



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio,
aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima – 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Santos Quichua, Luis Angel (orcid.org/0000-0003-4838-697X)

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes, Raul Antonio (orcid.org/0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedico en primer lugar mi investigación a Dios, quien me ha dado suficiente salud, fuerzas para seguir adelante y sabiduría en el transcurso de mi vida estudiantil.

También, va dedicado a todas las personas importantes en mi vida como familiares, amigos, docente.

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por cuidarme, protegerme y permitirme continuar para lograr mis objetivos planteados. Asimismo, dar gracias a mis seres queridos que están siempre presente, también a mis amigos y amigas.

También doy gracias a mi asesor Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio por cada día instruirnos con sus enseñanzas para culminar satisfactoriamente la tesis.

Declaratoria de Autenticidad del Asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima - 2023", cuyo autor es SANTOS QUICHUA LUIS ANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 01 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO DNI: 07732471 ORCID: 0000-0002-9573-0182	Firmado electrónicamente por: RPINTOBA el 19-12- 2023 03:44:55

Código documento Trilce: TRI - 0676522

Declaratoria de Originalidad del Autor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, SANTOS QUICHUA LUIS ANGEL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima - 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
SANTOS QUICHUA LUIS ANGEL DNI: 90028846 ORCID: 0000-0003-4838-897X	Firmado electrónicamente por: LSANTOSQU el 04-12- 2023 17:44:01

Código documento Trilce: INV - 1547177

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor	iv
Declaratoria de originalidad del autor.....	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos y figuras.....	x
Resumen.....	x
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variables y operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos.....	22
3.7. Aspectos éticos	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN	81
VI. CONCLUSIONES	83
VII. RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS.....	86
ANEXO.....	91

Índice de tablas

Tabla N°1. Valores del factor de amortiguamiento	10
Tabla N°2. Parámetros sísmicos dirección X-X.....	35
Tabla N°3. Parámetros sísmicos dirección Y-Y.....	35
Tabla N°4. Cálculo de las fuerzas sísmicas y cortante basal - dirección X-X.....	36
Tabla N°5. Cálculo de las fuerzas sísmicas y cortante basal - dirección Y-Y.....	36
Tabla N°6. Fuerzas cortantes con el software ETABS en la dirección X-X	38
Tabla N°7. Fuerzas cortantes con el software ETABS en la dirección Y-Y	39
Tabla N°8. Cortante basal con el software ETABS en ambas direcciones.....	39
Tabla N°9. Cortantes basales en ambas direcciones - Manual y ETABS.....	39
Tabla N°10. Parámetros para el cálculo del espectro en ambas direcciones.....	40
Tabla N°11. Cálculo del espectro pseudo para ambas direcciones.....	40
Tabla N°12. Fuerzas cortantes con el software ETABS en la dirección X-X	42
Tabla N°13. Fuerzas cortantes con el software ETABS en la dirección Y-Y	42
Tabla N°14. Fuerza cortante mínima.....	42
Tabla N°15. Desplazamiento estático en la dirección X-X.....	43
Tabla N°16. Desplazamiento estático en la dirección Y-Y.....	44
Tabla N°17. Desplazamiento dinámico en la dirección X-X.....	44
Tabla N°18. Desplazamiento dinámico en la dirección Y-Y.....	45
Tabla N°19. Derivas en la dirección X-X	46
Tabla N°20. Derivas en la dirección Y-Y	47
Tabla N°21. Factor de amortiguamiento.....	49
Tabla N°22. Parámetros para el desplazamiento traslacional D_T	50
Tabla N°23. Parámetros para el desplazamiento total D_{TM} : X-X.....	50
Tabla N°24. Parámetros para el desplazamiento total D_{TM} : Y-Y.....	50
Tabla N°25. Características del aislador con núcleo de plomo.....	54
Tabla N°26. Propiedades mecánicas para la dirección X - Y	54
Tabla N°27. Propiedades mecánicas para la dirección Z.....	55
Tabla N°28. Fuerzas cortantes en la dirección X-X con y sin aislador	57
Tabla N°29. Fuerzas cortantes en la dirección Y-Y con y sin aislador	57
Tabla N°30. Desplazamientos en la dirección X-X con y sin aislador.....	57
Tabla N°31. Desplazamientos en la dirección Y-Y con y sin aislador.....	58
Tabla N°32. Derivas en la dirección X-X con y sin aislador.....	58

Tabla N°33. Derivas en la dirección Y-Y con y sin aislador.....	58
Tabla N°34. Cálculo para el amortiguamiento no lineal del disipador en X-X.....	62
Tabla N°35. Valores para hallar el coeficiente de amortiguamiento del eje 7.....	63
Tabla N°36. Cálculos para el amortiguamiento no lineal del disipador en X-X.....	63
Tabla N°37. Valores para hallar el coeficiente de amortiguamiento del eje 1.....	64
Tabla N°38. Parámetros para el disipador viscoso en el primer nivel.....	64
Tabla N°39. Parámetros para el disipador viscoso en el segundo y tercer nivel ..	65
Tabla N°40. Parámetros para el disipador viscoso en el primer nivel.....	65
Tabla N°41. Parámetros para el disipador viscoso en el segundo y tercer nivel ..	65
Tabla N°42. Fuerzas cortantes con y sin disipador en la dirección X-X	68
Tabla N°43. Fuerzas cortantes con y sin disipador en la dirección Y-Y	69
Tabla N°44. Desplazamientos con y sin disipador en la dirección X-X.....	69
Tabla N°45. Desplazamientos con y sin disipador en la dirección Y-Y.....	69
Tabla N°46. Derivas con y sin disipador en la dirección X-X.....	70
Tabla N°47. Derivas sin y con disipador en la dirección Y-Y.....	70
Tabla N°48. Comparación de las cortantes por nivel en la dirección X-X.....	71
Tabla N°49. Comparación de las cortantes por nivel en la dirección Y-Y.....	72
Tabla N°50. Comparación de los desplazamientos en la dirección X-X.....	73
Tabla N°51. Comparación de los desplazamientos en la dirección Y-Y	74
Tabla N°52. Comparación de las derivas en la dirección X-X	75
Tabla N°53. Comparación de las derivas en la dirección Y-Y	76
Tabla N°54. Contrastación de hipótesis general.....	77
Tabla N°55. Contrastación de hipótesis específica N°1.....	78
Tabla N°56. Contrastación de hipótesis específica N°2.....	79
Tabla N°57. Contrastación de hipótesis específica N°3.....	80
Tabla N°58. Matriz de operacionalización de variables	30
Tabla N°59. Matriz de consistencia	31
Tabla N°60. Valores de Lambda.....	32
Tabla N°61. Sistemas Estructurales	32
Tabla N°62. Análisis sísmico dinámico modal – SMC	33
Tabla N°63. Registros sísmicos, ubicación.....	34
Tabla N°64. Aceleración máxima de registros sísmicos.....	34
Tabla N°65. Valores del espectro objetivo para ingresar al SeismoMatch	35

Tabla N°66. Derivas producto del análisis modal espectral con SMC en X.....	36
Tabla N°67. Derivas producto del análisis modal espectral con SMC en Y.....	36
Tabla N°68. Aceleraciones máximas de registros escalados	40
Tabla N°69. Control de derivas con el análisis dinámico tiempo – historia lineal: X.....	41
Tabla N°70. Control de derivas con el análisis dinámico tiempo – historia lineal: Y.....	41
Tabla N°71. Razón de derivas en la dirección X	42
Tabla N°72. Sismo de diseño elegido LIMA 1970 – CASO 1	42
Tabla N°73. Dimensiones del perfil Round HSS 20.00 x 0.500	44

Índice de gráficos y figuras

Gráfico N°1. Fuerzas equivalentes en la dirección X-X.....	37
Gráfico N°2. Fuerzas cortantes en la dirección X-X.....	37
Gráfico N°3. Fuerzas equivalentes en la dirección Y-Y.....	38
Gráfico N°4. Fuerzas cortantes en la dirección Y-Y.....	38
Gráfico N°5. Espectro pseudo aceleraciones en la dirección X-X.....	41
Gráfico N°6. Espectro pseudo aceleraciones en la dirección Y-Y.....	41
Gráfico N°7. Desplazamiento en la dirección X-X.....	43
Gráfico N°8. Desplazamiento en la dirección Y-Y.....	44
Gráfico N°9. Desplazamiento en la dirección X-X.....	45
Gráfico N°10. Desplazamiento en la dirección Y-Y.....	46
Gráfico N°11. Derivas máximas en la dirección X-X.....	47
Gráfico N°12. Derivas máximas en la dirección Y-Y.....	48
Gráfico N°13. Primer piso - eje 7 en la dirección X-X.....	59
Gráfico N°14. Segundo al Tercer piso – eje 7 en la dirección X-X.....	60
Gráfico N°15. Primer piso - eje 1 en la dirección X-X.....	60
Gráfico N°16. Segundo al Tercer piso – eje 1 en la dirección X-X.....	61
Gráfico N°17. Comparación de las cortantes por nivel en la dirección X-X.....	71
Gráfico N°18. Comparación de las cortantes por nivel en la dirección Y-Y.....	72
Gráfico N°19. Comparación de los desplazamientos en la dirección X-X.....	73
Gráfico N°20. Comparación de los desplazamientos en la dirección Y-Y.....	74
Gráfico N°21. Comparación de las derivas en la dirección X-X.....	75
Gráfico N°22. Comparación de las derivas en la dirección Y-Y.....	76
Gráfico N°23. Espectro de diseño con el SMC.....	33
Gráfico N°24. Espectro objetivo en: X - Y.....	35
Figura N°1. Edificación con y sin aislador sísmico.....	8
Figura N°2. Aislador con núcleo de plomo.....	9
Figura N°3. Partes de un aislador con núcleo de plomo.....	9
Figura N°4. Tipos de disipación de energía.....	11
Figura N°5. Disipador de fluido viscoso tipo taylor.....	12
Figura N°6. Partes de un disipador de fluido viscoso tipo taylor.....	12
Figura N°7. Mapa político del Perú.....	24

Figura N°8.	Mapa político del departamento de Lima	24
Figura N°9.	Ubicación	25
Figura N°10.	Definición del concreto	26
Figura N°11.	Definición del acero	26
Figura N°12.	Definición de la albañilería	27
Figura N°13.	Definición de losa aligerada en una dirección	27
Figura N°14.	Definición de losa maciza	28
Figura N°15.	Definición de columnas C1	28
Figura N°16.	Definición de columnas C2	29
Figura N°17.	Definición de columnas C3	29
Figura N°18.	Definición de columna C4	30
Figura N°19.	Definición de la viga V-P	30
Figura N°20.	Definición de la viga V-P2	31
Figura N°21.	Definición de la viga V-P3	31
Figura N°22.	Definición de la viga V-CH	32
Figura N°23.	Definición de la viga V-CH2	32
Figura N°24.	Modelo N°1 en 3D de la estructura convencional	33
Figura N°25.	Propiedades del aislador en la dirección Z	55
Figura N°26.	Propiedades del aislador en la dirección X	55
Figura N°27.	Propiedades del aislador en la dirección Y	56
Figura N°28.	Modelo N°2 en 3D de la estructura con aislador con núcleo de plomo	56
Figura N°29.	Parámetros para el primer nivel eje 7 en la dirección X-X	66
Figura N°30.	Parámetros para el segundo y tercer nivel eje 7 en la dirección X-X	66
Figura N°31.	Parámetros para el primer nivel eje 1 en la dirección X-X	67
Figura N°32.	Parámetros para el segundo y tercer nivel eje 7 en la dirección X-X	67
Figura N°33.	Modelo N°3 en 3D de la estructura con disipador viscoso	68
Figura N°34.	Ica – 2007 / Espectro de aceleraciones: E-W	37
Figura N°35.	Ica – 2007 / Espectro de aceleraciones: N-S	37
Figura N°36.	Lima – 1974 / Espectro de aceleraciones: E-W	38
Figura N°37.	Lima – 1974 / Espectro de aceleraciones: N-S	38

Figura N°38.	Lima – 1970 / Espectro de aceleraciones: E-W	39
Figura N°39.	Lima – 1970 / Espectro de aceleraciones: N-S	39
Figura N°40.	Casos de análisis de registros sísmicos	40

Resumen

El trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar la respuesta estructural de un edificio con aislador sísmico versus un edificio con disipador de energía, Los Olivos, Lima – 2023. Lo cual, se realizó el análisis comparativo de la respuesta estructural del sistema convencional, la estructura con y sin aislador de núcleo de plomo, también con y sin disipador de fluido viscoso.

El tipo de investigación es aplicada y el diseño es cuasi experimental, la población fue las edificaciones mixtas y concreto armado del distrito de Los Olivos y como muestra fue la edificación de cinco niveles. El propósito de esta investigación fue mejorar la respuesta de la estructura y dar solución al problema planteado. Incorporando sistemas pasivos de control, Lo cual, se evaluó el uso de estos dispositivos para determinar su favorabilidad.

Se utilizó como herramienta para el análisis estructural el software ETABS V18.1.1, donde se efectuó el análisis sísmico, con aisladores $Deriva_{xmáx}=0.001009$, $Deriva_{ymáx}=0.000831$ y con disipadores $Deriva_{xmáx}=0.004927$, $Deriva_{ymáx}=0.001432$ cumpliendo con el límite de distorsión entrepiso 0.007 para dirección X-X.

En síntesis, es eficiente el uso de la protección antisísmicas con los nuevos dispositivos de alta tecnología para prevenir posibles colapsos de estructuras ante los sismos severos.

Palabras clave: Aislador con núcleo de plomo, Disipador de fluido viscoso y Respuesta estructural.

Abstract

The objective of the research work was to analyze the structural response of a building with a seismic isolator versus a building with an energy dissipator, Los Olivos, Lima - 2023. Which, the comparative analysis of the structural response of the conventional system was carried out, the structure with and without lead core insulator, also with and without viscous fluid dissipator.

The type of research is applied and the design is quasi-experimental, the population was the mixed and reinforced concrete buildings of the Los Olivos district and the sample was the five-story building. The purpose of this research was to improve the response of the structure and provide a solution to the problem posed. Incorporating passive control systems, which evaluated the use of these devices to determine their favorability.

The ETABS V18.1.1 software was used as a tool for structural analysis, where the seismic analysis was carried out, with insulators $Derivax_{max}=0.001009$ and $Derivay_{max}=0.000831$, with heatsinks $Derivax_{max}= 0.004927$, $Derivay_{max}= 0.001432$, complying with the interstory distortion limit 0.007.

In conclusion, the use of anti-seismic protection with new high-tech devices is efficient to prevent possible collapses of structures in the event of severe earthquakes.

Keywords: Lead core insulator, Viscous fluid dissipator and Structural response.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el Perú es una nación con una alta susceptibilidad sísmica, lo que hace que los terremotos sean una ocurrencia común. El Anillo de Fuego es un área donde más del 85% de la energía contenida en el interior de la Tierra se libera a través de los sistemas de convección del manto. Esto convierte al Perú en una de las naciones tectónicamente más dinámicas del planeta.

Ante ello, ocurrieron eventos sísmicos muy desastrosos para el país que fueron en Ancash el 31 / 05 / 1970 con una magnitud de 8.1 en la escala de M_w , en Lima el 03 / 10 / 1974 con una magnitud de 8.4 en la escala de M_w y en Pisco el 15 / 08 / 2007 con una magnitud de 8 en la escala de M_w .

Los sistemas de protección como aisladores y disipadores son dos formas avanzadas de equipos antisísmicos que prometen un diseño estructural más seguro y confiable. Estas herramientas están diseñadas para mejorar el rendimiento sísmico general de una estructura, mejorando así la protección de la vida humana (Genatios y Lafuente, 2016, p.37).

Lo cual, en el Perú se estableció en el RNE de la Norma E.030 (Diseño sismorresistente) y la Norma E.031 (Aislamiento sísmico) que fue adoptada con los códigos americanos. Asimismo, en el Perú ya existen proyectos que se ha considerado la protección sísmica con nuevas tecnologías, tales como: la Clínica Viva que cuenta con aislador sísmico también la FIC de la UNI que cuenta con aislador sísmico y el Aeropuerto Jorge Chávez que cuenta con disipadores de energía. Por ello, la incorporación de esta opción en nuevas construcciones y proyectos de refuerzo puede mejorar la durabilidad de las estructuras y, en última instancia, preservar la seguridad de quienes dependen de ellas. Por lo tanto, es prudente considerar este enfoque alternativo.

El 58.1% de la población se ubica en la zona 4 como lo indica la norma E.030, expuestas a una amenaza sísmica de 9 M_w (Magnitud de momento), ya que Lima arrastra un silencio sísmico desde el año 1746, lo cual hay una energía acumulada y en cualquier momento puede entrar en contacto las placas tectónicas. Las amenazas sísmicas no constituyen un riesgo si no van acompañadas de estructuras

vulnerables. Como todos sabemos, los daños locales o el derrumbe de edificios en el epicentro es la principal causa de víctimas, malestar social y pérdidas económicas. Por lo que la **formulación del problema** se enfoca en los antecedentes sísmicos en el Perú como lo ocurrido en Ancash, Lima y Pisco han demostrado las consecuencias de un mal proceso constructivo o no tener un diseño estructural correcto. Por lo cual, investigadores e ingenieros han buscado indagaciones de fuentes confiables por especialistas en métodos de diseños para incrementar la capacidad resistente en las edificaciones ante un evento sísmico. Proporcionando, la implementación de la protección sísmica: Aisladores y Disipadores. Ante la problemática se planteó como **problema general**: ¿Cuál será la diferencia en la respuesta estructural de un edificio con aisladores sísmicos y un edificio con disipadores de energía, Los Olivos, Lima – 2023?.

A continuación, se planteó los siguientes **problemas específicos**: ¿Cuál será la diferencia en la respuesta estructural de un edificio con y sin aislador de núcleo de plomo, Los Olivos, Lima – 2023?, ¿Cuál será la diferencia en la respuesta estructural de un edificio con y sin disipador de fluido viscoso, Los Olivos, Lima – 2023? y ¿Cómo varían las fuerzas cortantes, desplazamientos y derivas en un edificio, con aisladores de núcleo de plomo, con disipadores de fluido viscoso a partir de la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023?.

Esta investigación se **justifica** bajo los siguientes aspectos.

En el aspecto **Social**: La implementación de sistema de control de la respuesta sísmica en las edificaciones contribuye con éxito a una calidad de vida más alta y segura para la sociedad.

En el aspecto **Económico**: Las pérdidas económicas que siente la población después de un terremoto pueden ser devastadoras ya que la economía a menudo se paraliza. Para evitar que sucedan tales cosas, los edificios pueden implementar protección sísmica a través de aisladores y disipadores. Al hacerlo, la estructura será más eficiente, reduciendo la necesidad de reparaciones costosas de infraestructura.

En el aspecto **Metodológico**: La investigación trasciende bajo fundamentos de los códigos normativos, lo cual, se basa por la metodología del análisis modal espectral (Análisis dinámico) con la incorporación de dispositivos sísmicos.

En el aspecto **Teórico**: Dar a conocer la eficiencia del uso aislamiento de base y el uso de disipadores de energía mediante de la respuesta estructural, donde se resalta las normativas; Diseño sismorresistente E.030, Aislamiento sísmico E.031 y el ASCE/SEI 7-10 (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles).

Por ello, para hacer realidad esta investigación se planteó como **objetivo general**: Analizar la respuesta estructural de un edificio con aislador sísmico versus un edificio con disipador de energía, Los Olivos, Lima – 2023.

Lo cual, se detalla los siguientes **objetivos específicos**: Comparar la respuesta estructural de un edificio con y sin aislador de núcleo de plomo, Los Olivos, Lima – 2023. Comparar la respuesta estructural de un edificio con y sin disipador de fluido viscoso, Los Olivos, Lima – 2023. Verificar las diferencias entre cortante, desplazamientos y derivas en un edificio, con aisladores de núcleo de plomo, con disipadores de fluido viscoso a partir de la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.

Se planteó como **hipótesis general**: La implementación de aisladores sísmicos y disipadores de energía presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima - 2023.

Seguidamente, **las hipótesis específicas**: La implementación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023. La implementación de los disipadores de fluido viscoso en un edificio presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023. La implementación de los aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso en un edificio presentará una mejora en las cortantes, desplazamientos y derivas en la respuesta espectral, Los Olivos, Lima - 2023.

II. MARCO TEÓRICO

En esta investigación se ha fundamentado mediante los **antecedentes** que son los siguientes:

Herrera (2018), cuyo objetivo fue evaluar y comparar el desempeño de las edificaciones aporticadas de concreto armado con aisladores y amortiguadores ante sollicitaciones sísmicas. Fue un estudio de tipo aplicada, descriptiva y explicativa, la población estuvo conformada por 3 modelos de estructura de altura de 12 m a 60 m, la muestra fue 3 diferentes áreas de terreno para cada modelo y el muestreo fue no probabilístico. Donde G1. M1 sus resultados resaltantes fueron que la cortante basal máxima sin dispositivo fue de 295 Tn, con aisladores fue 91 Tn y con amortiguadores fue de 204 Tn. Asimismo, en el G1.M6 sin dispositivo fue de 91 Tn, con aisladores fue de 86 Tn y con amortiguadores 57 Tn. Se concluyó que los aisladores son más efectivos para edificios aporticados con una frecuencia menor a 1.2 y una frecuencia mayor a 0.6 Hz, los amortiguadores para edificios aporticados con una frecuencia mayor a 1.2 y menor a 0.6 Hz. son más eficientes.

Cevasco y Condo (2020), definieron como objetivo analizar el comportamiento sísmico dinámico de un edificio multifamiliar de 37 niveles con disipador de fluido viscoso. Fue un estudio de tipo aplicada, la población estuvo conformada por edificios de vivienda multifamiliar que tenga 27 a 37 pisos en la victoria, la muestra fue 6 edificaciones de uso multifamiliar y el muestreo fue no probabilístico. Donde los resultados más resaltantes en el nivel superior fueron los desplazamientos sin disipadores en la d_x fue de 17.523 cm y 32.709 cm en la d_y , a comparación con la implementación de los disipadores en la d_x fue de 14.349 cm y 22.657 cm en la d_y , respectivamente. Llegaron a la conclusión de que los FVD en la estructura tienen una mejor capacidad sísmica dinámica.

Tocto (2018), planteó como objetivo determinar el desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos LRB para uso esencial en la ciudad de Trujillo, región La Libertad, 2018. Fue un estudio de tipo descriptivo, la población estuvo conformada por un edificio educativo, la muestra fue un bloque típico de un centro educativo y el muestreo fue no experimental. Donde los resultados más resaltantes fueron la cortante basal sin aislador en la D_x fue de 3722

Kn y en la D_Y fue de 3556 Kn a comparación con la implementación del aislador en la D_X fue de 2138 Kn y D_Y fue de 2135 Kn. Se concluyó que, durante sismos severos, la estructura con aisladores principales de plomo está dentro del rango de esfuerzos inmediatos, mientras que la estructura de cimentación empotrada está dentro del rango de prevención de colapso.

Hepp (2020), planteó como objetivo evaluar el comportamiento estructural de un sistema de aislamiento sísmico a nivel de base y de entrepisos en edificaciones de mediana y gran altura en Chile. Fue un estudio de tipo aplicada, la población estuvo conformada por dos modelos de estructuras, la muestra fue uno de 15 pisos y el otro es de 30 pisos y el muestreo fue no experimental. Donde los resultados más resaltantes fueron que la implementación de aisladores de base a una estructura de media altura reduce los esfuerzos hasta en un 70% también en una estructura de mayor altura reduce los esfuerzos hasta un 43% pero si hay aisladores en el entrepiso reduce hasta un 40%. Se concluyó que en la comparación entre los dos sistemas de aislamiento de diferentes alturas de la edificación se debe optar a los distintos requerimientos de diseño que se tenga en el anteproyecto.

Núñez (2018), planteó como objetivo analizar la reducción de la acción sísmica en los elementos de una estructura aperturada de concreto armado de 4 niveles de uso habitacional, debido a la incorporación de disipadores de energía metálicos tipo ADAS. Fue un estudio de tipo descriptivo y comparativo, la población estuvo conformada por una edificación de concreto armado, la muestra fue una edificación de concreto armado de 4 niveles y el muestreo fue no probabilístico. Donde los resultados más resaltantes fueron que el periodo sin disipadores de energía en la estructura fue el máximo de 0.56438 seg. a comparación con la implementación de los disipadores de energía en la estructura fue el máximo de 0.22086 seg. Se concluyó que un disipador de energía u otro tipo de disipador de energía es eficiente ya que mejora la edificación en su comportamiento ante el evento sísmico.

Toboada (2020), planteó como objetivo comparar cuantitativamente las diferencias en la aplicación de la propuesta de la norma sísmica de Guayaquil en lo que respecta al uso de aisladores sísmicos en edificaciones esenciales. Fue un estudio

de tipo aplicada, la población estuvo conformada por dos modelos de estructuras de 8 pisos, la muestra fue que una estructura está diseñada sin aisladores sísmicos en cambio el otro si cuenta con aisladores sísmicos, el muestreo fue no experimental. Donde los resultados más resaltantes mediante el método modal espectral fueron que la estructura que no cuenta con aisladores sísmicos la C_{Bx} es de 3765.0726 ton y la C_{By} es de 3515.5698 ton a comparación con la colocación de los aisladores sísmicos la C_{Bx} es de 1233.2363 ton y la C_{By} es de 1218.5258 ton. Se concluyó que la estructura aislada aplicando correctamente la norma como lo indica el capítulo 17 del ASCE 7-16 los daños serán casi nulos ante un evento sísmico.

Usta (2022), cuyo objetivo fue discutir la aplicación de un sistema de aislamiento de base usando la técnica de elementos finitos para la evaluación sísmica de edificios históricos de mampostería. La población estuvo confirmada por estructuras de mampostería históricas existentes, la muestra fue 11 proyectos de diferentes países y el muestreo fue no experimental. Donde los resultados más resaltantes fue el nivel superior de la edificación los desplazamientos máximos sin aisladores de la estructura en la dirección X fue de $dx\text{-máx}= 5,88$ cm y en la dirección Y fue de $dy\text{-max} = 6,01$ cm. a comparación con la implementación de los aisladores en la dirección X $dx\text{-máx}=1,55$ cm y en la dirección Y fue de $dy\text{-máx}= 2,8$ cm, respectivamente. Se concluyó que los efectos negativos inducidos por terremotos en edificios históricos se reducen significativamente con el uso de aislamiento de base, donde los valores máximos de resistencia de las estructuras base de aislamiento fueron inferiores a las estructuras de soporte incorporadas. Según los resultados, los aisladores a base de caucho son efectivos para prevenir los efectos destructivos de los terremotos.

Ying, Xiangdong y Zheng (2018), establecieron como objetivo investigar el desempeño sísmico de un tipo de sistema mejorando de voladizo amortiguado viscosamente (IVDO). La población estuvo conformada por 6 modelos elastoplásticos, la muestra fue un edificio de gran altura 729 con múltiples IVDO y el muestreo fue no experimental. Donde los resultados más resaltantes fue las derivadas máximas sin amortiguadores en la dirección X fue de 0.0042 y 0.0040 en la dirección Y, a comparación con la implementación de los amortiguadores en la

dirección X fue de 0.00149 y 0.00148 en la dirección Y, respectivamente. Concluyeron que la reducción de energía de las vigas de acoplamiento se debe a la considerable energía sísmica disipada por los VD durante los terremotos básicos, donde los IVDO poseen un alto control en términos de recorrido superior y ofrecen una mayor relación de amortiguación adicional, particularmente en esquemas de amortiguación más bajos. Si bien los IVDO en la parte superior de las estructuras exhiben un control de deriva entre pisos limitado en comparación con los esquemas de amortiguamiento más bajos, los esquemas no controlados magnifican las derivas entre pisos más que los primeros.

Ordoñez, Parra y Silva (2021), precisaron como objetivo comparar las prestaciones de dos modelos de un mismo edificio. La población estuvo conformada por un edificio para uso residencial, la muestra fue el edificio de 5 niveles y el muestreo fue no probabilístico. Donde los resultados más resaltantes fue los desplazamientos en el quinto piso de la estructura sin fluidos viscoso en la D_x fue de 133.115 mm y en la D_y fue de 138.430 mm a comparación con la implementación del fluido viscoso en la D_x fue de 94.999 mm, y en la D_y fue de 100.938 mm. Concluyeron que la edificación con disipadores de energía tipo viscoso es más eficiente ya que ayuda al mejorar el comportamiento estructural asimismo producen menos desplazamientos y tensiones.

Madhukumar, Helen y Vasugi (2022), determinaron como objetivo analizar el comportamiento del cojinete de caucho de plomo como sistema de aislamiento sísmico en un edificio de CR de baja, mediana y gran altura que se encuentra en la zona V de alta sísmica. La población estuvo conformada por un edificio de poca altura, mediana altura y gran altura, la muestra fueron 3 diferentes grupos (G+5, G+15 y G+25) y el muestreo fue no probabilístico. Donde los resultados más resaltantes fueron sus cortantes basales sin aisladores fue de 31308.86 Kn, 45811.47 Kn, 52660.67 Kn a comparación con la implementación de los aisladores LRB fue de 6595.42 Kn, 20972.63 Kn y 36290.18 Kn, respectivamente. Concluyeron que la implementación de los LRB como sistema de aislamiento base es eficiente ya que mejora la estabilidad de estructura y protege la edificación de los efectos adversos de las cargas laterales causado por el sismo.

Las bases teóricas que se muestra en la presente investigación son las siguientes:

Sistemas Pasivos de Control: Los sistemas pasivos de control son un enfoque adicional para lograr un diseño de construcción resistente a los terremotos. Dichos sistemas tienen como objetivo regular los desplazamientos, períodos y derivas del edificio. Lo cual, minimiza la fuerza de los terremotos. En mi proyecto de investigación los sistemas pasivos de control del edificio a analizar, consideré los sistemas pasivos con aisladores con núcleos de plomo, así como el uso de disipadores de fluidos viscosos ya que mundialmente son los más utilizados.

Respuesta Estructural: Es obtenida mediante los diferentes análisis que se le aplica a la estructura lo cual nos da como resultado las cortantes basales, los desplazamientos, las derivas, los cortantes máximos de entre pisos y los periodos de la estructura.

Aislador Sísmico: La incorporación de aislamiento en un nivel de línea de base generalmente implica la reorganización de ciertos elementos en toda la estructura. Una estructura está sostenida por una secuencia de dispositivos que se ubican entre el suelo y los cimientos (Piscal y López, 2019, p.60).

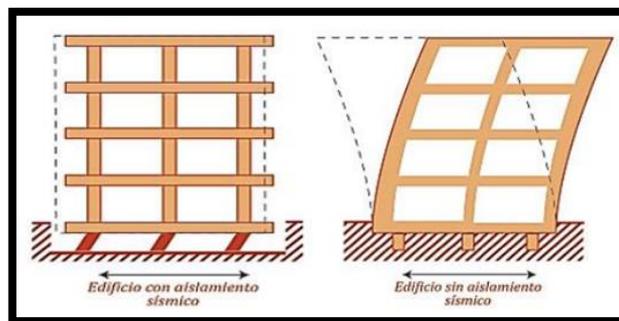


Figura N°1. Edificación con y sin aislador sísmico.

Fuente: Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras.

Aislador con Núcleo de Plomo: Cuando se construye un edificio, el componente inicial que debe soportar la tensión es la almohadilla de caucho de plomo, que se compone de capas de caucho y plomo en una configuración organizada para una protección óptima del edificio (Madhukumar, Helen y Vasugi, 2023, p.63).



Figura N°2. Aislador con núcleo de plomo

Fuente: Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras



Figura N°3. Partes de un aislador con núcleo de plomo

Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica

Según las normas E.031 en el artículo 14.4, 20.1 y 20.2 / ASCE 7-10 chapter 17/ ASCE 7-16 chapter 17 para determinar los desplazamientos laterales máximos se calcula con las siguientes fórmulas:

Desplazamiento máximo (D_M):

$$\text{Ecuación 1.1} \quad S_{aM} = 1.5 ZUCSg$$

$$\text{Ecuación 1.2} \quad T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M \times g}}$$

Donde ambas ecuaciones 1.1 y 1.2 se convierten en uno solo para hallar la fórmula del desplazamiento máximo lateral.

$$\text{Ecuación 1.3} \quad D_M = \frac{S_{aM} \times T_M^2}{4\pi^2 \times B_M}$$

sus nomenclaturas son las siguientes:

S_{aM} : Ordenada del espectro pseudo aceleración en mm/s²

T_M : Periodo efectivo de la estructura

B_M : Factor de amortiguamiento

Asimismo, en el artículo 20 de la norma E.031 indica el factor de amortiguamiento (B_M):

Tabla N°1. Valores del factor de amortiguamiento

Amortiguamiento efectivo (% del crítico)	Factor B_M
$\leq 2\%$	0.80
5%	1.00
10%	1.20
20%	1.50
30%	1.70
$\geq 40\%$	1.90

Fuente: RNE: E.031 – 2020

En el artículo 20.3 se va hallar las siguientes ecuaciones:

Desplazamiento total (D_{TM}):

$$\text{Ecuación 1.4} \quad D_{TM} = D_M \left[1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) \left(\frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right]$$

se despeja (P_T):

$$\text{Ecuación 1.5} \quad P_T = \frac{1}{r_a} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2)}{N}}$$

sus nomenclaturas son las siguientes:

T_M : Periodo efectivo de la estructura

B_M : Factor de amortiguamiento

P_T : Razón entre período traslacional y rotacional efectivo

y : Dist. entre el centro de rigidez del aislador y el elemento del interés

r_a : Radio de giro del sistema de aislamiento

N : Números de aisladores

x, y : Dist. horizontales el centro de masa del sistema y el aislador

Por ello, la rigidez efectiva (k_{eff}) como lo indica la Norma E.031 en el artículo 36.2 es la siguiente:

$$\text{Ecuación 1.6} \quad k_{eff} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|}$$

sus nomenclaturas son las siguientes:

F^+, F^- : Fuerzas máximas positivas y negativas

Δ^+, Δ^- : Desplazamientos máximos positivos y negativos

También el amortiguamiento efectivo β_{eff} como lo indica la Norma E.031 en el artículo 36.3 es la siguiente:

$$\text{Ecuación 1.7} \quad \beta_{eff} = \frac{2}{\pi} \frac{E_{ciclo}}{k_{eff} (|\Delta^+| + |\Delta^-|)^2}$$

E_{ciclo} : Energía disipada por ciclo de carga

Disipador de Energía: La instalación de dispositivos disipadores de energía sirve para disipar la energía generada. Esto asegura que ningún otro componente se sobrecargue y sirve para reducir los daños (Campos, et al, 2021, p.2).

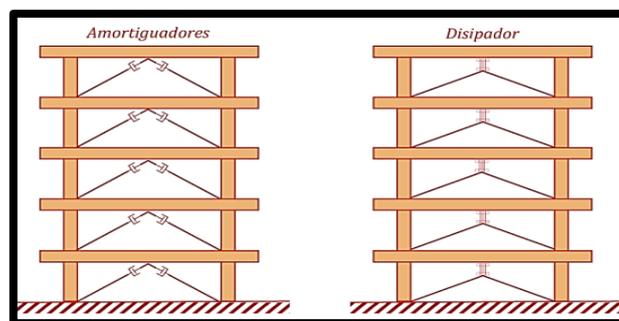


Figura N°4. Tipos de disipación de energía

Fuente: Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras

Disipador de Fluido Viscoso: Los amortiguadores fluidos viscosos (FVD) se han vuelto cada vez más populares por varias razones. Su capacidad para disipar energía significativamente durante la actividad sísmica es una, mientras que su capacidad para generar fuerzas que no están sincronizadas con los desplazamientos es otra (Domenico, Ricciardia y Takewakib, 2019, p.144).

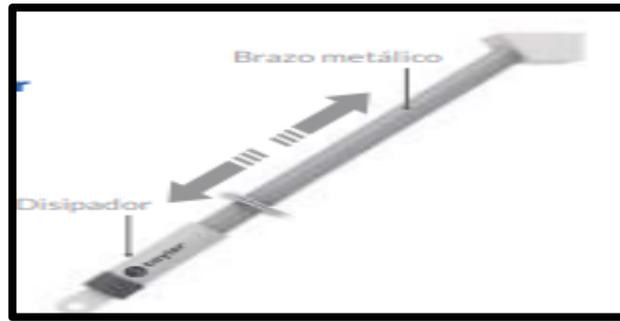


Figura N°5. Disipador de fluido viscoso tipo Taylor
Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica



Figura N°6. Partes de un disipador de fluido viscoso tipo Taylor
Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica

El balance energético: Reduce las fuerzas de diseño por debajo del límite elástico.
 Donde se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 1.8
$$E = E_k + E_s + E_h + E_d$$

sus nomenclaturas son las siguientes:

E : Energía del sismo

E_k : Energía cinética

E_s : Energía disipada por amortiguamiento

E_h : Energía de deformación elástica

E_d : Energía disipada por los dispositivos de amortiguamientos

La fuerza del disipador (F):

Ecuación 1.9
$$F = C \times V^a$$

sus nomenclaturas son las siguientes:

F : Fuerza del disipador

C : Coeficiente de amortiguación

V : Velocidad

a : Exponente constante

La rigidez del brazo metálico (K):

$$\text{Ecuación 1.10} \quad K = \frac{E \times A}{L}$$

sus nomenclaturas son las siguientes:

E : Módulo de elasticidad

A : Área de la sección

L : Longitud

El factor reducción de respuesta (β):

$$\text{Ecuación 1.11} \quad \beta = \frac{D_{m\acute{a}x}}{D_{objetivo}}$$

sus nomenclaturas son las siguientes:

$D_{m\acute{a}x}$: Distorsión máxima “x” e “y”

$D_{objetivo}$: Distorsión objetivo

El Amortiguamiento efectivo (β_{eff}):

$$\text{Ecuación 1.12} \quad \beta = \frac{2.31-0.41Ln(\beta_0)}{2.31-0.41Ln(\beta_{eff})}$$

sus nomenclaturas son las siguientes:

β : Factor de reducción de respuesta

β_0 : Amortiguamiento de la estructura

β_{eff} : Amortiguamiento efectivo

El coeficiente de amortiguamiento ($\sum C_j$):

$$\text{Ecuación 1.13} \quad \sum C_j = \frac{2\pi \times A^{1-a} \times \omega_i^{2-a} \times \sum(m_i \times \phi_i^2)}{\lambda \times \sum \phi_{rj}^{1+a} \times \cos^{1+a} \times \theta_j} \times \xi_{dis}$$

Lo cual, sus nomenclaturas son las siguientes:

C_j : Coeficiente de amortiguamiento del disipador

m_i : Masa del nivel

θ_j : Ángulo de inclinación

ϕ_i : Desplazamiento (1 modo)

θ_{rj} : Desplazamiento modal relativo (1 modo)

A : Amplitud del desplazamiento nodal relativo desde el techo hasta la base

ξ_{dis} : Coeficiente de amortiguamiento de dispositivos viscosos

ω : Frecuencia angular

λ : Parámetro lambda

Donde, lambda es de acuerdo al exponente: ver **(Anexo 3)**.

Análisis Estático: El análisis estático es un análisis tradicional utilizando ZUCS de la norma técnica E.030. Por tanto, este estudio determina el esfuerzo cortante (V) en la base de la estructura, la cual debe ser sometida a un esfuerzo amortiguador que es el factor de reducción de base, ver **(Anexo 4)**.

Fuerza Cortante en la Base: Es el esfuerzo cortante desplegado por las reacciones evidentes en el análisis estático. Esta expresión de cálculo se aplica a todas las estructuras como lo expresa la Norma E.030 en el artículo 4.5.2.

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

Análisis Dinámico: Es un procedimiento importante que se lleva a cabo en el diseño de estructuras de edificación y se puede decir que el análisis dinámico es el análisis de las vibraciones u oscilaciones que soporta la edificación cuando es sometida a una fuerza externa. Lo cual, la estructura se simula especialmente en programas calificados aptos para realizar análisis estructurales, software como SAP-2000, ETABS.

Análisis Modal: Es el número de modos, el tiempo de vibración y las frecuencias naturales de una estructura sin fuerza se determinan a través de oscilaciones causadas por su propio peso. Este análisis proporciona los datos iniciales necesarios para la aplicación del sistema.

Aceleración Espectral: Es la evaluación en la dirección horizontal de sus fuerzas, es un aspecto crucial del análisis de las fuerzas sísmicas de diseño de las estructuras, con la siguiente fórmula como lo expresa la Norma E.030 en el artículo 4.6.2.

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

Análisis Modal Espectral: Es la transmisión de las vibraciones del suelo a una estructura, es la base de una metodología utilizada para decretar la respuesta de la estructura. Lo cual, el resultado implica el desplazamiento observado de las masas principales en conjunción relativa con el suelo.

Sismo máximo considerado (SMC): La norma E.030 (Diseño Sismorresistente) indica que para soportar sismos se debe emplear 1,5 veces el terremoto de diseño, con la siguiente formula como lo expresa la Norma E.031 en el artículo 14.4.

$$S_{aM} = 1.5 (Z \times U \times C \times S \times g)$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación

Aplicada: José Arias [et al.] (2023) mencionan que, la medicina y la ingeniería son campos que a menudo utilizan el enfoque de investigación pura y fundamental. En lugar de depender únicamente de aplicaciones prácticas, este método prioriza la teoría y el descubrimiento de nuevos hallazgos, avances y soluciones. Son los resultados de este tipo de investigación los que se utilizan para abordar los desafíos prácticos a medida que surgen (p. 54). Según el objetivo, la investigación es de carácter aplicada ya que se basa en el conocimiento de otros autores y se refiere a estudios científicos encaminados a la solución de los problemas que nos rodean.

Cuantitativo: Hernández y Mendoza (2020) indican que, el enfoque cuantitativo son datos numéricos producto de mediciones (p. 20). En efecto, el enfoque cuantitativo trata de recopilar información sobre las variables objeto de estudio, analizarlas y alcanzar los objetivos planteados. Según el enfoque, esta investigación es cuantitativa porque se compararán los datos numéricos y se analizará el objeto y las variables estudiadas.

Explicativo: Arias (2021) expresa que, los estudios explicativos son los que establecen relaciones entre variables que son más complejas y organizadas que las encontradas en alcances anteriores. El establecimiento de la causalidad se puede lograr expresando variables independientes y variables dependientes, así como la existencia de hipótesis y efectos (p. 71). Según el nivel, esta investigación fue explicativa porque se describió el tema del objeto de estudio detallando la realidad sin cambiar ningún elemento.

Diseño de Investigación

Cuasiexperimental: Bermeo, Moreira y Plaza (2019) expresan que, el término cuasi significa casi, lo que significa que un diseño cuasi-experimental solo puede considerarse que no hay manipulación en las variables por lo que se observan y se describen tal cual se presenta en su ambiente natural (p.90). Según el diseño metodológico, es un estudio cuasiexperimental porque las variables independientes

(aislador sísmico y disipador de energía) actúan sobre la variable dependiente (respuesta estructural) y posiblemente representan los cambios observados y analizados en el estudio en cuestión (análisis espectral modal).

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente (X1): Aislador Sísmico

Definición conceptual: Los componentes estructurales del sistema de aislamiento sísmico están diseñados para ser verticalmente rígidos y horizontalmente flexibles, lo que permite deformaciones laterales significativas bajo esfuerzos sísmicos (RNE: E.031, 2020, p.9).

Definición operacional: Esta variable será medida mediante el período de vibración y el desplazamiento del aislador.

Dimensión: Aislador con núcleo de plomo.

Indicadores: Período de vibración y Desplazamiento del aislador.

Escala de medición: De razón.

Variable Independiente (X2): Disipador de Energía

Definición conceptual: La capacidad de los disipadores de energía está en disipar la mayor parte de la energía sísmica, evitando deformaciones inelásticas en los elementos estructurales (Saldaña y Scaletti, 2022, p.128).

Definición operacional: Esta variable será medida mediante la rigidez del disipador y la constante de amortiguamiento.

Dimensión: Disipador de fluido viscoso.

Indicadores: Rigidez del disipador y Constante de amortiguamiento.

Escala de medición: De razón.

Variable Dependiente (Y): Respuesta Estructural

Definición conceptual: La respuesta estructural da como resultado los mayores desplazamientos y fuerzas cortantes por piso, junto con las solicitaciones y el desplazamiento en el nivel de la base (Genatios y Lafuente, 2016, p.105).

Definición operacional: Esta variable será medida mediante los análisis estático y dinámico.

Dimensiones: Análisis estático y Análisis dinámico.

Indicadores: Cortantes, Desplazamientos y Derivas.

Escala de medición: De razón.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Arias (2020) define que, la población se compone de cosas tangibles como individuos, herramientas, maquinaria, infraestructura y más (p. 152). Donde, la población de este estudio de investigación será todos los edificios de cinco niveles en el distrito de Los Olivos.

Criterios de Inclusión

Arias, Villasís y Miranda (2016) expresan que, Los estudios de investigación requieren ciertas características específicas que debe poseer un sujeto u objeto. Estos requisitos son imprescindibles para que pueda ser incluido en la investigación (p. 204). En este estudio la inclusión fueron las Edificaciones mixtas y Concreto armado.

Criterios de exclusión

Salgado (2018) expresa que, la eliminación de participantes, se describen condiciones o características específicas como criterios de exclusión (p. 109). En este estudio la exclusión fueron las Edificaciones prefabricadas.

Muestra

Bermeo, Moreira y Plaza (2019) expresan que, la muestra es un subconjunto representativo de elementos de la población que se eligen para recopilar información sobre las variables objeto de estudio y para su medición y extensión al conjunto poblacional (p. 175).

Por tanto, la muestra fue únicamente un edificio en el distrito de Los Olivos, donde se va implementar aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso para obtener la respuesta estructural y comparar resultados.

Muestreo

Ochoa (2019) indica que, los estudios realizados en epidemiología a menudo no logran abarcar a la población completa, principalmente debido a consideraciones de viabilidad. Por lo tanto, el estudio se realiza utilizando muestras tomadas de la población. Se pueden emplear varios métodos de muestreo para obtener dichas muestras. Los métodos se clasifican en enfoques probabilísticos y no probabilísticos (p. 49). En efecto, es la representación de la población para la muestra.

Muestreo no probabilístico

José Arias [et al.] (2022) mencionan que, el método de muestreo se emplea para seleccionar un grupo en función de sus características compartidas o por el juicio sesgado del investigador (p. 95).

En la presente investigación se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia porque el investigador selecciona lo que quiere conocer dependiendo de la muestra de estudio.

Unidad de Análisis

Arias (2021) menciona que, el objeto de estudio que produce los datos o la información para el análisis es la unidad de análisis (p. 118).

En la presente investigación se realizó como unidades individuales tanto una estructura que utilizará aisladores con núcleo de plomo como otra que presenta disipadores de fluido viscoso.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Espinoza (2019) expresa que, la observación experimental, la observación no experimental, la encuesta, el análisis documental y la entrevista son los principales métodos de recopilación de datos (p.177). Para lograr el resultado deseado, era necesario implementar ciertas medidas. Estos métodos involucraron una serie de pasos y emprendimientos que allanaron el camino para acceder a los datos necesarios sobre el tema planteado. En última instancia, la técnica utilizada logró responder al objetivo planteado siguiendo tales procedimientos.

El comportamiento del edificio bajo parámetros sísmicos se observará a través de la Observación Estructurada en nuestro estudio actual. Al finalizar el modelado estructural, nos dará resultados de la respuesta estructural con y sin sistemas de protección mediante el análisis dinámico. Estos sistemas se sometieron a las normas especificadas en el instrumento, y también se verificará la hipótesis del estudio.

Instrumentos de recolección de datos

Mejía, Reyes y Sánchez (2018) mencionan que, un instrumento utilizado en la recopilación de datos que puede presentarse como un cuestionario, guía, prueba, manual o aparato (p. 78).

Por lo cual, los instrumentos utilizados fueron medios de medición de datos de las variables objeto de estudio para este trabajo de investigación:

Norma Americana (ASCE/SEI 7-10 y 7-16).

Norma Americana (FEMA 274).

RNE (E.020) Cargas.

RNE (E.030) Diseño Sismorresistente.

RNE (E.031) Aislamiento Sísmico.

RNE (0.060) Concreto Armado.

RNE (0.70) Albañilería.

Software ETABS V18.1.1

Microsoft Excel.

Ficha de recolección de datos.

Validez

Mejía, Reyes y Sánchez (2018) expresan que, realmente se está midiendo es el grado de efectividad de un método o técnica determinada para lograr el propósito previsto. Esta medida es particularmente importante, ya que indica si los resultados obtenidos mediante el empleo del instrumento reflejan con precisión lo que realmente se busca (p.124).

Por ello, al utilizar el confiable software ETABS, la investigación será válido. Ya que numerosos ingenieros también han avalado la validez de esta herramienta para analizar cómo los edificios soportan los esfuerzos estructurales.

Confiabilidad

Mejía, Reyes y Sánchez (2018) precisan que, en condiciones similares a las de la prueba inicial, la capacidad del instrumento para producir resultados consistentes cuando se usa por segunda vez se conoce como su capacidad de congruencia. Esto se representa típicamente a través de correlaciones (p. 35).

El software ETABS, de CSI (Computer & Structure. INC Spain), será la herramienta elegida para modelar, simular e innovar proyectos estructurales para el análisis del comportamiento sísmico. Esta capacidad de medir con precisión los resultados se conoce como confiabilidad. Su uso ha sido probado en varios proyectos, incluyendo tesis y situaciones de la vida real, confirmando la confiabilidad de sus resultados.

3.5. Procedimientos

Bermeo, Moreira y Plaza (2019) mencionan que, el trabajo de investigación se divide en etapas. Un proceso general de trabajo de investigación, incluyendo su estructura, elementos y métodos (p. 31).

Para la elaboración del proyecto se siguió los siguientes procedimientos:

Plantear el tema a investigar.

Indagar en la información de revistas indexadas.

Indagar en la información de las normativas como: E.030 (Diseño sismorresistente), E.031 (Aislamiento sísmico), E.060 (Concreto Armado), E.070 (Albañilería), E.020 (Cargas), ASCE/SEI 7-10 y 7-16 (Sociedad americana de ingenieros civiles) y FEMA 274.

Indagar en la información de libros.

La obtención de los planos del edificio.

El modelamiento de la estructura en el software ETABS V18.1.1, aplicando parámetros sísmicos, lo cual para su estudio de las variables independientes que influyen en la variable dependiente.

Análisis y validación de los resultados obtenidos mediante el análisis dinámico.

Comparación entre las variables independientes.

Conclusiones.

Recomendaciones.

3.6. Método de análisis de datos

Cohen y Gómez (2019) explican que, el análisis requiere un cierto nivel de importancia para los datos que genera, que se pueden utilizar para resolver el problema y producir conocimiento relevante. El análisis involucra la intersección de categorías teóricas, marco conceptual, hipótesis y datos, así como diversos métodos y técnicas analíticas (p. 253). Por ello, en esta presente investigación se utilizó el método de observación estructurada.

La recolección de datos se basará en modelos matemáticos implementados en el software ETABS V18.1.1 y Microsoft Excel. Los datos de los cuales serán analizados, comparados y presentados gráficamente.

Los resultados serán analizados y verificados utilizando información de la normativa: E. 020 (Cargas), E.060 (Concreto Armado), E.070 (Albañilería), E.030 (Diseño Sismorresistente) y E.031 (Aislamiento Sísmico) donde se emplearán para su respectivo modelamiento en el software ETABS V18.1.1. Asimismo, se alineó con las normas americanas ASCE/SEI (7-10 / 7-16) y FEMA 274.

3.7. Aspectos éticos

Ames y Merino (2020) expresan que, la consideración de los principios éticos se puede demostrar a través del análisis de las evaluaciones que informan los planes de investigación o al priorizar temas y objetivos (p.11).

El propósito de realizar esta investigación es adquirir y compartir nueva información. Lo cual, se respetará el derecho de autor del TURNITIN para identificar el nivel de plagio presente.

Vale la pena señalar que la información de otros autores se utilizó para establecer el marco teórico que sustenta la investigación, y la referencia bibliográfica serán citadas según ISO 690, se respetarán los derechos de autor sobre la información referenciada en la investigación.

IV. RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

Ubicación Política

El presente estudio se llevó a cabo en el distrito de Los Olivos, situado en la provincia de Lima, dentro del departamento de Lima.



Figura N°7. Mapa político del Perú
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Lima

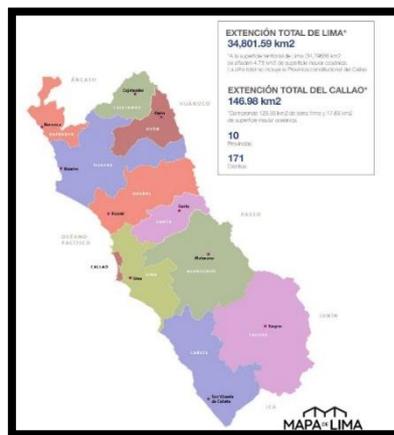


Figura N°8. Mapa político del departamento de Lima
Fuente: <https://www.mapadelima.com/mapa-del-departamento-de-lima/>

Límites del distrito de Los Olivos

N: Por el Norte el distrito de Puente Piedra.

S: Por el Sur el distrito de San Martín de Porres.

O: Por el Oeste el distrito de San Martín de Porres.

E: Por el Este los distritos de Independencia y Comas.

Ubicación del Proyecto

La edificación multifamiliar está localizada en el distrito de Los Olivos, A.A.H.H. Laura Caller, Mz 19, Lt 4, Calle 18.

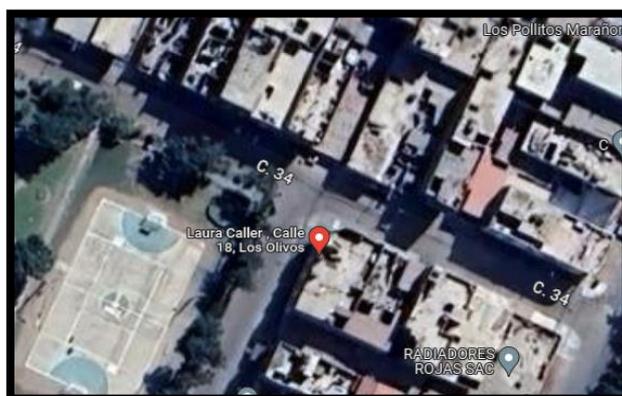


Figura N°9. Ubicación
Fuente: Google Maps

Análisis del Diseño Estructural

En la presente investigación se analizó una edificación de cinco niveles. El cual fue modelado utilizando el programa computacional (software ETABS V18.1.1).

Propiedades de los materiales

Concreto

- Resistencia a la compresión (f'_c) : 210 kg/cm²
- Módulo de elasticidad ($E_c = 15000\sqrt{f'_c}$) : 217370.65 kg/cm²
- Módulo de Poisson (μ_m) : 0.20

Albañilería

- Resistencia a la compresión (f'_b) : 145 kg/cm²
- Pilas (f'_m) : 65 kg/cm²
- Módulo de elasticidad ($E_m = 500 \times f'_m$) : 32500 kg/cm²
- Resistencia al corte (v'_m) : 8.1 kg/cm²
- Módulo de Poisson (μ_m) : 0.25

Acero

- Esfuerzo de fluencia (f_y) : 4200 kg/cm²
- Módulo de elasticidad (E_s) : 2000000 kg/cm²

Características generales de la vivienda multifamiliar:

Área total: 120 m²

Altura: 13.70 m

Alturas de cada piso: el nivel n°1: 2.90m y el nivel n°2 – n°5: 2.70m

Definiciones de los materiales – Software ETABS

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for concrete. The 'General Data' section includes: Material Name: $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$; Material Type: Concrete; Directional Symmetry Type: Isotropic; Material Display Color: a grey swatch; and Material Notes: Modify/Show Notes... The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with Weight per Unit Volume: 2400 kg/m³ and Mass per Unit Volume: 244.732 kg·s²/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E: 2173706500 kgf/m²; Poisson's Ratio, U: 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C; and Shear Modulus, G: 905711041.67 kgf/m². The 'Design Property Data' and 'Advanced Material Property Data' sections contain buttons for further configuration. The dialog has OK and Cancel buttons at the bottom.

Figura N°10. Definición del concreto
Fuente: Elaboración propia.

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for rebar. The 'General Data' section includes: Material Name: $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$; Material Type: Rebar; Directional Symmetry Type: Uniaxial; Material Display Color: a blue swatch; and Material Notes: Modify/Show Notes... The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with Weight per Unit Volume: 7849.05 kg/m³ and Mass per Unit Volume: 800.38 kg·s²/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E: 20000000000 kgf/m²; and Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C. The 'Design Property Data' and 'Advanced Material Property Data' sections contain buttons for further configuration. The dialog has OK and Cancel buttons at the bottom.

Figura N°11. Definición del acero
Fuente: Elaboración propia.

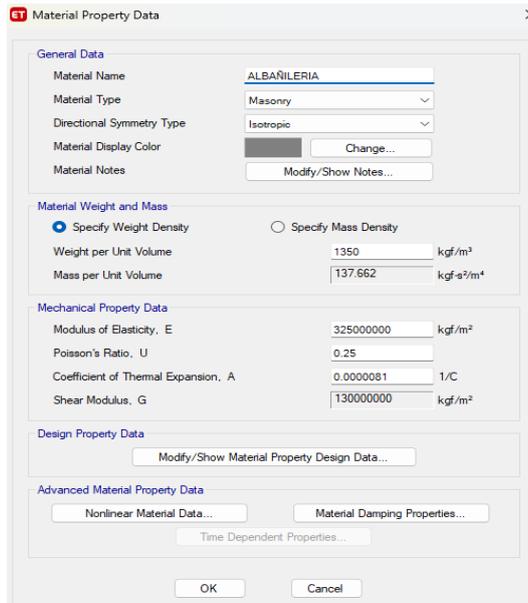


Figura N°12. Definición de la albañilería
Fuente: Elaboración propia.

Definiciones de los elementos estructurales – Software ETABS

Losa Aligerada: $e=0.20m$

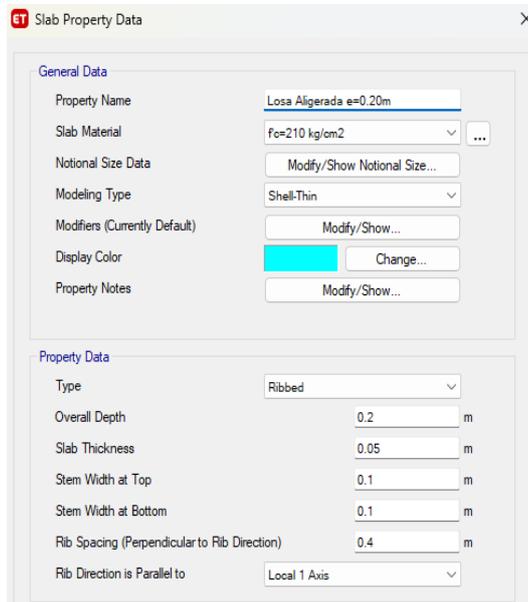


Figura N°13. Definición de losa aligerada en una dirección
Fuente: Elaboración propia.

Losa Maciza: $e=0.20\text{m}$

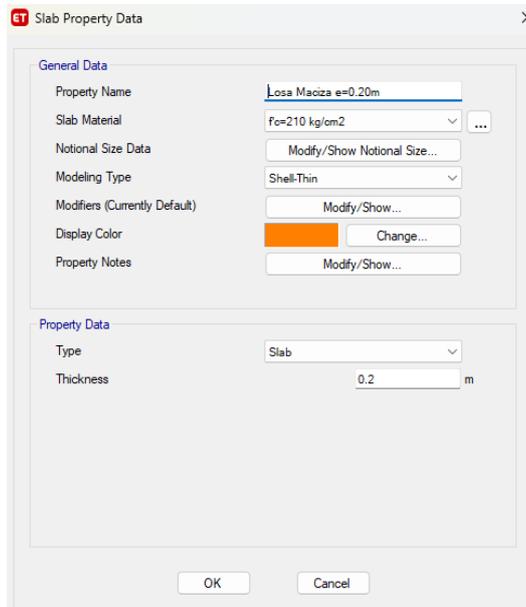


Figura N°14. Definición de losa maciza
Fuente: Elaboración propia.

Columna: C1 (25cm x 50cm)

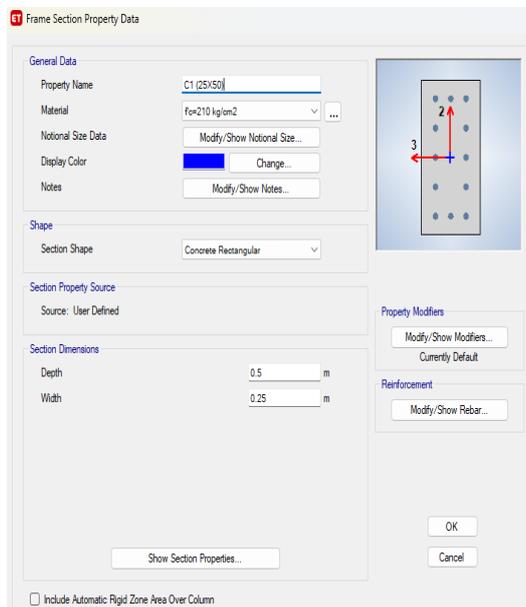


Figura N°15. Definición de columnas C1
Fuente: Elaboración propia.

Columna: C2 (30cm x 50cm)

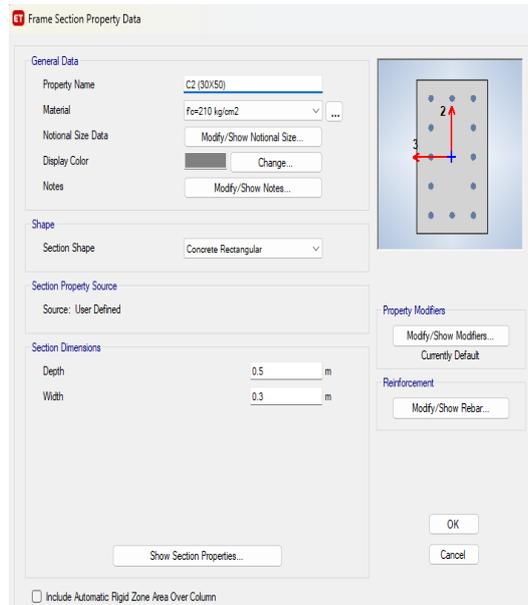


Figura N°16. Definición de columnas C2
Fuente: Elaboración propia.

Columna: C3 (25cm x 60cm)



Figura N°17. Definición de columnas C3
Fuente: Elaboración propia.

Columna: C4 (25cm x 70cm)



Figura N°18. Definición de columna C4
Fuente: Elaboración propia.

Viga: V-P (25cm x 50cm)

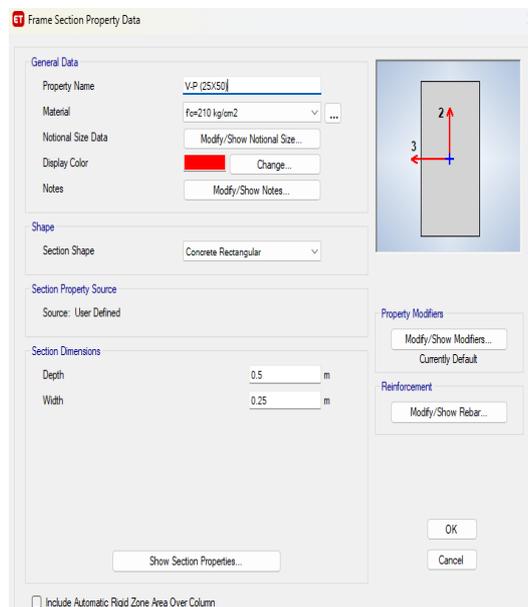


Figura N°19. Definición de la viga V-P
Fuente: Elaboración propia.

Viga: V-P2 (30cm x 50cm)

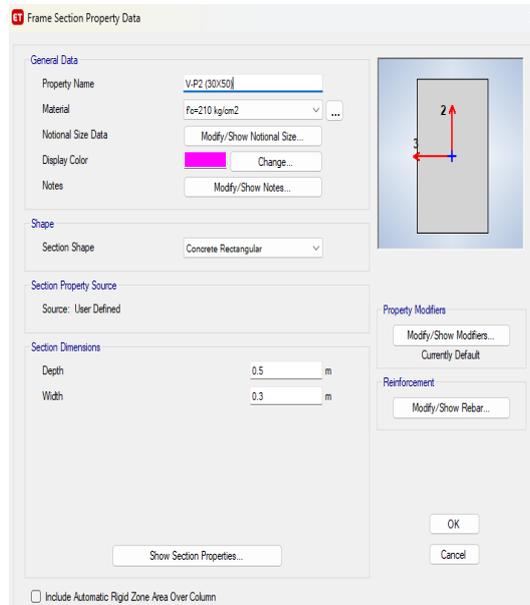


Figura N°20. Definición de la viga V-P2
Fuente: Elaboración propia.

Viga: V-P3 (30cm x 50cm)

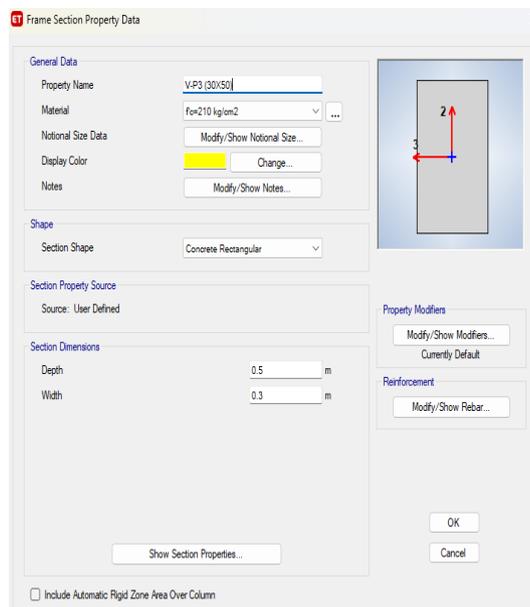


Figura N°21. Definición de la viga V-P3
Fuente: Elaboración propia.

Viga: V-CH (40cm x 20cm)



Figura N°22. Definición de la viga V-CH
Fuente: Elaboración propia.

Viga: V-CH2 (50cm x 20cm)



Figura N°23. Definición de la viga V-CH2
Fuente: Elaboración propia.

Cargas de diseño

Se consideran las cargas como lo estipula el RNE (E.020).

Carga Muerta:

Peso de losa maciza $e= 20$ cm

Peso de losa aligerada $e= 20$ cm

Tabiquería = 100 kg/m²

Acabados = 100 kg/m²

Carga Viva:

Para cada piso (Vivienda) = 200 kg/m²

Azotea = 100 kg/m²

Modelo N°1 del edificio de cinco niveles realizado en el software ETABS V18.1.1

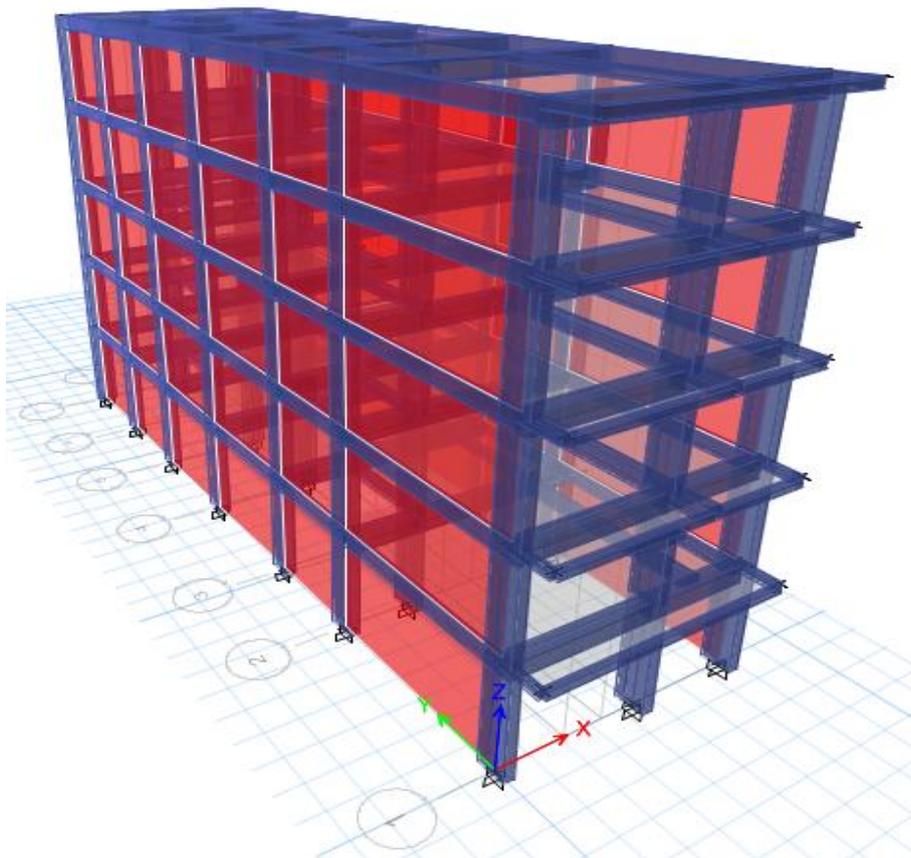


Figura N°24. Modelo N°1 en 3D de la estructura convencional
Fuente: Elaboración propia.

Tras completar la fase de modelado del edificio de cinco niveles, se lleva a cabo el análisis sísmico u se cumplan con los objetivos establecidos.

Análisis Estático

Parámetros sísmicos según el plano y cumpliendo con la Norma E.030:

- Factor de zona "Z": Z=0.45 (Zona 4)
- Factor de uso "U": U=1.0 (Categoría C)
- Factor de suelo "S": S=1.05 (Tipo S2), $T_p=0.60s$, $T_L= 2.00s$
- Factor de amplificación sísmica "C": Se plantea de la siguiente manera de acuerdo al artículo 14 de la norma E.030.

$$\begin{array}{ll}
 T < T_p & C = 2.5 \\
 T_p < T < T_L & C = 2.5 \times \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T > T_L & C = 2.5 \times \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)
 \end{array}$$

El periodo fundamental:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{h_n}{C_T} \\
 T_X &= \frac{13.70}{35} = 0.391 \text{ s} \\
 T_Y &= \frac{13.70}{60} = 0.228 \text{ s} \\
 T &< T_p
 \end{aligned}$$

$$T_X = 0.391 \text{ s} < T_p = 0.60 \text{ s} \implies C_X = 2.5$$

$$T_Y = 0.228 \text{ s} < T_p = 0.60 \text{ s} \implies C_Y = 2.5$$

- Regularidad estructural:
 - o Factor de irregularidad en altura $I_a= 1.00$
 - o Factor de irregularidad en planta $I_p= 1.00$
- Coeficiente de reducción:
 - $R_x= 8$ (Pórticos)
 - $R_y= 3$ (Albañilería)

Tabla N°2. Parámetros sísmicos dirección X-X

Descripción	Valor
Z	0.45
U	1.00
C_x	2.50
S	1.05
R_x	8.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°3. Parámetros sísmicos dirección Y-Y

Descripción	Valor
Z	0.45
U	1.00
C_y	2.50
S	1.05
R_y	3.00

Fuente: Elaboración propia.

El artículo 28.2.2. de la norma E.030 indica que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Coficiente sísmico: Dirección X-X

$$\frac{ZUCS}{R} = \frac{0.45 * 1 * 2.50 * 1.05}{8} = 0.1477$$

$$\frac{2.5}{8} = 0.3125 \geq 0.11 ==> \text{Cumple}$$

Coficiente sísmico: Dirección Y-Y

$$\frac{ZUCS}{R} = \frac{0.45 * 1 * 2.50 * 1.05}{3} = 0.3938$$

$$\frac{2.5}{3} = 0.8333 \geq 0.11 ==> \text{Cumple}$$

Cálculo de la cortante basal:

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

$$\text{Para } T \leq 0.5: k = 1$$

$$\text{Para } T > 0.5: k = ((0.75 + 0.5 T) \leq 2.0)$$

$$k_X = 1 \text{ y } k_Y = 1$$

Tabla N°4. Cálculo de las fuerzas sísmicas y cortante basal - dirección X-X

	PESO (Tn)	H _i (m)	Pi x (H _i) ^k	α _i	F _i (X) Tn	V _i (X) Tn
Piso 5	130.5038	13.70	1787.90	0.139	13.681	13.681
Piso 4	263.4650	11.00	2898.12	0.225	22.176	35.857
Piso 3	396.4262	8.30	3290.34	0.256	25.177	61.034
Piso 2	529.1808	5.60	2963.41	0.230	22.676	83.710
Piso 1	667.1894	2.90	1934.85	0.150	14.805	98.515
TOTAL		ΣPi x (H_i)^k	12874.62	1.000	98.515	

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Cortante basal } V_X = 98.515 \text{ Tn}$$

Tabla N°5. Cálculo de las fuerzas sísmicas y cortante basal - dirección Y-Y

	PESO (Tn)	H _i (m)	Pi x (H _i) ^k	α _i	F _i (Y) Tn	V _i (Y) Tn
Piso 5	130.5038	13.70	1787.90	0.139	36.482	36.482
Piso 4	263.4650	11.00	2898.12	0.225	59.136	95.618
Piso 3	396.4262	8.30	3290.34	0.256	67.139	162.757
Piso 2	529.1808	5.60	2963.41	0.230	60.468	223.225
Piso 1	667.1894	2.90	1934.85	0.150	39.480	262.706
TOTAL		ΣPi x (H_i)^k	12874.62	1.000	262.706	

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Cortante basal } V_Y = 262.706 \text{ Tn}$$

La distribución de las fuerzas equivalentes y las fuerzas cortantes por piso del edificio, las cuales han sido calculadas de manera manual, se exhiben en los siguientes gráficos.

Gráfico N°1. Fuerzas equivalentes en la dirección X-X



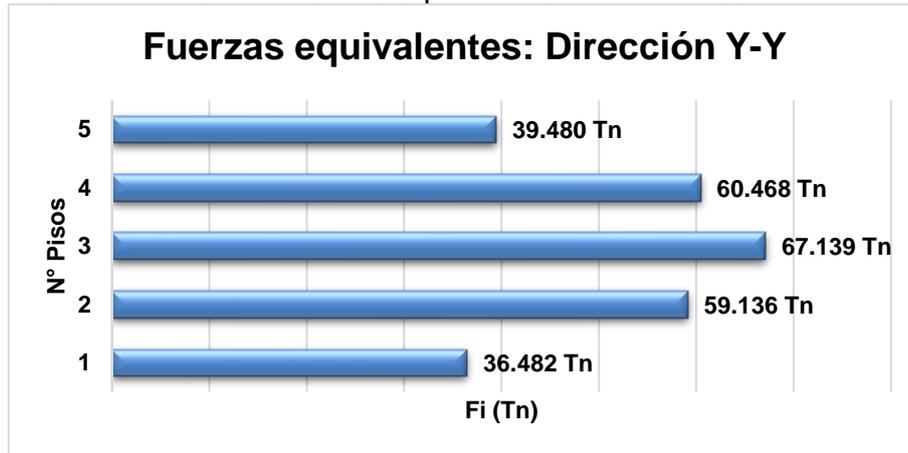
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°2. Fuerzas cortantes en la dirección X-X



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°3. Fuerzas equivalentes en la dirección Y-Y



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°4. Fuerzas cortantes en la dirección Y-Y



Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes tablas se apreciará los resultados del software ETABS V18.1.1 de las fuerzas cortantes basales en ambas direcciones, asimismo serán comparadas con los cálculos ya realizados manualmente.

Tabla N°6. Fuerzas cortantes con el software ETABS en la dirección X-X

Story	Output Case	Case Type	Location	V _x (Tonf)
Story5	SE-X	LinStatic	Bottom	27.627
Story4	SE-X	LinStatic	Bottom	54.355
Story3	SE-X	LinStatic	Bottom	74.523
Story2	SE-X	LinStatic	Bottom	88.109
Story1	SE-X	LinStatic	Bottom	95.344

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°7. Fuerzas cortantes con el software ETABS en la dirección Y-Y

Story	Output Case	Case Type	Location	V _Y (Tonf)
Story5	SE-Y	LinStatic	Bottom	73.660
Story4	SE-Y	LinStatic	Bottom	144.923
Story3	SE-Y	LinStatic	Bottom	198.695
Story2	SE-Y	LinStatic	Bottom	234.918
Story1	SE-Y	LinStatic	Bottom	254.208

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°8. Cortante basal con el software ETABS en ambas direcciones

Name	Top Story	Bottom Story	C	K	Base Shear
					tonf
SE-X	Story5	Base	0.1477	1	95.344
SE-Y	Story5	Base	0.3938	1	254.208

Fuente: Elaboración propia.

Luego de calcular primero los esfuerzos cortantes en ambas direcciones utilizando el método manual según la norma E.030 – 2020 y luego utilizando el software ETABS V18.1.1, la siguiente tabla muestra la comparación de los esfuerzos cortantes bases calculados manualmente con los calculados por el programa.

Tabla N°9. Cortantes basales en ambas direcciones - Manual y ETABS

	Manual	ETABS V18.1.1
	Tonf	Tonf
V_{basal(x)}	98.599	95.344
V_{basal(y)}	262.932	254.208

Fuente: Elaboración propia.

Se puede visualizar en la tabla N°11, donde los cálculos realizados manualmente son cercanos a los resultados del ETABS V18.1.1, lo cual implica que ambas direcciones sus cortantes basales son las correctas.

Análisis Dinámico

El cálculo del espectro se realiza de acuerdo a la Norma E.030 Artículo 4.6.2, la gráfica se expresa a través de la relación entre el período de vibración (T) y la aceleración espectral (S_a), la fórmula de cálculo de la aceleración espectral es la siguiente:

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

Tabla N°10. Parámetros para el cálculo del espectro en ambas direcciones

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.45	R _o	8	3
U	1.00	I _a	1.00	1.00
S	1.05	I _p	1.00	1.00
T _p	0.60	R	8	3
T _L	2.00	g	9.81	9.81

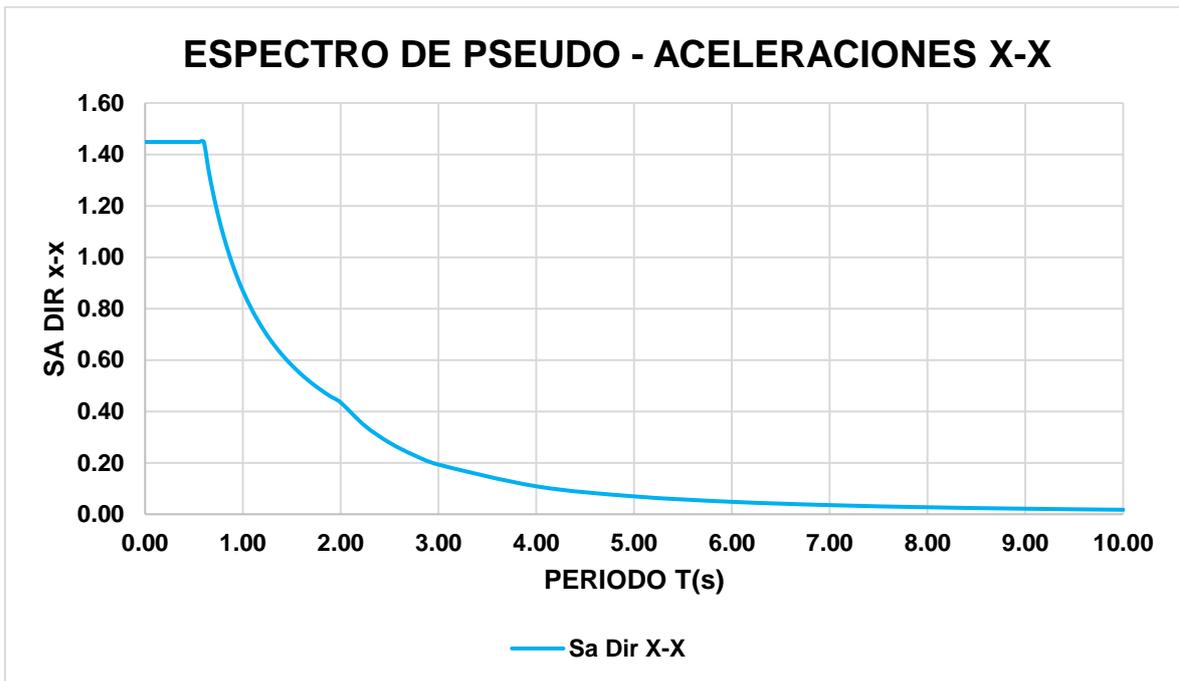
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°11. Cálculo del espectro pseudo para ambas direcciones

C		Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	1.449	3.863
2.50	0.02	1.449	3.863
2.50	0.04	1.449	3.863
2.50	0.06	1.449	3.863
2.50	0.08	1.449	3.863
2.50	0.10	1.449	3.863
2.50	0.12	1.449	3.863
2.50	0.14	1.449	3.863
2.50	0.16	1.449	3.863
2.50	0.18	1.449	3.863
2.50	0.20	1.449	3.863
2.50	0.25	1.449	3.863
2.50	0.30	1.449	3.863
2.50	0.35	1.449	3.863
2.50	0.40	1.449	3.863
2.50	0.45	1.449	3.863
2.50	0.50	1.449	3.863
2.50	0.55	1.449	3.863
2.50	0.60	1.449	3.863
2.31	0.65	1.337	3.566
2.14	0.70	1.242	3.311
2.00	0.75	1.159	3.090
1.88	0.80	1.086	2.897
1.76	0.85	1.022	2.727
1.67	0.90	0.966	2.575
1.58	0.95	0.915	2.440
1.50	1.00	0.869	2.318
1.36	1.10	0.790	2.107
1.25	1.20	0.724	1.931
1.15	1.30	0.669	1.783
1.07	1.40	0.621	1.655
1.00	1.50	0.579	1.545
0.94	1.60	0.543	1.449
0.88	1.70	0.511	1.363
0.83	1.80	0.483	1.288
0.79	1.90	0.457	1.220
0.75	2.00	0.435	1.159
0.59	2.25	0.343	0.916
0.48	2.50	0.278	0.742
0.40	2.75	0.230	0.613
0.33	3.00	0.193	0.515
0.19	4.00	0.109	0.290
0.12	5.00	0.070	0.185
0.08	6.00	0.048	0.129
0.06	7.00	0.035	0.095
0.05	8.00	0.027	0.072
0.04	9.00	0.021	0.057
0.03	10.00	0.017	0.046

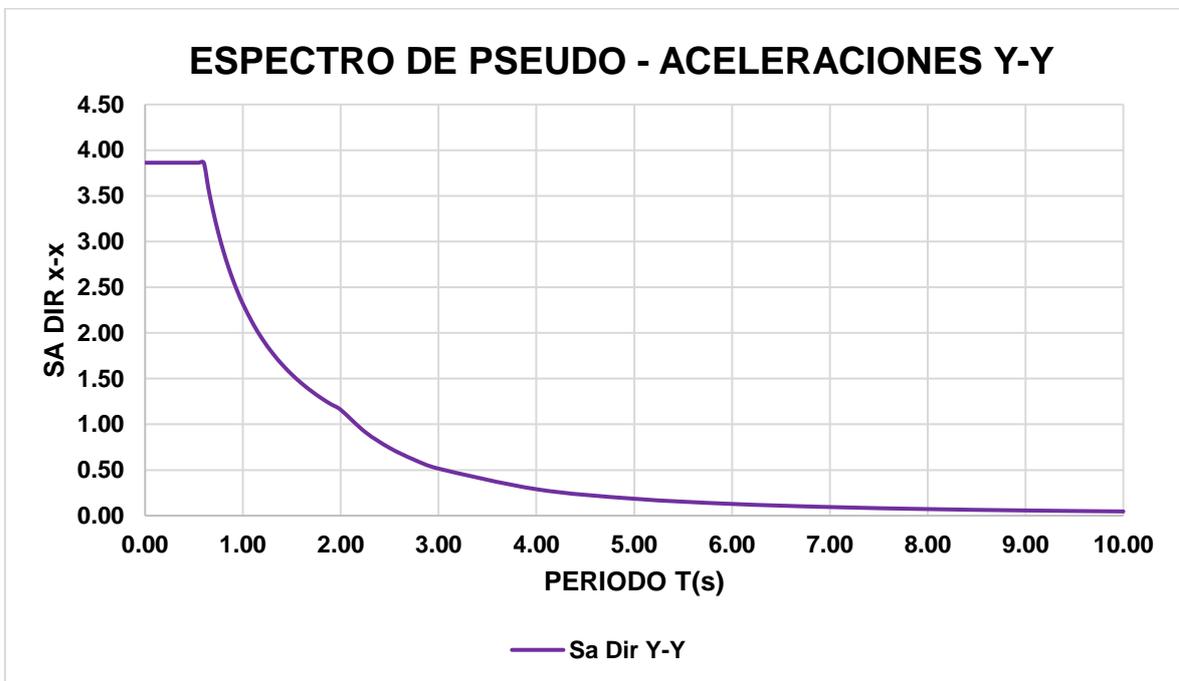
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°5. Espectro pseudo aceleraciones en la dirección X-X



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°6. Espectro pseudo aceleraciones en la dirección Y-Y



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la cortante basal dinámica para ambas direcciones, obtenidos a través del software ETABS V18.1.1, se exhiben en detalle en las tablas siguientes.

Tabla N°12. Fuerzas cortantes con el software ETABS en la dirección X-X

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	V _x (Tonf)
Story5	SD-X	LinRespSpec	Max	Bottom	21.507
Story4	SD-X	LinRespSpec	Max	Bottom	43.314
Story3	SD-X	LinRespSpec	Max	Bottom	60.727
Story2	SD-X	LinRespSpec	Max	Bottom	73.116
Story1	SD-X	LinRespSpec	Max	Bottom	79.837

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Cortante basal } V_{D_X} = 79.837 \text{ Tn}$$

Tabla N°13. Fuerzas cortantes con el software ETABS en la dirección Y-Y

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	V _y (Tonf)
Story5	SD-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	59.926
Story4	SD-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	119.864
Story3	SD-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	166.921
Story2	SD-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	200.600
Story1	SD-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	219.656

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Cortante basal } V_{D_Y} = 219.656 \text{ Tn}$$

Las Cortantes basales (Tn)

Los cálculos correspondientes para determinar la fuerza cortante mínima en ambas direcciones, conforme a lo que indica la Norma E.030 (Diseño Sismorresistente), se presentan detalladamente en la tabla que sigue.

Tabla N°14. Fuerza cortante mínima

V _{XY}	V _{Dinámico} (Tn)	V _{Estático} (Tn)	80% V _E	V _D > 80% V _E	F. Escala
DIREC. X-X	79.837	95.344	76.275	NO CORREGUIR	1.0
DIREC. Y-Y	219.656	254.208	203.366	NO CORREGUIR	0.9

Fuente: Elaboración propia.

Los desplazamientos (cm)

Los resultados de los desplazamientos de cada nivel en ambas direcciones, obtenidos del análisis dinámico y estático, se presentan en las tablas y gráficos siguientes.

Tabla N°15. Desplazamiento estático en la dirección X-X

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	H	UX
				m	cm
Story5	D5	SE-X	LinStatic	13.70	2.0223
Story4	D4	SE-X	LinStatic	11.00	1.8209
Story3	D3	SE-X	LinStatic	8.30	1.4788
Story2	D2	SE-X	LinStatic	5.60	1.0138
Story1	D1	SE-X	LinStatic	2.90	0.4833

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°7. Desplazamiento en la dirección X-X



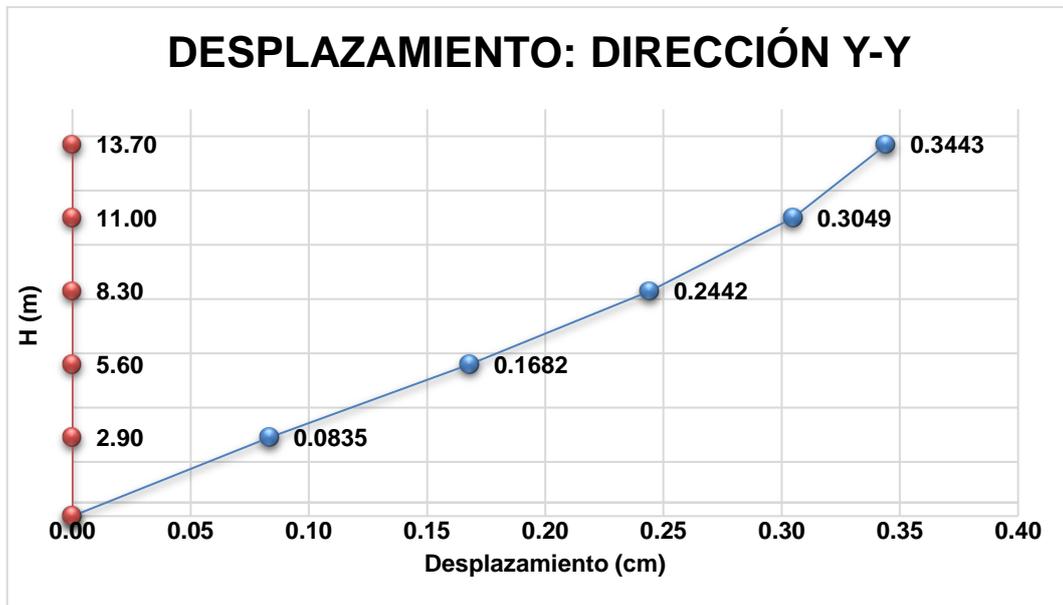
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°16. Desplazamiento estático en la dirección Y-Y

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	H	UY
				m	cm
Story5	D5	SE-Y	LinStatic	13.70	0.3443
Story4	D4	SE-Y	LinStatic	11.00	0.3049
Story3	D3	SE-Y	LinStatic	8.30	0.2442
Story2	D2	SE-Y	LinStatic	5.60	0.1682
Story1	D1	SE-Y	LinStatic	2.90	0.0835

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°8. Desplazamiento en la dirección Y-Y



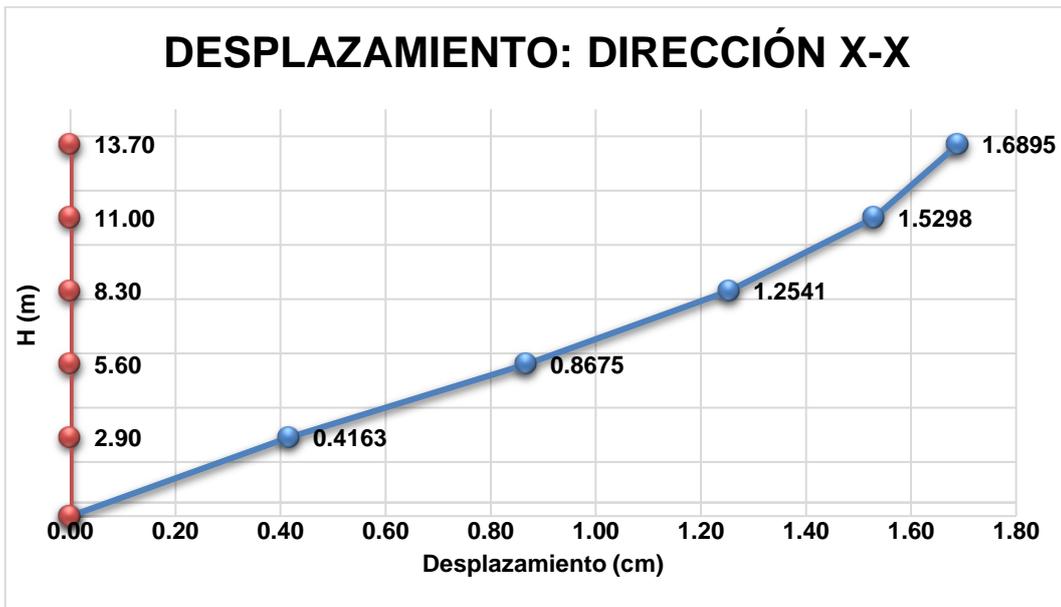
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°17. Desplazamiento dinámico en la dirección X-X

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	H	UX
				m	cm
Story5	D5	SD-X	LinRespSpec	13.70	1.6895
Story4	D4	SD-X	LinRespSpec	11.00	1.5298
Story3	D3	SD-X	LinRespSpec	8.30	1.2541
Story2	D2	SD-X	LinRespSpec	5.60	0.8675
Story1	D1	SD-X	LinRespSpec	2.90	0.4163

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°9. Desplazamiento en la dirección X-X



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°18. Desplazamiento dinámico en la dirección Y-Y

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	H	UY
				m	cm
Story5	D5	SD-Y	LinRespSpec	13.70	0.2871
Story4	D4	SD-Y	LinRespSpec	11.00	0.2557
Story3	D3	SD-Y	LinRespSpec	8.30	0.2066
Story2	D2	SD-Y	LinRespSpec	5.60	0.1435
Story1	D1	SD-Y	LinRespSpec	2.90	0.0718

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°10. Desplazamiento en la dirección Y-Y



Fuente: Elaboración propia.

Las derivas

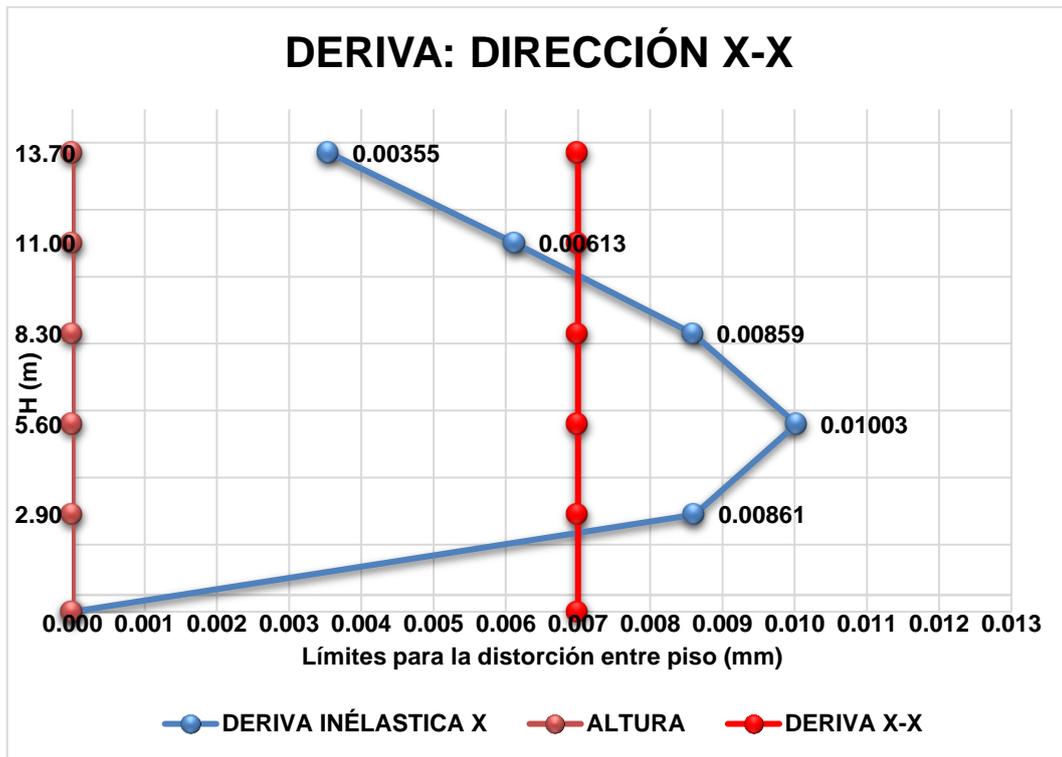
Los resultados de las distorsiones entre piso en ambas direcciones, obtenidos del análisis dinámico, se presentan en las tablas y gráficos siguientes.

Tabla N°19. Derivas en la dirección X-X

DIAFRAGMA	Desplazamiento (cm)	Desplazamiento (cm)	0.75*R	H (cm)	D. Inelástica	Deriva	Verificación (E.030)
	UX total	UX relativo	6	Piso	Distorsión	Max	
D5	1.6895	0.159700	0.958200	270	0.00355	0.007	CUMPLE
D4	1.5298	0.275700	1.654200	270	0.00613	0.007	CUMPLE
D3	1.2541	0.386600	2.319600	270	0.00859	0.007	NO CUMPLE
D2	0.8675	0.451200	2.707200	270	0.01003	0.007	NO CUMPLE
D1	0.4163	0.416300	2.497800	290	0.00861	0.007	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°11. Derivas máximas en la dirección X-X



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el gráfico la deriva inelástica en la dirección X no cumple en todos los pisos como lo indica en la Norma E.030 donde su Límite de distorsión para Pórtico es 0.007.

Tabla N°20. Derivas en la dirección Y-Y

DIAFRAGMA	Desplazamiento (cm)	Desplazamiento (cm)	0.75*R	H (cm)	D. Inelástica	Deriva	Verificación (E.030)
	UY total	UY relativo	2.25	Piso	Distorsión	Max	
D5	0.2871	0.031400	0.070650	270	0.00026	0.005	CUMPLE
D4	0.2557	0.049100	0.110475	270	0.00041	0.005	CUMPLE
D3	0.2066	0.063100	0.141975	270	0.00053	0.005	CUMPLE
D2	0.1435	0.071700	0.161325	270	0.00060	0.005	CUMPLE
D1	0.0718	0.071800	0.161550	290	0.00056	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°12. Derivas máximas en la dirección Y-Y



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el gráfico la deriva inelástica en la dirección Y cumple en todos los pisos como lo indica en la Norma E.030 donde su Límite de distorsión para la albañilería es 0.005.

Después de realizar el análisis sísmico de la estructura, se procederá hacer el análisis sísmico para la incorporación de Aisladores con núcleo de plomo y Disipadores de fluido viscoso tipo Taylor, ver **(ANEXO 5)**.

Análisis sísmico implementando aisladores con núcleo de plomo

El análisis detallado de la estructura asilada enfatiza la necesidad de realizar un prediseño inicial del aislador con núcleo de plomo. Para llevar a cabo este proceso, se siguen las pautas y especificaciones proporcionadas en la Norma E.031 (Aislamiento Sísmico) y el capítulo 17 de la Norma Americana ASCE/SEI 7-10.

Cálculo de los aisladores con núcleo de plomo

Periodo de vibración (T_M)

Donde el periodo efectivo es $T_M = 2.5$ s

Por lo cual, el B_M se basa al amortiguamiento efectivo (% del crítico), como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla N°21. Factor de amortiguamiento

Amortiguamiento efectivo (% del crítico)	Factor B_M
≤2%	0.80
5%	1.00
10%	1.20
20%	1.50
30%	1.70
≥40%	1.90

Fuente: RNE: E.031 - 2020

Desplazamiento del aislador (D_M y D_{TM})

El respectivo cálculo para determinar el desplazamiento traslacional (D_M) se expresa de la siguiente manera como lo indica la Norma E.031 de su artículo 20.1:

$$\text{Desplazamiento traslacional: } D_M = \frac{S_{aM} \times T_M^2}{4\pi^2 \times B_M}$$

$$\text{Pseudo aceleraciones: } S_{aM} = 1.5 * ZUCSg$$

El amortiguamiento efectivo crítico se toma el 5% lo cual su factor es $B_M = 1.00$, reemplazando los cálculos.

Tabla N°22. Parámetros para el desplazamiento traslacional D_T

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Pseudo aceleraciones	S_{aM}	1.772	mm/s ²
Periodo efectivo	T_M	2.5	s
Factor de amortiguamiento	B_M	1	

Fuente: Elaboración propia.

$$D_M = \frac{(1.772 (1000)) \times 2.5^2 s}{4\pi^2 \times 1} = 280.5 \text{ mm} \cong 0.28 \text{ m}$$

El cálculo de desplazamiento total (D_{TM}) se expresa de la siguiente manera como lo indica la Norma E.031 de su artículo 20.3:

$$D_{TM} = D_M \left[1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) \left(\frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right]$$

Tabla N°23. Parámetros para el desplazamiento total D_{TM} : X-X

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Distancia del centro de rigidez	y	3000	mm
Lado menor de la planta de la estructura	b	6000	mm
Lado mayor de la planta de la estructura	d	20000	mm
La excentricidad en planta	e	300	mm
Desplazamiento traslacional	D_M	280.5	mm
Razón	P_t	3.030	s

Fuente: Elaboración propia.

$$D_{TM} = 280.5 \left[1 + \left(\frac{3000}{3.030^2} \right) \left(\frac{12(300)}{6000^2 + 20000^2} \right) \right] = 281.3 \text{ mm} \cong 0.28 \text{ m}$$

Tabla N°24. Parámetros para el desplazamiento total D_{TM} : Y-Y

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Distancia del centro de rigidez	y	10000	mm
Lado menor de la planta de la estructura	b	6000	mm
Lado mayor de la planta de la estructura	d	20000	mm
La excentricidad en planta	e	1000	mm
Desplazamiento traslacional	D_M	280.5	mm
Razón	P_t	1.439	s

Fuente: Elaboración propia.

$$D_{TM} = 280.5 \left[1 + \left(\frac{10000}{1.439^2} \right) \left(\frac{12(1000)}{6000^2 + 20000^2} \right) \right] = 318 \text{ mm} \cong 0.32 \text{ m}$$

Por lo cual, el desplazamiento total (D_{TM}) se tomará el más crítico que es 0.32 m en la dirección Y-Y

∴ El desplazamiento total no será menor $1.15D_{TM}$

$$D_1 = 1.15D_{TM}$$

$$D_1 = 1.15 \times 0.32 = 0.368 \text{ m} = 368 \text{ mm}$$

También, se procedió con el cálculo del diámetro del aislador empleando la fórmula siguiente:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{P_{umax}}{\sigma_{maxperm}}}$$

El esfuerzo máximo permisible:

$$\sigma_{maxperm} = 8 \text{ MPA} \cong 815.77 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

La carga axial última: ETABS

$$P_{umax} = 1.25CM + 1.25CV + SISMO$$

$$P_{umax} = 417.3946 \text{ Tn}$$

Remplazando:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{417.3946 \text{ Tn}}{815.77 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}}} = 0.81 \text{ m} = 810 \text{ mm}$$

Por ende, el diámetro del aislador es 810 mm.

Se procede con la identificación del tipo del aislador, de acuerdo al diámetro del aislador que se requiera. Para ello, se necesita esta siguiente tabla del catálogo DIS (Dynamic Isolation Sistem), ver **(Anexo 6)**.

Según, la tabla corresponde $D_1 = 850 \text{ mm} > 810 \text{ mm}$.

El cálculo respectivo para Q_d , es la siguiente formula:

$$\frac{Q_d}{P_{servicio}} = 3\% @ 10\%$$

Se estima entre el rango de 3% a 10% del peso que recibe cada aislador, donde implica $P_{servicio} = W_D + 0.25 W_L$, donde se tomó el cálculo respectivo del software ETABS.

$$P_{servicio} = 49.677 \text{ Tn}$$

Remplazando: se estimó el 10%

$$\frac{Q_d}{49.667 \text{ Tn}} = 0.10$$

$$Q_d = 0.10 \times 49.667 = 4.9667 \text{ Tn}$$

Adicionalmente, se determinó el diámetro del aislador LRB (aislador con núcleo de plomo), considerando un valor σ_y de 10 MPa para aisladores de la marca DIS.

$$\sigma_y = 10 \text{ MPA} \cong 1019.71 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

Donde el cálculo para halla el D_L se expresa de la siguiente manera:

$$D_L = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{1.10 Q_d}{\sigma_y}}$$

$$D_L = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{1.10 (4.9667)}{1019.71}} = 0.0826 \text{ m} = 82.60 \text{ mm}$$

También se calculó la altura del aislador, se determina por la deformación del corte, donde el límite es 250% y el máximo desplazamiento total, como se expresa en la siguiente formula:

$$t_r = \frac{D_{TM}}{2.50} = \frac{0.32 \text{ m}}{2.50} = 0.128 \text{ m} \cong 0.15 \text{ m (uniformizando)}$$

Se procede a calcular K_d , utilizando la siguiente expresión:

$$K_d = \frac{\pi}{4} \times \frac{(D_1^2 - D_L^2) \times G}{t_r}$$

Donde se considera que G está entre (0.4-07MPa), por lo tanto, se toma $G = 40.78 \text{ Tn/m}^2$.

$$K_d = \frac{\pi}{4} \times \frac{(0.810^2 - 0.0826^2) \times 40.78}{0.15} = 138.636 \frac{Tn}{m}$$

También el cálculo de la rigidez efectiva K_{eff} , utilizando la siguiente expresión:

$$K_{eff} = \frac{Q_d}{D_{TM}} + K_d$$

$$K_{eff} = \frac{4.9667 Tn}{0.32 m} + 138.636 \frac{Tn}{m^2} = 154.16 \frac{Tn}{m}$$

El cálculo del amortiguamiento efectivo β_{eff} , con la siguiente expresión:

$$\beta_{eff} = \frac{4Q_d(D_{TM} - \frac{F_y}{10K_d})}{2\pi \times K_{eff} \times D_{TM}}$$

Donde el $F_y = 1.10Q_d$

$$F_y = 1.10 \times 4.9677 \frac{Tn}{m^2} = 5.464 Tn$$

Remplazando en la formula:

$$\beta_{eff} = \frac{4(4.9667 Tn) \times (0.32 m - \frac{5.464 Tn}{10(138.636 \frac{Tn}{m^2})})}{2\pi \times 154.16 \frac{Tn}{m} \times 0.32 m} = 0.02 = 2.00\%$$

Además, se procedió con el cálculo de la rigidez vertical con la siguiente formula:

$$K_V = \frac{E_C A}{t_r}$$

Donde, el módulo de elasticidad del conjunto del caucho de acuerdo al catálogo DIS, es (0.38 Mpa a 0.70 Mpa), Lo cual, se consideró un $G = 50.985 \frac{Tn}{m^2}$, también el $K = 203943.24 \frac{Tn}{m^2}$, como se expresa en la siguiente formula:

$$E_C = \frac{6GS^2 \times K}{6GS^2 + K}$$

Donde el factor de modelo de capas S, es el área neta del caucho entre el área superficial lateral de la capa de caucho, como se expresa de la siguiente manera:

$$S = \frac{A_n}{A'} = \frac{0.5099}{0.0038} = 134.184$$

Remplazando:

$$E_c = \frac{6(50.985)(134.184)^2 \times 203943.24}{6(50.985)(134.184)^2 + 203943.24} = 196661.527 \frac{Tn}{m^2}$$

Por tanto, se tiene una rigidez vertical:

$$K_v = \frac{196661.527 \frac{Tn}{m^2} \times 0.5153 m^2}{0.15 m} = 675597.899 \frac{Tn}{m}$$

Por último, se calculó la rigidez elástica K_e :

$$K_e = 10K_d = 10 \times 138.636 \frac{Tn}{m} = 1386.360 \frac{Tn}{m}$$

En resumen, de todo el cálculo se mostrará en la siguiente tabla.

Tabla N°25. Características del aislador con núcleo de plomo

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Diámetro	D ₁	0.81	m
Altura	t _r	0.15	m
Rigidez efectiva	K _{eff}	154.16	Tn/m
Amortiguamiento efectivo lineal	β _{eff}	0.02	Tn-s/m
Rigidez no lineal	K _d	138.636	Tn/m
	F _y	5.464	Tn
	K _d /K _e	0.10	
Carga axial última	P _{umax}	417.395	Tn
Rigidez efectiva lineal	K _v	675597.899	Tn/m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°26. Propiedades mecánicas para la dirección X - Y

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Rigidez efectiva lineal	K _{eff}	154.16	Tn/m
Amortiguamiento efectivo	β _{eff}	0.020	Tn-s/m
Rigidez no lineal	K _d	138.636	Tn/m
Fluencia	F _y	5.464	Tn
Radio de rigidez post fluencia	K _d /K _e	0.10	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°27. Propiedades mecánicas para la dirección Z

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Rígidez efectiva lineal	K_v	675597.899	Tn/m
Amortiguamiento efectivo lineal	β_{eff}	0.020	Tn-s/m

Fuente: Elaboración propia.

Insertar los resultados al modelo estructural con aislador de núcleo de plomo en el software ETABS V18.1.1.

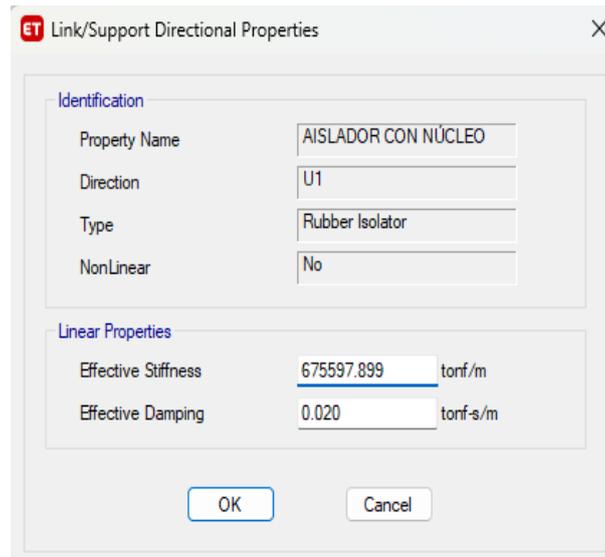


Figura N°25. Propiedades del aislador en la dirección Z

Fuente: Elaboración propia.

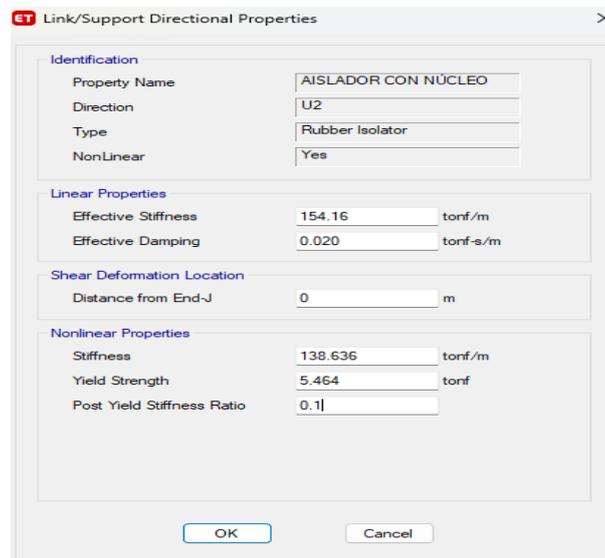


Figura N°26. Propiedades del aislador en la dirección X

Fuente: Elaboración propia.

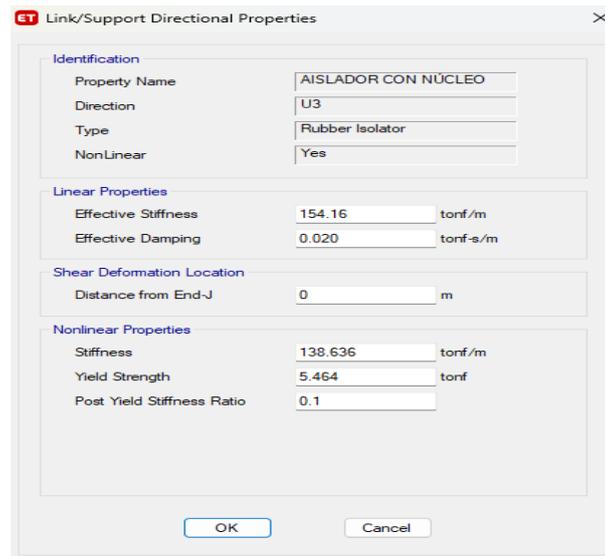


Figura N°27. Propiedades del aislador en la dirección Y
Fuente: Elaboración propia.

Modelo N°2 del edificio de cinco niveles con aisladores con núcleo de plomo realizado en el software ETABS V18.1.1

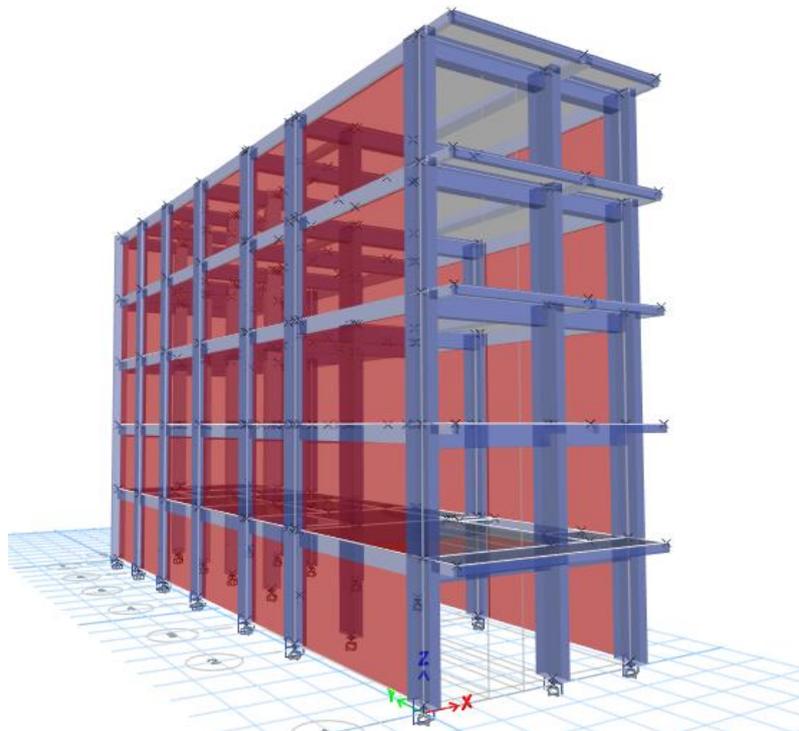


Figura N°28. Modelo N°2 en 3D de la estructura con aislador con núcleo de plomo
Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber realizado el análisis sísmico con la incorporación del aislador con núcleo de plomo, se procedió a extraer los resultados.

Las fuerzas cortantes del edificio con y sin aislador con núcleo de plomo en ambas direcciones, se aprecian en las siguientes tablas:

Tabla N°28. Fuerzas cortantes en la dirección X-X con y sin aislador

# Pisos	Altura (m)	Sin Aislador	Con Aislador
		V _x (Tn)	V _x (Tn)
Nivel 5	13.7	27.627	0.919
Nivel 4	11	54.355	1.943
Nivel 3	8.3	74.523	2.836
Nivel 2	5.6	88.109	3.584
Nivel 1	2.9	95.344	4.140
Nivel 0	0	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°29. Fuerzas cortantes en la dirección Y-Y con y sin aislador

# Pisos	Altura (m)	Sin Aislador	Con Aislador
		V _y (Tn)	V _x (Tn)
Nivel 5	13.7	73.660	1.226
Nivel 4	11	144.923	2.485
Nivel 3	8.3	198.695	3.680
Nivel 2	5.6	234.918	5.189
Nivel 1	2.9	254.208	7.182
Nivel 0	0	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Los desplazamientos del edificio con y sin aislador con núcleo de plomo en ambas direcciones, se aprecian en las siguientes tablas:

Tabla N°30. Desplazamientos en la dirección X-X con y sin aislador

# Pisos	Altura (m)	Sin Aislador	Con Aislador
		Desplazamiento (cm)	Desplazamiento (cm)
Nivel 5	13.7	21.5217	0.3716
Nivel 4	11	19.0069	0.3617
Nivel 3	8.3	15.1798	0.3465
Nivel 2	5.6	10.2444	0.3245
Nivel 1	2.9	4.8366	0.2927
Nivel 0	0	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°31. Desplazamientos en la dirección Y-Y con y sin aislador

# Pisos	Altura (m)	Sin Aislador	Con Aislador
		Desplazamiento (cm)	Desplazamiento (cm)
Nivel 5	13.7	1.5415	0.2461
Nivel 4	11	1.3735	0.2454
Nivel 3	8.3	1.1100	0.2443
Nivel 2	5.6	0.7702	0.2428
Nivel 1	2.9	0.3842	0.2409
Nivel 0	0	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

Las derivas del edificio con y sin aislador con núcleo de plomo en ambas direcciones, se aprecian en las siguientes tablas:

Tabla N°32. Derivas en la dirección X-X con y sin aislador

# Pisos	Sin Aislador			Con Aislador		
	D. Inelástica	Deriva Max	Verificación (E.030)	D. Inelástica	Deriva Max	Verificación (E.030)
Nivel 5	0.009314	0.007	NO CUMPLE	0.000037	0.007	CUMPLE
Nivel 4	0.014174	0.007	NO CUMPLE	0.000056	0.007	CUMPLE
Nivel 3	0.018279	0.007	NO CUMPLE	0.000081	0.007	CUMPLE
Nivel 2	0.020029	0.007	NO CUMPLE	0.000118	0.007	CUMPLE
Nivel 1	0.016678	0.007	NO CUMPLE	0.000336	0.007	CUMPLE
Nivel 0	0.000000	-	-	0.000000	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°33. Derivas en la dirección Y-Y con y sin aislador

# Pisos	Sin Aislador			Con Aislador		
	D. Inelástica	Deriva Max	Verificación (E.030)	D. Inelástica	Deriva Max	Verificación (E.030)
Nivel 5	0.000622	0.005	CUMPLE	0.000003	0.005	CUMPLE
Nivel 4	0.000976	0.005	CUMPLE	0.000004	0.005	CUMPLE
Nivel 3	0.001259	0.005	CUMPLE	0.000006	0.005	CUMPLE
Nivel 2	0.001430	0.005	CUMPLE	0.000007	0.005	CUMPLE
Nivel 1	0.001325	0.005	CUMPLE	0.000009	0.005	CUMPLE
Nivel 0	0.000000	-	-	0.000000	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Análisis sísmico implementando disipadores viscosos

El análisis de la estructura con disipadores viscosos, hago un hincapié de realizar primero los cálculos pertinentes. Es esencial destacar que se debe seguir el procedimiento descrito en el Capítulo 18 de la Norma Americana ASCE/ SEI 7-10 como base para este análisis.

Cálculo de los disipadores viscosos

Donde las propiedades que se calcularán son las siguientes: la rigidez del disipador, la constante de amortiguamiento y el exponente de no linealidad.

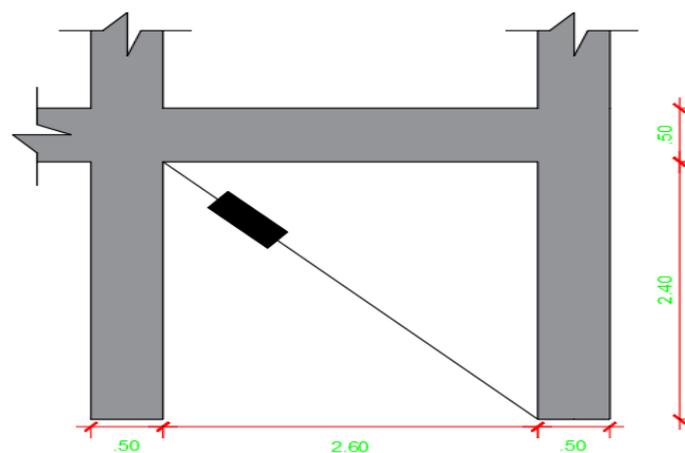
Rigidez del disipador (K)

Los brazos metálicos se colocarán en una disposición de diagonal utilizando un perfil metálico, HSS con dimensiones de 20.00 x 0.500 según las especificaciones del Manual de construcción en Acero de AISC, en su edición 13, ver **(ANEXO 7)**.

El módulo de acero: $E=29000 \text{ ksi}= 20.4 \times 10^6 \text{ ton/m}^2$

Área: $A= 28.5 \text{ pulg}^2 =183.87 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

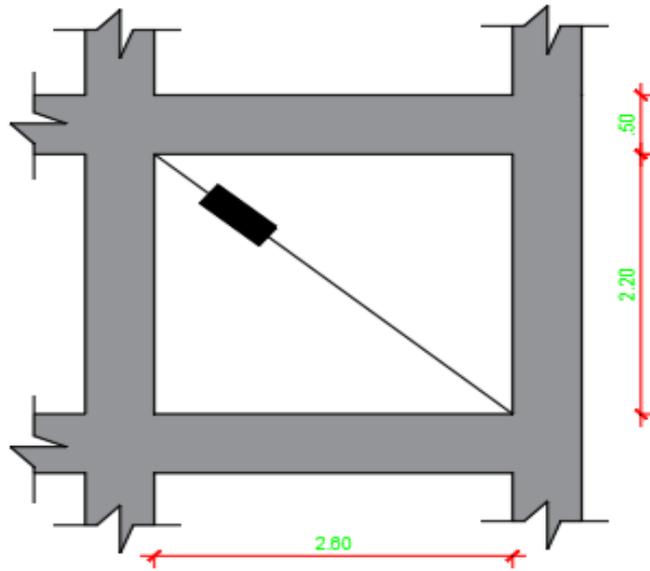
Gráfico N°13. Primer piso - eje 7 en la dirección X-X



Fuente: Elaboración propia.

$$\text{eje 8: } K_x = \frac{EA}{L_x} = \frac{(20.4 \times 10^6) \times (183.87 \times 10^{-4})}{\sqrt{2.40^2 + 2.60^2}} = 105958.98 \frac{\text{Tn}}{\text{m}}$$

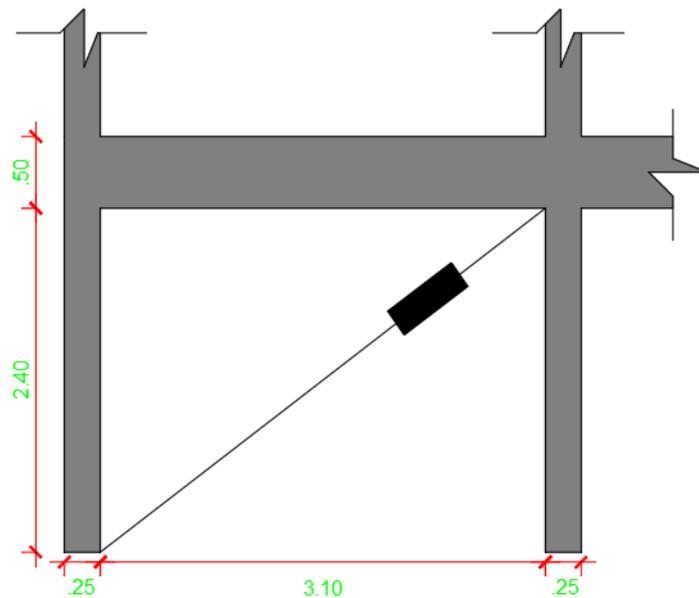
Gráfico N°14. Segundo al Tercer piso – eje 7 en la dirección X-X



Fuente: Elaboración propia.

$$eje\ 8: K_x = \frac{EA}{L_x} = \frac{(20.4 \times 10^6) \times (183.87 \times 10^{-4})}{\sqrt{2.20^2 + 2.60^2}} = 109998.48 \frac{Tn}{m}$$

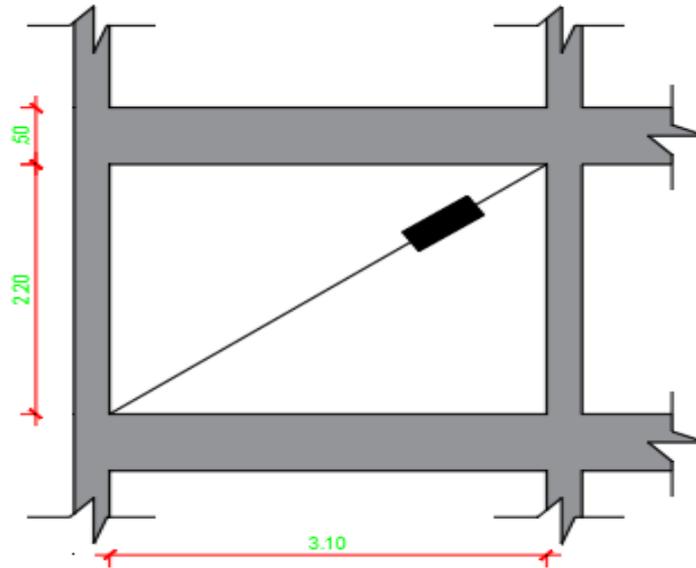
Gráfico N°15. Primer piso - eje 1 en la dirección X-X



Fuente: Elaboración propia.

$$eje\ 1: K_x = \frac{EA}{L_x} = \frac{(20.4 \times 10^6) \times (183.87 \times 10^{-4})}{\sqrt{2.40^2 + 3.10^2}} = 95687.45 \frac{Tn}{m}$$

Gráfico N°16. Segundo al Tercer piso – eje 1 en la dirección X-X



Fuente: Elaboración propia.

$$\text{eje 1: } K_x = \frac{EA}{L_x} = \frac{(20.4 \times 10^6) \times (183.87 \times 10^{-4})}{\sqrt{2.20^2 + 3.10^2}} = 98709.16 \frac{\text{Tn}}{\text{m}}$$

Constante de amortiguamiento (C)

Factor de reducción de respuesta (β) se expresa de la siguiente manera:

$$\beta = \frac{D_{\text{máx}}}{D_{\text{objetivo}}}$$

En la dirección X-X:

$$\beta_x = \frac{0.020029}{0.007} = 2.86$$

El amortiguamiento de la estructura (β_0) se considera el 5%, por lo cual el amortiguamiento efectivo se calcula de la siguiente manera:

$$\beta_x = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{\text{eff}})}$$

$$2.86 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$$

$$\beta_{effX} = 68\%$$

Amortiguamiento viscoso (β_{hx}): ξ_{dis}

$$\beta_{hx} = \beta_{effX} - 5\% = 68\% - 5\% = 63\%$$

Por lo tanto, los valores servirán para el cálculo de las propiedades de los disipadores para la dirección X.

El coeficiente de amortiguamiento no lineal ($\sum C_j$):

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos(\theta_j)^{1+\alpha}}{2 \pi A^{1-\alpha} \omega_i^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2}$$

$$\sum C_j = \frac{2\pi \times A^{1-\alpha} \times \omega_i^{2-\alpha} \times \sum(m_i \times \phi_i^2)}{\lambda \times \sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \times \cos^{1+\alpha} \theta_j} \times \xi_{dis}$$

Tabla N°34. Cálculo para el amortiguamiento no lineal del disipador en X-X

NIVEL	ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (tonf-s ² /m)	Cos θ	Cos (θ) ^{1+α} * $\phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i \times \phi_i^2$
5	0.2647	0.0303	11.08	0.763	0.0035	0.776
4	0.2344	0.0474	13.25	0.763	0.0069	0.728
3	0.1870	0.0606	13.25	0.763	0.0099	0.463
2	0.1264	0.0659	13.23	0.763	0.0113	0.211
1	0.0605	0.0605	13.60	0.737	0.0094	0.050
				Σ	0.0411	2.229

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°35. Valores para hallar el coeficiente de amortiguamiento del eje 7

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Coeficiente de velocidad	$\alpha=$	0.5	
Amortiguamiento efectivo	β_{effe}	68	%
Amortiguamiento de la estructura	β_o	5	%
Amortiguamiento viscoso	β_{vis}	63	%
Periodo	T	0.6	s
Frecuencia angular	ω_i	10.472	rad/s
	$\omega_i^{2-\alpha}$	33.888	rad/s
Amplitud de los desplazamientos modales	A	0.075	m
	$A^{1-\alpha}$	0.274	m

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando los valores sería:

$$\sum C_{j8} = \frac{2\pi \times 0.274 \times 33.888 \times 2.229}{3.5 \times 0.411} \times 63\%$$

$$\sum C_{j8} = 569.53 \text{ Ton} \times \frac{s}{m}$$

El 1 nivel:

$$C_{ix} = \frac{\sum C_{j8}}{n^\circ \text{ disipador por nivel}} = \frac{569.53}{1} = 569.53 \text{ Tn} \times \frac{s}{m}$$

El 2 y 3 nivel:

$$C_{ix} = \frac{\sum C_{j8}}{n^\circ \text{ disipador por nivel}} = \frac{569.53}{1} = 569.53 \text{ Tn} \times \frac{s}{m}$$

Tabla N°36. Cálculos para el amortiguamiento no lineal del disipador en X-X

NIVEL	ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (tonf-s ² /m)	Cos θ	Cos $(\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i \times \phi_i^2$
5	0.2647	0.0303	11.08	0.816	0.0039	0.776
4	0.2344	0.0474	13.25	0.816	0.0076	0.728
3	0.1870	0.0606	13.25	0.816	0.0110	0.463
2	0.1264	0.0659	13.23	0.816	0.0125	0.211
1	0.0605	0.0605	13.60	0.791	0.0105	0.050
				\sum	0.0454	2.229

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°37. Valores para hallar el coeficiente de amortiguamiento del eje 1

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Coeficiente de velocidad	$\alpha=$	0.5	
Amortiguamiento efectivo	β_{effe}	68	%
Amortiguamiento de la estructura	β_o	5	%
Amortiguamiento viscoso	β_{vis}	63	%
Periodo	T	0.60	s
Frecuencia angular	ω_i	10.472	rad/s
	$\omega_i^{2-\alpha}$	33.888	rad/s
Amplitud de los desplazamientos modales	A	0.075	m
	$A^{1-\alpha}$	0.274	m

Fuente: Elaboración propia.

Remplazando los valores sería:

$$\sum C_{j1} = \frac{2\pi \times 0.274 \times 33.888 \times 2.229}{3.5 \times 0.454} \times 63\%$$

$$\sum C_{j1} = 515.59 Tn \times \frac{s}{m}$$

El 1 nivel:

$$C_{ix} = \frac{\sum C_{j1}}{n^\circ \text{ disipador por nivel}} = \frac{515.59}{1} = 515.59 Tn \times \frac{s}{m}$$

El 2 y 3 nivel:

$$C_{ix} = \frac{\sum C_{j1}}{n^\circ \text{ disipador por nivel}} = \frac{515.59}{1} = 515.59 Tn \times \frac{s}{m}$$

Los datos que se introducirán en el software ETABS V18.1.1, se muestran las tablas los parámetros para el disipador viscoso para el eje 7 en la dirección X-X.

Tabla N°38. Parámetros para el disipador viscoso en el primer nivel

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Rigidez del brazo metálico	K	105958.98	Tn/m
Coeficiente de amortiguamiento no lineal	C	569.53	Tn*s/m
Coeficiente de velocidad	α	0.5	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°39. Parámetros para el disipador viscoso en el segundo y tercer nivel

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Rigidez del brazo metálico	K	109998.48	Tn/m
Coefficiente de amortiguamiento no lineal	C	569.53	Tn*s/m
Coefficiente de velocidad	α	0.5	

Fuente: Elaboración propia.

También, se muestran en las tablas los parámetros para el disipador viscoso para el eje 1 en la dirección X-X.

Tabla N°40. Parámetros para el disipador viscoso en el primer nivel

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Rigidez del brazo metálico	K	95687.45	Tn/m
Coefficiente de amortiguamiento no lineal	C	515.59	Tn*s/m
Coefficiente de velocidad	α	0.5	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°41. Parámetros para el disipador viscoso en el segundo y tercer nivel

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Rigidez del brazo metálico	K	98709.16	Tn/m
Coefficiente de amortiguamiento no lineal	C	515.59	Tn*s/m
Coefficiente de velocidad	α	0.5	

Fuente: Elaboración propia.

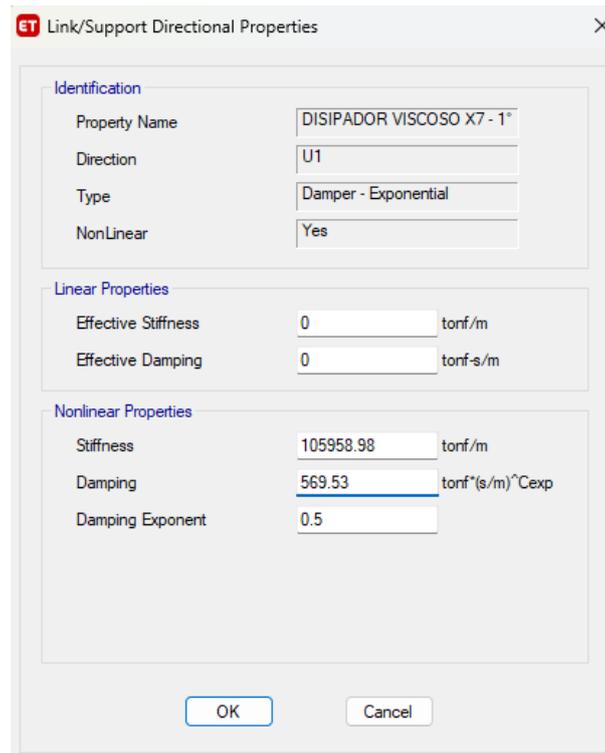


Figura N°29. Parámetros para el primer nivel eje 7 en la dirección X-X
Fuente: Elaboración propia.

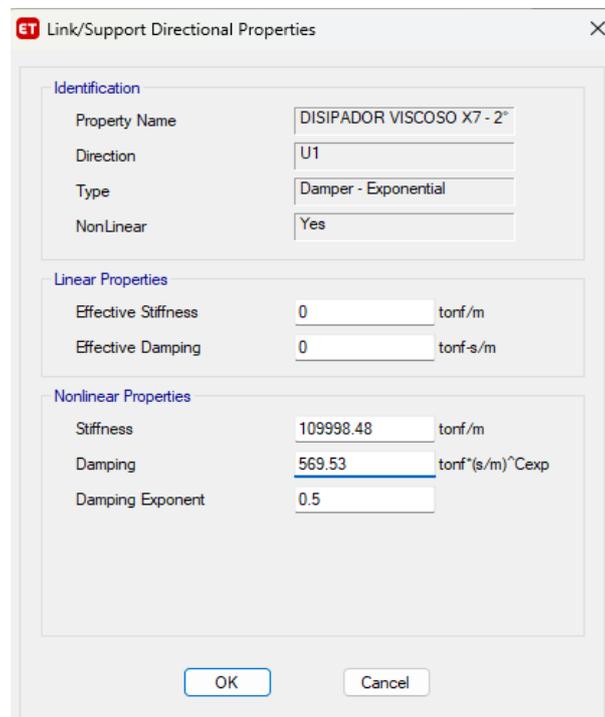


Figura N°30. Parámetros para el segundo y tercer nivel eje 7 en la dirección X-X
Fuente: Elaboración propia.

Identification	
Property Name	DISIPADOR VISCOSO X1 - 1°
Direction	U1
Type	Damper - Exponential
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	0 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m

Nonlinear Properties	
Stiffness	95687.45 tonf/m
Damping	515.59 tonf*(s/m) ^{Cexp}
Damping Exponent	0.5

Figura N°31. Parámetros para el primer nivel eje 1 en la dirección X-X

Fuente: Elaboración propia.

Identification	
Property Name	DISIPADOR VISCOSO X1 - 2°
Direction	U1
Type	Damper - Exponential
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	0 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m

Nonlinear Properties	
Stiffness	98709.16 tonf/m
Damping	515.59 tonf*(s/m) ^{Cexp}
Damping Exponent	0.5

Figura N°32. Parámetros para el segundo y tercer nivel eje 7 en la dirección X-X

Fuente: Elaboración propia.

Modelo N°3 del edificio de cinco niveles con disipadores viscosos realizado en el software ETABS V18.1.1

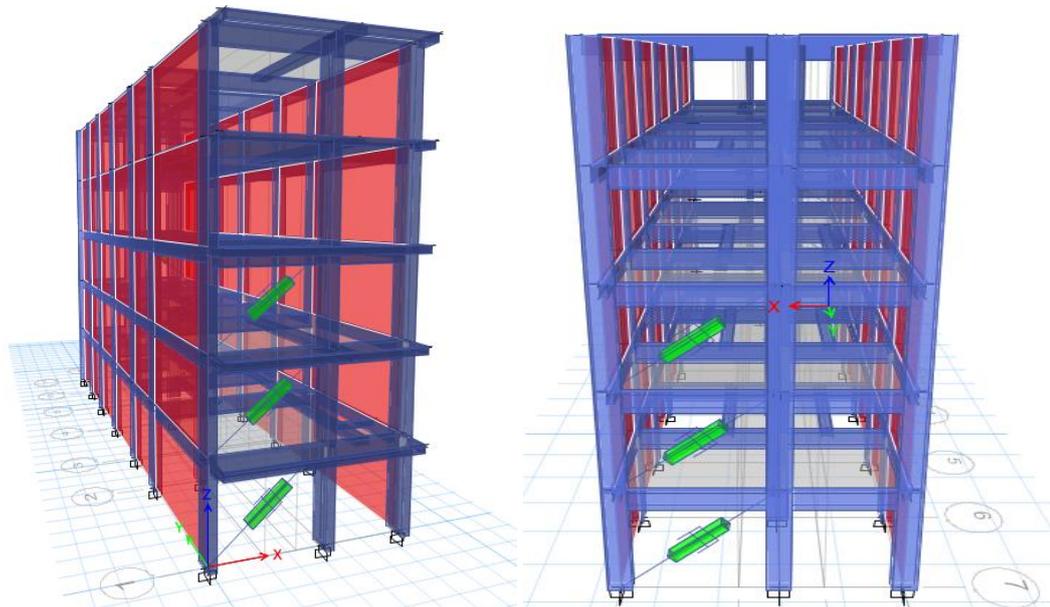


Figura N°33. Modelo N°3 en 3D de la estructura con disipador viscoso

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber realizado el análisis sísmico con la incorporación del disipador de fluido viscoso, se procedió a extraer los resultados.

Las fuerzas cortantes del edificio con y sin disipador de fluido viscoso en ambas direcciones, se aprecian en las siguientes tablas:

Tabla N°42. Fuerzas cortantes con y sin disipador en la dirección X-X

# Pisos	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
		V_x (Tn)	V_x (Tn)
Nivel 5	13.7	27.627	132.352
Nivel 4	11	54.355	231.361
Nivel 3	8.3	74.523	295.382
Nivel 2	5.6	88.109	370.243
Nivel 1	2.9	95.344	443.412
Nivel 0	0	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°43. Fuerzas cortantes con y sin disipador en la dirección Y-Y

# Pisos	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
		V _Y (Tn)	V _Y (Tn)
Nivel 5	13.7	73.660	267.352
Nivel 4	11	144.923	559.986
Nivel 3	8.3	198.695	804.468
Nivel 2	5.6	234.918	996.973
Nivel 1	2.9	254.208	1137.716
Nivel 0	0	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Los desplazamientos del edificio con y sin disipadores de fluido viscoso en ambas direcciones, se aprecian en las siguientes tablas:

Tabla N°44. Desplazamientos con y sin disipador en la dirección X-X

# Pisos	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
		Desplazamiento (cm)	Desplazamiento (cm)
Nivel 5	13.7	21.5217	5.0580
Nivel 4	11	19.0069	4.4443
Nivel 3	8.3	15.1798	3.4772
Nivel 2	5.6	10.2444	2.6381
Nivel 1	2.9	4.8366	1.4287
Nivel 0	0	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°45. Desplazamientos con y sin disipador en la dirección Y-Y

# Pisos	Altura (m)	Sin Disipador	Con Disipador
		Desplazamiento (cm)	Desplazamiento (cm)
Nivel 5	13.7	1.5415	1.5409
Nivel 4	11	1.3735	1.3733
Nivel 3	8.3	1.1100	1.1092
Nivel 2	5.6	0.7702	0.7686
Nivel 1	2.9	0.3842	0.3819
Nivel 0	0	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

Las derivas del edificio con y sin disipadores de fluido viscoso en ambas direcciones, se aprecian en las siguientes tablas:

Tabla N°46. Derivas con y sin disipador en la dirección X-X

# Pisos	Sin Disipador			Con Disipador		
	D. Inelástica	Deriva Max	Verificación (E.030)	D. Inelástica	Deriva Max	Verificación (E.030)
Nivel 5	0.009314	0.007	NO CUMPLE	0.002273	0.007	CUMPLE
Nivel 4	0.014174	0.007	NO CUMPLE	0.003582	0.007	CUMPLE
Nivel 3	0.018279	0.007	NO CUMPLE	0.003108	0.007	CUMPLE
Nivel 2	0.020029	0.007	NO CUMPLE	0.004479	0.007	CUMPLE
Nivel 1	0.016678	0.007	NO CUMPLE	0.004927	0.007	CUMPLE
Nivel 0	0.000000	-	-	0.000000	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°47. Derivas sin y con disipador en la dirección Y-Y

# Pisos	Sin Disipador			Con Disipador		
	D. Inelástica	Deriva Max	Verificación (E.030)	D. Inelástica	Deriva Max	Verificación (E.030)
Nivel 5	0.000622	0.005	CUMPLE	0.000621	0.005	CUMPLE
Nivel 4	0.000976	0.005	CUMPLE	0.000978	0.005	CUMPLE
Nivel 3	0.001259	0.005	CUMPLE	0.001261	0.005	CUMPLE
Nivel 2	0.001430	0.005	CUMPLE	0.001432	0.005	CUMPLE
Nivel 1	0.001325	0.005	CUMPLE	0.001317	0.005	CUMPLE
Nivel 0	0.000000	-	-	0.000000	-	-

Fuente: Elaboración propia.

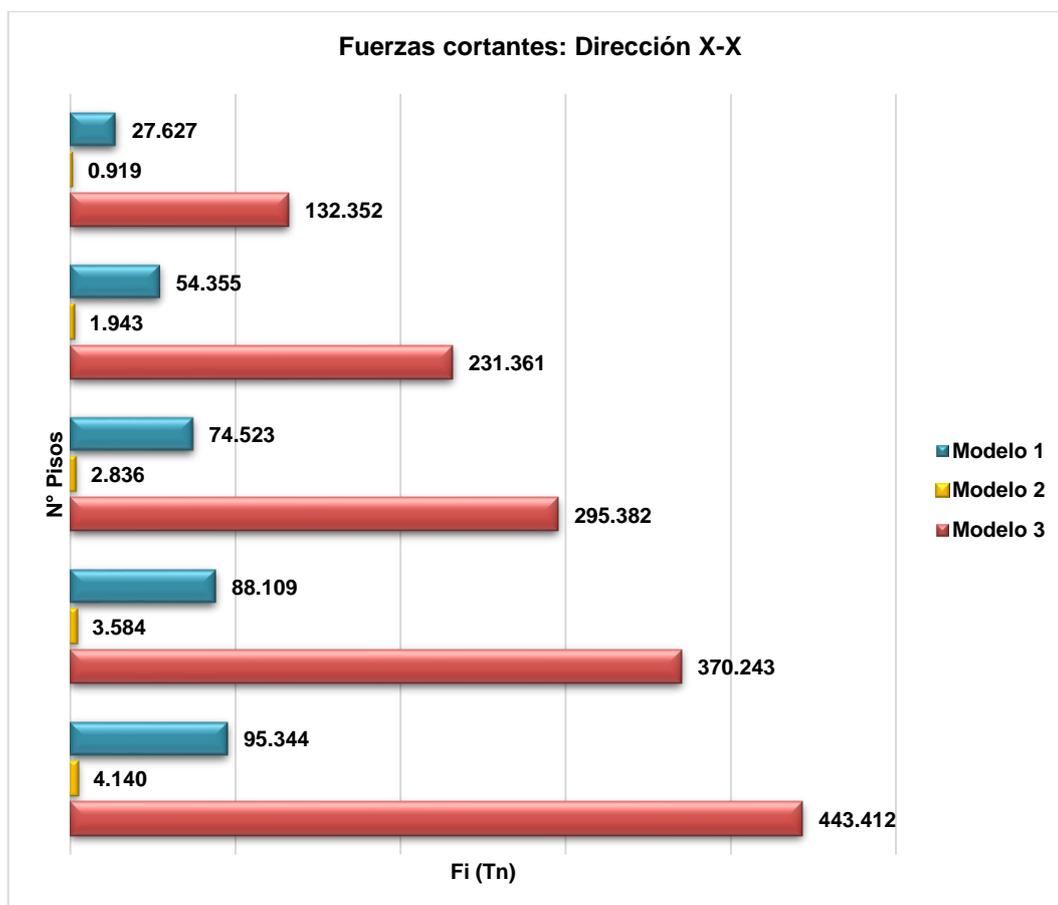
Después de realizar la incorporación de los aisladores y disipadores en el modelo estructural, se procedió a extraer los resultados. Donde se comparan las cortantes en ambas direcciones como se puede visualizar en las siguientes tablas y gráficos:

Tabla N°48. Comparación de las cortantes por nivel en la dirección X-X

CORTANTE POR PISO (Tn)		MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
# Pisos	Altura (m)	ESTRUCTURA CONVECCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON NÚCLEO DE PLOMO	ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOSO
Nivel 5	13.7	27.627	0.919	132.352
Nivel 4	11	54.355	1.943	231.361
Nivel 3	8.3	74.523	2.836	295.382
Nivel 2	5.6	88.109	3.584	370.243
Nivel 1	2.9	95.344	4.140	443.412
Nivel 0	0	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°17. Comparación de las cortantes por nivel en la dirección X-X



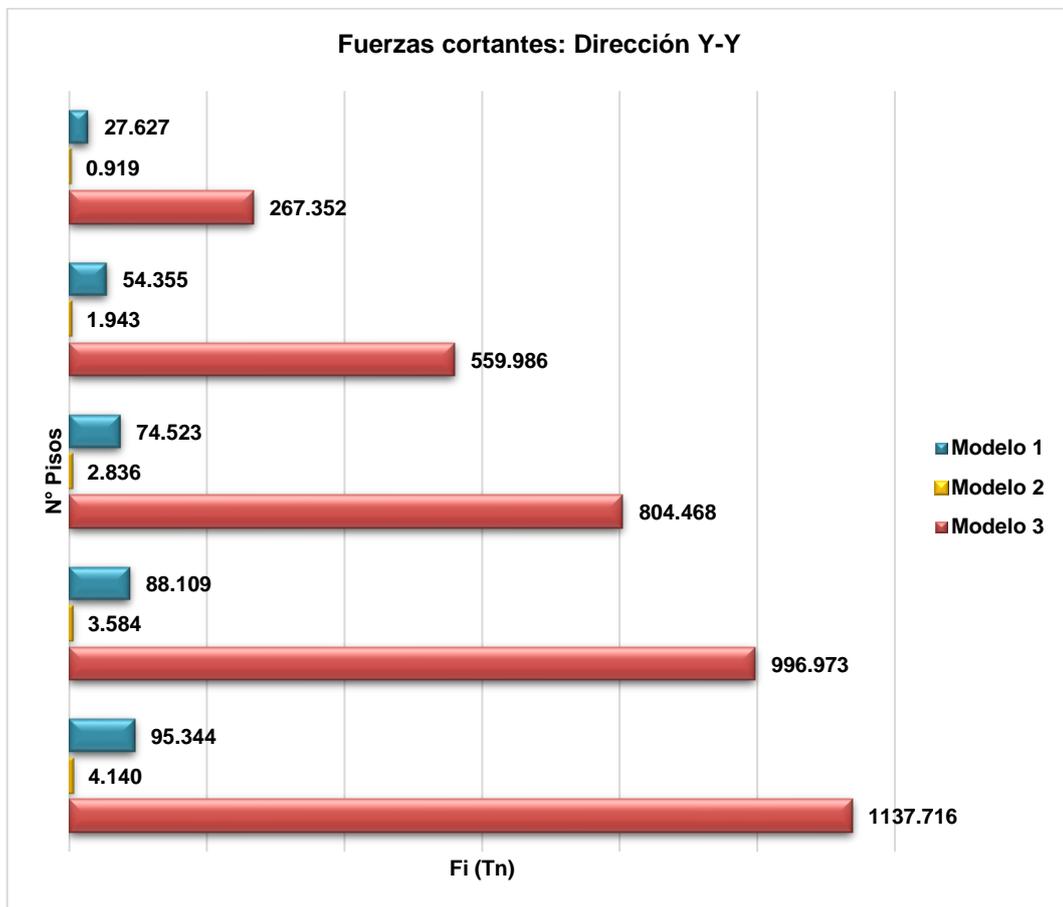
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°49. Comparación de las cortantes por nivel en la dirección Y-Y

CORTANTE POR PISO (Tn)		MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
# Pisos	Altura (m)	ESTRUCTURA CONVECIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON NÚCLEO DE PLOMO	ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOSO
Nivel 5	13.7	73.660	1.226	267.352
Nivel 4	11	144.923	2.485	559.986
Nivel 3	8.3	198.695	3.680	804.468
Nivel 2	5.6	234.918	5.189	996.973
Nivel 1	2.9	254.208	7.182	1137.716
Nivel 0	0	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°18. Comparación de las cortantes por nivel en la dirección Y-Y



Fuente: Elaboración propia.

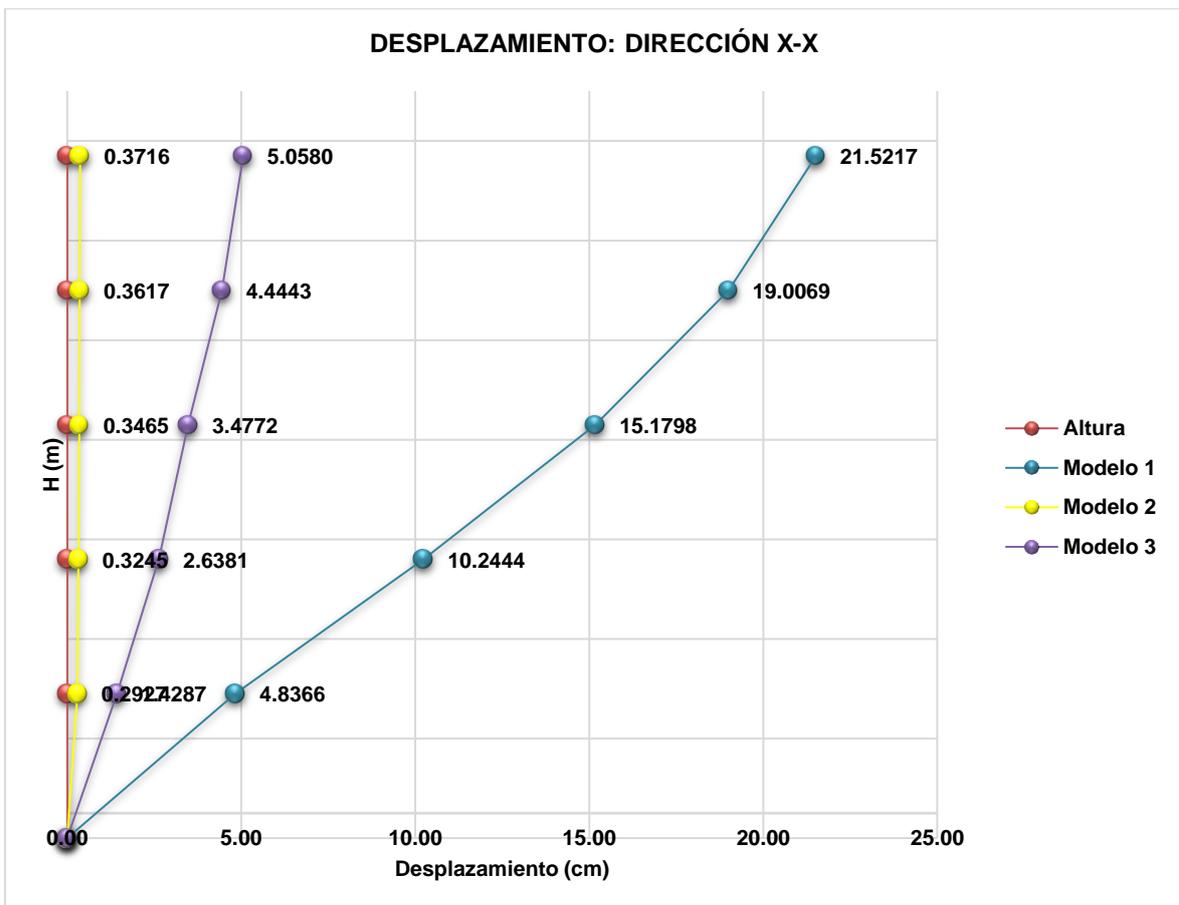
También se comparan los desplazamientos en ambas direcciones como se puede visualizar en las siguientes tablas y gráficos:

Tabla N°50. Comparación de los desplazamientos en la dirección X-X

DESPLAZAMIENTO POR PISO (cm)		MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
# Pisos	Altura (m)	ESTRUCTURA CONVECCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON NÚCLEO DE PLOMO	ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOZO
		Desp. Inelásticos	Desp. Inelásticos	Desp. Inelásticos
Nivel 5	13.7	21.5217	0.3716	5.0580
Nivel 4	11	19.0069	0.3617	4.4443
Nivel 3	8.3	15.1798	0.3465	3.4772
Nivel 2	5.6	10.2444	0.3245	2.6381
Nivel 1	2.9	4.8366	0.2927	1.4287
Nivel 0	0	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°19. Comparación de los desplazamientos en la dirección X-X



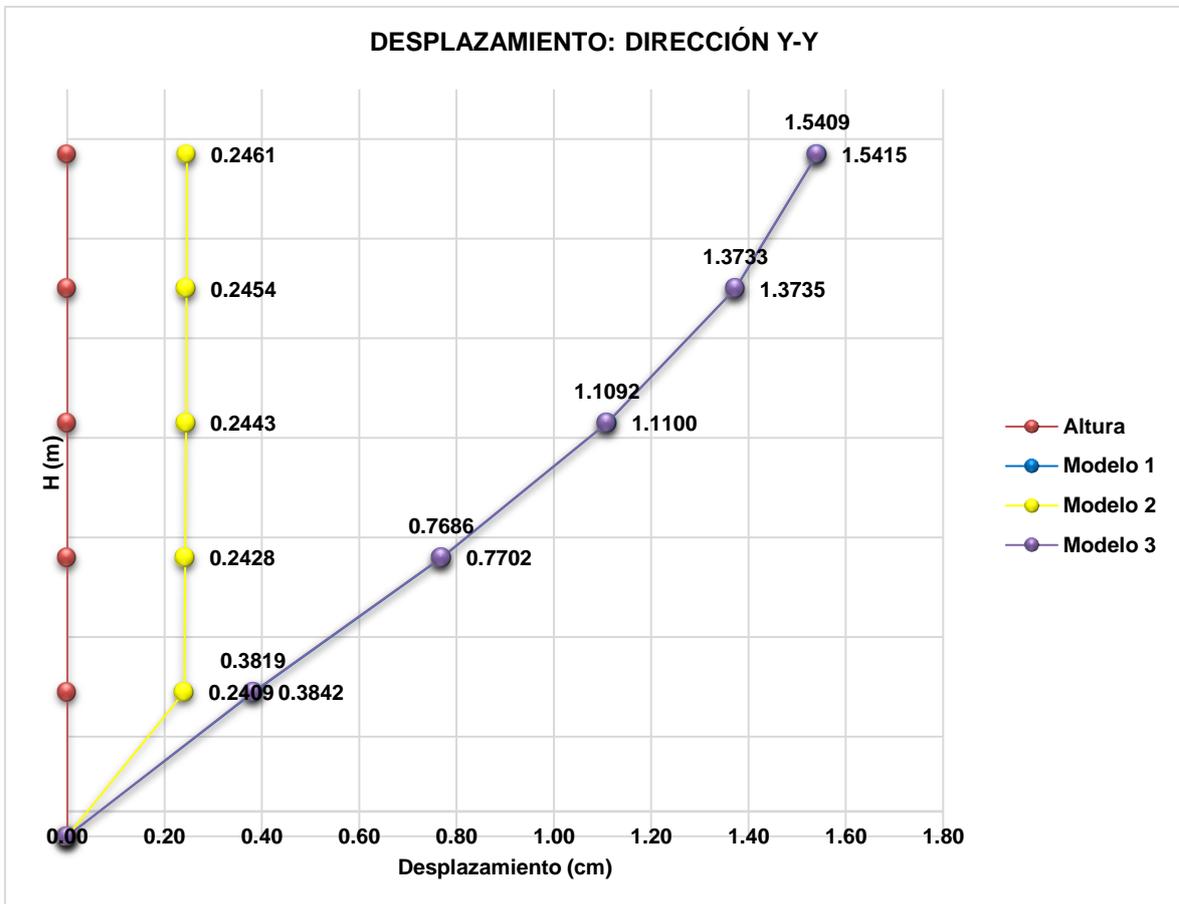
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°51. Comparación de los desplazamientos en la dirección Y-Y

DESPLAZAMIENTO POR PISO (cm)		MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
# Pisos	Altura (m)	ESTRUCTURA CONVECCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON NÚCLEO DE PLOMO	ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOZO
		Desp. Inelásticos	Desp. Inelásticos	Desp. Inelásticos
Nivel 5	13.7	1.5415	0.2461	1.5409
Nivel 4	11	1.3735	0.2454	1.3733
Nivel 3	8.3	1.1100	0.2443	1.1092
Nivel 2	5.6	0.7702	0.2428	0.7686
Nivel 1	2.9	0.3842	0.2409	0.3819
Nivel 0	0	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°20. Comparación de los desplazamientos en la dirección Y-Y



Fuente: Elaboración propia.

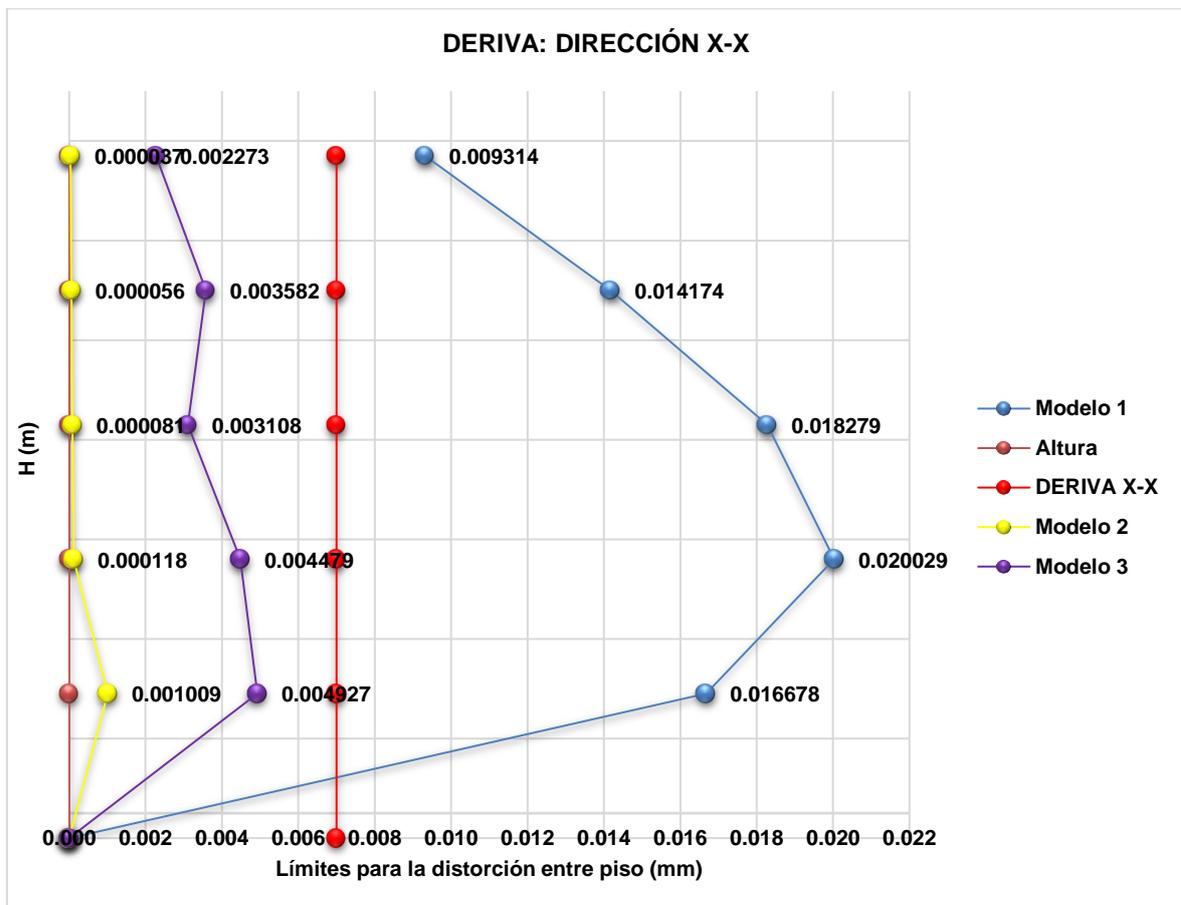
Además, se comparan las derivas en ambas direcciones como se puede visualizar en las siguientes tablas y gráficos:

Tabla N°52. Comparación de las derivas en la dirección X-X

DERIVAS	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	DERIVA LÍMITE, Según la Norma (E-0.30)
# Pisos	ESTRUCTURA CONVECCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON NÚCLEO DE PLOMO	ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOZO	
	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica	
Nivel 5	0.009314	0.000037	0.002273	0.007
Nivel 4	0.014174	0.000056	0.003582	0.007
Nivel 3	0.018279	0.000081	0.003108	0.007
Nivel 2	0.020029	0.000118	0.004479	0.007
Nivel 1	0.016678	0.001009	0.004927	0.007
Nivel 0	0.000000	0.000000	0.000000	0.007

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°21. Comparación de las derivas en la dirección X-X



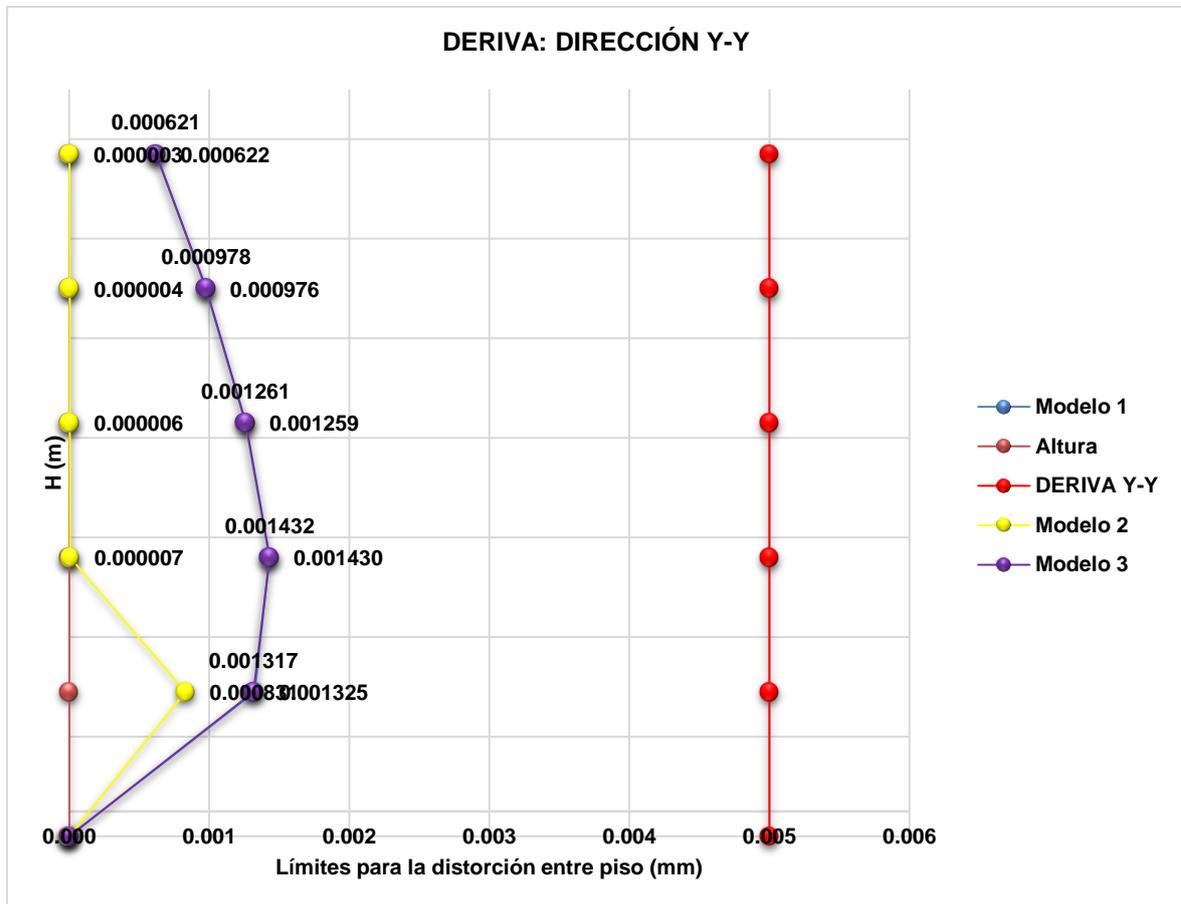
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°53. Comparación de las derivas en la dirección Y-Y

DERIVAS	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	DERIVA LÍMITE, Según la Norma (E-0.30)
# Pisos	ESTRUCTURA CONVECIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON NÚCLEO DE PLOMO	ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOSO	
	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica	
Nivel 5	0.000622	0.000003	0.000621	0.005
Nivel 4	0.000976	0.000004	0.000978	0.005
Nivel 3	0.001259	0.000006	0.001261	0.005
Nivel 2	0.001430	0.000007	0.001432	0.005
Nivel 1	0.001325	0.000831	0.001317	0.005
Nivel 0	0.000000	0.000000	0.000000	0.005

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°22. Comparación de las derivas en la dirección Y-Y



Fuente: Elaboración propia.

Contrastación de hipótesis: T de sudent (Muestras pareadas)

Hipótesis general

H₀: La implementación de aisladores sísmicos y disipadores de energía no presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima - 2023.

H_A: La implementación de aisladores sísmicos y disipadores de energía presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima - 2023.

Tabla N°54. Contrastación de hipótesis general

		Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Significación	
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				P de un factor	P de dos factores
					Inferior	Superior				
Par 2	IMPLEMENTACIÓN CON AISLADORES	15.43200	4.10758	1.83697	10.33176	20.53224	8.401	4	<.001	.001
Par 2	IMPLEMENTACIÓN CON DISIPADORES	12.02000	3.51075	1.57006	7.66082	16.37918	7.656	4	<.001	.002

Fuente: IBM SPSS V29.0.1.0

Como se puede apreciar en la tabla, con la implementación de aisladores y disipadores los valores críticos es $0.001 < 0.05$ y $0.002 < 0.05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, es decir La implementación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.

Hipótesis específica N°1

H₀: La implementación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio no presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.

H_A: La implementación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.

Tabla N°55. Contrastación de hipótesis específica N°1

		Prueba de muestras emparejadas							Significación	
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	P de un factor	P de dos factores
					Inferior	Superior				
Par	SIN AISLADORES									
2	- CON AISLADORES	65.30726	26.15730	11.69790	32.82868	97.78584	5.583	4	.003	.005

Fuente: IBM SPSS V29.0.1.0

Como se puede apreciar en la tabla, el valor crítico observado es $0.005 < 0.05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, es decir La implementación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.

Hipótesis específica N°2

H₀: La implementación de los disipadores de fluido viscoso en un edificio no presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.

H_A: La implementación de los disipadores de fluido viscoso en un edificio presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.

Tabla N°56. Contrastación de hipótesis específica N°2

		Prueba de muestras emparejadas							Significación	
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	P de un factor	P de dos factores
					Inferior	Superior				
Par	SIN DISIPADORES -	-	93.78765	41.94311	-343.01103	-110.10553	-	4	.003	.006
2	CON DISIPADORES	226.55828					5.402			

Fuente: IBM SPSS V29.0.1.0

Como se puede apreciar en la tabla, el valor crítico observado es $0.006 < 0.05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos las hipótesis alternativas, es decir La implementación de los disipadores de fluido viscoso en un edificio presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.

Hipótesis específica N°3

H₀: La implementación de los aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso en un edificio no presentará una mejora en las cortantes, desplazamientos y derivas en la respuesta espectral, Los Olivos, Lima – 2023.

H_A: La implementación de los aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso en un edificio presentará una mejora en las cortantes, desplazamientos y derivas en la respuesta espectral, Los Olivos, Lima – 2023.

Tabla N°57. Contrastación de hipótesis específica N°3

		Prueba de muestras emparejadas							Significación	
		Diferencias emparejadas					t	gl	P de un factor	P de dos factores
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 2	AISLADORES	13.81848	6.69508	2.99413	5.50544	22.13152	4.615	4	.005	.010
Par 2	DISIPADORES	10.74862	5.28864	2.36515	4.18190	17.31534	4.545	4	.005	.010

Fuente: IBM SPSS V29.0.1.0

Como se puede apreciar en la tabla, los valores críticos observado es $0.010 < 0.05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos las hipótesis alternativas, es decir La implementación de los aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso en un edificio presentará una mejora en las cortantes, desplazamientos y derivas en la respuesta espectral, Los Olivos, Lima – 2023.

V. DISCUSIÓN

Discusión (01): La hipótesis general del estudio de investigación ha sido confirmada mediante el análisis sísmico de un edificio de cinco niveles. Se estudiaron tres modelos: un modelo convencional, un modelo con aislador y un modelo con disipador viscoso. Donde se reflejan la reducción en los desplazamientos y derivas, por lo que se confirmó que la estructura presento una mejora en cuanto a su respuesta estructural.

Para la cortante basal se obtuvo con aisladores una reducción de 96.18%, también se redujo los desplazamientos al 96.97% con respecto a las derivas se redujo al 98.42%, y con los disipadores viscosos se aumentó la cortante basal un 33.73%, pero se redujo los desplazamientos al 74.98% y con respecto a las derivas se redujo al 76.28%. Herrera (2018), en sus resultados del G1M1 de la estructura de cuatro niveles para la cortante basal se obtuvo con aisladores una reducción de 69.15%, también se redujo los desplazamientos al 80% con respecto a las derivas se redujo al 77.87%. y con los disipadores viscosos se redujo la cortante basal al 30.85%, los desplazamientos al 56.00% y con respecto a las derivas se redujo al 49.18%. Por tanto, se ve la diferencia en los aisladores: la cortante basal al 27.03%, los desplazamientos al 16.97% y las derivas al 20.56%. También los disipadores: la cortante basal al 2.88%, los desplazamientos al 18.98% y derivas al 27.10% esto es porque la estructura fue de 4 niveles y siendo un sistema aporticado en ambas direcciones con cinco vanos.

Discusión (02): Se resalta la primera hipótesis con la implementación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio de cinco niveles, donde se reflejan la reducción en las cortantes, desplazamientos y derivas, por lo que se confirmó que la estructura presento una mejora en cuanto a su respuesta estructural.

La diferencia que se presentó en la estructura con la implementación del aislador con núcleo de plomo fue la reducción en la cortante basal al 96.18%. Al respecto, Madhukumar, Helen y Vasugi (2022) en su investigación obtuvieron como resultado la reducción de la cortante basal al 78.93%. Por lo cual se ve la diferencia de 17.25% esto es porque la estructura del antecedente es a porticada en ambas direcciones, en cambio la investigación estudiada son dos sistemas estructurales en la dirección X-X pórticos y en la dirección Y-Y albañilería.

Discusión (03): Se resalta la segunda hipótesis con la implementación de los disipadores de fluido viscoso en un edificio de cinco niveles, donde se reflejan la reducción en los desplazamientos y derivas, por lo que se confirmó que la estructura presento una mejora en cuanto a su respuesta estructural.

La diferencia que se presentó en la estructura con la implementación del disipador de fluido viscoso fue la reducción de los desplazamientos dirección X-X= 74.98% y dirección Y-Y=0.19%. Por ende, Ordoñez, Parra y Silva (2021), en su investigación obtuvieron como resultado la reducción de los desplazamientos en la dirección X-X= 28.63% y dirección Y-Y= 27.08%. Lo que indica que los resultados son diferentes en los desplazamientos en la dirección X-X=46.35% y dirección Y-Y=26.89%, esto se produce porque la estructura del antecedente su sistema estructural es aporticado en ambas direcciones, en cambio la investigación estudiada son dos sistemas estructurales en la dirección X-X pórticos y en la dirección Y-Y albañilería.

Discusión (04): Se resalta la tercera hipótesis con la implementación de los aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso en un edificio de cinco niveles, donde se reflejan la reducción en las cortantes, desplazamientos y derivas, por lo que se confirmó que la estructura presento una mejora en cuanto a su respuesta estructural mediante el análisis dinámico.

Los periodos con aisladores fue 1.299 seg, donde se redujo los desplazamientos al 96.97%, con respecto a las derivas se redujo al 98.42% y con los disipadores viscosos los periodos fue 0.600 seg, donde se redujo los desplazamientos al 74.98% y con respecto a las derivas se redujo al 76.28%. Herrera (2018), en sus resultados del G1M2 de la estructura de 7 niveles, los periodos con aisladores fue 2.82 seg, donde se redujeron los desplazamientos al 65.96% con respecto a las derivas se redujeron al 65.29%. y con los disipadores viscosos los periodos fue 1.62 seg, donde se redujeron los desplazamientos al 54.79% y con respecto a las derivas se redujeron al 52.07%. Por tanto, se ve la diferencia en los aisladores: los periodos 1.521 seg, los desplazamientos al 31.01% y las derivas al 33.13%. También los disipadores: los periodos 1.02, los desplazamientos al 20.19% y derivas al 24.21% esto es porque la estructura fue de 7 niveles y siendo un sistema aporticado en ambas direcciones con cinco vanos.

VI. CONCLUSIONES

Se alcanzaron los objetivos planteados y los resultados obtenidos llegaron a cumplir con lo que indica las normas técnicas empleadas y estudios preliminares en la investigación. Por lo tanto, se extraen las siguientes conclusiones:

- Se analizó las diferencias de la respuesta estructural de un edificio de cinco niveles con la implementación de los aisladores sísmicos y disipadores de energía, donde fueron analizados individualmente. Por lo que estos sistemas pasivos de control tanto los aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso presentan una eficiencia respecto a la respuesta estructural. Cabe recalcar que la estructura aislada obtuvo más la eficiencia en la respuesta donde se observa en el análisis sísmico del edificio, en la que disminuye de manera eficiente las cortantes, desplazamientos y derivas, lo cual estos resultados lo pueden observar en el capítulo IV, que fueron analizados y elaborados bajo normativas (E.030, E.031, ASCE / SEI – 10: 17 – 18).
- Se determinó comparar la diferencia de la respuesta estructural con y sin la implementación del aislador con núcleo ambas direcciones. Teniendo como resultados en el capítulo IV, como se puede observar en las tablas N°28, N°29, N°30, N°31, N°32, N°33 y se obtendrán su reducción en % donde se presentan las cortantes basales $C_{bx}= 4.140$ Tn teniendo una reducción del 95.66% y $C_{by}=7.182$ Tn teniendo una reducción del 97.17%, también los desplazamientos $D_{x\text{máx}}= 0.3716$ cm teniendo una reducción del 98.27% y $D_{y\text{máx}}= 0.2461$ cm teniendo una reducción del 84.04% y las derivas $Deriva_{x\text{máx}}=0.001009$ teniendo una reducción del 93.95% y $Deriva_{y\text{máx}}=0.000831$ teniendo una reducción del 37.30%. Por tanto, la protección sísmica influyo de manera eficiente en la reducción de las cortantes, desplazamientos y derivas.
- Se comparó la diferencia de la respuesta estructural con y sin la implementación del disipador de fluido viscoso ambas direcciones. Teniendo como resultados en el capítulo IV, como se puede observar en las tablas N°42, N°43, N°44, N°45, N°46 y N°47, se obtendrán su reducción en % donde se presentan las cortantes basales $C_{bx}= 443.412$ Tn teniendo un aumento del 36.51% y $C_{by}= 1137.716$ Tn

teniendo un aumento del 34.76%, también los desplazamientos $D_{x\text{máx}}= 5.0580$ cm teniendo una reducción del 76.50% y $D_{y\text{máx}}= 1.5409$ cm teniendo una reducción del 0.04% y las derivas $\text{Deriva}_{x\text{máx}}= 0.004927$ teniendo una reducción del 70.46% y $\text{Deriva}_{y\text{máx}}= 0.001432$ teniendo una reducción del 0.60%. Por tanto, la protección sísmica influyó de manera eficiente para la dirección X-X ya que es un pórtico y es más dúctil la estructura ante un evento sísmico en cambio en la dirección Y-Y es de albañilería lo cual es más rígido. Por ello, se observa que hubo el aumento en las cortantes ya que los disipadores cuentan con su propia rigidez entonces eso le suma a la rigidez de la estructura y se hace más pesada, pero hubo la reducción de los desplazamientos y derivas.

- Finalmente, se logró la comparación de las cortantes, desplazamientos y derivas de la implementación de los aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso ante el modelamiento individual de cada dispositivo, por lo que fueron eficientes ambos sistemas de control pasivos en su respuesta estructural cumpliendo con la distorsión del entrepiso 0.007 como lo indica la Norma E.030 en la dirección X-X. Por tanto, es eficiente el uso de la protección antisísmicas con los nuevos dispositivos de alta tecnología para prevenir posibles colapsos de estructuras ante los sismos severos.

VII. RECOMENDACIONES

Luego de una extensa fase de investigación y algunos desafíos que surgieron durante el desarrollo de la tesis, se hacen las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones.

- En el presente estudio de investigación donde se incorporó los aisladores con núcleo de plomo para que se disminuya la cortante basal, los desplazamientos y las derivas considerando un sismo severo, donde se logró con los objetivos e hipótesis planteados. Por ello, en otras investigaciones se sugiere, incorporar otros tipos de sistemas de aislamiento sísmico como, por ejemplo: aisladores pendulares de fricción “FPS” deslizadores planos de fricción tipo “POT” y aisladores elastómericos sin núcleo de plomo “NRB”, donde se realice estudios más profundos.
- En el presente estudio de investigación donde se incorporó los disipadores de fluido viscoso para que se disminuya los desplazamientos y las derivas, considerando un sismo severo, donde se logró con los objetivos e hipótesis planteados. Por ello, en otras investigaciones se sugiere, incorporar otros tipos de sistemas de disipadores de energía o también disipadores viscosos, pero con una disposición distinta (chevron brace, chevron invertido, doble chevron o conexión por distintos niveles), donde se realice estudios más profundos.
- También se recomienda que el amortiguamiento viscoso este en un intervalo del 20% al 40%, ya que la empresa CDV (ingeniería antisísmica) lo indica. Por lo que, hacer un análisis estructural con estos dispositivos de control pasivos es de suma importancia instruirse con las normas vigentes como la Norma E.030, E.031 y Norma americana ASCE/SEI 7-16 entre otras para realizar el cálculo y análisis respectivo para cada modelo estructural, además se sugiere utilizar software actualizados como ETABS V22 y SAP V22.
- Como se evidenció en los cálculos realizados dentro de esta tesis, se recomienda, que para los sismos severos se utilicen los sistemas de controles pasivos, debido a que proporciona beneficios significativos. Por esta razón, se sugiere la implementación de estos dispositivos sísmicos en nuevas infraestructuras y para estructuras vulnerables se recomienda reforzar con disipadores viscosos.

REFERENCIAS

AISC Steel Construction (EE. UU). American institute of steel construction inc. [s.l]. 2005. 2181 pp.

ISBN: 1-56424-055-X

AMES, Patricia y MERINO, Francisco. Reflexiones y Lineamientos para una investigación ética en ciencia sociales. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2020. 49 pp. ISBN: 978-612-48184-5-5

ARIAS, Jesús; VILLASÍS, Miguel y MIRANDA, María. El protocolo de investigación III: la población de estudio. Revista Alergia México [en línea]. 2016, 63(2), 201-206 [fecha de Consulta 2 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>

ISSN: 0002-5151.

ARIAS, José. Diseño y metodología de la investigación [en línea]. Perú: Lima, Biblioteca Nacional del Perú, 2021 [fecha de consulta 2 de junio de 2023].

Disponible en: <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>

ISBN: 978-612-48444-2-3

ARIAS, José. Técnicas e instrumentos de investigación científica [en línea]. Perú: Lima, Biblioteca Nacional del Perú, 2020 [fecha de consulta 2 de junio de 2023].

ASCE/SEI 7-10 chapter 17. Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Reston, Virginia, USA, 2010.

ISBN: 978-0-7844-1085-1

ASCE/SEI 7-10 chapter 18. Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Reston, Virginia, USA, 2010.

ISBN: 978-0-7844-1085-1

ASCE/SEI 7-16 Chapter 17. Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Reston, Virginia, USA, 2016.

ISBN: 978-0-7844-7996-4

ASCE/SEI 7-16 Chapter 18. Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Reston, Virginia, USA, 2016.

ISBN: 978-0-7844-7996-4

BERMEO, Cesar; MOREIRA, Mercedes y PLAZA, Paula. Metodología de la Investigación. Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2019. 240 pp. ISBN: 978-9942-814-36-4

CAMPOS, et al. Influencia de elementos disipadores en el efecto de los sismos en las Edificaciones 2021. *Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions [en línea]*. 2022, 20 [fecha de Consulta 4 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP230.html>
ISSN: 2414-6390

CEVASCO BERAMENDI, Ronie Flavio y CONDO VARGAS, Pamela. Análisis del Comportamiento Sísmico Dinámico de un edificio Multifamiliar de 37 Niveles con Disipadores de Fluido Viscoso en la Victoria. Tesis (Para optar el título profesional de Ingeniería Civil). Lima – Perú: Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería Civil, Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2020. 240pp.

COHEN, Néstor y GÓMEZ, Gabriela. Metodología de la Investigación, ¿Para qué? Argentina: Teseo, 2019. 277pp. ISBN: 978-987-723-190-8
Disponible en: <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2238>
ISBN: 978-612-48444-0-9

Colaboradores de los Proyectos Wikipedia. Departamento de Lima. Wikipedia, la enciclopedia libre *[en línea]*. 10 de diciembre de 2005 [consultado el 20 de junio de 2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Lima

DOMENICO, D.; RICCIARDI, G. y TAKEWAKI, I. Design strategies of viscous dampers for seismic protection of building structures: A review. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering [en línea]*. 2019, 118: 144-165 [fecha de consulta 2 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726118310856?via%3Dihub>
ISSN: 0267-7261

Dynamic Isolation Systems - Technical Information. Dynamic Isolation Systems *[en línea]*. [fecha de consulta 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.dis-inc.com/technical.html>

ETABS. Computers and structures Inc [CD-ROM]. Versión 18.1.1. California: University of California Berkeley, 2019. Programa computacional.

ESPINOSA, Freire. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. *Revista Conrado [en línea]*. 2019, 15 (69): 171-180 [fecha de consulta 2 de mayo de 2023].

Disponible

en:

<https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1052/1068>

ISSN: 1990-8644

FEDERAL Emergency Management Agency (FEMA 274). NEHRP commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington, USA: 1997.

GENATIOS, Carlos y LAFUENTE, Marielena. Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras [en línea]. América Latina: Caribe, CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, 2016 [fecha de consulta 3 de junio de 2023].

Disponible en: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1213>

ISBN: 978-980-422-056-2

HEPP VALENZUELA, Christian Thomas. Análisis Comparativo entre Edificaciones con Aislación Sísmica a Nivel de Base y Con Aislación Sísmica en Entrepisos. Tesis (para optar el título profesional de Ingeniería Civil). Santiago – Chile: Universidad Diego Portales. Facultad de Ingeniería y Ciencias, Escuela de Ingeniería en Obras Civiles, 2022. 165pp.

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la Investigación: Las rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V., 2020. 753 pp.

ISBN: 978-1-4562-6096-5

HERRERA MENA, Marco Tulio. Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso. Tesis (para optar el título profesional de Ingeniería Civil). Piura – Perú: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2018. 182pp.

IBM SPSS. Versión 29.0.1.0. Programa computacional.

MADHUKUMAR, Mrudula; HELEN, Santhi y VASUGI, V. Performance analysis of lead rubber bearing isolation system for low, medium and high- rise RC buildings. *Res. Eng. Struct. Mater* [en línea]. 2023, 9 (1): 263-276 [fecha de consulta 6 de mayo de 2023].

Disponible en: <http://www.jresm.org/archive/resm2022.437ie0526.html>

Mapa del departamento de Lima con sus provincias. Mapa de Lima [en línea]. [consultado el 20 junio de 2023]. Disponible en: <https://www.mapadelima.com/mapa-del-departamento-de-lima/>

MEJÍA, Katia; REYES, Carlos y SÁNCHEZ, Hugo. Manual de Términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Perú: Universidad Ricardo Palma, 2018. 146 pp.

ISBN: 978-612-47351-4-1

Metodología de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto de tesis por José Arias [et al.]. Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C, 2022. 106 pp.
ISBN: 978-612-5069-04-7

Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis por José Arias [et al.]. Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C, 2023. 85 pp.
ISBN: 978-612-5069-63-4

NÚÑEZ OSPINO, Rosa Beatriz. Sistema de Protección Sísmico mediante el uso de disipadores de Energía Tipo Adas para Edificaciones de Concreto Armado. Tesis (para optar el título profesional de Ingeniería Civil). Pamplona – Colombia: Universidad de Pamplona. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Programa de Ingeniería Civil, 2018. 136pp.

OCHOA, Carlos. Diseño y Análisis en Investigación. Madrid: International Marketing Communication, S. A., 2019. 156 pp.
ISBN: 978-84-7867-685-9

ORDOÑEZ, Andrés; PARRA, William y SILVA, Alfer. Comparison between a traditional Colombian Structural Design and the Use of Viscous-Type Energy Damping Systems (2021). *Ingeniería e Investigación [en línea]*. 2023, 43 (1): 1-8 [fecha de consulta 5 de mayo de 2023].
Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingev/article/view/99281/85813>
en:
ISSN: 2248-8723

PISCAL, Carlos y LÓPEZ, Francisco. Comparación de las dos metodologías de análisis y diseño más recientes de ASCE 7, para el análisis de su posible empleo en edificaciones con aislamiento sísmico de base en Colombia. *Ingeniería y Desarrollo [en línea]*. 2019, 37 (1): 57-70 [fecha de Consulta: 4 de mayo de 2023].
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85263723004>
ISSN: 0122-3461

Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Perú: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2020. 81pp.
ISBN: 978-612-48427-0-2

Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.031 Aislamiento Sísmico. Perú: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2020. 48pp.
ISBN: 978-612-48427-1-9

SALDAÑA, Keyvin y SCALETTI, Hugo. Efficiency of Energy Dissipators in the Seismic Response of Buildings. *Journal TECNIA* [en línea]. 2022, 31 (2) [fecha de consulta: 1 de mayo de 2023].

Disponible

en:

<https://www.revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnica/article/view/1379/1981>

ISSN: 2309-0413; ISSN: 0375-7765

SALGADO, Cecilia. MANUAL DE INVESTIGACIÓN - Teoría y práctica para hacer la tesis según la metodología cuantitativa. Santiago de Surco: Universidad Marcelino Champagnat, 2018. 241pp.

ISBN 978-612-4194-17-7

SEIMOSMATCH [CD-ROM]. Versión 22. Programa computacional.

TOBOADA MUÑOZ, Vanessa Elizabeth. Estudio Comparativo del empleo de Aisladores en Edificaciones esenciales siguiendo la propuesta Norma Sísmica de Guayaquil. Tesis (para optar el título profesional de Ingeniería Civil). Guayaquil – Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, 2020. 101pp.

TOCTO CABANILLAS, Samuel David. Desempeño sísmico de una Estructura de Concreto Armado con Aisladores Sísmicos LRB para uso esencial en la ciudad de Trujillo, Región La libertad, 2018. Tesis (para optar el título profesional de Ingeniería Civil). Lima – Perú: Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2018. 230pp.

USTA, Pinar. Investigation of a Base-Isolator System's Effects on the Seismic Behavior of a Historical Structure. *Buildings* [línea]. 2021, 11 (5): 217. [fecha de consulta: 8 de mayo de 2023].

Disponibles en: <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/5/217>

YING, Zhou; XIANGDONG, He y ZHENG, Lu. Performance-based seismic analysis on a super high-rise building with improved viscously damped outrigger system. *Structural Control Health Monitoring* [línea]. 2018, 25 (8): 2190 [fecha de consulta: 8 de mayo de 2023].

Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/stc.2190>

ISSN: 51678449

ANEXOS

ANEXO 1. Tabla de operacionalización de variables

Tabla N°58. Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: <i>Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima - 2023</i>					
AUTOR: <i>Santos Quichua, Luis Angel</i>					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente (X1): Aislador Sísmico	Los componentes estructurales del sistema de aislamiento sísmico están diseñados para ser verticalmente rígidos y horizontalmente flexibles, lo que permite deformaciones laterales significativas bajo esfuerzos sísmicos (RNE: E.031, 2020, p.9).	Esta variable será medida mediante el período de vibración y desplazamiento del aislador.	Aislador con núcleo de plomo	Período de vibración	De razón
				Desplazamiento del aislador	
Variable Independiente (X2): Disipador de Energía	La capacidad de los disipadores de energía está en disipar la mayor parte de la energía sísmica, evitando deformaciones inelásticas en los elementos estructurales (Saldaña y Scaletti, 2022, p.128).	Esta variable será medida mediante la rigidez del disipador y la constante de amortiguamiento.	Disipador de fluido viscoso	Rigidez del disipador	
				Constante de amortiguamiento	
Variable Dependiente (Y): Respuesta Estructural	La respuesta estructural da como resultado los mayores desplazamientos y fuerzas cortantes por piso, junto con las sollicitaciones y el desplazamiento en el nivel de la base (Genatios y Lafuente, 2016, p.105).	Esta variable será medida mediante los análisis estático y dinámico.	Análisis Estático	Cortantes	
				Desplazamientos	
			Análisis Dinámico	Derivas	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2. Tabla de consistencia

Tabla N°59. Matriz de consistencia

TÍTULO: Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima - 2023						
AUTOR: Santos Quichua, Luis Angel						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General				
¿Cuál será la diferencia en la respuesta estructural de un edificio con aisladores sísmicos y un edificio con disipadores de energía, Los Olivos, Lima – 2023?	Analizar la respuesta estructural de un edificio con aislador sísmico versus un edificio con disipador de energía, Los Olivos, Lima - 2023.	La implementación de aisladores sísmicos y disipadores de energía presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima - 2023.	V. Independiente (X1): Aislador Sísmico	Aislador con núcleo de plomo	Período de vibración	Norma E.031 (Aislamiento Sísmico), ASCE/SEI 7-10 / capítulo 17 (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles), Ficha de recolección de datos.
					Desplazamiento del aislador	
			V. Independiente (X2): Disipador de Energía	Disipador de fluido viscoso	Rigidez del Disipador	Norma E.031 (Aislamiento Sísmico), ASCE/SEI 7-10 / capítulo 18 (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles), Ficha de recolección de datos.
¿Cuál será la diferencia en la respuesta estructural de un edificio con y sin aislador de núcleo de plomo, Los Olivos, Lima – 2023?	Comparar la respuesta estructural de un edificio con y sin aislador de núcleo de plomo, Los Olivos, Lima – 2023.	La implementación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.			Constante de amortiguamiento	
¿Cuál será la diferencia en la respuesta estructural de un edificio con y sin disipador de fluido viscoso, Los Olivos, Lima – 2023?	Comparar la respuesta estructural de un edificio con y sin disipador de fluido viscoso, Los Olivos, Lima – 2023.	La implementación de los disipadores de fluido viscoso en un edificio presentará una mejora en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.	V. Dependiente (Y): Respuesta Estructural	Análisis Estático	Cortantes	Norma E.020 (Cargas), Norma E.060 (Concreto Armado), Norma E.070 (Albañilería), Norma E.030 (Diseño Sismorresistente), Software - ETABS V18.1.1, Microsoft Excel, Ficha de recolección de datos.
¿Cómo varían las fuerzas cortantes, desplazamientos y derivas en un edificio, con aisladores de núcleo de plomo, con disipadores de fluido viscoso a partir de la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023?	Verificar las diferencias entre cortante, desplazamientos y derivas en un edificio, con aisladores de núcleo de plomo, con disipadores de fluido viscoso a partir de la respuesta estructural, Los Olivos, Lima – 2023.	La implementación de los aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso en un edificio presentará una mejora en las cortantes, desplazamientos y derivas en la respuesta estructural, Los Olivos, Lima - 2023.			Análisis Dinámico	
					Derivas	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3. Valores de Lambda

Tabla N°60. Valores de Lambda

Exponent α	Parameter λ
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Fuente: FEMA 274

ANEXO 4. Sistemas Estructurales

Tabla N°61. Sistemas Estructurales

Sistema Estructural	Coficiente 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: E.030 – 2020

ANEXO 5. Análisis sísmico para la incorporación de aisladores con núcleo de plomo y disipadores de fluido viscoso.

Análisis sísmico dinámico modal – espectral con el SMC

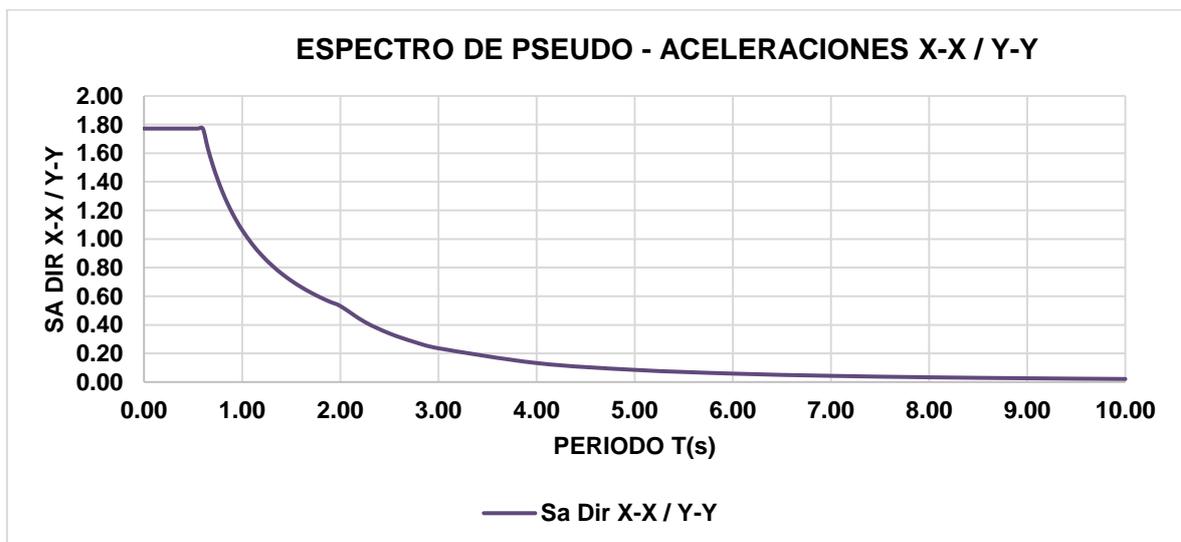
Se procede a generar nuevamente un análisis por combinación modal espectral, con el sismo máximo considerado, tomando este último el valor de la unidad generando con ello a la estructura una recepción de la totalidad de la aceleración sísmica de la base.

Tabla N°62. Análisis sísmico dinámico modal – SMC

C	T	Sa Dir X-X / Y-Y
2.50	0.00	1.772
2.50	0.02	1.772
2.50	0.04	1.772
2.50	0.06	1.772
2.50	0.08	1.772
2.50	0.10	1.772
2.50	0.12	1.772
2.50	0.14	1.772
2.50	0.16	1.772
2.50	0.18	1.772
2.50	0.20	1.772
2.50	0.25	1.772
2.50	0.30	1.772
2.50	0.35	1.772
2.50	0.40	1.772
2.50	0.45	1.772
2.50	0.50	1.772
2.50	0.55	1.772
2.50	0.60	1.772
2.31	0.65	1.636
2.14	0.70	1.519
2.00	0.75	1.418
1.88	0.80	1.329
1.76	0.85	1.251
1.67	0.90	1.181
1.58	0.95	1.119
1.50	1.00	1.063
1.36	1.10	0.966
1.25	1.20	0.886
1.15	1.30	0.818
1.07	1.40	0.759
1.00	1.50	0.709
0.94	1.60	0.664
0.88	1.70	0.625
0.83	1.80	0.591
0.79	1.90	0.560
0.75	2.00	0.532
0.59	2.25	0.420
0.48	2.50	0.340
0.40	2.75	0.281
0.33	3.00	0.236
0.19	4.00	0.133
0.12	5.00	0.088
0.08	6.00	0.069
0.06	7.00	0.043
0.05	8.00	0.033
0.04	9.00	0.026
0.03	10.00	0.021

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°23. Espectro de diseño con el SMC



Fuente: Elaboración propia.

Registros sísmicos

Se consideran 3 pares de registros sísmicos, siendo el mínimo permitido según la E.030 (Diseño Sismorresistente), los cuales son catalogado los más severos ocurridos en la historia.

Tabla N°63. Registros sísmicos, ubicación

SISMO	UNBICACIÓN DE LA ESTACIÓN	ESTACIÓN ACELEROMETRICA
15/Agosto/2007	Universidad Nacional San Luis Gonzaga	ICA
03/Octubre/1974	Parque de la Reserva	LIMA
31/Mayo/1970	Parque de la Reserva	LIMA

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°64. Aceleración máxima de registros sísmicos

FECHA	ESTACIÓN ACELEROMETRICA	COMPONENTES	ACELERACIÓN MÁXIMA	DURACIÓN
			(cm/seg ²)	(Seg)
15/Agosto/2007	ICA	E-W	-272.82	218.06
		N-S	333.66	
03/Octubre/1974	LIMA	E-W	-194.21	97.96
		N-S	180.09	
31/Mayo/1970	LIMA	E-W	-105.05	45.08
		N-S	-97.81	

Fuente: Elaboración propia.

Escalamiento de acelerogramas

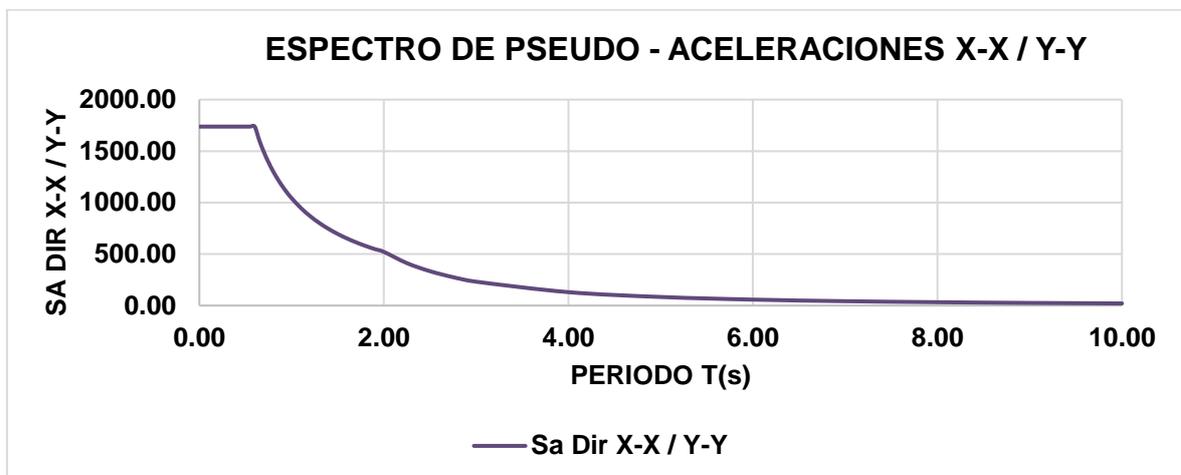
Mediante el software SeismoMatch se procede a escalar los acelerogramas al espectro de objetivo, pero en esta ocasión afectándolo por la gravedad.

Tabla N°65. Valores del espectro objetivo para ingresar al SeismoMatch

C	T	Sa Dir X-X / Y-Y
2.50	0.00	1738.209
2.50	0.02	1738.209
2.50	0.04	1738.209
2.50	0.06	1738.209
2.50	0.08	1738.209
2.50	0.10	1738.209
2.50	0.12	1738.209
2.50	0.14	1738.209
2.50	0.16	1738.209
2.50	0.18	1738.209
2.50	0.20	1738.209
2.50	0.25	1738.209
2.50	0.30	1738.209
2.50	0.35	1738.209
2.50	0.40	1738.209
2.50	0.45	1738.209
2.50	0.50	1738.209
2.50	0.55	1738.209
2.50	0.60	1738.209
2.31	0.65	1604.501
2.14	0.70	1489.894
2.00	0.75	1390.568
1.88	0.80	1303.657
1.76	0.85	1226.971
1.67	0.90	1158.806
1.58	0.95	1097.816
1.50	1.00	1042.926
1.36	1.10	948.114
1.25	1.20	869.105
1.15	1.30	802.250
1.07	1.40	744.947
1.00	1.50	695.284
0.94	1.60	651.829
0.88	1.70	613.486
0.83	1.80	579.403
0.79	1.90	548.908
0.75	2.00	521.463
0.59	2.25	412.020
0.48	2.50	333.736
0.40	2.75	275.815
0.33	3.00	231.761
0.19	4.00	130.366
0.12	5.00	83.434
0.08	6.00	57.940
0.06	7.00	42.568
0.05	8.00	32.591
0.04	9.00	25.751
0.03	10.00	20.859

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°24. Espectro objetivo en: X - Y



Fuente: Elaboración propia.

Definido ya el espectro de objetivo con el SMC se ingresa al software ETABS V18.1.1 y se determinan las siguientes derivas.

Tabla N°66. Derivas producto del análisis modal espectral con SMC en X

DIAFRAGMA	Desplazamiento (m)	Desplazamiento (m)		H (m)	D. Inelástica	Deriva	Verificación (E.030)
	UX total	UX relativo	1	Piso	Distorsión	Max	
D5	0.205930	0.019601	0.019601	2.7	0.007260	0.007	NO CUMPLE
D4	0.186329	0.033572	0.033572	2.7	0.012434	0.007	NO CUMPLE
D3	0.152757	0.047083	0.047083	2.7	0.017438	0.007	NO CUMPLE
D2	0.105674	0.054954	0.054954	2.7	0.020353	0.007	NO CUMPLE
D1	0.050720	0.050720	0.050720	2.9	0.017490	0.007	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°67. Derivas producto del análisis modal espectral con SMC en Y

DIAFRAGMA	Desplazamiento (m)	Desplazamiento (m)		H (cm)	D. Inelástica	Deriva	Verificación (E.030)
	UY total	UY relativo	1	Piso	Distorsión	Max	
D5	0.012938	0.001410	0.001410	2.7	0.000522	0.005	CUMPLE
D4	0.011528	0.002214	0.002214	2.7	0.000820	0.005	CUMPLE
D3	0.009314	0.002843	0.002843	2.7	0.001053	0.005	CUMPLE
D2	0.006471	0.003235	0.003235	2.7	0.001198	0.005	CUMPLE
D1	0.003236	0.003236	0.003236	2.9	0.001116	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Escalamiento de aceleraciones - SeismoMacht

El color morado: sismo moderado (acelerograma escalado que va a generar el sismo severo), el color rojo: espectro objetivo – sismo máximo considerado (estado plástico no lineal sismo severo) y color verde: sismo severo, se pueden exhibir en las siguientes figuras.

ICA – 2007

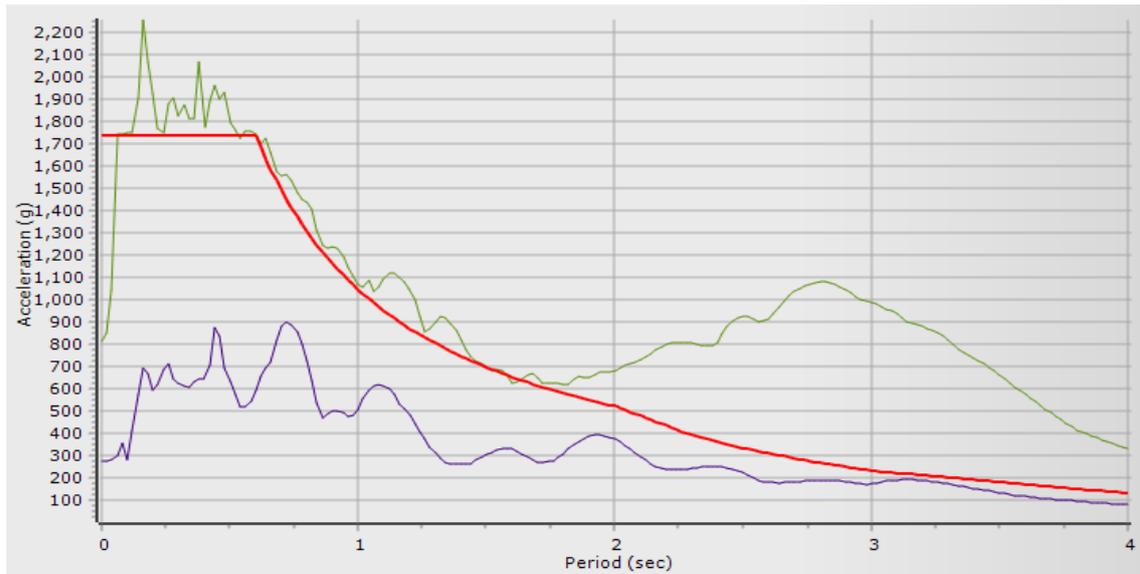


Figura N°34. Ica – 2007 / Espectro de aceleraciones: E-W

Fuente: SeismoMatch

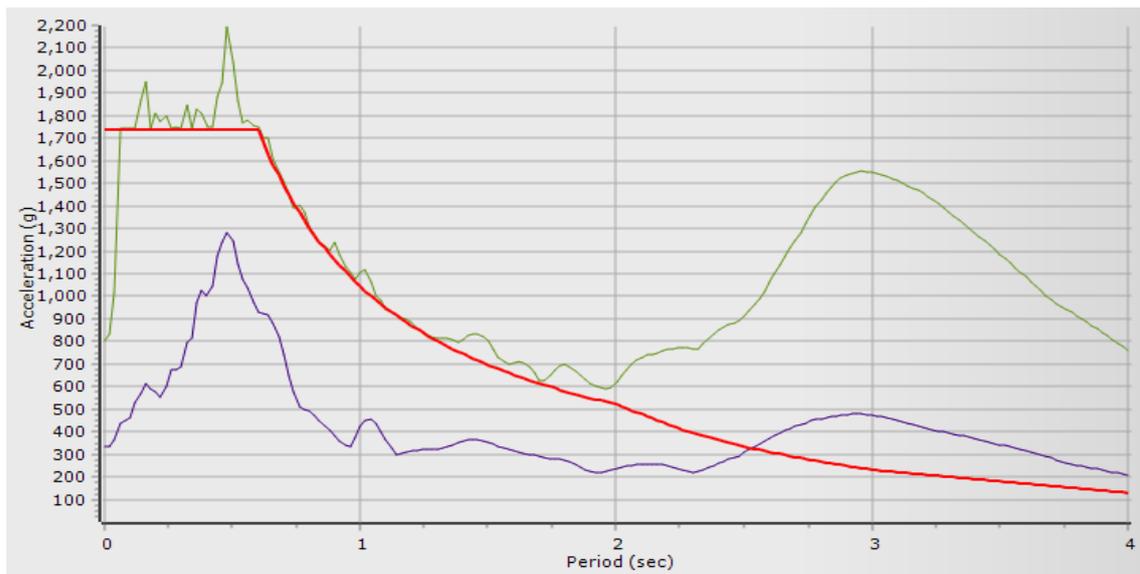


Figura N°35. Ica – 2007 / Espectro de aceleraciones: N-S

Fuente: SeismoMatch

LIMA – 1974

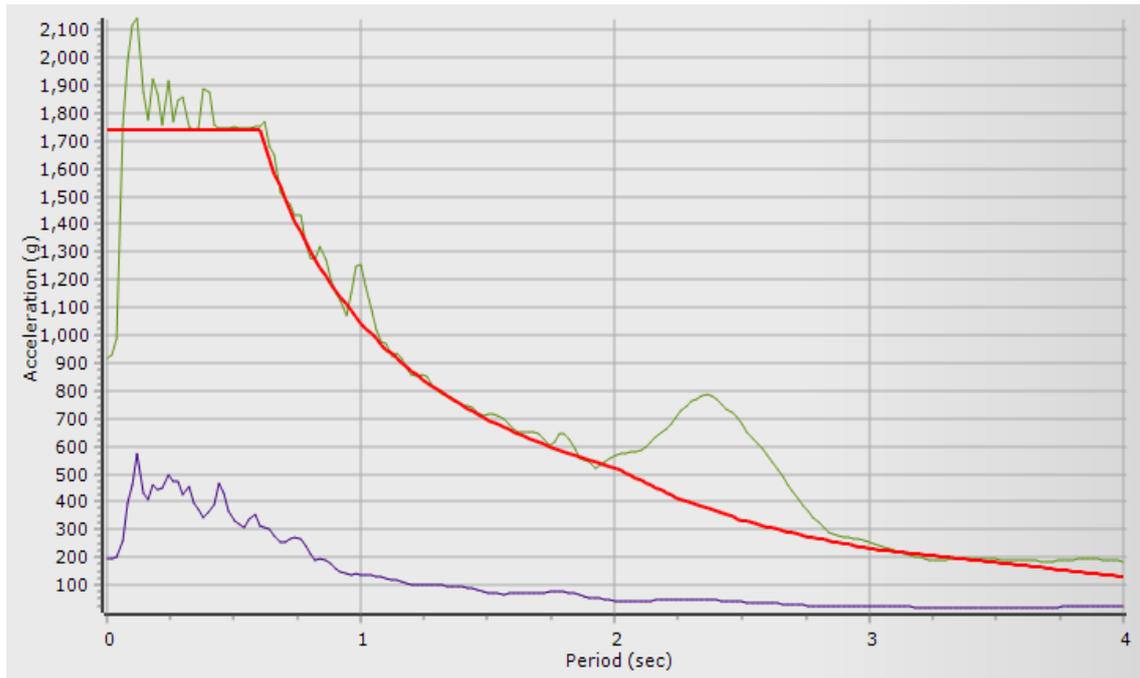


Figura N°36. Lima – 1974 / Espectro de aceleraciones: E-W

Fuente: SeismoMatch

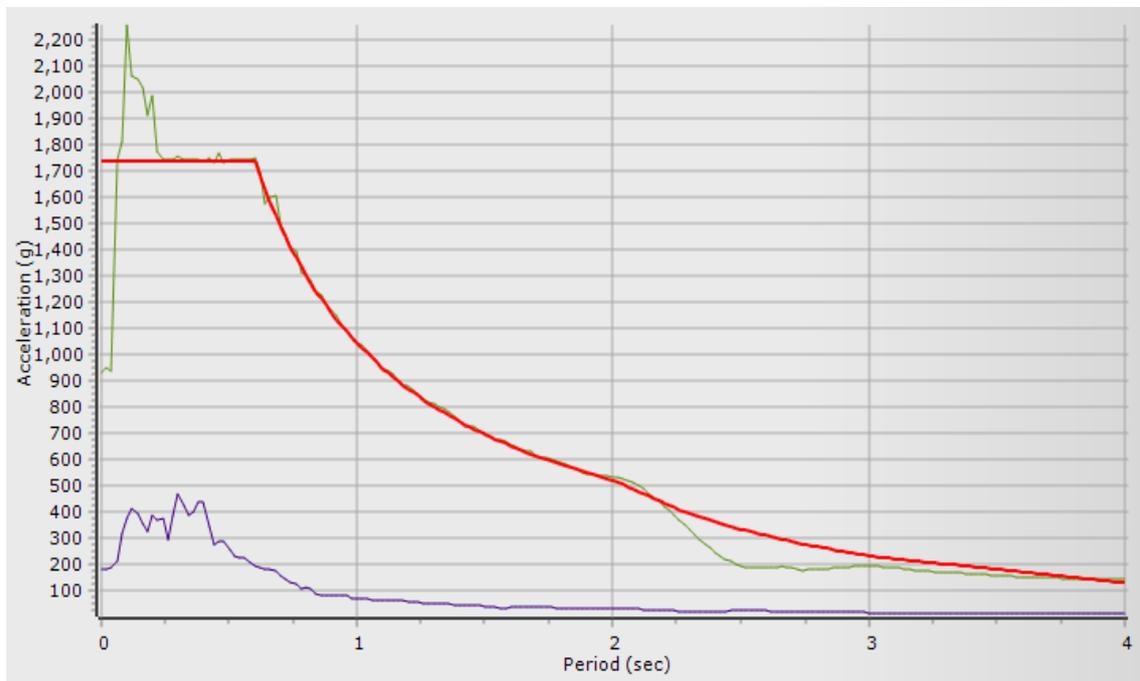


Figura N°37. Lima – 1974 / Espectro de aceleraciones: N-S

Fuente: SeismoMatch

LIMA – 1970

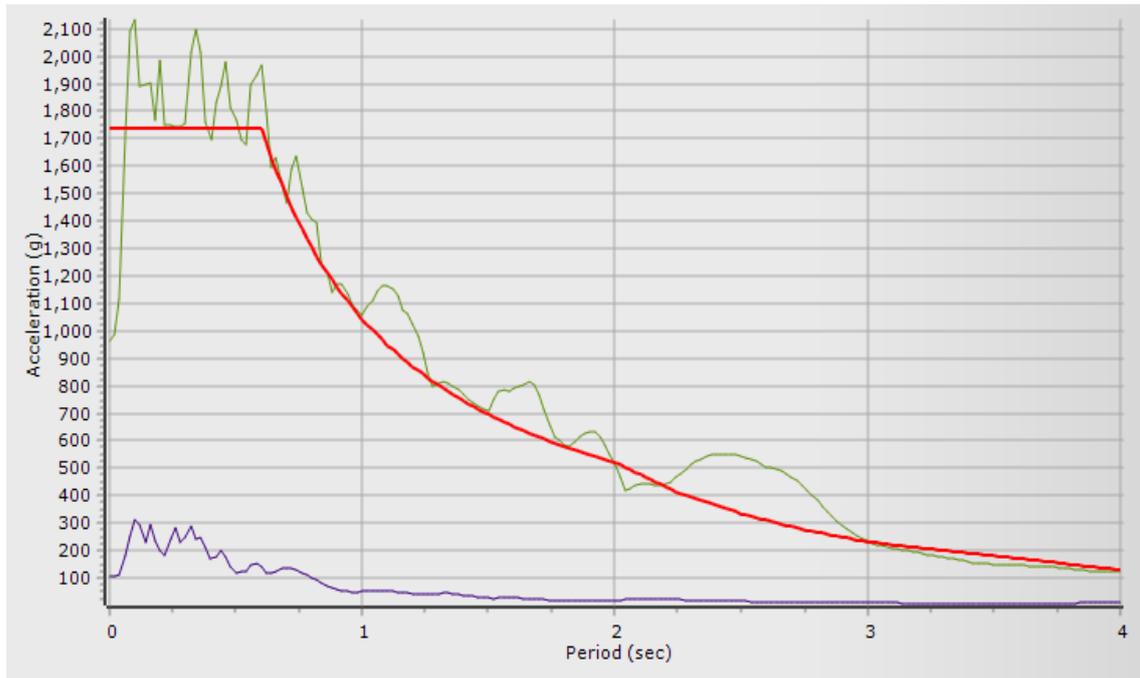


Figura N°38. Lima – 1970 / Espectro de aceleraciones: E-W

Fuente: SeismoMatch

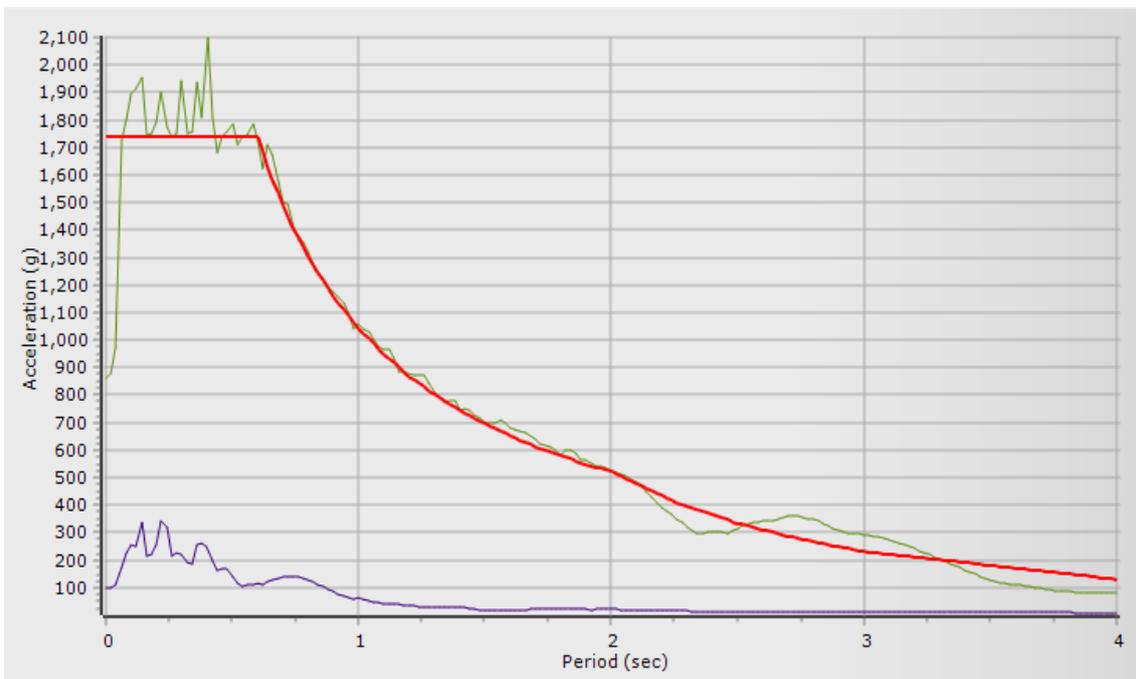


Figura N°39. Lima – 1970 / Espectro de aceleraciones: N-S

Fuente: SeismoMatch

Aceleraciones de registros sísmicos escalados

Realizado el correcto proceso de escalamiento de los tres acelerogramas, se muestra el resumen de datos principales en la siguiente tabla.

Tabla N°68. Aceleraciones máximas de registros escalados

FECHA	ESTACIÓN ACCELEROMETRICA	COMPONENTES	ACELERACIÓN MÁXIMA	DURACIÓN
			(cm/seg ²)	(Seg)
15/Agosto/2007	ICA	E-W	-813.43	218.06
		S-N	804.32	
03/Octubre/1974	LIMA	E-W	-919.40	97.96
		S-N	934.32	
31/Mayo/1970	LIMA	E-W	-965.28	45.08
		S-N	-861.27	

Fuente: Elaboración propia.

Donde los acelerogramas actuaran en dos casos de análisis:

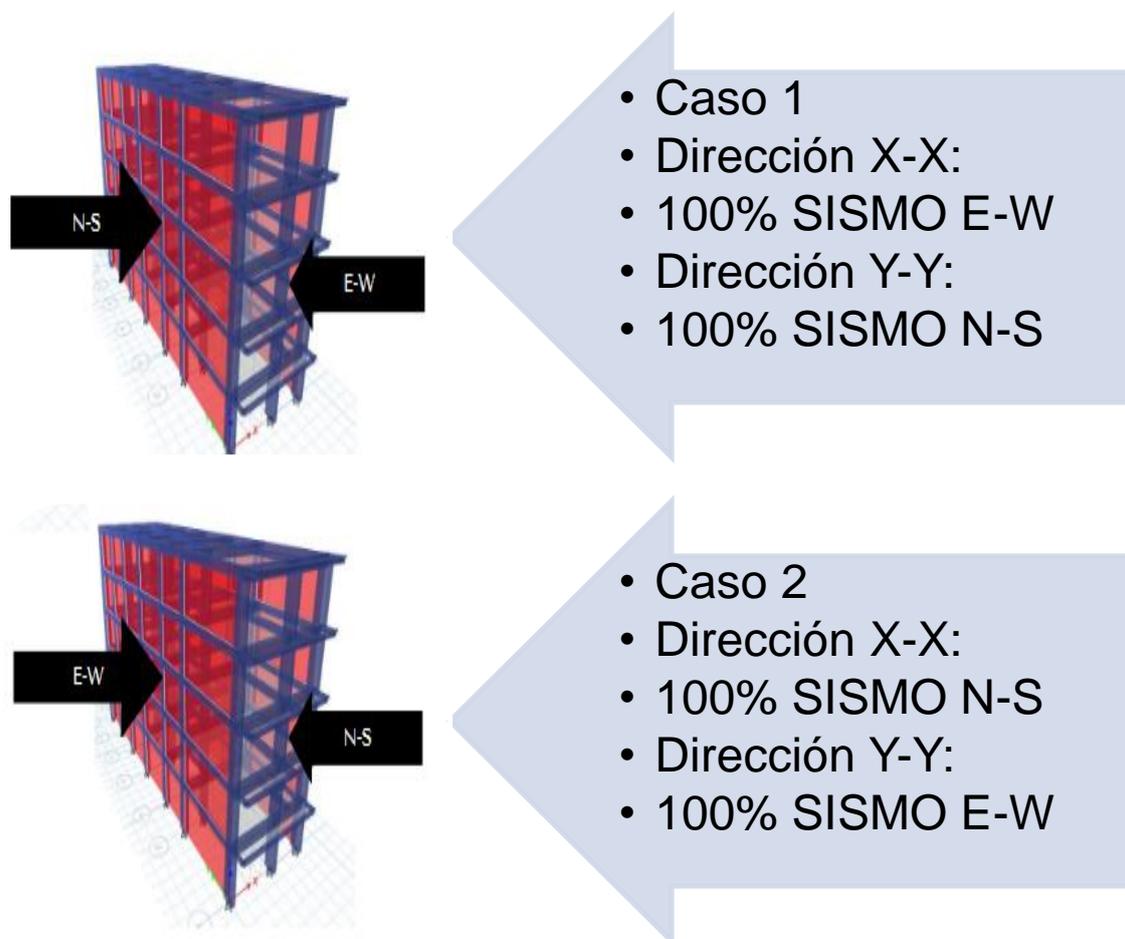


Figura N°40. Casos de análisis de registros sísmicos

Fuente: Elaboración propia.

Análisis sísmico dinámico – tiempo historia lineal

Realizado el análisis dinámico tiempo historia lineal a la edificación mediante los tres registros sísmicos en las dos direcciones ortogonales de análisis, se muestran los cuadros resumen de las derivas halladas.

Tabla N°69. Control de derivas con el análisis dinámico tiempo – historia lineal: X

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X						
NIVEL	ICA 2007		LIMA 1974		LIMA 1970	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
5	0.007224	0.005974	0.007051	0.000656	0.009314	0.006903
4	0.012481	0.010724	0.009670	0.001032	0.014174	0.012262
3	0.017250	0.016306	0.015481	0.001321	0.018279	0.016693
2	0.020056	0.020362	0.019348	0.001499	0.020029	0.018657
1	0.017307	0.018039	0.017286	0.001393	0.016678	0.015790

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°70. Control de derivas con el análisis dinámico tiempo – historia lineal: Y

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y						
NIVEL	ICA 2007		LIMA 1974		LIMA 1970	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
5	0.000649	0.000659	0.000656	0.000549	0.000622	0.000000
4	0.001002	0.001056	0.001032	0.000837	0.000976	0.000001
3	0.001286	0.001389	0.001321	0.001079	0.001259	0.000001
2	0.001480	0.001602	0.001499	0.001235	0.001430	0.000001
1	0.001406	0.001568	0.001393	0.001174	0.001325	0.000001

Fuente: Elaboración propia.

De los tres pares de registros sísmicos se han obtenido las derivas en el centro de masa final solo para el eje de análisis X, ya que en esa dirección no cumple con la deriva que es 0.007 (Pórtico) en todos los niveles en cambio para el eje Y su deriva es 0.005 y si cumple en todos los niveles. Por ende, se hará un análisis comparativo con aisladores con núcleo de plomo y con disipadores de fluido viscoso.

Determinación del sismo de diseño

Se determinará la mayor similitud existentes entre las derivas ya halladas en el tiempo historia lineal vs las derivas ya halladas con el análisis dinámico espectral con el SMC. La similitud será hallada mediante un coeficiente entre las derivas de cada análisis, los cocientes que estén por debajo de 0.8 se descartarán al igual que estén por encima de 1.5, ya que estarán al 80% o 150% del valor que se quiere llegar. En el siguiente cuando se exhiben las relaciones y aproximaciones a la unidad objetivo.

Tabla N°71. Razón de derivas en la dirección X

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X						
NIVEL	ICA 2007		LIMA 1974		LIMA 1970	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
5	1.00	0.82	0.09	0.09	1.28	0.95
4	1.00	0.86	0.08	0.08	1.14	0.99
3	0.99	0.94	0.08	0.08	1.05	0.96
2	0.99	1.00	0.07	0.07	0.98	0.92
1	0.99	1.03	0.08	0.08	0.95	0.90

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro podemos apreciar que para los casos 1 y 2 del sismo de Ica 2007 están cercanos a la unidad. Del sismo de Lima 1974 los casos 1 y 2 están por debajo de los que se requiere, por ende, se descarta ambos casos del mencionado sismo. En cambio, el sismo de Lima 1970 el caso 1 muestra una similitud más cercana a lo que se requiere. Por tanto, para esta investigación se eligió como sismo de diseño el CASO 1 – LIMA 1970, se eliminan los restantes acelerogramas de análisis, el análisis tiempo historia – no lineal solo se empleará el sismo de diseño elegido.

Tabla N°72. Sismo de diseño elegido LIMA 1970 – CASO 1

NIVEL	CASO 1 - LIMA 1970	$E-030 \leq 0.007$
5	0.009314	NO CUMPLE
4	0.014174	NO CUMPLE
3	0.018279	NO CUMPLE
2	0.020029	NO CUMPLE
1	0.016678	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 6. Dynamic Isolation Systems

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS
 Isolator Engineering Properties

Metric Units

DEVICE SIZE				MOUNTING PLATE DIMENSIONS					
Isolator Diameter, D _i (mm)	Isolator Height, H (mm)	Number of Rubber Layers, N	Lead Diameter D _L (mm)	L (mm)	t (mm)	Hole Qty.	Hole Ø (mm)	A (mm)	B (mm)
305	125-280	4-14	0-100	355	25	4	27	50	-
355	150-305	5-16	0-100	405	25	4	27	50	-
405	175-330	6-20	0-125	455	25	4	27	50	-
455	175-355	6-20	0-125	510	25	4	27	50	-
520	205-380	8-24	0-180	570	25	8	27	50	50
570	205-380	8-24	0-180	620	25	8	27	50	50
650	205-380	8-24	0-205	700	32	8	27	50	50
700	205-430	8-30	0-205	750	32	8	33	65	75
750	230-455	8-30	0-230	800	32	8	33	65	75
800	230-510	8-33	0-230	850	32	8	33	65	75
850	230-535	8-35	0-255	900	38	12	33	65	95
900	255-560	9-37	0-255	955	38	12	33	65	95
950	255-585	10-40	0-280	1005	38	12	33	65	95
1000	280-635	11-40	0-280	1055	38	12	40	75	115
1050	305-660	12-45	0-305	1105	44	12	40	75	115
1160	330-760	14-45	0-330	1205	44	12	40	75	115
1260	355-760	16-45	0-355	1335	44	16	40	75	115
1360	405-760	18-45	0-380	1435	51	16	40	75	115
1450	430-760	20-45	0-405	1525	51	20	40	75	115
1550	455-760	22-45	0-405	1625	51	20	40	75	115

Isolator Diameter, D _i (mm)	DESIGN PROPERTIES			Maximum Displacement, D _{max} (mm)	Axial Load Capacity P _{max} (kN)
	Yielded Stiffness, K _y (kN/mm)	Characteristic Strength Q ₀ (kN)	Compression Stiffness, K _c (kN/mm)		
305	0.2-0.4	0-65	>50	150	450
355	0.2-0.4	0-65	>100	150	700
405	0.3-0.5	0-110	>100	200	900
455	0.3-0.7	0-110	>100	250	1,150
520	0.4-0.7	0-180	>200	300	1,350
570	0.5-0.9	0-180	>500	360	1,800
650	0.5-1.1	0-220	>700	410	2,700
700	0.5-1.4	0-220	>800	460	3,100
750	0.7-1.6	0-265	>900	460	3,600
800	0.7-1.6	0-265	>1,000	510	4,000
850	0.7-1.8	0-355	>1,200	560	4,900
900	0.7-1.9	0-355	>1,400	560	5,800
950	0.7-2.0	0-490	>1,800	610	6,700
1000	0.8-2.0	0-490	>1,900	660	7,600
1050	0.9-2.1	0-580	>2,100	710	8,500
1160	1.1-2.1	0-665	>2,800	760	13,800
1260	1.2-2.3	0-755	>3,700	810	20,500
1360	1.4-2.5	0-890	>5,100	860	27,600
1450	1.6-2.5	0-1,025	>5,300	910	33,400
1550	1.8-2.5	0-1,025	>6,500	910	40,000

(1) The axial load capacities provided correspond to maximum displacements based on design limits of 250% rubber shear strain or 2/3 the isolator diameter. An isolator's actual displacement and load capacity are dependent on the rubber modulus and number of rubber layers.

(2) Rubber Shear Moduli (G) are available from 0.38 N/mm² to 0.70 N/mm².

(3) Elastic Stiffness (Ke) for analytical modeling may be taken as 10-times the yielded stiffness (Kd).

(4) Kd range shown in table is typical for most projects. If needed for specific projects, Kd values up to three times the maximum shown in the range can be achieved by limiting the displacement capacity to 2/3 of the shown value.

Fuente: DIS - <https://www.dis-inc.com/technical.html>

ANEXO 7. Dimensiones y propiedades del brazo metálico

Shape	Design Wall Thick-ness, <i>t</i>	Nom-inal Wt.	Area, <i>A</i>	<i>D/t</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	Torsion	
	in.	lb/ft	in. ²						<i>J</i>	<i>C</i>
									in. ⁴	in. ³
HSS20.000	>0.500	104.00	28.5	43.0	1360	136	6.91	177	2720	272
	>0.375 ^f	78.67	21.5	57.3	1040	104	6.95	135	2080	208
HSS18.000	>0.500	93.54	25.6	38.7	985	109	6.20	143	1970	219
	>0.375 ^f	70.66	19.4	51.6	754	83.8	6.24	109	1510	168
HSS16.000	>0.625	103.00	28.1	27.5	838	105	5.46	138	1680	209
	>0.500	82.85	22.7	34.4	685	85.7	5.49	112	1370	171
	>0.438	72.87	19.9	39.3	606	75.8	5.51	99.0	1210	152
	>0.375	62.64	17.2	45.8	526	65.7	5.53	85.5	1050	131
	>0.312 ^f	52.32	14.4	55.0	443	55.4	5.55	71.8	886	111
	>0.250 ^f	42.09	11.5	68.7	359	44.8	5.58	57.9	717	89.7
HSS14.000	>0.625	89.36	24.5	24.1	552	78.9	4.75	105	1100	158
	>0.500	72.16	19.8	30.1	453	64.8	4.79	85.2	907	130
	>0.375	54.62	15.0	40.1	349	49.6	4.83	65.1	698	100
	>0.312	45.65	12.5	48.1	295	42.1	4.85	54.7	589	84.2
	>0.250 ^f	36.75	10.1	60.1	239	34.1	4.87	44.2	478	68.2
HSS12.750	>0.500	65.48	17.9	27.4	339	53.2	4.35	70.2	678	106
	>0.375	49.61	13.6	36.5	262	41.0	4.39	53.7	523	82.1
	>0.250 ^f	33.41	9.16	54.7	180	28.2	4.43	36.5	359	56.3
HSS10.750	>0.500	54.79	15.0	23.1	199	37.0	3.64	49.2	398	74.1
	>0.375	41.59	11.4	30.8	154	28.7	3.68	37.8	309	57.4
	>0.250	28.06	7.70	46.1	106	19.8	3.72	25.8	213	39.6
HSS10.000	>0.625	62.64	17.2	17.2	191	38.3	3.34	51.6	383	76.6
	>0.500	50.78	13.9	21.5	159	31.7	3.38	42.3	317	63.5
	>0.375	38.58	10.6	28.7	123	24.7	3.41	32.5	247	49.3
	>0.312	32.31	8.88	34.4	105	20.9	3.43	27.4	209	41.9
	>0.250	26.06	7.15	42.9	85.3	17.1	3.45	22.2	171	34.1
	>0.188 ^f	19.72	5.37	57.5	64.8	13.0	3.47	16.8	130	25.9

Fuente: AISC Steel Construction manual 13th – pág.100

Tabla N°73. Dimensiones del perfil Round HSS 20.00 x 0.500

ROUND HSS 20.00 X 0.500				
D. Exterior (pulg)	D. Interior (pulg)	Espesor (pulg)	Área (pulg ²)	Inercia (pulg ⁴)
20.00	19.535	0.465	28.5	1360

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 8. Fichas de recolección de datos

UNIVERSIDAD César Vallejo		POHA (P): ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PORTADAS BASALES (P)	
TÍTULO: Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs dissipador de energía, Los Olivos, Lima - 2023			
ALUMNO: Santos Quichua, Luis Angel	CODIGO: 790120883		
UBICACIÓN: DISTRITO: Los Olivos	LUGAR: A.A.HH. Laura Caler, Mz 19, Lt 4, Calle 18.		
EDIFICIO: N.º DE PISO: 5	USO: Vivienda Multifamiliar		
VARIABLE DEPENDIENTE: RESPUESTA ESTRUCTURAL			
DIMENSIÓN ANÁLISIS ESTÁTICO			
DIRECCIÓN X-X			
COORDENADA POR PISO (m)	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
#Piso	Alteza (m)	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON VÍSCOSOS DE PLOMO
Nivel 5	15.7		ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOZO
Nivel 4	11		
Nivel 3	8.2		
Nivel 2	5.6		
Nivel 1	2.8		
Nivel 0	0		
DIRECCIÓN Y-Y			
COORDENADA POR PISO (m)	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
#Piso	Alteza (m)	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON VÍSCOSOS DE PLOMO
Nivel 5	15.7		ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOZO
Nivel 4	11		
Nivel 3	8.2		
Nivel 2	5.6		
Nivel 1	2.8		
Nivel 0	0		
VALIDACIÓN:			
APELLIDOS Y NOMBRES:		FIRMA / SELLO	
EXPERTO N°1: Pacheco Alvarez Jose Antonio		 JOSE ANTONIO PACHECO ALVAREZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 229486	
EXPERTO N°2: Caro Quiroga Edward Milton		 EDUARDO MILTON CARO QUIROGA Ingeniero Civil CIP N° 274913	
EXPERTO N°3: Paredes Aguilar Luis		 Ing. SSC Luis Paredes Aguilar CIP N° 77374	

UNIVERSIDAD César Vallejo		POHA (P): ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DEPLAZAM EN P (H)	
TÍTULO: Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs dissipador de energía, Los Olivos, Lima - 2023			
ALUMNO: Santos Quichua, Luis Angel	CODIGO: 790120883		
UBICACIÓN: DISTRITO: Los Olivos	LUGAR: A.A.HH. Laura Caler, Mz 19, Lt 4, Calle 18.		
EDIFICIO: N.º DE PISO: 5	USO: Vivienda Multifamiliar		
VARIABLE DEPENDIENTE: RESPUESTA ESTRUCTURAL			
DIMENSIÓN ANÁLISIS ESTÁTICO - ANÁLISIS DINÁMICO			
DIRECCIÓN X-X			
DEPLAZAMIENTO POR PISO (m)	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
#Piso	Alteza (m)	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON VÍSCOSOS DE PLOMO
Nivel 5	15.7	Dep. Inelásticas	Dep. Inelásticas
Nivel 4	11		
Nivel 3	8.2		
Nivel 2	5.6		
Nivel 1	2.8		
Nivel 0	0		
DIRECCIÓN Y-Y			
DEPLAZAMIENTO POR PISO (m)	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
#Piso	Alteza (m)	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON VÍSCOSOS DE PLOMO
Nivel 5	15.7	Dep. Inelásticas	Dep. Inelásticas
Nivel 4	11		
Nivel 3	8.2		
Nivel 2	5.6		
Nivel 1	2.8		
Nivel 0	0		
VALIDACIÓN:			
APELLIDOS Y NOMBRES:		FIRMA / SELLO	
EXPERTO N°1: Pacheco Alvarez Jose Antonio		 JOSE ANTONIO PACHECO ALVAREZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 229486	
EXPERTO N°2: Caro Quiroga Edward Milton		 EDUARDO MILTON CARO QUIROGA Ingeniero Civil CIP N° 274913	
EXPERTO N°3: Paredes Aguilar Luis		 Ing. SSC Luis Paredes Aguilar CIP N° 77374	

UNIVERSIDAD César Vallejo		POHA (P): ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS FUERTES	
TÍTULO: Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs dissipador de energía, Los Olivos, Lima - 2023			
ALUMNO: Santos Quichua, Luis Angel	CODIGO: 790120883		
UBICACIÓN: DISTRITO: Los Olivos	LUGAR: A.A.HH. Laura Caler, Mz 19, Lt 4, Calle 18.		
EDIFICIO: N.º DE PISO: 5	USO: Vivienda Multifamiliar		
VARIABLE DEPENDIENTE: RESPUESTA ESTRUCTURAL			
DIMENSIÓN ANÁLISIS DINÁMICO			
DIRECCIÓN X-X			
DEFORMAS	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
#Piso	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON VÍSCOSOS DE PLOMO	ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOZO
Nivel 5	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica
Nivel 4			
Nivel 3			
Nivel 2			
Nivel 1			
Nivel 0			
DIRECCIÓN Y-Y			
DEFORMAS	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
#Piso	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADOR CON VÍSCOSOS DE PLOMO	ESTRUCTURA CON DISIPADOR DE FLUIDO VISCOZO
Nivel 5	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica
Nivel 4			
Nivel 3			
Nivel 2			
Nivel 1			
Nivel 0			
VALIDACIÓN:			
APELLIDOS Y NOMBRES:		FIRMA / SELLO	
EXPERTO N°1: Pacheco Alvarez Jose Antonio		 JOSE ANTONIO PACHECO ALVAREZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 229486	
EXPERTO N°2: Caro Quiroga Edward Milton		 EDUARDO MILTON CARO QUIROGA Ingeniero Civil CIP N° 274913	
EXPERTO N°3: Paredes Aguilar Luis		 Ing. SSC Luis Paredes Aguilar CIP N° 77374	

ANEXO 9. Validación del Instrumento

JUICIO DE EXPERTOS

FICHA DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima – 2023

Apellido y nombre del Juez Experto: Pacheco Álvarez Jose Antonio
Especialidad del experto: Temático CIP: 228486
Grado del juez experto: Ingeniero Civil

- La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- Marque con aspa "x" dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere una opinión sobre el cuestionario.

1) Muy malo // 2) Regular // 3) Bueno // 4) Muy Bueno

N°	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
1	Claridad: Esta formulado con el lenguaje apropiado y comprensible					X
2	Objetividad: Permite medir hechos observados					X
3	Actualidad: Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					X
4	Organización: Presentación ordenada					X
5	Suficiencia: Comprende los aspectos en cantidad y claridad				X	
6	Pertinencia: Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos					X
7	Consistencia: Permite conseguir datos basados en modelos teóricos				X	
8	Coherencia: Hay coherencia entre las variables, indicadores ítems					X
9	Metodología: La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10	Aplicación: Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				X	

Muchas gracias por su respuesta.

Julio del 2023


 JOSE ANTONIO
 PACHECO ALVAREZ
 INGENIERO CIVIL
 RNS, CIP N° 228486
 Firma del Juez Experto

JUICIO DE EXPERTOS

FICHA DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima – 2023

Apellido y nombre del Juez Experto: Curo Quispe Edward Milton
Especialidad del experto: Temático CIP: 274913
Grado del juez experto: Ingeniero Civil

- La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- Marque con aspa "x" dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere una opinión sobre el cuestionario.

2) Muy malo // 2) Regular // 3) Bueno // 4) Muy Bueno

N°	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
1	Claridad: Esta formulado con el lenguaje apropiado y comprensible					X
2	Objetividad: Permite medir hechos observados					X
3	Actualidad: Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					X
4	Organización: Presentación ordenada					X
5	Suficiencia: Comprende los aspectos en cantidad y claridad					X
6	Pertinencia: Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos					X
7	Consistencia: Permite conseguir datos basados en modelos teóricos					X
8	Coherencia: Hay coherencia entre las variables, indicadores ítems					X
9	Metodología: La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10	Aplicación: Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				X	

Muchas gracias por su respuesta.

Julio del 2023


 EDWARD MILTON
 CURO QUISPE
 Ingeniero Civil
 CIP N° 274913
 Firma del Juez Experto

JUICIO DE EXPERTOS

FICHA DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima – 2023

Apellido y nombre del Juez Experto: Paredes Aguilar Luis
Especialidad del experto: Temático CIP: 77374
Grado del juez experto: Ingeniero en Master of Science

- La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- Marque con aspa "x" dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere una opinión sobre el cuestionario.

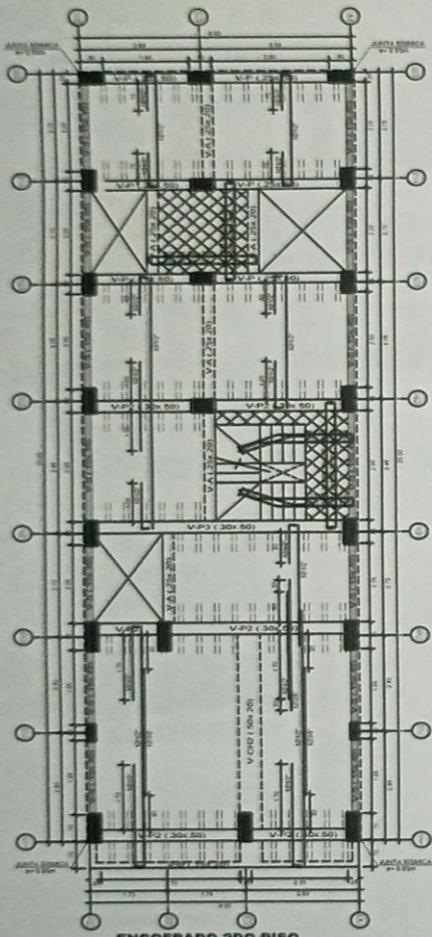
3) Muy malo // 2) Regular // 3) Bueno // 4) Muy Bueno

N°	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
1	Claridad: Esta formulado con el lenguaje apropiado y comprensible					X
2	Objetividad: Permite medir hechos observados				X	
3	Actualidad: Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					X
4	Organización: Presentación ordenada					X
5	Suficiencia: Comprende los aspectos en cantidad y claridad				X	
6	Pertinencia: Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos					X
7	Consistencia: Permite conseguir datos basados en modelos teóricos					X
8	Coherencia: Hay coherencia entre las variables, indicadores ítems					X
9	Metodología: La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10	Aplicación: Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente					X

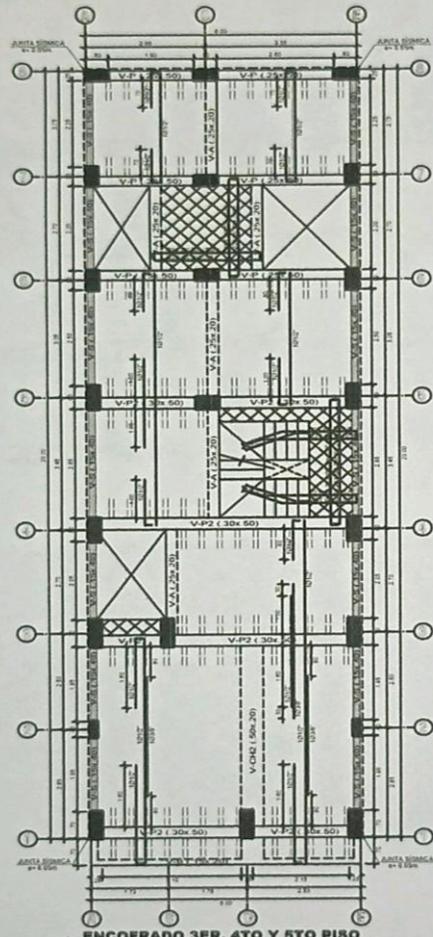
Muchas gracias por su respuesta.

Julio del 2023


 Ing. Luis Paredes Aguilar
 CIP N° 77374
 Firma del Juez Experto



ENCOPRADO 2DO PISO
Escala 1:50



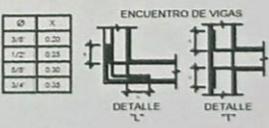
ENCOPRADO 3ER, 4TO Y 5TO PISO
Escala 1:50

LEYENDA

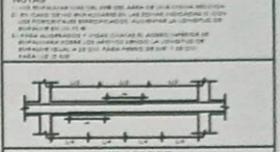
	MANO PORTANTE		LOSA ALIGERADA PROYECTADA
	C.X. COLUMNA		LOSA MAZETA PROYECTADA
	MANO SECUNDARIA		



DETALLE DE VIGAS
Escala 1:5

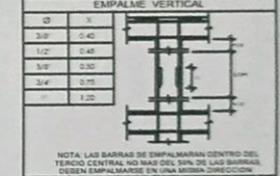


TRASLAPES Y EMPALMES PARA VIGAS Y ALIGERADOS

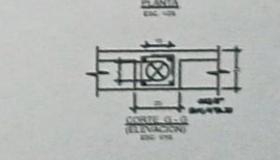
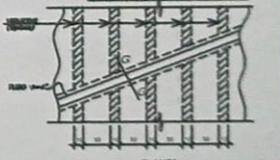


VALORES DE m

Tip. de Viga	h	h _{ef}
V-P	120	100
V-A	120	100
V-B	120	100
V-D	120	100
V-E	120	100
V-F	120	100



NOTA: EL ACERO DE REEMPLAZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL EN VIGAS Y LOSAS DE CARACTERIZACION COLUMNARIA Y VIGAS, DEBERAN TENERSE LOS GANCHOS STANDARD LOS CUALES SE ALCIBARRAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.



ARCH
ARQUITECTOS

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

ING. EDWARD MILTON
CURIO QUINPE
CIP 274813

INGENIERO CIVIL

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR

PROVINCIA: URUGUAY
DEPARTAMENTO: LOS OLIVOS
MUNICIPALIDAD: LAZAR CALDERON
LOTES: 4
CALLE: 18

ENCOPRADO DEL 2DO AL 5TO PISO

E-03

1998 ADOPTO 2002

ANEXO 11. Constancia de entrega de planos



955 056 305
Rchcontratistasgenerales3@gmail.com

CONSTANCIA DE ENTREGA DE PLANOS

El que suscribe, en representación de **RCH Contratistas Generales S.A.C.** con **RUC N°20516051524**, empresa dedicada al diseño de planos, supervisión y ejecución de proyectos en general.; deja en constancia de la habilitación de planos estructurales del edificio al estudiante: **Luis Angel Santos Quichua**, identificado con **DNI N°90028846**, que se encuentra en el décimo ciclo de la carrera profesional de ingeniería civil, perteneciente a la **Universidad César Vallejo** de la sede Lima-Norte en el distrito de Los Olivos, a realizar los estudios correspondientes con el fin de desarrollar su Tesis denominado "Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima – 2023".

Lima, 28 de agosto del 2023

Atentamente:

EDWARD MILTON
CUZCO QUISPE
Ingeniero Civil
CIP N° 274913

ANEXO 12. Constancia de uso del software ETABS



955 056 305
Rchcontratistasgenerales3@gmail.com

CONSTANCIA DE USO DEL SOFTWARE ETABS

El que suscribe, en representación de **RCH Contratistas Generales S.A.C.** con **RUC N°20516051524**, empresa dedicada al diseño de planos, supervisión y ejecución de proyectos en general.; deja en constancia el uso del software ETABS V18.1.1, al estudiante: **Luis Angel Santos Quichua**, identificado con **DNI N°90028846**, que se encuentra en el décimo ciclo de la carrera profesional de ingeniería civil, perteneciente a la **Universidad César Vallejo** de la sede Lima-Norte en el distrito de Los Olivos, a realizar los modelamientos correspondientes con el fin de desarrollar su Tesis denominado "Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio, aislador sísmico vs disipador de energía, Los Olivos, Lima – 2023".

Lima, 18 de septiembre del 2023

Atentamente:



EDWARD MILTON
CURO QUESPE
Ingeniero Civil
C.P. N° 274913