nuestro país, sabemos que a diario los conocimientos de los mismos van creciendo y con ello también los métodos para poder evitar los daños graves y las muertes, por ello se realiza

esta investigación dando a entender la importancia de la evaluación del desempeño sísmico.

Por todo lo mencionado se plantea la siguiente formulación de problemas:

PG: ¿CUÁL ES EL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA ESENCIAL, HUARAZ 2021?

P1.- ¿Se podrá llevar a cabo la evaluación de las fuerzas estáticas equivalentes?

P2.- ¿Se podrá Efectuar el análisis dinámico modal espectral?

P3.- ¿Se podrá controlar los desplazamientos y distorsiones de diseño según su Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas?

P4.- ¿Se podrá Ejecutar el análisis estático no lineal (PUSHOVER)?

Por otro lado, la justificación del estudio tenemos los siguientes:

Teóricamente, tiene una justificación basada en normas peruanas vigentes actualizadas donde del nivel de reducción sísmicas y tipología de uso es distinto de acuerdo al requerimiento de la estructura a diseñar.

La justificación práctica, se dio solución a los problemas de diseño en la zona de Huaraz y el control de los resultados según su Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas.

Fue conveniente desarrollar esta investigación ya que nos permitió conocer los valores máximos de desplazamientos y distorsiones, asimismo verificar el comportamiento estructural mediante el método de PUSHOVER

La justificación social, en la ciudad de Huaraz se manifiesta una gran preocupación ya que dicha ciudad pertenece a la zona de peligro sísmico, el cual nos podrá determinar un modelo estructural que pueda brindar las garantías de salvaguardas las vidas de la población estudiantil beneficiaria.

Metodológicamente, este proyecto presento resultados reales y verificables mediante Softwares de diseño vigentes que nos apoyan como guía para diseñar una estructura esencial mediante el método de PUSHOVER.

Por lo que concierne a los objetivos, me planteo los siguientes Objetivos:

OG: EVALUAR EL DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA ESENCIAL, HUARAZ 2021

O1.- Se realizó el análisis de las fuerzas estáticas equivalentes.

O2.- Se realizó el análisis dinámico modal espectral.

O3.- Se verificó los desplazamientos y distorsiones de diseño.

O4.- Se llevó a cabo el análisis estático no lineal (PUSHOVER).

Como consecuencia se planteó las siguientes hipótesis:

HG: SEGURIDAD DE VIDA, EN EL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA ESENCIAL, HUARAZ 2021

H1.- Se realizó el análisis de las fuerzas estáticas equivalentes, teniendo resultados admisibles.

H2.- Se realizó el análisis dinámico modal espectral, teniendo resultados admisibles.

H3.- Se verifico los desplazamientos y distorsiones de diseño según su Sistemas Estructurales, teniendo resultados admisibles.

H4.- Se llevo a cabo el análisis estático no lineal (PUSHOVER), teniendo resultados admisibles.

II. MARCO TEÓRICO

Para la realización de los antecedentes, se revisó estudios e investigaciones a nivel internacional relacionadas al análisis del desempeño sísmico no lineal de un modelo de estructura aporticada esencial.

DEIERLEIN, G; REINHORN, A; WILLFORD, M. “Análisis estructural no lineal para diseño sísmico 2020” (artículo). Indican que los parámetros se calculan con suficiente precisión para el diseño. Los criterios de aceptación para el desempeño sísmico pueden variar dependiendo de si el análisis no lineal estático o dinámico es utilizado y cómo las incertidumbres asociadas con las demandas y se manejan los criterios de aceptación.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Respuesta no lineal a un tipo de movimiento de entrada sísmica 2019” (artículo científico). Explica que, de acuerdo con el estado de la técnica, es muy probable que el pobre desempeño predictivo mencionado anteriormente vinculado al hecho de que la mayoría de las estructuras exhiben un comportamiento no lineal bajo movimientos de entrada sísmica. En consecuencia, en el caso de movimientos de entrada de campo cercano, al calcular la respuesta estructural en un supuesto de comportamiento lineal, la estimación de desplazamiento es generalmente más confiable que la estimación de tensión, mientras que, lamentablemente, la evaluación de la estructura se basa en el análisis de tensión.

HERRERA, R; SABA M; MENDOZA E. “Vulnerabilidad Sísmica De Un Edificio Aporticado De Concreto Armado De Cinco niveles, Con Irregularidad En Planta Y Variaciones En El Diafragma De Piso. 2018” (artículo). En el trabajo elaborado por dichos autores la manera de comportarse de la estructura a nivel torsional con diagrama flexible no continuo con una orientación propia, esto determinado por el análisis torsional llevado a las estructuras donde los más grandes esfuerzos los cuales afectan las esquinas que se encuentran al lado del área entrante en planta con relación al diagrama rígido.

LOPES, O; DEL RUIZ, G. “Evaluación de los métodos de análisis estático no-lineal para determinar la demanda sísmica en estructuras aporticadas de concreto armado 2018”. Nos menciona, la necesidad de obtener métodos

prácticos para verificar en el diseño ingenieril el comportamiento no-lineal de las estructuras, el cual ha sido motivo de varios estudios en estos últimos años, haciendo notar la necesidad para desarrollar métodos prácticos maximizados.

PEREZ, J; BRUNO, J. "Introducción al Análisis No Lineal de Estructuras. 2018". El análisis de una estructura nos ayuda a realizar ciertas hipótesis mecánicas y físicas de cómo se comporta la estructura, recabar y determinar el modelo matemático para aclarar los resultados. Se considera un análisis no lineal si las hipótesis establecidas señalan que las ecuaciones del modelo matemático son no lineales.

JARAMILLO, N; UZCÁTEGUI, M; VERA, B; FLÓREZ, J. "Análisis no lineal de estructuras de concreto armado a través de un portal de cálculo. 2018" Nos mencionan una nueva manera de calcular los elementos finitos no lineales, permitiendo que un mayor número de usuarios tenga acceso a la investigación global para su manipulación y sus aplicaciones en las diferentes áreas de la humanidad con ayuda de la tecnología. Un ejemplo de esto lo constituye el Portal de Pórtico, programa de elementos finitos no lineales que está basado en la teoría del daño concentrado, el cual hace más fácil el análisis tanto estadístico como dinámico.

AGUIAR, R; MORA, D; TIPANLUISA, E. "ANÁLISIS NO LINEAL DINÁMICO DE ESTRUCTURAS CON AISLADORES FPT CON CEINCI-LAB. 2018". Nos indican en su artículo científico que, para el análisis no lineal del pórtico plano de "n" pisos se considera un modelo de masas concentradas. Este modelo considera: que las vigas son axialmente rígidas y el resto de elementos son flexibles, por tanto, se tiene un grado de libertad horizontal por piso y dos grados de libertad en cada uno de los nudos (desplazamiento vertical y rotación) mostrados en la parte central; y que las masas son puntuales y se concentran a nivel de cada piso.

INTELLIGY. "ANALISIS NO LINEAL. 2021"., el análisis no lineal suele más complicado, pero en sus soluciones es más precisa que el análisis lineal cuando se infringen los supuestos básicos de un análisis lineal. Al realizar un análisis no lineal depende del tiempo, que a su vez es muy importante, necesario para

controlar la carga o bien capturar la respuesta a una carga de impulso de impacto.

BARBAT, A; VARGAS, Y; PUJADES, L; HURTADO, J. "Evaluación probabilista del riesgo sísmico de estructuras con base en la degradación de rigidez" donde dan a entender que la historia de la respuesta temporal de un edificio puede ser proporcionado por un análisis dinámico no lineal utilizando un acelerograma.

CORDOVA, C. "ANALISIS NO LINEAL DE ESTRUCTURAS. 2015" No presenta en su artículo que, en los últimos años, el análisis por elementos finitos (FEA) ya no es considerada una herramienta para pasar al ámbito práctico. Ya ha pasado una década, la ingeniería reconoció el análisis por elementos finitos como una importante opción de diseño.

TEORÍAS RELACIONAS CON EL TEMA DE INVESTIGACIÓN

Niveles de peligro sísmico

Existen niveles según el desempeño sísmico, se puede determinar el tipo de edificación y la vida útil de ésta establecidos mediante un tiempo de retorno en 50 años.

Tabla 1. Sismos de diseño para infraestructuras

PELIGRO SISMICO	PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA EN 50 AÑOS (%)
SISMOS FRECUENTES	45	69
SISMOS OCASIONALES	75	50
SISMOS RAROS	475	10
SISMOS MUY RAROS	970	5

Fuente: Comité visión 2000, SEAOC

Desempeño por niveles en edificaciones

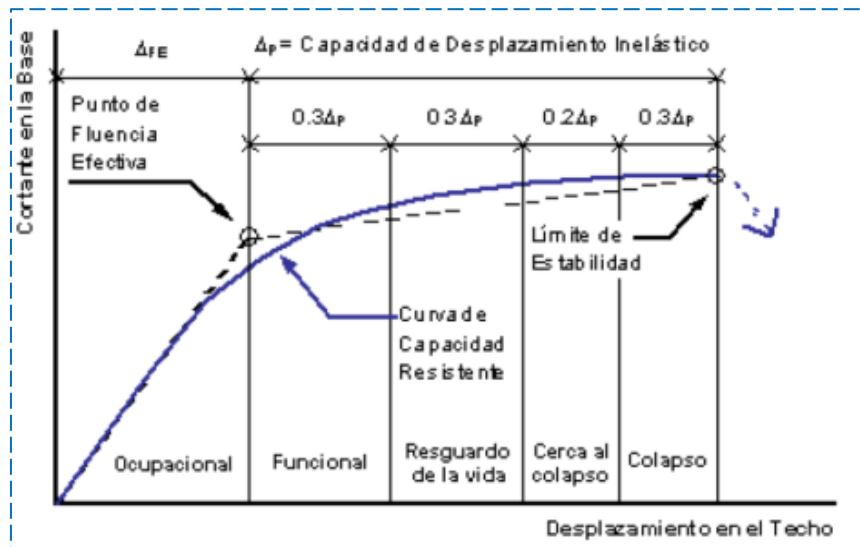
El comportamiento de una estructura después de un sismo se evalúa según el daño que haya sufrido el sistema estructural, tanto en su rigidez y resistencia.

Tabla 2. Nivel de desempeño

NIVEL DE DESEMPEÑO	DESCRIPCIÓN
OCUPACIONAL	<p>No existe daños en la estructura. El edificio es seguro, tanto en los servicios e instalaciones</p> <p>La estructura conserva su resistencia y rigidez. No se harán reparaciones.</p>
FUNCIONAL	<p>El daño es mínimo en elementos no estructurales. Daño muy reducido en elementos estructurales sin compromiso de la seguridad general. La estructura mantiene casi al cien por ciento su resistencia y rigidez. Después del sismo los servicios e instalaciones están operativos.</p>
RESGUARDO DE LA VIDA	<p>El daño estructural y no estructural moderado. La estructura ha perdido parte de su resistencia y rigidez, pero aún tienen seguridad contra el colapso. Después del sismo, la probabilidad de derrumbes es muy baja. Se podría reparar el edificio, pero no es recomendable económicamente.</p>
CERCA DEL COLAPSO	<p>El daño es importante. La estructura es afectada seriamente en en su resistencia en acciones laterales y cargas de gravedad, aun asi conserva probabilidades de un colapso.</p> <p>Elementos no estructurales desplomados o en peligro de hacerlo. Las reparaciones pueden ocasionar un colapso y no es recomendable.</p>
COLAPSO	<p>La estructura ya no resiste acciones laterales y ha disminuido considerablemente su competencia para cargas de gravedad. Ausencia de verticalidad y problemas de inestabilidad. El colapso es parcial o total, no recomendable reparar.</p>

Fuente: Comité visión 2000, SEAOC

Imagen 1. Sectorización de la curva de capacidad propuesto por la SEAOC.



Fuente: Elaboración propia

Objetivos de desempeño

Estos objetivos se justifican según el desempeño que cada estructura debe tener en cuenta ante un sismo.

Imagen 2. Objetivos de desempeño

Peligro sísmico	Niveles de desempeño			
	Completamente Operativo	Operativo	Resguardo de vida	Cerca al colapso
Sismo frecuente (45 años)	Edificación común	X	X	X
Sismo ocasional (75 años)	Edificación esencial	Edificación común	X	X
Sismo raro (475 años)	Edificación de seguridad crítica	Edificación esencial	Edificación común	X
Sismo muy raro (970 años)		Edificación de seguridad crítica	Edificación esencial	Edificación común

Fuente: Comité visión 2000, SEAOC

III.METODOLOGÍA

3.1.Diseño y tipo de investigación

Tipo:

El tipo de investigación está ubicada en el paradigma positivista, tipo de la investigación **APLICADA**, teniendo el siguiente esquema:

$$M \leftarrow O . . . P$$

Dónde:

M = Estructura Aporticada Esencial, Huaraz.

O= Información a recoger sobre el desempeño sísmico.

P= Propuesta de análisis.

Enfoque:

La Investigación tiene un carácter **Cuantitativa**, debido que se obtendrán resultados numéricos reales.

Alcance:

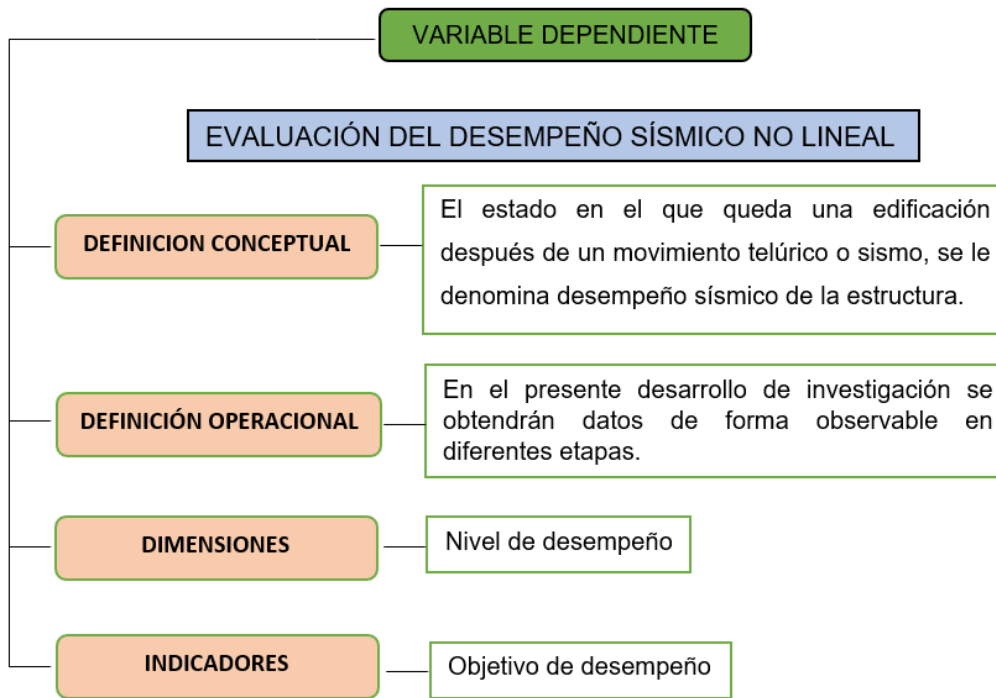
Según Hernández, Fernández, Baptista (2010) menciona una investigación **DESCRIPTIVA** “principalmente recopilar información de forma conjunta o independiente de los conceptos o variables a los que se refieren” (p. 80).

Diseño de investigación:

Según Sampieri (2010), “No se quiere variar en forma intencional las variables independientes [...]. Lo que realizamos en la investigación **NO EXPERIMENTAL** es estudiar los fenómenos tal como se da en el contexto, y proseguir a analizarlos” (p. 149).

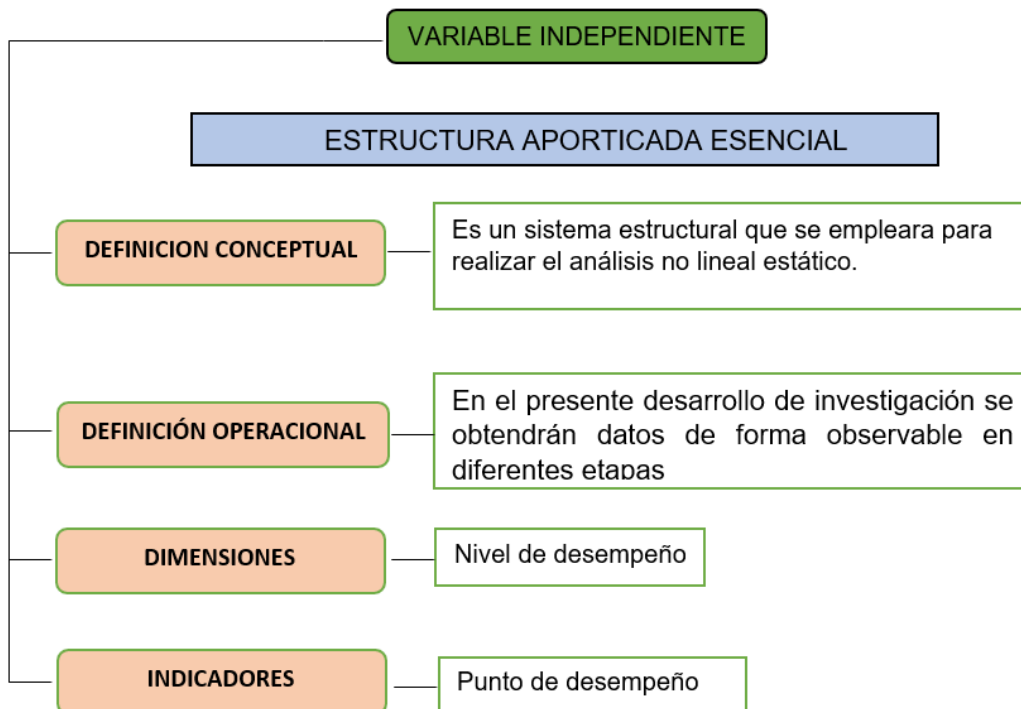
3.2. Variables y operacionalización

Figura 1. Variable dependiente



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Variable Independiente



Fuente: Elaboración propia

3.3. Población y muestra

Población

Arias (2012), la población “[...] es un grupo infinito o finito de elementos con características comunes” (p. 81).

Dicho esto, tendremos a las edificaciones antes dichas en el código peruano E.030 en el capítulo 3, Art. 3.1, tabla N°5 como población:

“Las Edificaciones esenciales no deben interrumpirse seguidamente de que ocurra un sismo severo tales como: Establecimiento de salud no comprendidos en la categoría A1” (Norma E030, 2016, p. 7).

Muestra

“La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población en estudio” (Arias, 2012, 83).

Tomamos como muestra a una sola edificación por la que tenemos más facilidad de información, ya que existen varias edificaciones esenciales que podríamos tomar como técnica de muestreo.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Técnicas

(MONJE, 2011) El proceso se hará por medio de métodos e instrumentos, los cuales serán elegidos de acuerdo con la información que se desea verificar en el método de estudio para la EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO NO LINEAL DE UN MODELO DE ESTRUCTURA APORTICADA ESENCIAL

Instrumentos

DÍAZ (2018), se refiere a los instrumentos de recolección de datos como mecanismos utilizados por el investigador para hacer posible la formulación de cuestionarios, la posibilidad de obtener información, estructurar guías, etc. Los cuales le permitirán al investigador registrar con mayor capacidad los procesos que llevará a cabo.

- a. Formatos estandarizados diseño estructural.
- b. Software de diseño estructural (ETABS V.16).

Validez

La validez, los instrumentos que se utilizan para la investigación tienen como prioridad medir de manera precisa, objetiva y veraz las variables a medir (Carrasco, 2017). Se tomará en cuenta cada grupo experimental para la obtención de resultados y el número de repeticiones.

Confiabilidad

Este proyecto de investigación es confiable y verídico, para esto se desarrollarán diversas técnicas e instrumentos; utilizando formatos de validación y formatos de aprobación de los instrumentos a utilizar, tales como:

- Fichas o formatos estandarizados según las normas técnicas peruanas.

3.5. Procedimiento

Seguidamente, se detallará los procedimientos realizados para la elaboración de este proyecto de investigación:

1.- ANÁLISIS DE FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES

Paso N°01. Se planteará un modelo arquitectónico y estructural.

Paso N°02. Se planteará un modelo estructural.

Paso N°03. Realizar consideraciones previas de diseño al modelo estructural planteado.

Paso N°04. Para calcular la fuerza cortante estática equivalente (FEE) de la estructura se utilizó todos los parámetros sísmicos detallados por la norma E.030 diseño sismo resistente.

Paso N°05. Verificación de irregularidad de la estructura.

2.- ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

Paso N°01. Determinar y verificar los modos de vibración de la estructura.

3.- DESPLAZAMIENTO Y DISTORSIONES DE DISEÑO

Paso N°01. Determinar los desplazamientos laterales multiplicando por un 0.75R para estructuras regulares y 0.85R para estructuras irregulares, conseguimos resultados del análisis elástico y lineal con las sollicitaciones sísmicas reducidas.

Paso N°02. Para finalizar, de cada entrepiso tendremos las distorsiones dinámicas en ambas direcciones de análisis el cual deberá cumplir con lo señalado en el ítem 5.2 de la norma E.030.

4.- ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL (PUSHOVER).

Paso N°01. Determinar la capacidad de la estructura.

Paso N°02. Determinar el desempeño de la estructura.

Paso N°03. Curva bilineal y sectorización de la curva de capacidad

Paso N°04. Determinar el nivel de desempeño de la estructura.

3.6. Métodos de análisis de datos´

Para DÍAZ (2018), “Se da con la prioridad de comparar resultados de diferentes series obtenidos en distintos análisis ayudándonos con fórmulas, gráficos y uso de programas relacionados al tema de investigación”.

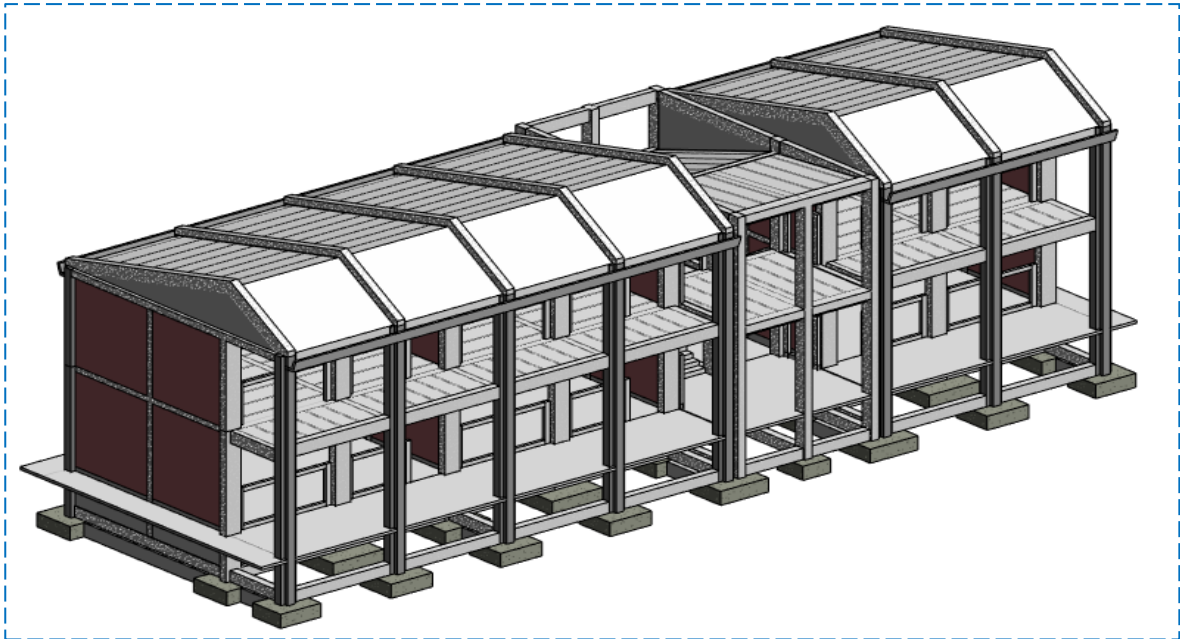
3.7. Aspectos éticos

Toda recopilación incluida como información en este trabajo de investigación ha sido citada mencionando a sus debidos autores. También los resultados que se obtendrán serán verídicos y confiables, se tomará como guía de información diferentes tesis tanto nacionales como internacionales respetando su autoría.

IV. RESULTADOS

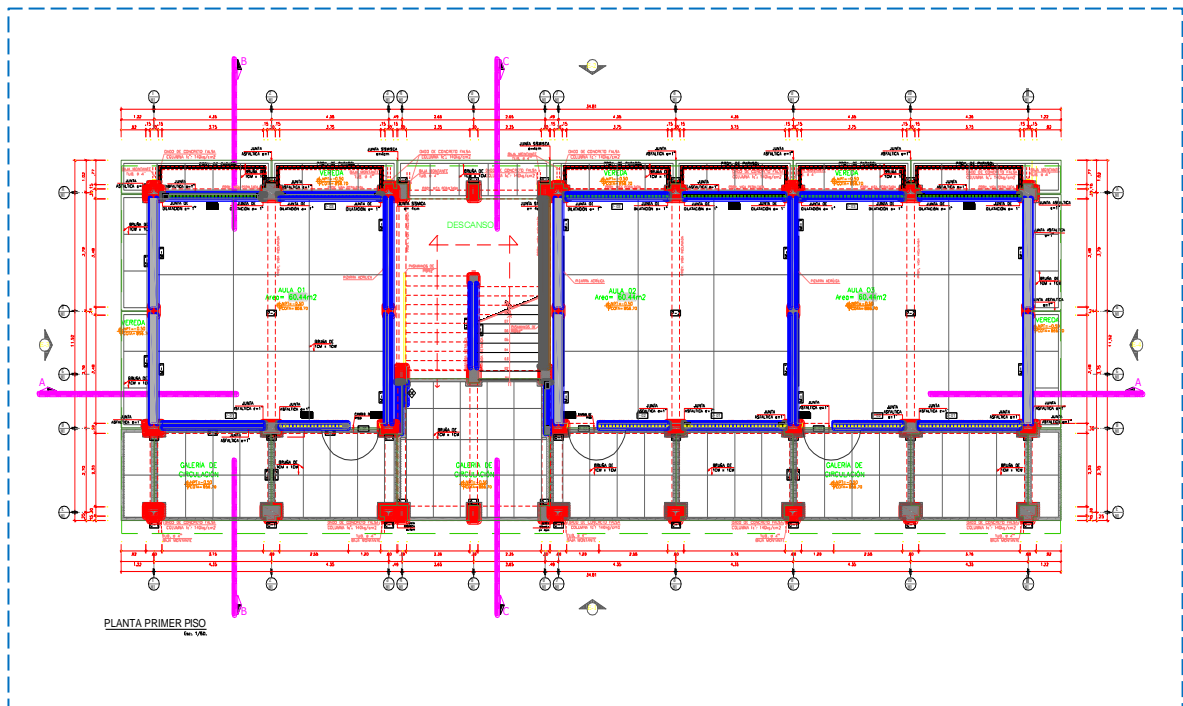
4.1. Análisis de fuerzas estáticas equivalentes (FEE)

Imagen 3. Vista de isométrico de módulo (06 aulas + escalera)



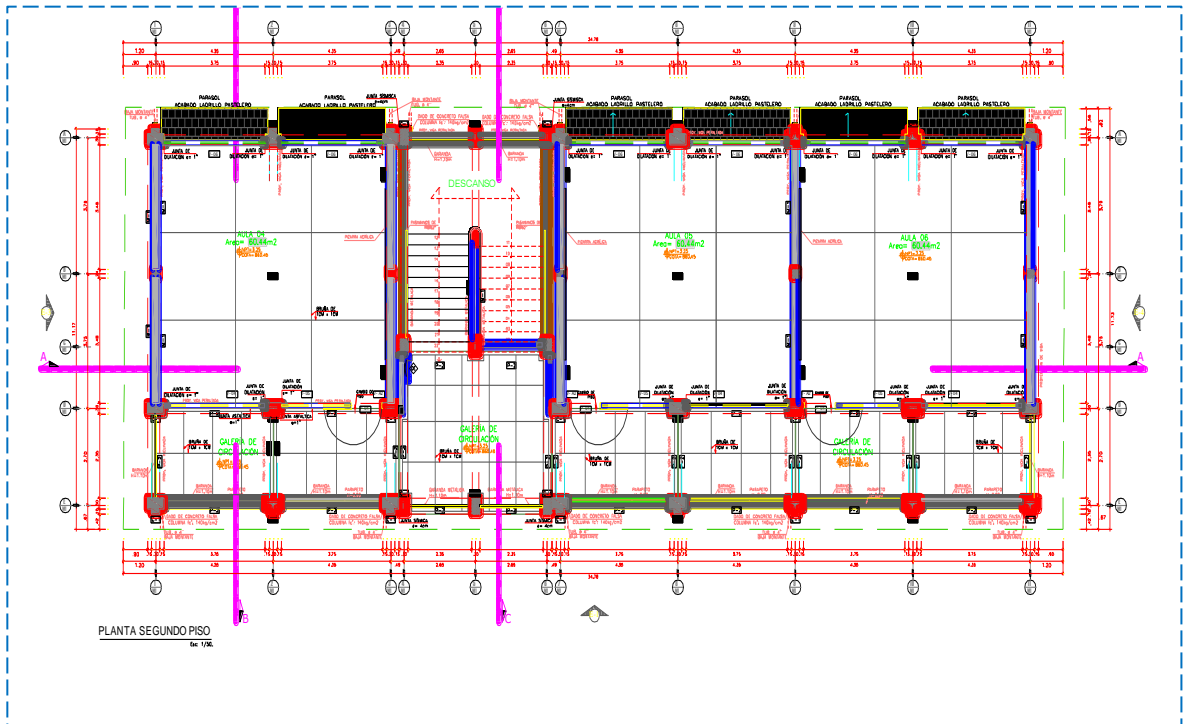
Fuente: Elaboración Propia

Imagen 4. Plantas arquitectónicas (1° nivel)



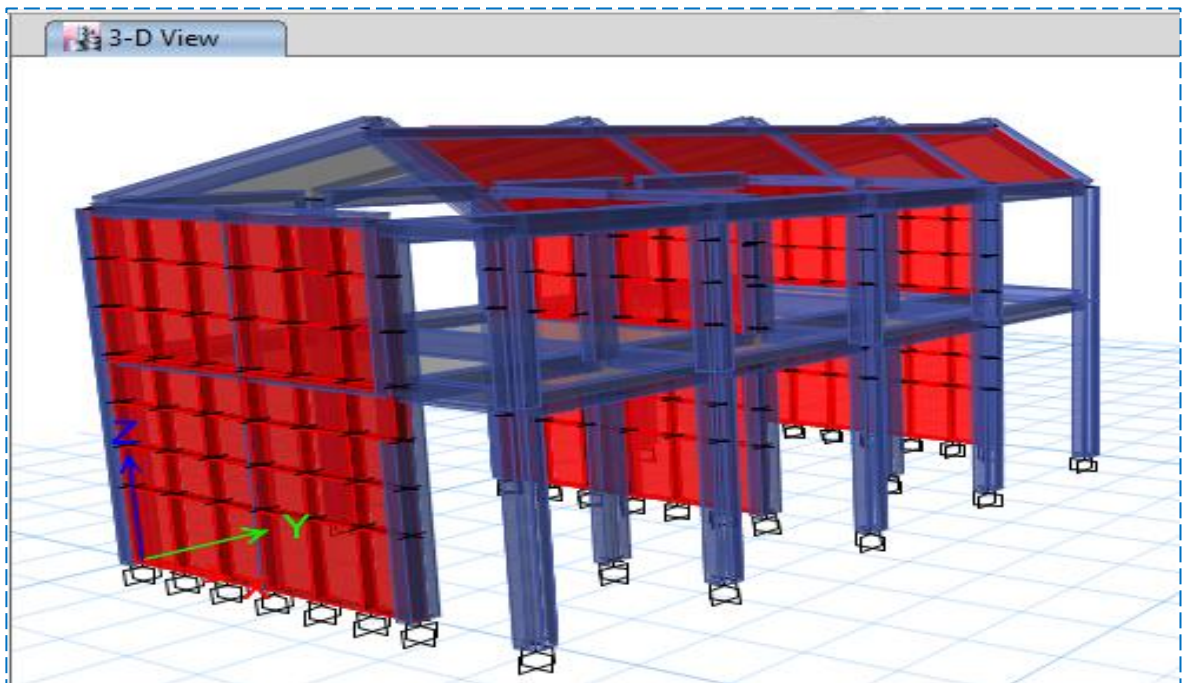
Fuente: Elaboración propia

Imagen 5. Plantas arquitectónicas (2° nivel)



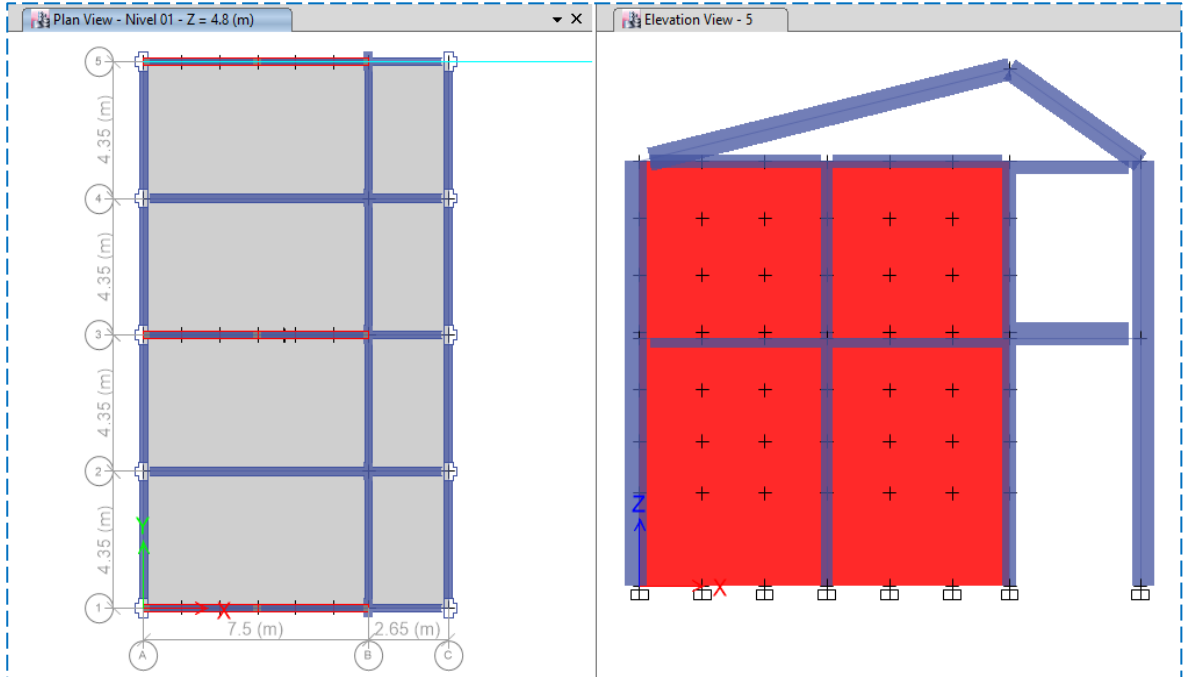
Fuente: Elaboración Propia

Imagen 6. Modelo estructural



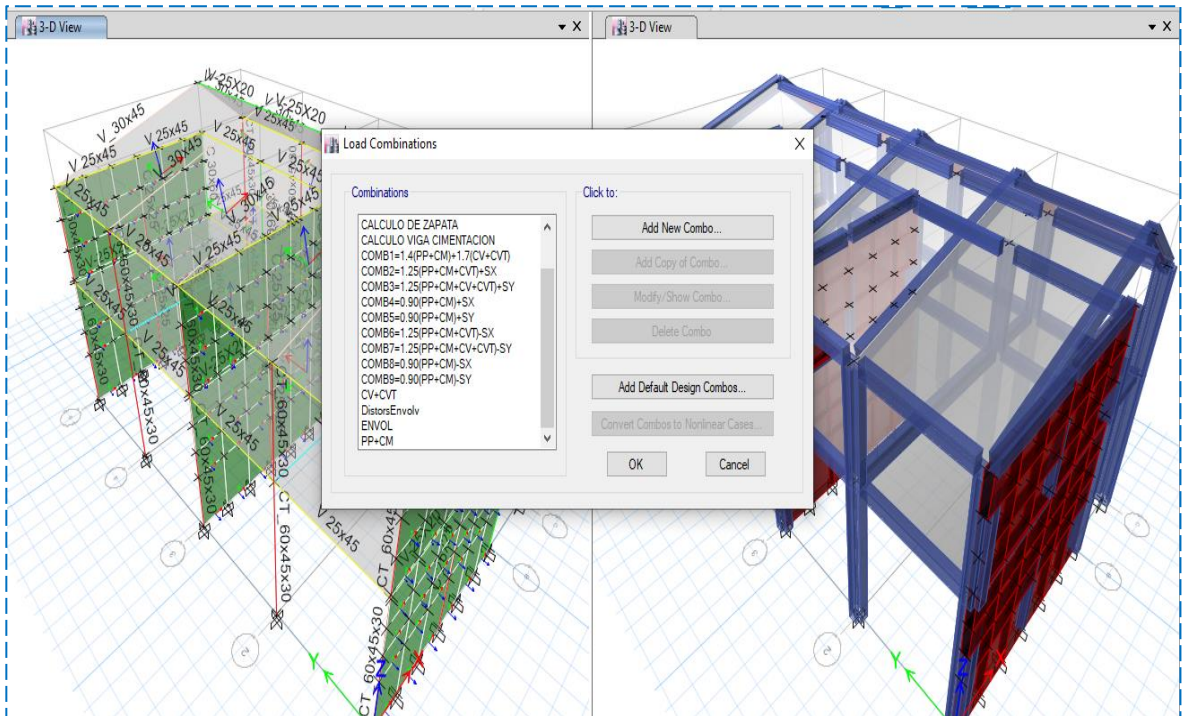
Fuente: Elaboración Propia

Imagen 7. Vista lateral y en planta de modelo estructural



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 8. Consideraciones previas de diseño



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 9. Parámetros sísmicos

Zonificación (Z)

Según el artículo 10° Zonificación – E.030-2018; el territorio peruano se considera dividido en cuatro zonas, basado en una 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 geotectónica.

Para cada zona se han distribuido factores según la Tabla N°1; que se muestra a continuación:

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Las edificaciones del Proyecto, se ubican en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento Ancash el cual según el listado del Anexo 2; se ubica en la **Zona 3**; correspondiéndole el **factor Z=0.35**

Parámetros de sitio (S, Tp, TL)

Según el artículo 13° Parámetros de sitio, se considera las condiciones locales el cual se determina en función de la "zona" como del "perfil del suelo", para nuestro caso corresponde la Zona 3 y el perfil de suelo tipo S2 asumido según la zona, mediante la Tabla N° 3; que se muestra a continuación:

ZONA	SUELO	FACTOR DE SUELO "S"			
		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

Según el cuadro anterior, para nuestra edificación le corresponde el "factor de suelo" **S = 1.15**.

Así mismo, se a partir de la determinación del tipo de perfil de suelo, S2 para nuestro caso, mediante la tabla N° 4; se obtiene el valor de los periodos T_P y T_L; Período que define la plataforma del factor C y Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante, respectivamente. Para nuestro caso corresponden: **T_P = 0.60 seg.** y **T_L = 2.00 seg.**

	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: RNE 2019

Imagen 10. Amplificación sísmica

Factor de Amplificación sísmica

Según el artículo 14° Factor de Amplificación Sísmica (C), el valor de este factor de determina de acuerdo a las características de sitio, el cual se define por las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{ll} T < T_p & C = 2,5 \\ T_p < T < T_L & C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right) \\ T > T_L & C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right) \end{array}$$

Donde "T", corresponde al periodo fundamental de vibración, el mismo que se encuentra determinado según el artículo 28.4°, el cual establece según la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T = 35$ 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.

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

Fuente: RNE 2019

Imagen 11. Sistemas estructurales

Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las Edificaciones

Categoría de la Edificación y Factor de Uso (U)

Según el artículo 15° Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U), el valor de este factor se establece según la Tabla N° 5; mediante el cual se define según el uso de la edificación, el cual se encuentra dividido mediante categorías, que para nuestro caso corresponde a la Categoría "A", Edificaciones Esenciales, correspondiente el factor **U = 1.5.**

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5

Fuente: RNE 2019

Imagen 12. Sistemas estructurales

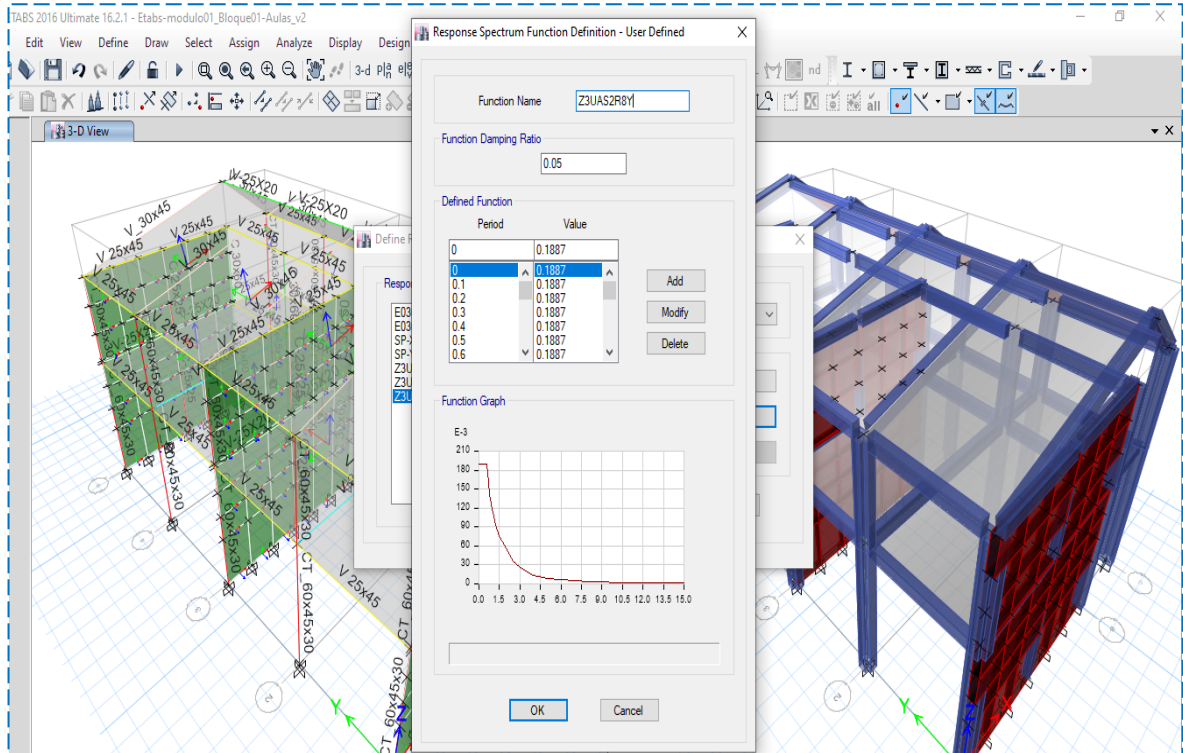
Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
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	7(**)

Fuente: RNE 2019

El sistema estructural mixto, corresponden a pórticos en el eje longitudinal de la edificación (dirección X) y albañilería confinada en el eje transversal de la edificación (dirección Y).

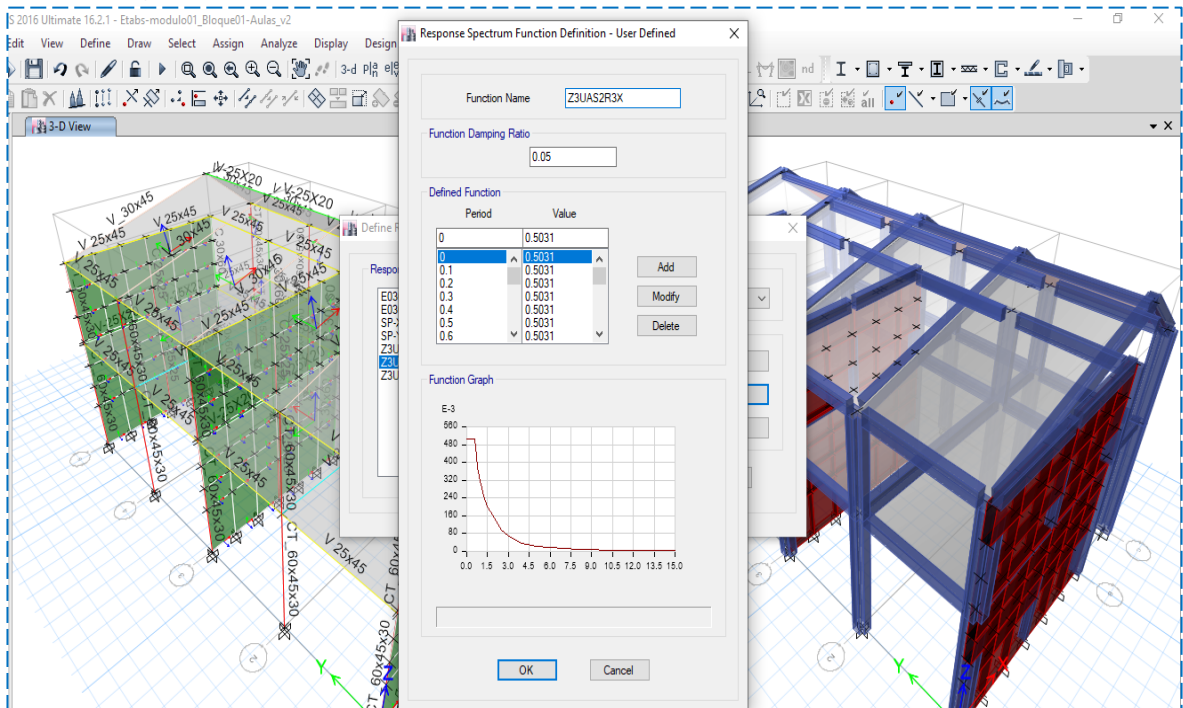
Los pórticos están conformados por una combinación de columnas de sección tipo "T" (60x45x30cm) en los ejes longitudinales extremos y por columnas de sección rectangular (60x30cm) en los ejes longitudinales intermedios, unidos mediante vigas rectangulares (30x45cm). Los pórticos se encuentran a su vez arriostrados mediante vigas longitudinales de sección rectangular (25x45cm).

Imagen 13. Espectro de diseño en Y



Fuente: Elaboración propia

Imagen 14. Espectro de diseño en X



Fuente: Elaboración propia

Imagen 15. IRREGULARIDADES EN PLANTA

Factores de Irregularidad

El artículo 19° Regularidad Estructural, define la clasificación de estructura como "regulares" o "irregulares", así mismo establece restricciones por irregularidad, establecidas mediante la Tabla N° 10

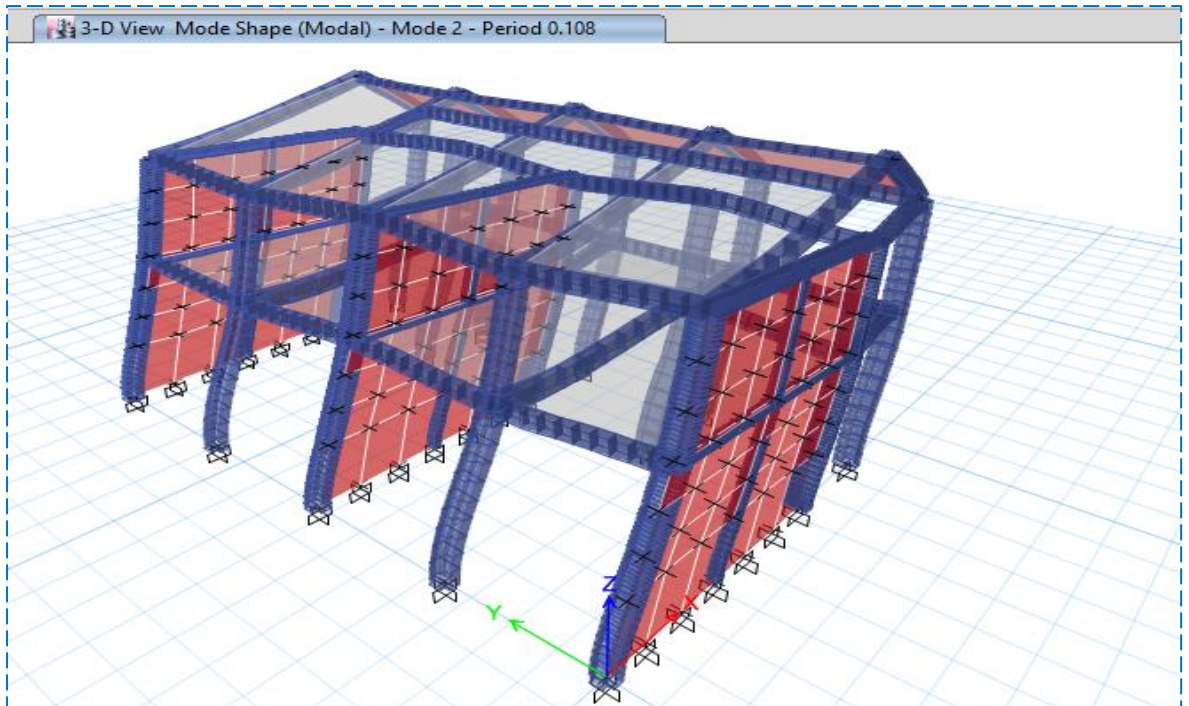
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: RNE 2019

Interpretación: según el cuadro anterior, para las edificaciones que corresponden a la categoría A, para el caso de la Zona 3, no se permiten irregularidades, por lo que, tanto en el planteamiento de la arquitectura como las evaluaciones del análisis estructural, se verifica que esta condición sea prevalectante, de manera que se pueda cumplir con los coeficientes **$I_a=1.00$** e **$I_p=1.00$**

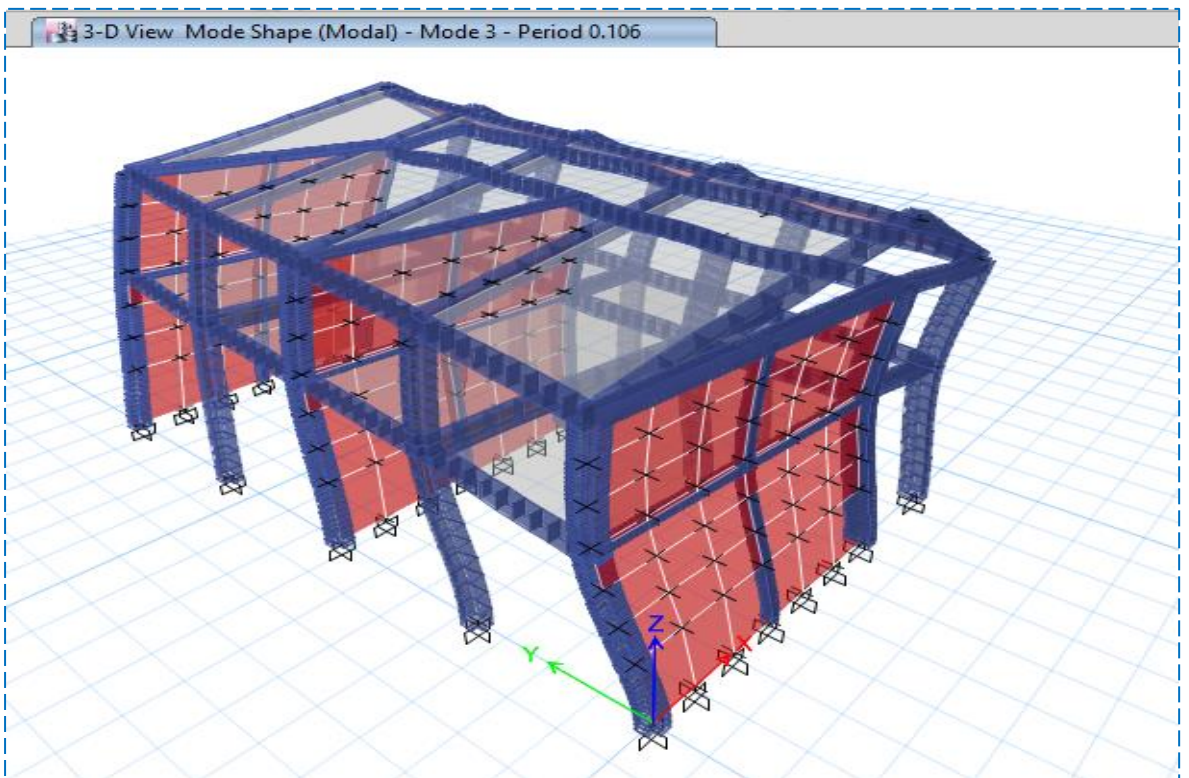
4.2. Análisis dinámico modal espectral

Imagen 16. Modo de vibración $T=0.108$



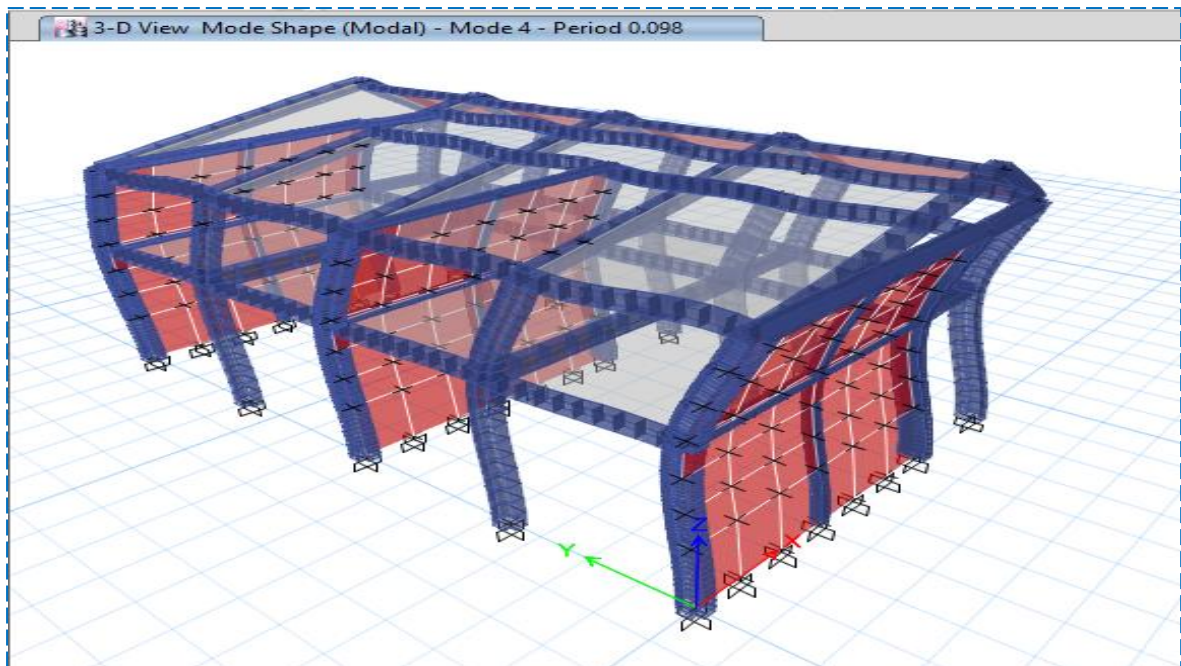
Fuente: Elaboración propia

Imagen 17. Modo de vibración $T=0.106$



Fuente: Elaboración propia

Imagen 18. Modo de vibración T=0.098



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los modos de vibración de la suma de las masas efectivas en ambas direcciones debe ser mayores al 90% de la masa de la estructura:

Imagen 19. Modal espectral máximo

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0.391	0	0.9429	0	0	0.9429	0
Modal	2	0.108	0.9406	0.0001	0	0.9406	0.943	0
Modal	3	0.106	0.0103	0.0064	0	0.951	0.9495	0
Modal	4	0.098	0.000004716	0.0505	0	0.951	1	0
Modal	5	0.036	0.0487	0	0	0.9997	1	0
Modal	6	0.035	0.0003	0.00001673	0	1	1	0

Fuente: Elaboración propia

Conforme se muestra en el cuadro anterior, a partir del modo de vibración 2 la suma de las masas efectivas; son mayores al 90% de la masa total de la estructura, cumpliendo con lo especificado en la Norma E.030.

4.3. Desplazamientos y distorsiones

Imagen 20. Para la distorsión del Entrepiso

Material Predominante	(Δ_i / h_{et})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: RNE 2019

Imagen 21. Desplazamiento admisible en X

Desplazamientos máximos por nivel Eje X-X

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum m	Average m	Ratio
Nivel 02	SXdinan Max	X	0.197182	0.184119	1.071
Nivel 01	SXdinan Max	X	0.125015	0.116717	1.071

Verificación Desplazamiento máximo permisible – Dirección X - X

Dirección X-X

I	HI altura (cm)	δ (análisis)	δ (relativo)	δ (corregido) $\delta * (0.75R)$	Δ (deriva)	Δ / HI (deriva corregida)	Deriva (E.030)
2	572.5	0.197182	0.072167	0.16237575	0.00013	0.00028	0.005
1	450.0	0.125015	0.125015	0.28128375	0.00028	0.00063	0.005

Fuente: Elaboración propia

Imagen 22. Desplazamiento admisible en Y

Desplazamientos máximos por nivel Eje Y-Y

TABLE: Story Max/Avg Displacements					
Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum	Average	Ratio
			cm	cm	
Nivel 02	SYdinam Max	Y	0.861045	0.856503	1.005
Nivel 01	SYdinam Max	Y	0.524443	0.521627	1.005

Verificación Desplazamiento máximo permisible – Dirección Y-Y

Sismo Dirección Y-Y

Nivel	HI altura (cm)	δ (análisis)	δ (relativo)	δ (corregido) $\delta * (0.75R)$	Δ (deriva)	Δ / HI (deriva corregida)	Deriva (E.030)
Nivel 02	572.5	0.861045	0.336602	2.019612	0.00059	0.00353	0.007
Nivel 01	450.0	0.524443	0.524443	3.146658	0.00117	0.00699	0.007

Fuente: Elaboración propia

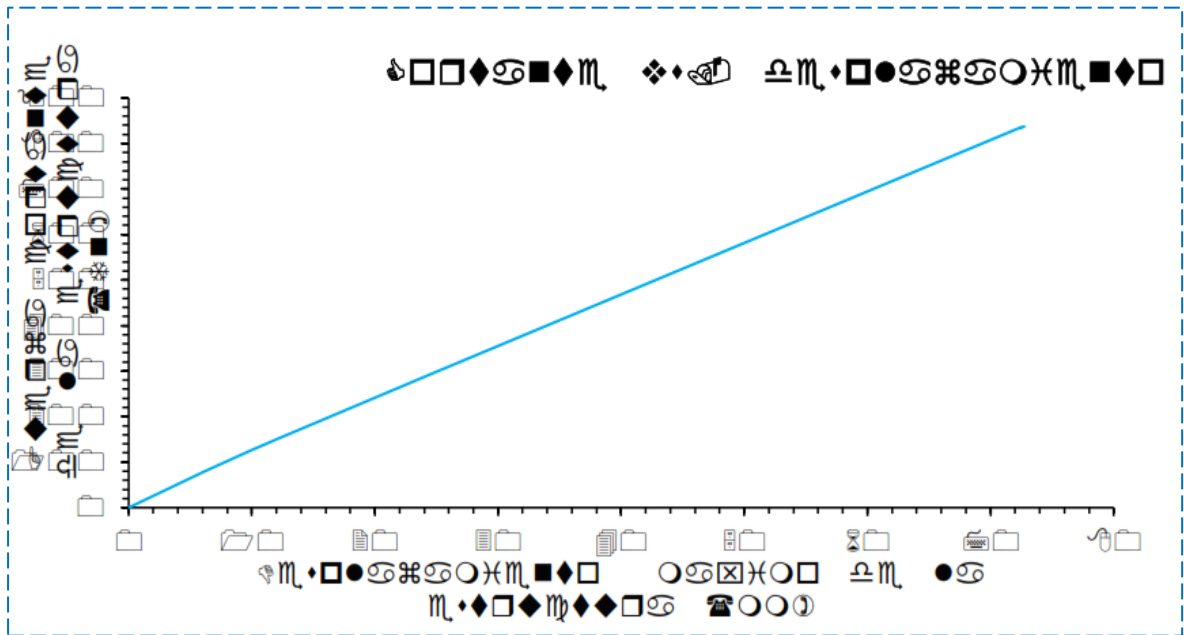
Interpretación: Diseño Sismorresistente, para el Sismo en Dirección X-X ($0.75R = 0.75 \times 3 = 2.25$); Sismo en Dirección Y-Y ($0.75R = 0.75 \times 8 = 6$).

El sistema estructural resistente que corresponde a las edificaciones del Proyecto, se ha dividido a través de dos direcciones de análisis (Eje X-X e Y-Y), siendo sistema estructural de concreto armado tipo “Pórticos” o estructura de albañilería.

Según el artículo 18° se establecen los valores “Ro”, mediante la Tabla N° 7, del cual se obtienen los valores **Ro = 8** para pórticos y **Ro = 3** para albañilería; de lo cual la deriva se encuentra dentro lo establecido en la norma E.030.

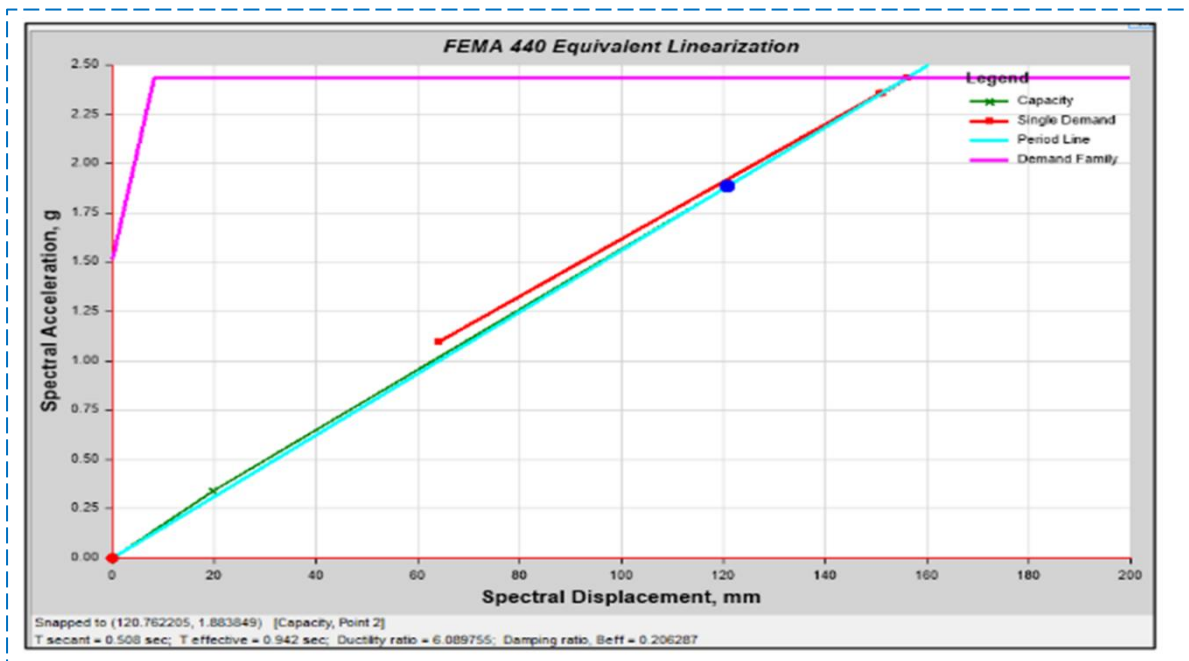
4.4. Análisis estático no lineal (PUSHOVER)

Imagen 23. Curva de capacidad de la estructura en la dirección X



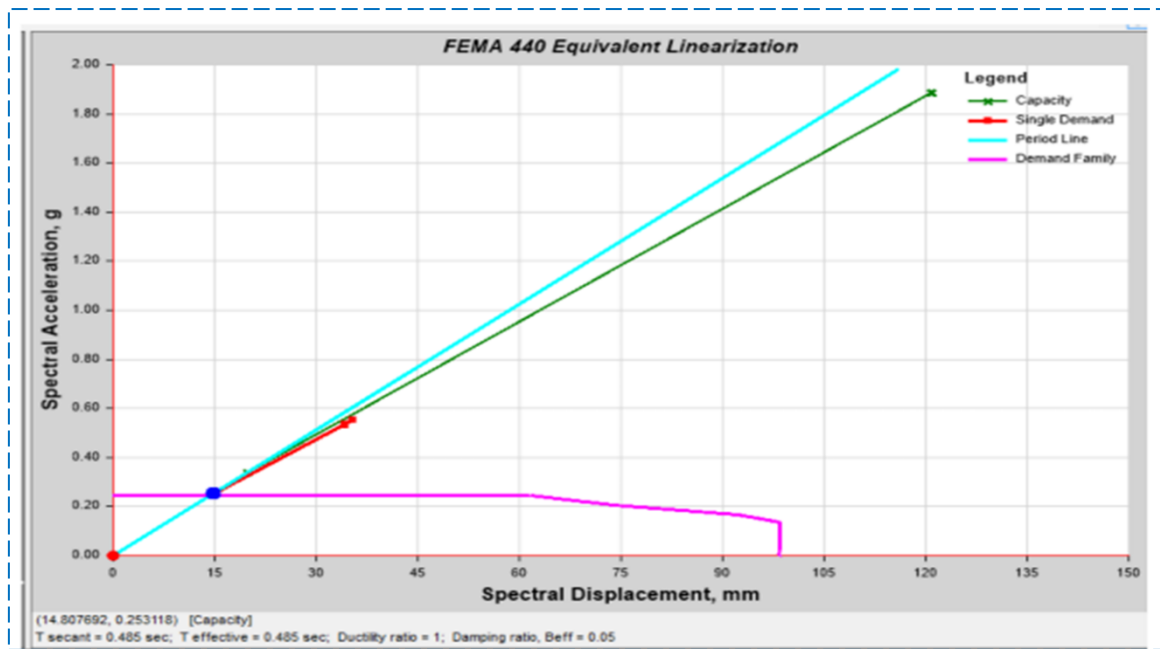
Fuente: Elaboración propia

Imagen 24. Comportamiento en la dirección X, con la norma FEMA 440 según ASCE 7-10



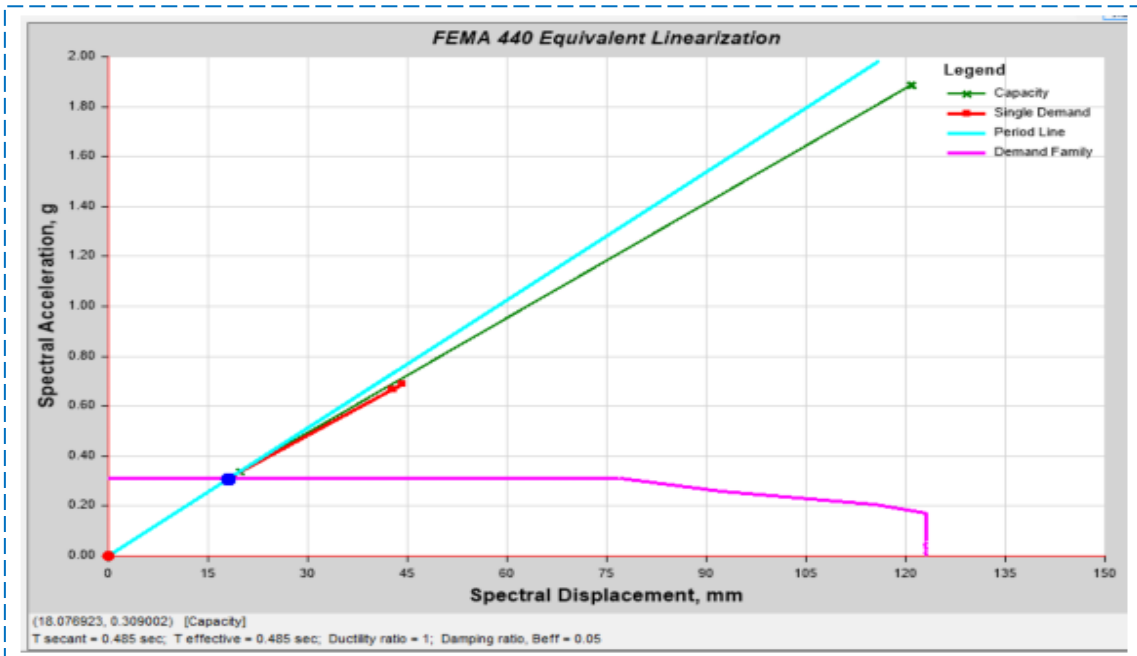
Fuente: Elaboración propia

Imagen 25. Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo frecuente (20%g).



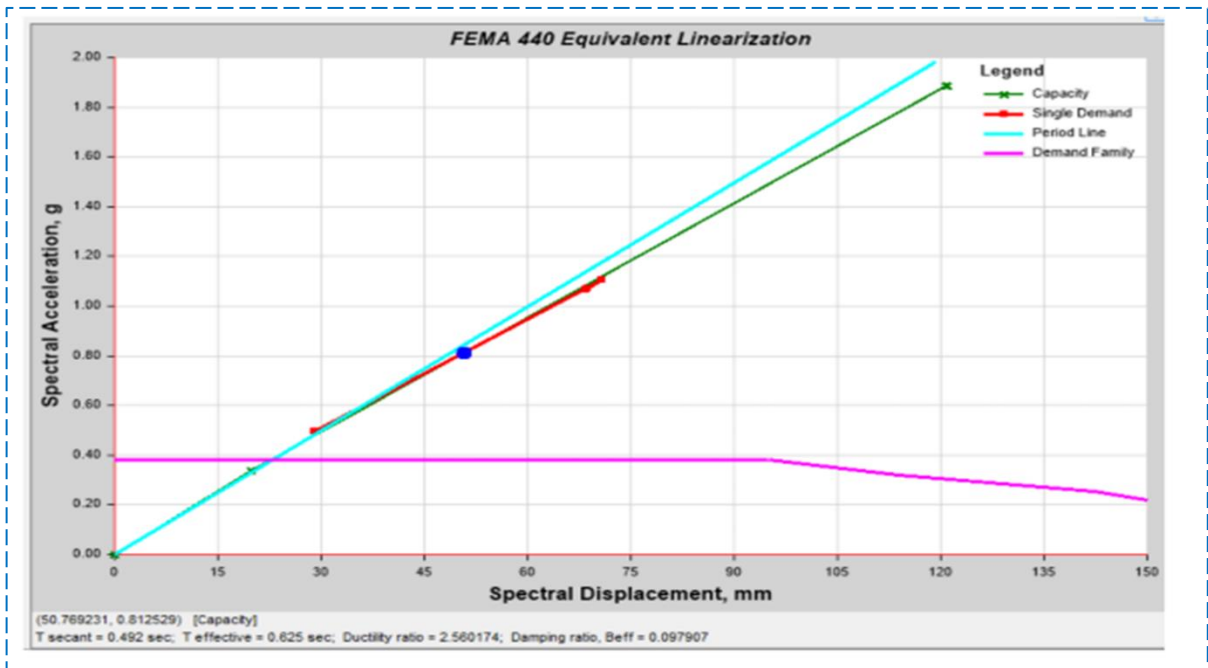
Fuente: Elaboración propia

Imagen 26. Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo ocasional (25%g).



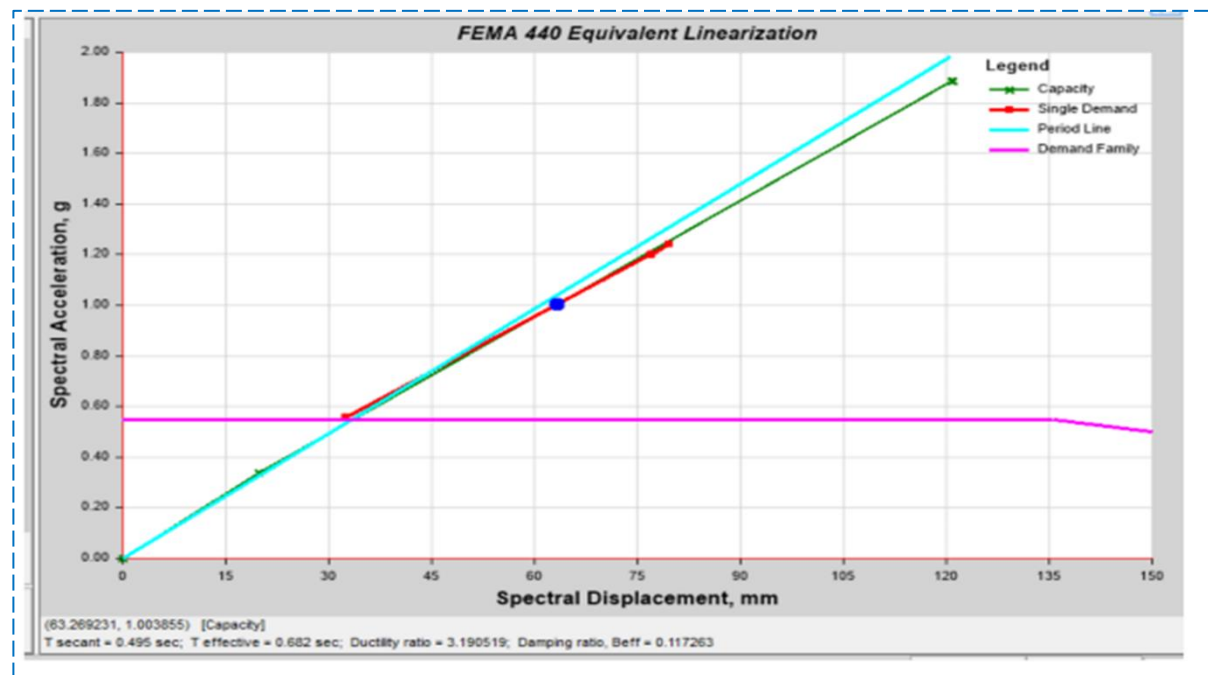
Fuente: Elaboración propia

Imagen 27. Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo raro (40%g).



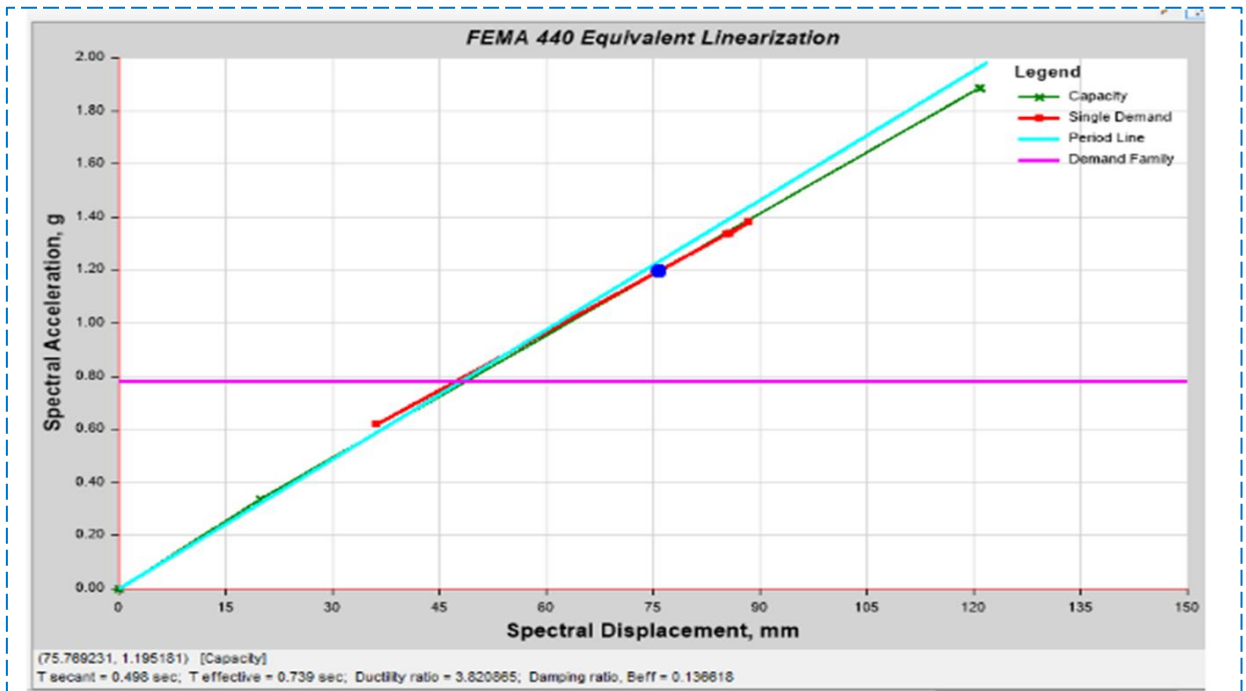
Fuente: Elaboración propia

Imagen 28. Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo raro (45%g).



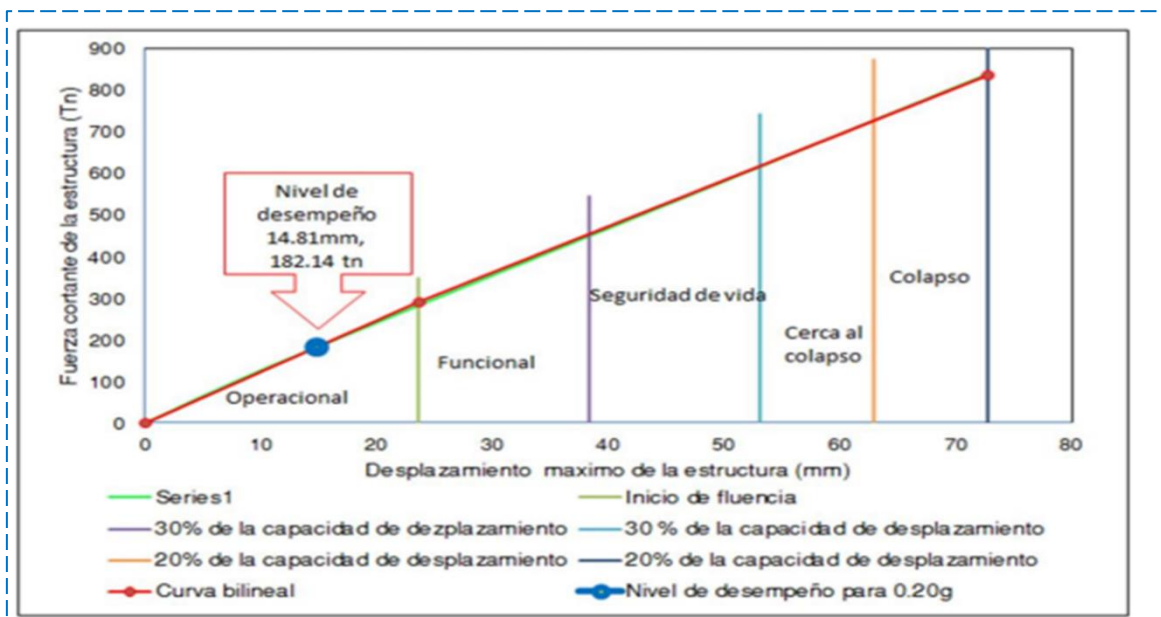
Fuente: Elaboración propia

Imagen 29 Comportamiento estructural con la norma FEMA 440 en X según ASCE 7-10 ante un sismo raro (50%g).



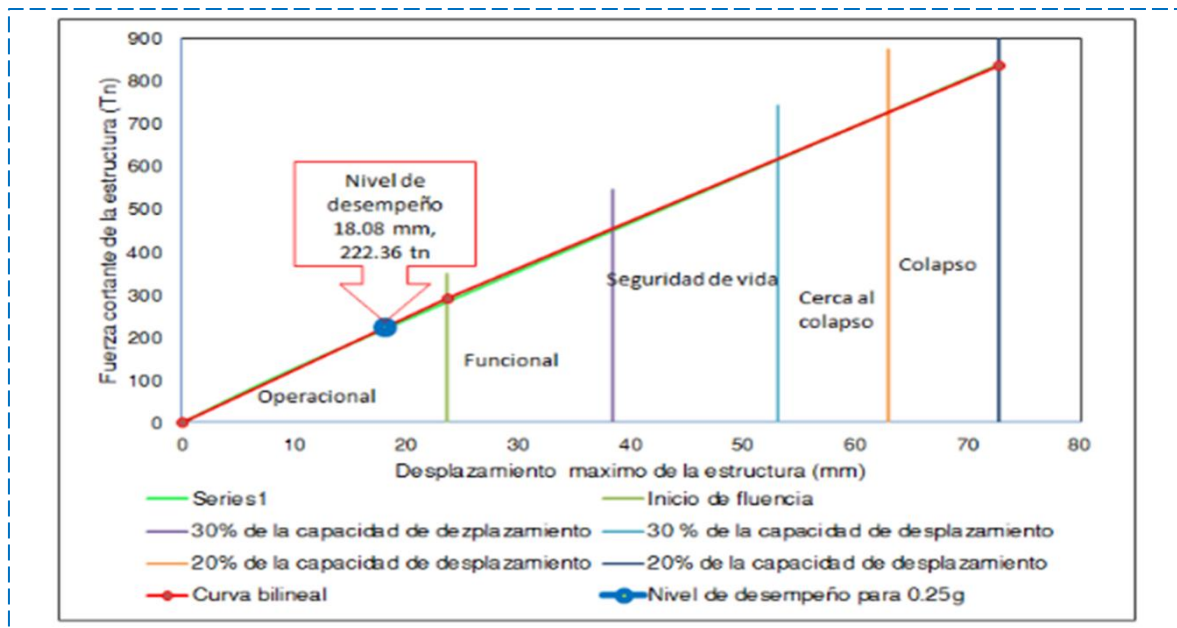
Fuente: Elaboración propia

Imagen 30. Comportamiento según FEMA 356 para un 20%, dirección X.



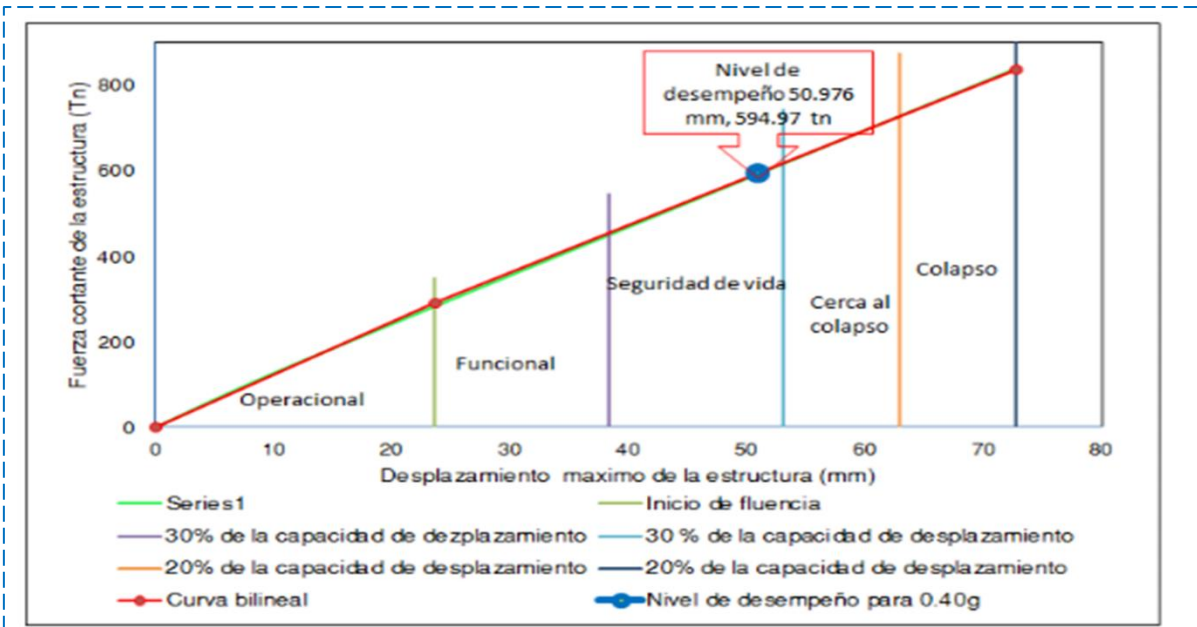
Fuente: Elaboración propia

Imagen 31. Comportamiento según FEMA 356 para un 25%, dirección X.



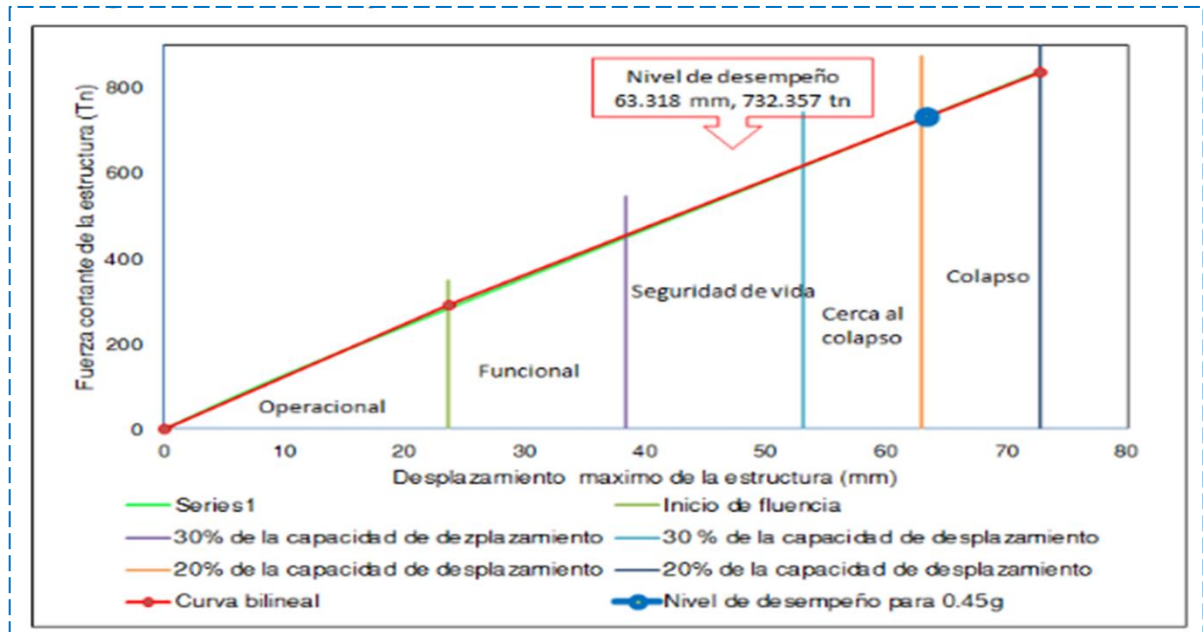
Fuente: Elaboración propia

Imagen 32. Comportamiento según FEMA 356 para un 40%, dirección X.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 33. Comportamiento según FEMA 356 para un 45%, dirección X.



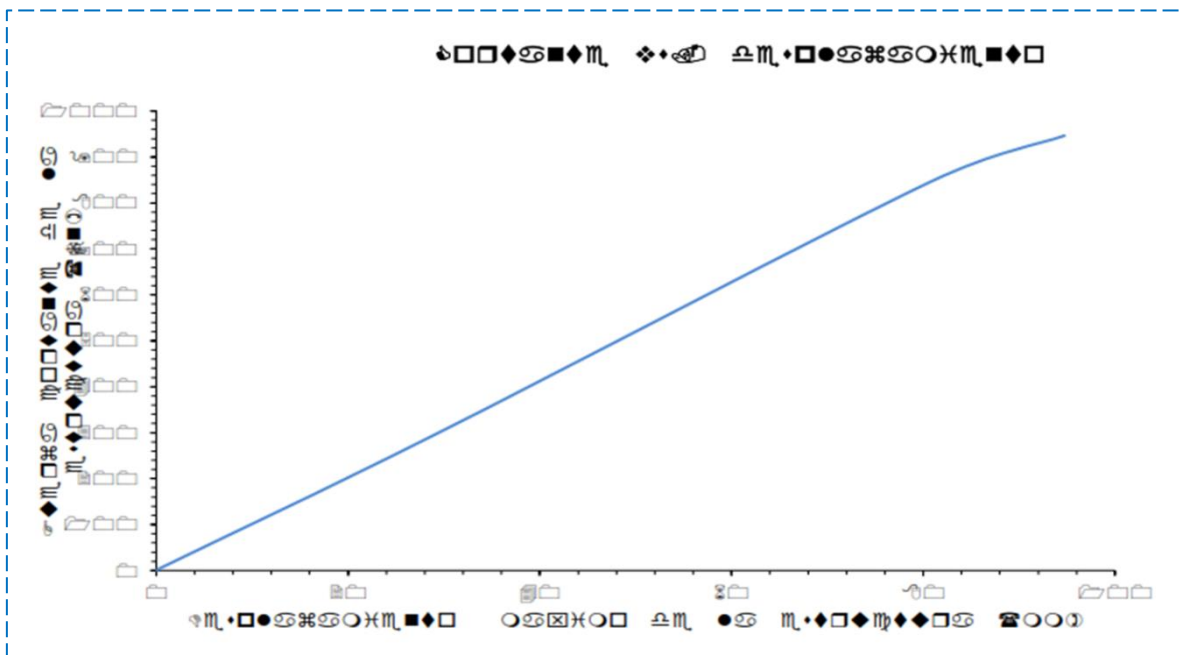
Fuente: Elaboración propia

Imagen 34. Niveles de desempeño de la estructura en la dirección X

Nivel del sismo	Niveles de desempeño sísmico				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Pre colapso	Colapso de la estructura
Frecuente 20% g	■				
Ocasional 25% g	■				
Raro 40% g		■			
Raro 45% g			■		
Muy raro 50% g					■

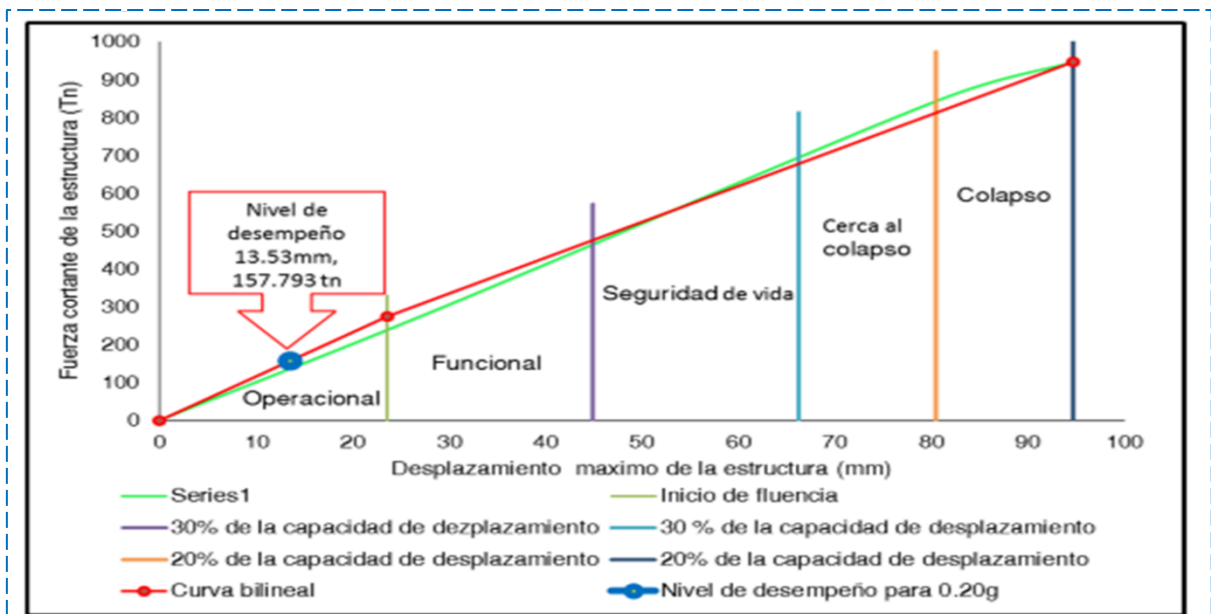
Fuente: Elaboración propia

Imagen 35. Curva de capacidad de la estructura en la dirección Y



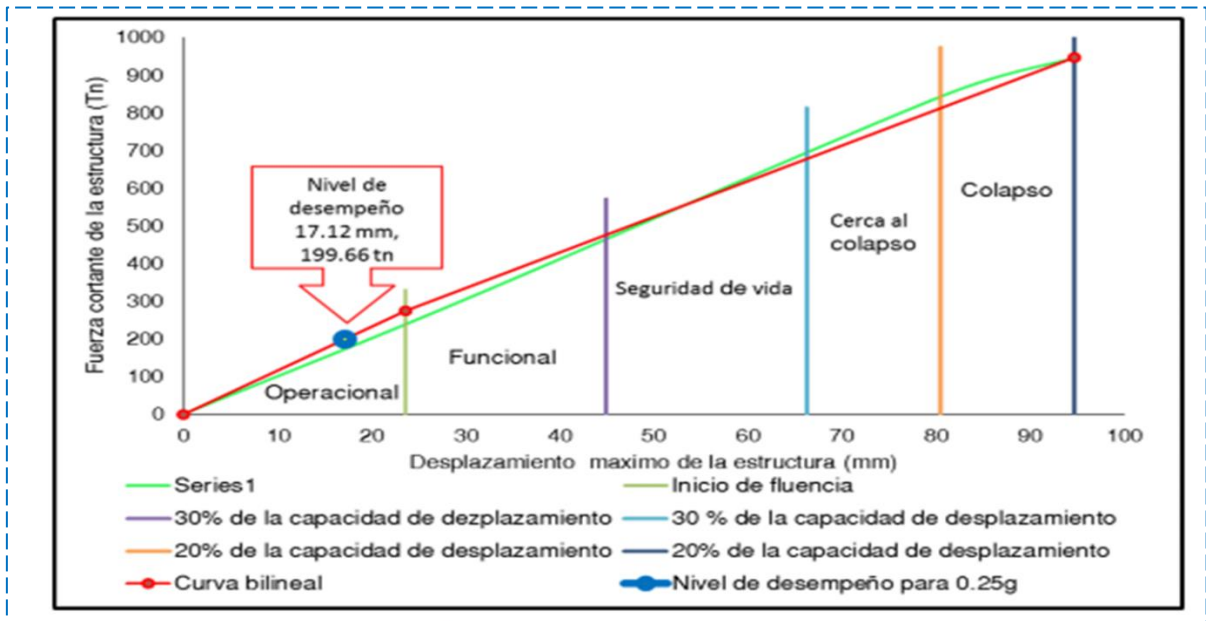
Fuente: Elaboración propia

Imagen 36. Comportamiento según FEMA 356 para un 20%, dirección Y.



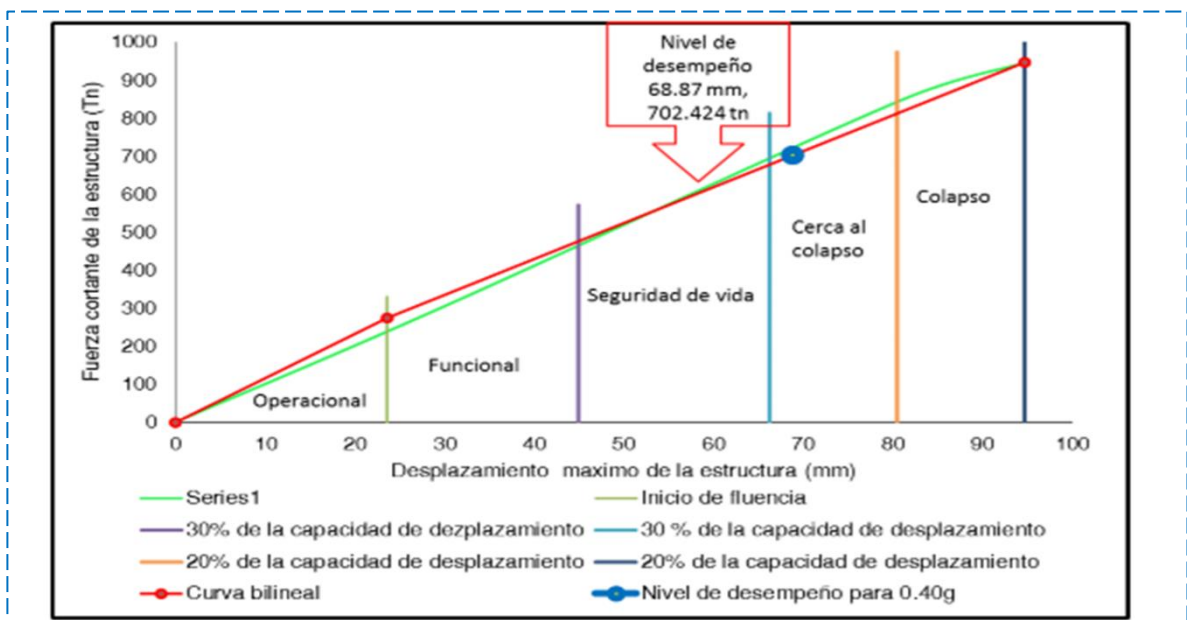
Fuente: Elaboración propia

Imagen 37. Comportamiento según FEMA 356 para un 25%, dirección Y.



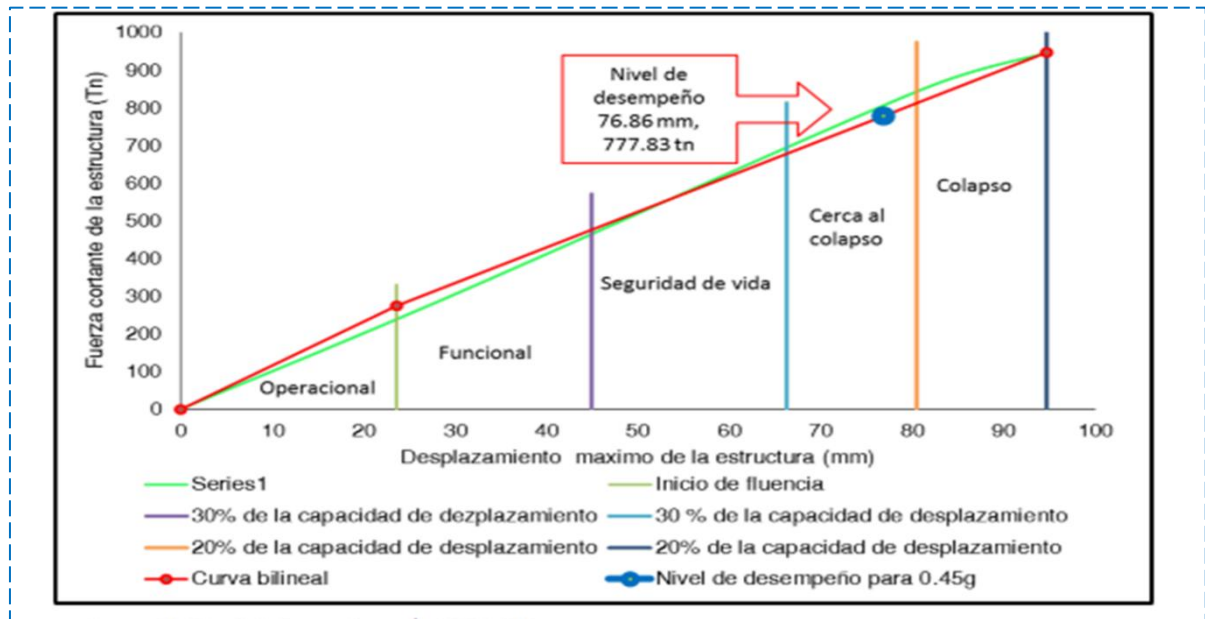
Fuente: Elaboración propia

Imagen 38. Comportamiento según FEMA 356 para un 40%, dirección Y.



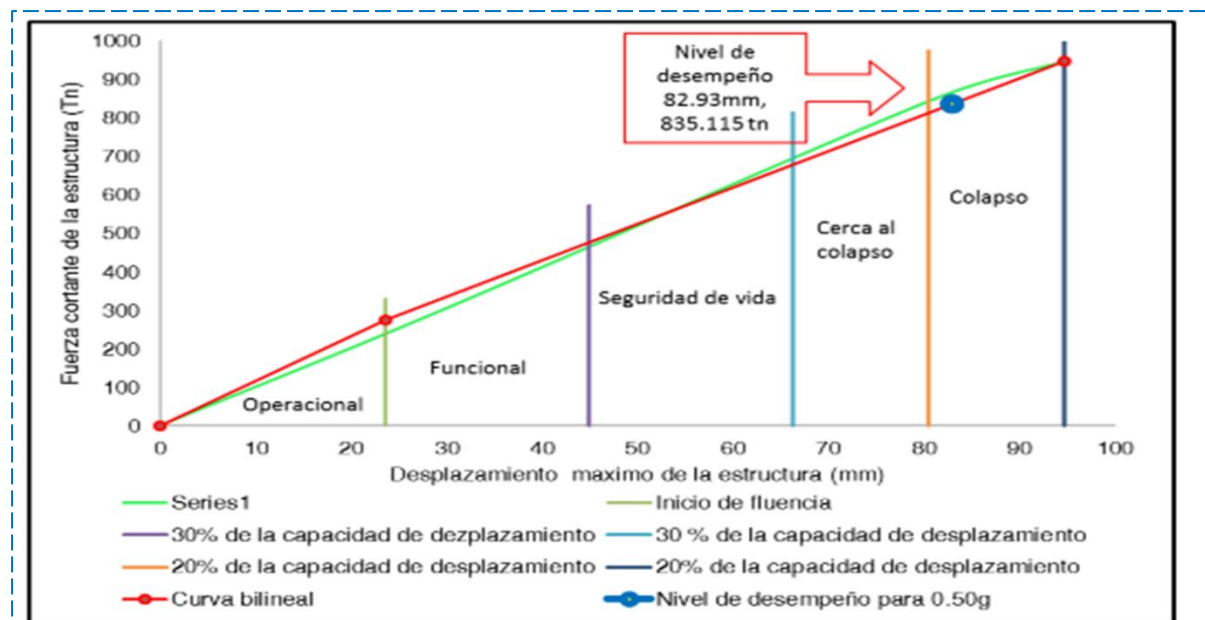
Fuente: Elaboración propia

Imagen 39. Comportamiento según FEMA 356 para un 45%, dirección Y.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 40. Comportamiento según FEMA 356 para un 50%, dirección Y.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 41. Niveles de desempeño de la estructura en la dirección Y

Nivel del sismo	Niveles de desempeño sísmico				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Cerca al colapso	Colapso de la estructura
Frecuente 20% g					
Ocasional 25% g					
Raro 40% g					
Raro 45% g					
Muy raro 50% g					

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados obtenidos por medio del análisis estático no lineal (PUSHOVER) determinó que la estructura en la dirección **X**, según el espectro de diseño de la norma E.030, con un desplazamiento de 63.318 mm y una fuerza cortante de 777.83 toneladas, se encuentra en el nivel de colapso para un sismo.

Sin embargo, en la dirección **Y**, según el espectro de diseño de la norma E.030, generando un desplazamiento de la estructura de 76.86 mm y una fuerza cortante de 777.83 toneladas, se encuentra en el nivel de cerca al colapso para un sismo.

V. DISCUSIÓN

1. PEREZ, J; BRUNO, J. "Introducción al Análisis No Lineal de Estructuras. 2018". Para analizar una estructura se debe fundamentar en fijar ciertas hipótesis físicas y mecánicas sobre el proceder de dichas estructuras, para así poder adquirir y solucionar el modelo matemático obtenido y por consiguiente la interpretar los resultados.

De las condiciones previas de diseño estructural, para esta investigación que corresponde a la categoría A, para el caso de la Zona 3, no se permiten irregularidades, por lo que, tanto en el planteamiento de la arquitectura como las evaluaciones del análisis estructural, se verifica que esta condición sea prevaleciente, de manera que se pueda cumplir con los coeficientes $l_a=1.00$ e $l_p=1.00$.

Para lo cual una de los criterios de diseño es determinar la categoría de la edificación y su sistema estructural predominante, debido que las normas peruanas son muy conservadores en sus restricciones de parámetros sísmicos.

2. DEIERLEIN, G; REINHORN, A; WILLFORD, M. "Análisis estructural no lineal para diseño sísmico 2020" (artículo). Indican que los parámetros se calculan con suficiente precisión para el diseño. Los criterios de aceptación para el desempeño sísmico pueden variar dependiendo de si el análisis no lineal estático o dinámico es utilizado y cómo las incertidumbres asociadas con las demandas y se manejan los criterios de aceptación. Por ejemplo, el componente modelos, parámetros de demanda y criterios de aceptación empelados en los métodos estáticos no lineales deben tener en cuenta implícitamente los efectos cíclicos efectos de degradación que no se modelan en el análisis estático.

En modelo estructural planteado en esta investigación, se tomo como parte del diseño inicial el diseño dinámico en cada dirección y cuyos modos de vibración y de participación modal son la suma de la masa efectiva mayor al 90% de la masa de la estructura; donde la suma de las masas efectivas a

partir del modo de vibración 2; son superiores al 90% de la masa total de la estructura, con ello cumpliendo lo formulado en la Norma E.030.

Así mismo para poder realizar un análisis no lineal, se deberá contar con los resultados del análisis dinámico espectral de diseño sismorresistente para poder definir la relación de los desplazamientos con la cortante basal.

3. HERRERA, M. "Desempeño sísmico en estructuras aporricadas de concreto armado y de albañilería confinada utilizando aisladores elastoméricos 2018". Menciona que hay seis estructuras, entre los cuales 03 porticos y 03 de albañilería confinada. Obteniendo resultados de derivas de entrepiso, desplazamientos laterales y fuerza cortante en la base periodo , se llevo a cabo una pariedad para estudiar las diferencias entre los dos sistemas constructivos antes mencionados. Concluyendo que los LRB son eficientes para ambos sistemas, incrementando el periodo a valores similares para los dos sistemas y reduciendo la cortante basal. Sin embargo, para la albañilería confinada el radio de variación es mucho mayor.

Para la presente investigación, según el artículo 18° Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_o) se establecen los valores " R_o ", mediante la Tabla N° 7, del cual se obtienen los valores $R_o = 8$ para pórticos y $R_o = 3$ para albañilería; de lo cual la deriva se encuentra dentro lo establecido en la norma E.030.

4. HER INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. "Respuesta no lineal a un tipo de movimiento de entrada sísmica 2019" (artículo científico). Explica que, de acuerdo con el estado de la técnica, es muy probable que el pobre desempeño predictivo mencionado anteriormente vinculado al hecho de que la mayoría de las estructuras exhiben un comportamiento no lineal bajo movimientos de entrada sísmica. En consecuencia, en el caso de movimientos de entrada de campo cercano, al calcular la respuesta estructural en un supuesto de comportamiento lineal, la estimación de desplazamiento es generalmente más confiable que la estimación de tensión, mientras que, lamentablemente, la evaluación de la estructura se basa en el análisis de tensión.

Con los resultados conseguidos se determinó que la estructura en la dirección X sometidas al análisis estático no lineal (PUSHOVER) , se encuentra en el nivel de colapso en caso de que ocurra un sismo conforme el espectro de diseño de la norma E.030, con una fuerza cortante de 732.357 toneladas y un desplazamiento de 63.318 mm .

Por otro lado , en la dirección Y, se encuentra en el nivel de cerca al colapso para un sismo conforme el espectro de diseño de la norma E.030, generando una fuerza cortante de 777.83 toneladas y un desplazamiento de la estructura de 76.86 mm .

VI. CONCLUSIONES

1. La estructura de diseño corresponde a una categoría A, para el caso de la Zona 3, por lo que no se permiten irregularidades, por lo que, tanto en el planteamiento de la arquitectura como las evaluaciones del análisis estructural, se verifica que esta condición sea prevaleciente, de manera que se pueda cumplir con los coeficientes $l_a=1.00$ e $l_p=1.00$.
2. En modelo estructural planteado en esta investigación, la suma de las masas efectivas a partir del modo de vibración 2; son $> 90\%$ de la masa total, verificando con la Norma E.030.
3. Cumpliendo en el artículo 18° Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_o) se establecen valores " R_o ", mediante la Tabla N° 7, del cual se obtienen los valores **$R_o = 8$** para pórticos y **$R_o = 3$** para albañilería; de lo cual la deriva se encuentra dentro lo establecido en la norma E.030.
4. Se determinó que la estructura en la dirección X según el análisis estático no lineal (PUSHOVER) se encuentra en el nivel de colapso para un sismo conforme el espectro de diseño de la norma E.030, con una fuerza cortante de 732.357 toneladas y un desplazamiento de 63.318 mm.
Sin embargo, en la dirección Y, se encuentra en el nivel de cerca al colapso para un sismo conforme el espectro de diseño de la norma E.030, generando una fuerza cortante de 777.83 toneladas y un desplazamiento de la estructura de 76.86 mm .

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear esta metodología de PUSHOVER para otras estructuras con mayor número de niveles y verificar resultados de los coeficientes de Reducción (R).
2. Se recomienda realizar un mismo estudio, en los diferentes tipos de edificación, así como en centros comerciales o hospitales mediante conformidad con la Norma E0.30 y utilizando la metodología de PUSHOVER
3. Se recomienda utilizar otros programas de diseño como el SAP 2000, para de esa manera obtener valores finales del coeficiente (R)
4. Se recomienda también evaluar el coeficiente (R) para estructuras irregulares, ya que si son estructuras irregulares esto influirá y alterará el coeficiente (R), puesto que cambiarán las fuerzas cortantes y el diseño estructural tendrá más demanda

REFERENCIAS

- HERRERA, SABA, MENDOZA, UGEL. “VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CONCRETO ARMADO DE CINCO NIVELES, CON IRREGULARIDAD EN PLANTA Y VARIACIONES EN EL DIAFRAGMA DE PISO 2018”. *Sistema de Información Científica Redalyc Red de Revistas Científicas*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427749623012>
- KALKAN, KUNNATH. “EVALUATION OF SEISMIC DEFORMATION DEMANDS USING NONLINEAR PROCEDURES IN MULTISTORY STEEL AND CONCRETE MOMENT FRAMES”. *ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 445, Vol. 41, No. 1, March 2004, pp. 159-181*. Disponible en: <http://home.iitk.ac.in/~vinaykg/lset445.pdf>
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Respuesta no lineal a un tipo de movimiento de entrada sísmica 2019”. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE_1655_web.pdf
- DEIRLEIN, REINHORN, WILLFORD. “Análisis estructural no lineal para diseño sísmico 2020”. *NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 4*. Disponible en: <https://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr10-917-5.pdf>
- AGUIAR, MORA, TIPANLUISA. ANÁLISIS NO LINEAL DINÁMICO DE ESTRUCTURAS CON AISLADORES FPT CON CEINCI-LAB. Vol. 22, 1 87-111(2019). Disponible en: https://ia801604.us.archive.org/7/items/Articulo5_201704/Art%C3%ADculo%205.pdf
- INTELLIGY. ANÁLISIS NO LINEAL 2021. (PAGINA WEB). Disponible en: <https://intelligy.com/simulation/analisis-no-lineal/>
- BARBAT, VARGASA, HURTADO. *Evaluación probabilista del riesgo sísmico de estructuras con base en la degradación de rigidez. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería Volume 32, Issue 1, January–March 2016, Pages 39-47*. Disponible en: https://www.scipedia.com/public/Barbat_et_al.2015a

- GUTIERREZ, A. *MÉTODO DE ANÁLISIS NO LINEAL (Pushover) Recopilación de A. Gutiérrez, diciembre 2018.* Disponible en: https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/ci_23_-_21_notas_sobre_el_metodo_de_analisis_no_lineal.pdf
- TOMAS, A; LOPEZ, A. “*Influencia del tipo de rótula plástica en el análisis no lineal de estructuras de hormigón armado*” VOL. 68 NÚM. 282 (2019): *HORMIGÓN Y ACERO.* Disponible en: <https://www.hormigonyacero.com/index.php/ache/article/view/1851>
- CORDOVA, C. “*ANALIS NO LINEAL DE ESTRUCTURAS*”. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/35738032/ANALISIS-NO-LINEALpdf/>
- CARRETEROS. “*INSTRUCCIÓN DE HORMIGON ESTRUCTURAL*”. Artículo 24.º Regiones D. Disponible en: <http://www.carreteros.org/normativa/ehe/apartados/24.htm>
- CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. Lima, 2017. Disponible en: https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_
- CARRASQUILLO, Ramón. CIP 38 Concreto permeable. (Artículo científico). National Ready Mixed Concrete Association. 2006. Disponible en: <https://es.slideshare.net/tonicoludovico/cip38es-1>
- CARRASQUILLO, Ramón. CIP 16 Resistencia a Flexión del concreto. (Revisit Scientific). National Ready Mixed Concrete Association.2006. Disponible en: <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>
- CEMEX. Diseño de mezclas de Concreto ACI COMITÉ 211. Disponible en: https://www.academia.edu/40296179/Dise%C3%B1o_de_mezclas_de_Concreto_ACI_COMIT%C3%89_211?auto=download
- GÓMEZ, Jesús; VILLASÍS Miguel Á.; MIRANDA María G.; El protocolo de investigación III: la población de estudio. (Artículo científico) Revista Alergia México. Mexico. 2016. Disponible en: <http://revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/181/309>

- GUTIERREZ, Laly. Concreto hidráulico en construcción y minería. (Revista científica) Posada Perú. 2017. Disponible en: <https://www.posada.pe/concreto-hidraulico/>
- HALWAY, Midrand. Cement & Concrete Institute. Portland Park. 2007. Disponible en: <http://www.imcyc.com/ct2007/feb07/problemas5.htm>
- HU, Xinyu and GUO, Yihong. The Mechanical Properties and Chloride Resistance of Concrete Reinforced with Hybrid Polypropylene and Basalt Fibres. (Scientific article). 2019. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6696440/>
- NETZSCH. Módulo de rotura. (Scientific article). Germany. 2010. Disponible en: <https://www.netzsch-thermal-analysis.com/es/productos-soluciones/pruebas-de-refractarios/hmor-422-d3/>
- NORMA E.060 Concreto Armado. Lima. 2019. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=190>
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.034. HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima. 2008. Disponible en: https://nanopdf.com/download/ensayo-de-compresion-en-probetas-cilindricas-de_pdf
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.078. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Lima. 2013. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/371812092/NTP-339-078-Ensayo-de-Flexion-pdf>
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.127. SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Lima. 1998. Disponible en: <https://es.slideshare.net/yonerchavezburgos/contenido-de-humedad-ntp-339127-66868763>
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.128. SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. Lima. 1999. Disponible en: <https://es.slideshare.net/carolinaalesandra/analisis-granulometrico-por-tamizado>

- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.022.13. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima. 2013. Disponible en: https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino_59c03df208bbc5f314686f9e_pdf
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Norma E0.30 Concreto Armado (R.N.E.). SENCICO. Lima. Perú. 2019. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=190>. ISBN: 978-9972-9433-4-8
- REYES, Gardy. Historia de la ingeniería civil. (Artículo Científico). 2016. Disponible en: <http://gardysreyes.tripod.com/historia.htm>
- REYNOSA, Morales Avaliação da sustentabilidade de tres métodos de produção de concreto com base no controle de qualidade. (Artículo científico). Revista ALCONPAT. México. 2017. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427649656007_5
- ROMERO, Nydia. Concreto reciclado: una revisión. (Artículo científico). Revista de Ingeniería Alconpat, 2017. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352015000300235#aff1
- SOLUTIONS. How to Evaluate Compressive Strength of Concret. Fprimec. (Revist Scientific). 2016. Disponible en: <https://www.fprimec.com/how-to-evaluate.compressive-strength-of-concrete/>
- UMACON. ¿Qué es el cemento Portland? (Artículo científico). Santa Isabel. 2017. Disponible en: <http://www.umacon.com/noticia.php/es/que-es-el-cemento-portland-tipos-y-caracteristicas/413>
- VINCENT Voon. Effect of concrete compressive strength with various natural additives fiber for green environment. Faculty of Civil Engineering and Earth Resources. Universiti Malaysia Pahang. 2010. Disponible en: http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/3296/1/VINCENT_VOON_BOO_CHUA_N.PDF
- YANA Luhui AND SHUAISHUAI Wangb. Experimental Research on Mechanical Properties of Steel- UHMWPE Hybrid Fiber Reinforced Concrete.

(Scientific article). National University of Defense Technology, Changsha, China. 2018. Disponible en: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/452/2/022102/pdf>

WAHEED, Abdul y RAZA, Zishan. *Comparison and evaluation of the compressive strength of steel fibers, polypropylene fibers and fiber fibers Modified concrete*. (Artículo científico). Revista de IJSRD. 2017. Disponible en: <http://www.ijsrd.com/articles/IJSRDV5I30913.pdf>

REVISTA *Asiática de Ciencia de los Materiales: [en línea]*, 2010 [fecha de consulta: 20 de mayo de 2019]. Disponible en <https://scialert.net/abstract/?doi=ajmskr.2010.121.136>.

LLANO, Alex. 2015. “*Diseño estructural de una edificación de seis pisos mediante un análisis lineal controlado por derivas inelásticas y una comprobación con un análisis estático no lineal, aplicando la técnica de pushover*”. Quito: s.n., 2015.

OLIVA, Jorge. 2017. “*Curvas de capacidad y fragilidad estructural de tipologías comúnmente usadas en El Salvador*”.

OTAZZI, Gianfranco. 2014. *Apuntes del curso Análisis Estructural I*. Pontificia Universidad Católica, Facultad de Ciencias e Ingenierías, 2014.

PADILLA, Gonzalo. 2010. “*Propuesta para considerar la irregularidad estructural en la resistencia lateral de las estructuras en el Perú*”. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXO 1

Figura 3. Operacionalización de variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Evaluación del desempeño sísmico no lineal	El desempeño sísmico es el estado en que queda una edificación (en términos de daños estructurales y no estructurales) luego de ocurrir un evento sísmico	El presente trabajo de investigación se recolectará datos de forma observable en diferentes etapas	Nivel de desempeño.	Objetivo de desempeño	Intervalo
				Procedimiento o ACI 211	Intervalo
Estructura aporticada especial	Es un sistema estructural que se empleará para realizar el análisis no lineal estático.	Es en presente trabajo de investigación se recolectará datos de forma observable en diferentes etapas.	Espectro capacidad.	Punto de desempeño	Intervalo

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ANTUNEZ CARO FRANZ JHUNIOR, LAZARO HUERTA JURY PAVEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO NO LINEAL DE UN MODELO DE ESTRUCTURA APORTICADA ESENCIAL, HUARAZ 2021", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
LAZARO HUERTA JURY PAVEL DNI: 46204042 ORCID 0000-0001-6202-3353	Firmado digitalmente por: JLAZAROH el 06-09-2021 18:49:57
ANTUNEZ CARO FRANZ JHUNIOR DNI: 44963793 ORCID 0000-0001-7445-1830	Firmado digitalmente por: FANTUNEZ el 06-09-2021 18:56:00

Código documento Trilce: INV - 0327735