



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**“Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el  
comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium  
Miraflores, Lima-2019”**

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

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Poma Guadamur, Carlos Alberto ([orcid.org/0000-0002-7764-4977](https://orcid.org/0000-0002-7764-4977))

**ASESOR:**

Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raul Antonio ([orcid.org/0000-0002-9573-0182](https://orcid.org/0000-0002-9573-0182))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A mi madre por su apoyo incondicional y por todo su cariño que me brinda día a día para poder alcanzar mis objetivos profesionales.

## **Agradecimiento**

Primeramente agradezco a mi madre Nieves Poma, por brindarme su apoyo durante todos estos años en la universidad y durante la reseña de la tesis; doy gracias a la universidad por brindarme un espacio para consagrarme como profesional así como a los docentes que compartieron sus experiencias a lo largo de mi vida académica.

De igual manera, quiero agradecer a mi asesor Raul Antonio Pinto Barrantes, por todo el tiempo que nos ha dedicado en la corrección y desarrollo de la tesis.

Por último agradezco a los lectores, que me permiten aportar con mi proyecto de tesis un poco de conocimiento en el campo de la ingeniería civil.

A todos ellos, infinitas gracias.

El autor.

<b>Índice de contenidos</b>	<b>pág.</b>
Carátula	
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>01</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>08</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>32</b>
3.1. Tipo y diseño de Investigación	33
3.2. Variables Operacionalización	34
3.3. Población, muestra y muestreo	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	37
3.5. Procedimiento	38
3.6. Método de análisis de datos	39
3.7. Aspectos éticos	39
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>40</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>112</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>117</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>120</b>
<b>REFERENCIAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	

<b>Índice de tablas</b>	<b>pág.</b>
<b>Tabla 2.1.</b> <i>Valores de lambda con respecto al coeficiente <math>\alpha</math></i>	28
<b>Tabla 2.2.</b> <i>Niveles de desempeño</i>	30
<b>Tabla 2.3.</b> <i>Estado de daño y Niveles de desempeño estructural, de acuerdo a SEAOAC, 1995</i>	31
<b>Tabla 2.4.</b> <i>Movimiento sísmico de diseño, de acuerdo al comité VISION 2000, 1995</i>	31
<b>Tabla 3.1.</b> <i>Operacionalización de variables</i>	34
<b>Tabla 3.2.</b> <i>Instrumentos de medición</i>	37
<b>Tabla 4.1.</b> <i>Modos, Periodos de vibración y % Participación modal</i>	46
<b>Tabla 4.2.</b> <i>Rigidez lateral de entrepiso en la dirección X-X.</i>	48
<b>Tabla 4.3.</b> <i>Rigidez lateral de entrepiso en la dirección Y-Y</i>	49
<b>Tabla 4.4.</b> <i>Fuerza cortante de entrepiso en la dirección X-X</i>	50
<b>Tabla 4.5.</b> <i>Fuerza cortante de entrepiso en la dirección Y-Y</i>	51
<b>Tabla 4.6.</b> <i>Masa y peso sísmico</i>	52
<b>Tabla 4.7.</b> <i>Resumen de irregularidades estructurales en altura</i>	55
<b>Tabla 4.8.</b> <i>Resumen de irregularidades estructurales en altura</i>	55
<b>Tabla 4.9.</b> <i>Valores del espectro de pseudo-aceleraciones (<u>X-X e Y-Y</u>)</i>	57
<b>Tabla 4.10.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X</i>	58
<b>Tabla 4.11.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y</i>	59
<b>Tabla 4.12.</b> <i>Valores del espectro de pseudo-aceleraciones con <math>R=1.00</math> (<u>X-X e Y-Y</u>)</i>	60
<b>Tabla 4.13.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X con <math>R=1.00</math></i>	61

<b>Tabla 4.14.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y con R=1.00</i>	62
<b>Tabla 4.15.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Lima 1966, caso este-oeste</i>	68
<b>Tabla 4.16.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Lima 1966, caso este-oeste</i>	69
<b>Tabla 4.17.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Lima 1966, caso norte-sur</i>	70
<b>Tabla 4.18.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Lima 1966, caso norte-sur</i>	71
<b>Tabla 4.19.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Ica 2007, caso este-oeste</i>	72
<b>Tabla 4.20.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Ica 2007, caso este-oeste</i>	73
<b>Tabla 4.21.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Ica 2007, caso norte-sur</i>	74
<b>Tabla 4.22.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Ica 2007, caso norte-sur</i>	75
<b>Tabla 4.23.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Chimbote 1970, caso este-oeste</i>	76
<b>Tabla 4.24.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Chimbote 1970, caso este-oeste</i>	77
<b>Tabla 4.25.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Chimbote 1970, caso norte-sur</i>	78
<b>Tabla 4.26.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Chimbote 1970, caso norte-sur</i>	79
<b>Tabla 4.27.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Lima 1974, caso este-oeste</i>	80

<b>Tabla 4.28.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Lima 1974, caso este-oeste</i>	81
<b>Tabla 4.29.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Lima 1974, caso norte-sur</i>	82
<b>Tabla 4.30.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Lima 1974, caso norte-sur</i>	83
<b>Tabla 4.31.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Ocoña 2001, caso este-oeste</i>	84
<b>Tabla 4.32.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Ocoña 2001, caso este-oeste</i>	85
<b>Tabla 4.33.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido X-X Ocoña 2001, caso norte-sur</i>	86
<b>Tabla 4.34.</b> <i>Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Ocoña 2001, caso norte-sur</i>	87
<b>Tabla 4.35.</b> <i>Resumen de distorsión del entrepiso en la dirección X-X</i>	88
<b>Tabla 4.36.</b> <i>Resumen de distorsión del entrepiso en la dirección Y-Y</i>	89
<b>Tabla 4.37.</b> <i>Resumen de distorsión del entrepiso tiempo-historia con respecto a las derivas con <math>R=1</math> en la dirección X-X</i>	90
<b>Tabla 4.38.</b> <i>Resumen de distorsión del entrepiso tiempo-historia con respecto a las derivas con <math>R=1</math> en la dirección Y-Y</i>	91
<b>Tabla 4.39.</b> <i>Propiedades estructurales sin dispositivos de disipación en la dirección X-X</i>	92
<b>Tabla 4.40.</b> <i>Propiedades estructurales sin dispositivos de disipación en la dirección Y-Y</i>	93

<b>Tabla 4.41.</b> <i>Control de derivas según norma Hazus 2010 en la dirección X-X</i>	95
<b>Tabla 4.42.</b> <i>Control de derivas según norma Hazus 2010 en la dirección Y-Y</i>	96
<b>Tabla 4.43.</b> <i>Coeficiente de amortiguamiento respecto al amortiguamiento viscoso</i>	99
<b>Tabla 4.44.</b> <i>Propiedades estructurales con dispositivos de disipación en la dirección X-X</i>	100
<b>Tabla 4.45.</b> <i>Propiedades estructurales con dispositivos de disipación en la dirección Y-Y</i>	101



<b>Índice de gráficos y figuras</b>	<b>pág.</b>
Figura 2.1. Edificación con sistema de control activo	17
Figura 2.2. Edificación con sistema de control semi-activo	18
Figura 2.3. Edificación con sistema de control pasivo	19
Figura 2.4. Edificación con sistema de control pasivo históricos	20
Figura 2.5. Segmentos de un disipador de fluido viscoso	21
Figura 2.6. Cabeza del pistón del disipador de fluido viscoso	22
Figura 2.7. Mecánica de un dispositivo de fluido viscoso	22
Figura 2.8. Configuración de tipo Chevron	23
Figura 2.9. Configuración de tipo diagonal	24
Figura 2.10. Masa con resorte	25
Figura 2.11. Masa con resorte y amortiguamiento	25
Figura 2.12. Pórtico de un solo grado de libertad	26
Figura 2.13. Definición de ángulo y desplazamiento relativo del dispositivo de disipación de energía	28
Figura 4.1. Arquitectura típica de la edificación	41
Figura 4.2. Vista tridimensional del modelo matemático	45
Figura 4.3. Desplazamiento debido al sismo estático en X-X	53
Figura 4.4. Desplazamiento debido al sismo estático en Y-Y	53
Figura 4.5. Vista en planta, esquinas entrantes	54
Figura 4.6. Espectro de respuesta inelástico (norma E-030 2018)	56
Figura 4.7. Espectro de respuesta inelástico con $R=1.00$ (norma E-030 2018)	61
Figura 4.8. Ingreso de parámetros en programa Seísmo Signal	63
Figura 4.9. Registro del sismo Lima 1966 en programa Seísmo Signal	64
Figura 4.10. Corrección de línea base y filtrado de sismo en Lima 1966 en programa Seísmo Signal	64
Figura 4.11. Corrección de registro del sismo Lima 1966 en programa Seísmo Signal	64

Figura 4.12. Espectro de respuesta inelástico con $R=1.00$ para escalamiento	65
Figura 4.13 Ingreso de parámetros de sismo en programa Seísmo Match	66
Figura 4.14. Ingreso de parámetros de espectro objetivo en programa Seísmo Match	66
Figura 4.15. Espectro objetivo en programa Seísmo Match	67
Figura 4.16. Registro sísmico escalado en programa Seísmo Match	67
Figura 4.17. fuerza cortante con y sin disipador debido al sismo de Lima 1974 en el sentido X-X	102
Figura 4.18. Momento de volteo con y sin disipador debido al sismo de Lima 1974 en el sentido Y-Y	103
Figura 4.19. Desplazamiento en sentido X-X	104
Figura 4.20. Desplazamiento en sentido Y-Y	105
Figura 4.21. Disposición de disipadores en elevación dirección Y-Y	106
Figura 4.22. Disposición de disipadores en planta dirección Y-Y	106
Figura 4.23. Link Hysteresis del disipador K 192	107
Figura 4.24. Disposición de disipadores en elevación dirección X-X	108
Figura 4.25. Disposición de disipadores en planta dirección X-X	108
Figura 4.26. Link Hysteresis del disipador K 2	109
Figura 4.27. Balance de energía caso 1-Lima 1974	101
Figura 4.28. Balance de energía caso 2-Lima 1974	111

## RESUMEN

Actualmente en nuestro país como en el mundo se vienen implementando nuevas tecnologías, con la finalidad de mejorar el comportamiento estructural de las edificaciones, es por ello que cada país ha desarrollado su propia normativa, algunas más rigurosas que otras, sin embargo pocas han implementado una metodología de protección de daño ante sismos severos, en edificaciones comunes como viviendas; en nuestro país aún prevalece un diseño orientado a la incursión de daño de la estructura, solo en estructuras importantes se ha incorporado la filosofía de funcionalidad continua; el objetivo de la investigación es determinar de qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores. Para ello se ha utilizado un análisis tiempo historia con sismos reales ocurridos en nuestro país, trazándonos una deriva objetiva que garantice la funcionalidad de la estructura. Como resultado de la investigación se ha logrado reducir de una deriva máxima de 0.008 a 0.003, así mismo se ha conseguido una reducción de energía de 48%; Consecuentemente, el uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico de la edificación.

**Palabras clave:** Disipadores de fluido viscoso, comportamiento sísmico y control de derivas.

## ABSTRACT

Currently in our country, as in the world, new technologies are being implemented, in order to improve the structural behavior of buildings, which is why each country has developed its own regulations, some more rigorous than others, however few have implemented a Damage protection methodology against severe earthquakes, in common buildings such as houses; In our country a design oriented to incursion of structure damage still prevails, only in important structures has the philosophy of continuous functionality been incorporated; The objective of the research is to determine how the use of viscous fluid dissipators influences the indicators of seismic behavior of the Miraflores Premium Concept multi-family building. For this, a time-history analysis with real earthquakes occurred in our country has been used, tracing an objective drift that guarantees the functionality of the structure. As a result of the investigation, a maximum drift of 0.008 to 0.003 has been reduced, and an energy reduction of 48% has also been achieved; Consequently, the use of viscous fluid dissipators influences the indicators of the seismic behavior of the building.

**Keywords:** Viscous fluid sinks, seismic behavior and drift control.

## **I. INTRODUCCIÓN**

**Realidad problemática:** En el mundo así como en nuestro país, cada vez más se construyen edificaciones de gran envergadura, su uso es diversificado, en la ciudad de Lima mayormente son para oficinas, hoteles y viviendas multifamiliares.

La teoría y experiencia en la construcción demuestran que es más viable edificar construcciones de gran tamaño, los ensayos en laboratorios y lecciones aprendidas por los movimientos sísmos nos han confirmado, que fuera del número de niveles, formas de construcción y tipo de perturbación externa, las estructuras se comportan de formas diferentes (Villareal, 2009, p. 16).

Actualmente en Lima se muestra una gran demanda en el sector inmobiliario, debido al crecimiento desmedido de la población, no obstante, la escasez de espacio en nuestra urbe hace que los empresarios inviertan su capital en la construcción de condominios, con la finalidad de satisfacer la necesidad de la población, que busca un lugar donde vivir. Sin embargo, estas edificaciones muchas veces se construyen sin tomar ciertas consideraciones, como si se siguiera una única receta, que muchas veces nos hace cometer errores al momento de diseñarlas.

Nuestro país al encontrarse cerca de la franja de subducción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, reside en un peligro sísmico constante, entre los movimientos sísmicos más recientes está el acontecido en Ica el día 15 de agosto del año 2007 llegando a 7.90 grados en la escala de Richter, donde murieron más de 500 personas; también, el ocurrido en el departamento de Loreto el 26 de mayo del año 2019 de grado 8 en la escala de Richter, dejando un muerto y varias viviendas afectadas; en Lima se ha vivido un silencio sísmico desde el 3 de octubre 1974 donde se tuvo un movimiento sísmico de 7.50 grados de acuerdo a la escala de Richter dejando a miles de familias damnificadas, siendo en su mayoría más afectados las construcciones de tipo vivienda, en aquellos años ya se vislumbraban los primeros edificios de gran altura construido por el estado, sin embargo, en las dos últimas décadas el sector privado ha impulsado con mayor fuerza el sector inmobiliario, lo cual ha provocado un auge en la construcción, con los adelantos científicos en la ingeniería cada vez se logra construir más alto y en menor tiempos, no obstante, estas edificaciones hasta el momento no han atravesado por un sismo severo, a comparación de México que en el año 2017 sacudió un sismo de 7.10

grados de acuerdo a la escala de Richter provocando el colapso de algunas edificaciones, y dañando severamente otros, así mismo, en Chile en el año 2010 varias edificaciones destinadas a viviendas multifamiliares colapsaron debido a un sismo de 8.80 grados acorde a la escala de Richter. En la ciudad de Lima se espera un sismo severo de consecuencias incalculables, no obstante, entendamos que la ocurrencia de muertes no es debido a la ocurrencia de los sismos, sino en su mayoría de casos al colapso de las construcciones.

La norma E - 030 concerniente a diseño sismoresistente fue modificada y aprobada en octubre del año 2018, ampliando su normativa sobre edificaciones esenciales, dentro de las exigencias de diseño estructural se pide que garanticen la funcionalidad continua luego de un sismo severo, esto debido a que se argumentó que los hospitales deberían de seguir funcionando, ya que, muchas veces se tenían que atender en los pacientes fuera de los establecimientos, debido a que las edificaciones no garantizaban seguridad y funcionalidad, a consecuencia de esto se optó por incorporar aisladores sísmicos en la base de la estructura; no obstante, aún estamos atrasados en cuanto a temas de disipación de energía o protección sísmica, ya que edificaciones consideradas por la norma, en la categoría de común, aún no han alcanzado avances significativos, a pesar de que albergan gran cantidad de vidas humanas, no se ha dado la importancia que debería de tener. Nuestra norma como muchas otras, aún están en la filosofía de diseño de ocurrencia de daños, que ocasiona costos de reparaciones y reforzamientos no previstos, que en el peor de los casos la pérdida total de la inversión al tener que demoler la edificación.

La vida útil para gran parte de las construcciones es de 50 años, en el cual estarán sometidas a la acción de sismos; para sismos habituales, de baja intensidad, las estructuras no han de sufrir daños; en sismos intermedios, poco usuales, la estructura puede soportar daños remediables; para sismos severos, se admite que la estructura tolere daños generalizados e incluso puede llegar a quedar inhabitable, pero sin que suceda el colapso estructural, a fin de salvaguardar las vidas humanas (Genatios y Lafuente, 2016, p. 12).

Gran parte de las edificaciones construidas de forma convencional no garantizan una funcionalidad continua, debido a que no cuentan con una protección

sísmica que este establecido por nuestra normativa, si bien es cierto que hace hincapié a normas internacionales no hemos establecido nuestros propios parámetros de acuerdo a nuestra realidad; por lo expuesto nos lleva a establecer la siguiente interrogante. ¿De qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019?

**Formulación del problema:** El problema de la investigación representa reducir el estudio a su forma y características más básicas a fin de lograr comenzar su estudio intensivo, destacando aquellos elementos y vínculos que la teoría y la práctica determinan como importantes. La conceptualización del problema es la herramienta más precisa para detallar con mayor comprensión los objetivos, su contenido y la forma en la que se desarrolla la investigación (Baena, 2017, p. 55).

Como **Problema general** se plantea: ¿De qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019?, así mismo; los **Problemas específicos** son: ¿De qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en las propiedades estructurales del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019?, ¿De qué forma la configuración estructural de los dispositivos de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019? y ¿De qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en la protección sísmica del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019?

**Justificación del estudio:** Aparte de los objetivos y las interrogantes del estudio, es indispensable justificar la investigación a través de la argumentación de sus razones (el para qué del estudio o por qué debe realizarse). Gran parte de los estudios se elaboran con una intención definida, ya que no se realizan sencillamente debido al antojo personal, la intención tiene que ser adecuadamente sustancial y objetivo por lo que argumente dicha elaboración. Asimismo, se debe de exponer por qué se tiene que realizar la investigación y cuáles son los beneficios que se obtienen (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 40).

**Justificación Social:** Nuestro país al ubicarse dentro de una zona con gran acción sísmica, la historia enseña que un sismo de gran magnitud puede causar



daños en la población y la infraestructura, con la presente investigación se busca concientizar a la población a invertir en edificaciones que garanticen una protección sísmica adecuada y que logren conservar su inversión; así mismo, incentivar a las inmobiliarias a construir edificaciones más seguras, promoviendo mayor competitividad en el mercado; ya que, pueden ofrecer un producto con un valor agregado.

**Justificación Económica:** Al ocurrir un sismo severo lo más probable es que la estructura sufra daños, ya que nuestra normativa está basada en una filosofía de protección de vida, sin embargo no garantiza protección del contenido, además se sabe que luego de un sismo es posible que ocurran replicas, y al tener una edificación ya dañada puede que incurra en el rango inelástico, causando que falle la estructura; si bien es cierto que el costo de usar dispositivos de protección sísmica llegan a ser muy altos, ello se justificaría al disminuir los daños causados por el sismo, así evitando pérdidas económicas en reparaciones o reforzamiento estructural.

**Justificación Metodológica:** Se proyecta realizar una investigación posible de entender, con la finalidad que profesionales de la ingeniería civil, logren diseñar y desarrollar proyectos de construcción con disipadores de fluido viscoso basado en normas nacionales e internacionales; de la misma manera, estudiantes de la carrera en mención puedan seguir investigando en la misma línea, afianzando con argumentos matemáticos valederos, así mismo se busca aportar al desarrollo de nuestra propia normativa de protección sísmica donde se considere fenómenos reales captados por los sismógrafos.

**Justificación Práctico:** Generalmente el diseño estructural se basa a una arquitectura propuesta, cuando se requiere que la edificación sea más rígida, debido a una sollicitación sísmica, se opta por ampliar la dimensión de los elementos estructurales; o incrementando la resistencia de los materiales con los que se va construir, en el caso que se necesite aumentar la dimensión elementos estructurales, tendrá que reducir los espacios libres o útiles que se plantea en la arquitectura; por lo cual, con la presente investigación se busca generar un método que no implique cambiar los elementos estructurales debido a las sollicitaciones de

una fuerza sísmica de modo que sea práctico, sencillo de aplicar y viable desde el punto estructural.

**Objetivos:** Es indispensable fijar qué se busca con el estudio a realizar, cual es el alcance que se pretende con la investigación. Algunos estudios buscan, principalmente, aportar a solucionar una problemática; entonces, tiene que especificarse el problema y como la investigación contribuirá a solucionarlo. Por otro lado, algunos estudios poseen como objetivo fundamental comprobar una teoría o contribuir realidades prácticas a su favor. Los objetivos tienen que expresarse con claridad y ser concretos, medibles, adecuados y objetivos (Hernández et al., 2014, p. 37).

Como **objetivo general** se plantea: Analizar de qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. Del cual los **objetivos específicos** son: Determinar de qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en las propiedades estructurales del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. Establecer de qué forma la configuración estructural de los dispositivos de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. Determinar de qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en la protección sísmica del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019.

**Hipótesis:** El conocimiento previo que poseemos no es suficiente para la indagación o el hallazgo de nuevos hechos. Es indispensable tener ideas y suposiciones. La hipótesis se plantea como un ordenamiento del tema en forma y técnica, es la respuesta tentativa al problema del estudio; esta se construye con creatividad (Baena, 2017, p. 57).

La **hipótesis general** de la investigación es: El uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. Las **Hipótesis específicas** son: El uso de disipadores de fluido viscoso influye en las propiedades estructurales del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. La configuración estructural de los dispositivos de fluido visco influye en los indicadores del

comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. El uso de disipadores de fluido viscoso influye en la protección sísmica del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019.

## **II. MARCO TEÓRICO**

**Trabajos previos:** Al respecto vamos a mencionar algunas investigaciones ya realizadas, afines al tema a tratar, con la finalidad de indagar los objetivos y conclusiones que lograron a determinar los autores, de esta forma respaldar el objetivo de nuestra propia investigación y enfocarnos en una línea objetiva que pretendemos dar a conocer.

**Trabajos Previos internacionales;** En relación a las investigaciones internacionales ya elaboradas, a continuación se muestran algunos estudios que se consideraron más relevantes: Jurado (2015) con su tesis “Análisis de la aplicación de disipadores de fricción para mejorar desempeño sísmico de estructuras de concreto armado en la ciudad de Guayaquil”, el cual tiene como objetivo estudiar las beneficios obtenidos en el desempeño sísmico de estructuras de concreto armado en la ciudad de Guayaquil la aplicación de disipadores de fricción realizando un modelo matemático para efectuar un análisis con la técnica de los elementos finitos por medio de un programa de análisis y diseño estructural como el SAP 2000 y el OPENSEES. Se concluye que se pudo verificar que los disipadores de fricción optimizan sustancialmente el desempeño sísmico en estructuras, disminuyendo el daño irreparable, además de evitar el colapso ante excitaciones sísmicas de diseño.

La mencionada tesis nos menciona el análisis de una edificación de 8 niveles, mediante programas comerciales de diseño estructural que usan el método matricial, donde comprueba el aporte significativo que los disipadores de fricción dan a la edificación en el desempeño estructural ante evento sísmico.

Rivera (2016) con su investigación “Estudio numérico para evaluar la efectividad de disipadores energéticos para la protección de edificios patrimoniales religiosos ante una sollicitación sísmica” el objetivo de la investigación reside en realizar un análisis numérico debido a la acción sísmica de un edificio patrimonial de México, para lo cual se opta por los mecanismos de fluido viscoso que opuesto a otros dispositivos de disipación energética no proporciona rigidez adicional a la estructura. Se concluye que una de las principales restricciones para emplear las unidades de disipación energética es la configuración de la edificación, por lo que opto por aplicar la distribución de tipo chevron y excéntrico con palanca en la torre de campanario.

De la mencionada investigación se puede rescatar que algunos mecanismos de disipación aportan rigidez a la estructura, que generan fuerzas las cuales en el peor caso al ser una edificación antigua no podría soportar, por tal motivo el autor recurre a utilizar disipadores de fluido viscoso, no obstante se ve limitado su uso debido a la complejidad de la edificación.

Morales y Sinchiguano (2018) con su tesis titulada “Análisis comparativo del comportamiento estructural entre una edificación destinada a una vivienda de ocho, doce y dieciséis pisos, con sistemas de aislación y disipación de energía sísmica” la finalidad del estudio fue comparar el comportamiento estructural entre edificaciones de diferentes niveles, utilizando aisladores sísmicos y disipadores de energía, ubicada en el cantón Quito. Se concluye en que los dispositivos de disipación de energía poseen la capacidad de disminuir el periodo de vibración de la estructura aumentando su rigidez y amortiguamiento, reduciendo las aceleraciones espectrales actuantes sobre la estructura, en consecuencia, disminuye las fuerzas aplicadas y desplazamientos.

La reciente investigación refiere al análisis sísmico de edificaciones destinadas para vivienda, donde se prueba que el uso de mecanismos de disipación de energía contribuye a reducir los desplazamientos de las estructuras, además que el uso de disipadores de energía metálicos (ADAS) funcionan como fusibles que después de la ocurrencia sísmica posiblemente tengan que ser remplazados, lo cual creemos que aumentaría el costo inicial de la protección que se pretende dar a la edificación, ya que se generaría un costo adicional, volviéndolo inviable, por otro lado, los disipadores de fluido viscoso no demandan cuantioso cuidado.

Enríquez (2019) con su trabajo de grado “Análisis comparativo entre un reforzamiento convencional y tres alternativas de repotenciación con dispositivos de control pasivo para una clínica construida antes del CCCSR-84. “, siendo su objetivo el establecer el impacto económico, entre un reforzamiento convencional y tres propuestas no convencionales con sistemas de control pasivo, en una clínica construida antes del CCCSR-84. En conclusión se descarta el uso del reforzamiento convencional, ya que, a pesar de que la estructura cumple con el nivel de desempeño de ocupación inmediata, al presentarse el sismo de diseño,

sus elementos no estructurales se verían afectados, dejando la clínica sin funcionamiento.

Mota (2017) con su trabajo de grado “Reacondicionamiento sísmico de edificios de hormigón armado mediante disipadores de energía: aplicación a la Republica Dominicana”, el objetivo de la tesis es plantear el uso de disipadores de energía como una opción para el reacondicionamiento sísmico de edificios de concreto armado existentes con la problemática de piso blando, en construcciones de la Republica Dominicana. En conclusión se ha observado que en el primer nivel se puede emplear distintas composiciones de refuerzo en las columnas y disipadores, en pórticos convencionales que fueron diseñadas para resistir cargas por gravedad la solución más favorable es de aumentar la resistencia entre 1.8 y 2.2 de su resistencia inicial.

**Trabajos Previos nacionales;** De los estudios nacionales elegidos, en correspondencia al objeto de la investigación que se va realizar se tiene: Enriquez y Sánchez (2018). En su tesis “Evaluación sísmica y propuesta de reforzamiento con disipadores de energía al hospital nacional Almanzor Aguinaga Asenjo de Chiclayo – región Lambayeque, actualizado a la norma E 030 2016”, cuyo objetivo es analizar la respuesta de una estructura, mediante el método de Hirozawa y el análisis sísmico dinámico, además de, diseñar el reforzamiento con disipadores de energía el pabellón nuevo del Hospital Nacional «Almanzor Aguinaga Asenjo» durante a un sismo severo para asegurar la vida de las personas y ofrecer una zona de cuidado a pacientes, ciñéndose al reglamento nacional de edificaciones. El estudio es de tipo tecnológico cuasi experimental, entre las conclusiones más relevantes se tiene que al realizar un análisis mediante el programa Etabs v.16., realizando un análisis Tiempo-Historia, en el cual se emplearon tres acelerogramas existentes escalados mediante el programa Seismo-Match. Como resultado de estudio se obtuvo una deriva máxima de 0.007 dada por la norma E - 030 para edificaciones de concreto armado. Dicho resultado ratifica el análisis de vulnerabilidad elaborado por el método de Hirozawa y creó la necesidad de un reforzamiento para reducir los desplazamientos laterales de entrepiso. Se empleo un reforzamiento con disipadores de energía de fluido viscoso, alcanzando disipar hasta un 88.64% de la energía de entrada para los bloques en estudio.

En este estudio el autor comprueba mediante un programa de análisis sísmico que puede reducir las derivas con ayuda de disipadores de fluido viscoso, al descubrir que existe cierta vulnerabilidad en pabellones del hospital nacional Almanzor Aguinaga Asenjo de Chiclayo, que durante un sismo severo no garantiza la funcionalidad continua, planteando como alternativa de solución el uso de dispositivos de disipación sísmica.

Cabrera (2017) con su tesis “Análisis de la respuesta sísmica de la edificación dos torres, reforzada con sistemas de amortiguamiento del tipo fluido viscoso en la ciudad de Huancayo, 2017”, cuyo objetivo principal es de examinar la respuesta sísmica de una edificación, reforzada con sistemas de amortiguamiento del tipo fluido viscoso en la ciudad de Huancayo, 2017. Dicho estudio fue de tipo aplicada, en la cual se concluye que el comportamiento dinámico de la respuesta sísmica de la edificación, reforzada con sistemas de amortiguamiento del tipo fluido viscoso en la ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada; los esfuerzos axiales, cortantes en verticales se muestra incremento, así mismo, decrece el momento flector en dichos elementos, por lo cual, es importante que al diseñar un proyecto se calcule los esfuerzos que muestre un incremento para así realizar un reforzamiento estructural que permita un mejor comportamiento.

En lo mencionado nos ratifica la teoría que los disipadores de fluido viscoso influyen de forma significativa a reducir los esfuerzos en la edificación; además, de lograr con una deriva objetiva el cumpliendo con la norma peruana E-030 del código nacional de edificaciones.

Santos (2018) con su tesis “Diseño y evaluación del comportamiento estructural entre un sistema convencional y disipadores de energía fluido viscoso, en una edificación de siete niveles y un semisótano en el distrito de Huacho, 2018”, la finalidad de la tesis es realizar el diseño y evaluación del comportamiento estructural entre un sistema convencional y disipadores de energía fluido viscoso, en una edificación de siete niveles y un semisótano en el Distrito de Huacho. La mencionada investigación fue de tipo aplicada, Se comprobó que con un método exclusivamente de pórticos, no alcanza a la rigidez conveniente que respondan a derivas que exceden el 0.007, por lo cual se utilizaron placas perimetrales en semisótano y otras que se extienden hasta el nivel superior de la edificación: los



disipadores fueron empleadas para disminuir las derivas y contrarrestar las fuerzas aplicadas en la edificación las cuales fueron producidas por los sismos, el utilizar los disipadores fluido viscoso en esta oportunidad ha conseguido disminuir el porcentaje de derivas, ofreciendo mejores características estructurales mediante el resguardo de la estructura y de sus ocupantes.

En la presente investigación nos describe el análisis a una edificación de concreto armado que necesita mayor rigidez para cumplir con la norma E-030, para lo cual plantea el empleo de disipadores de energía de fluido viscoso para generar mayor amortiguamiento a la edificación durante un movimiento sísmico, que permita reducir las derivas que exige dicha norma.

Tafur (2018) “Análisis sísmico comparativo del pabellón de aulas de la facultad de ingeniería civil y ambiental de la universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, con y sin disipadores de fluido viscoso, Chachapoyas – 2017”, de los objetivos específicos del autor, se tiene, crear modelos matemáticos de los pabellones de aulas de la facultad de ingeniería civil y ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas en el software ETABS para comprobar los periodos, desplazamientos, distorsiones, fuerzas máximas y momentos máximos que ejercen sobre la estructura. El estudio es de tipo descriptivo, entre las conclusiones se tiene como resultado que se introdujo y precisó apropiada distribución de los disipadores de fluido viscoso en los modelos matemáticos realizados, eligiendo 2 disposiciones: la forma diagonal y CHEVRON; así mismo, logrando reducir los desplazamientos de forma significativa.

De esta investigación podemos decir que la disposición de los disipadores no influyo en gran proporción al momento de lograr los resultados ya que las distorsiones y desplazamientos son casi parecidos.

Casana (2018) “Desempeño Sísmico de un Edificio de 14 pisos con Disipadores de Energía en la ciudad de Tumbes – 2018” el objetivo principal de la investigación es la de determinar el desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos implementando disipadores de energía en la ciudad de Tumbes. De La citada investigación fue de tipo descriptivo, de la investigación se concluye que al ocurrir un evento sísmico severo, conforme con el análisis no lineal – elástico, un edificio tradicional que no

tenga disipadores, las columnas y los muros estructurales absorben toda la fuerza sísmica, en cambio al usar disipadores, al ocurrir el movimiento sísmico son los primeros en actuar, el resto de energía es disipada por la estructura y la superficie de cimentación, siempre que se considere el efecto de interacción sísmica suelo – estructura.

De lo mencionado podemos ver que es importante considerar el comportamiento que presenta el suelo respecto a la estructura, ya que describe a la edificación como un sistema que interactúa conjuntamente con la cimentación y el suelo de fundación, y estos a su vez actuarían conjuntamente con los disipadores de energía, ya que se conectan directamente a la estructura.

**Trabajos Previos en inglés;** Con respecto a los antecedentes en inglés tenemos los siguientes: Lamprea y Garzón (2018) “Dispositivos de amortiguación de fluidos viscosos no lineales en el diseño sísmico de edificios”. Cuyo objetivo primordial de esta tesis es plantear un esquema de refuerzo de un hospital típico en Colombia basado en dispositivos amortiguadores viscosos no lineales que permitan una reducción el nivel de daños del edificio durante eventos sísmicos. Se concluye que la respuesta estructural se define primordialmente por el primer modo fundamental de vibración, con un 50% de participación de la respuesta total, este modo corresponde al movimiento traslacional en sentido transversal, como se esperaba, la adición de los dispositivos de amortiguación disminuye los desplazamientos estructurales logrando alcanzar la concepción inicial de la estructura.

La investigación nos describe el análisis que se realizó a un hospital de Colombia con el fin de comprobar funcionalidad continúa y resguardo de vida, proponiendo reforzar la estructura con disipadores de fluido viscoso, logrando reducir los desplazamientos estructurales.

Wang (2017) "Mejora del rendimiento sísmico de edificios altos mediante el diseño óptimo de dispositivos de disipación de energía suplementarios". Como objetivo de estudio tiene por verificar la capacidad de varias metodologías de ingeniería sísmica, así identificar deficiencias sísmicas de edificios de altura existentes y explorar la disposición de dispositivos complementarios y modernos de reducción

de energía, herramientas de ingeniería asistidas por computadora para optimizar la seguridad y el rendimiento de los edificios altos existentes y nuevos. Se concluye que cuando se efectúa el análisis de un edificio de estructura de acero alto construido con el estándar anterior, esto presenta deficiencias, obteniéndose colocando disipadores de calor de fluido viscoso para mejorar la amortiguación del edificio.

Xi (2014) "Implementación basada en desempeño de dispositivos de protección sísmica para estructuras". Esta investigación tiene el objetivo de desarrollar un diseño óptimo y dispositivos de protección de colocación sísmica para mejorar el desempeño estructural de edificios y puentes; En conclusión, se menciona que la intervención estructural a través de herramientas de protección sísmica es esencial para lograr cierto objetivo de rendimiento y reducir la respuesta de las estructuras en términos de eliminar el desplazamiento excesivo y la aceleración.

**Teorías relacionadas, disipación de energía en edificaciones:** Al ocurrir un sismo produce que la edificación empiece a vibrar, debido a ello la edificación envía una respuesta y amortigua el movimiento, el desplazamiento obtenido dependerá del tipo de material, la forma y el sistema que posea la edificación.

De acuerdo a Villarreal y Oviedo (2009, p. 12) plantean la ecuación de la conservación de la energía de la siguiente manera:

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

En el cual:

E: Es la energía total que ingresa a la edificación debido al movimiento sísmico.

$E_k$ : La energía cinética.

$E_s$ : Energía de deformación elástica recuperable.

$E_h$ : Energía irrecuperable, disipada por el sistema estructural a través de la inelasticidad u otras formas de acción.

$E_d$ : Energía que se disipada por los mecanismos adicionales de amortiguamiento.

En una estructura convencional la edificación toma toda la energía y tiene más probabilidades de la ocurrencia de daños, al incorporar técnicas de protección sísmica como disipadores o aisladores de base, estos toman gran parte de la energía y amortiguan el movimiento para reducir el daño en la estructura.

En la actualidad existen múltiples técnicas de disipación de energía, entre los más conocidos tenemos:

- Sistema de control activo.
- Sistema de control semi-activo.
- Sistema de control pasivo.

**Sistema de control activo:** La colocación de dispositivos complejos que actúan como respuesta durante las solicitaciones de un evento sísmico a través de un sensor el cual capta el movimiento.

Usualmente se colocan acelerómetros en puntos estratégicos de la estructura con el fin de accionar los mecanismos de control, entre los más conocidos se tiene los amortiguadores de masa activa o masa sintonizada (llamados AMD por sus siglas en inglés: Active Mass Damper); su principio se fundamenta en colocar una masa de dimensión conocida sobre la azotea del edificio, de acuerdo a lo que capta el sensor, un actuador tendrá que hacer oscilar esta masa para contrarrestar las vibraciones provocadas; por otro lado, los sistemas activos demandan de uno o varios ordenadores que deben funcionar de forma continua; además, de un suministro de energía constante, que permita que los dispositivos respondan y actúen en forma instantánea (Genatios y Lafuente, 2016, p. 41,42).

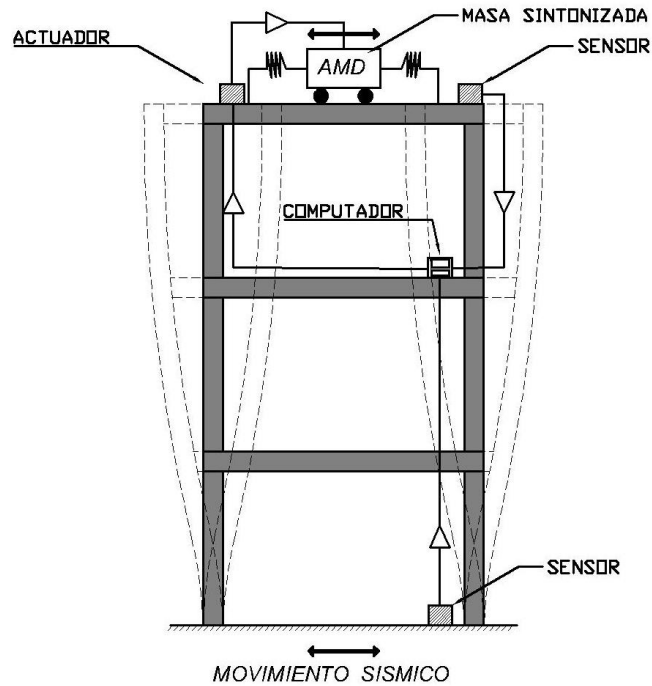


Figura 2.1. Edificación con sistema de control activo

En nuestro país generalmente colocan grandes cajas de concreto armado rellenas de esferas de acero u otro material sumamente pesado, sin embargo, el constante mantenimiento y la dependencia de suministro eléctrico lo convierten en un sistema muy costoso.

**Sistema de control semi-activo:** Análogo a los sistemas activos, poseen un dispositivo que permite monitorear en forma instantánea la respuesta estructural. No obstante, a comparación de los sistemas activos no emplean fuerzas de control directamente sobre la estructura. Los sistemas semi - activos funcionan alterando, sus propiedades mecánicas de los instrumentos de disipación de energía. Entre los cuales se tienen los dispositivos con fricción controlable, y los disipadores con fluidos electro o magneto - reológicos (Corporación de Desarrollo Tecnológico – Cámara Chilena de la Construcción, 2011, p. 13).

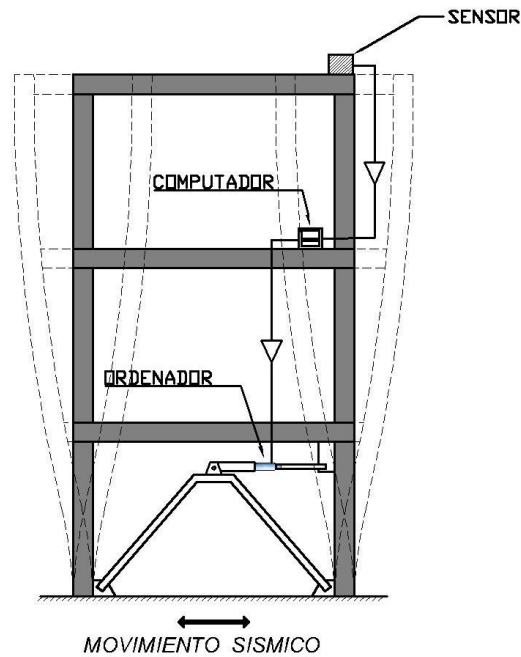


Figura 2.2. Edificación con sistema de control semi - activo

En estos sistemas el mantenimiento es menos costoso que los activos, aun así dependen de una fuente de energía para que funcionen los sensores, al incorporar un dispositivo pasivo se estaría mejorando la eficiencia del dispositivo activo.

**Sistema de control pasivo:** En los sistemas de control pasivo no necesita que la estructura posea un sensor, estos dispositivos se activan al momento de ocurrir el movimiento, ayudando amortiguar la energía que ingresa conjuntamente con los elementos estructurales del edificio, en este tipo de sistemas existen diversos mecanismos de disipación o aislamiento, ya sea por plastificación del material o de comportamiento viscoelástico.

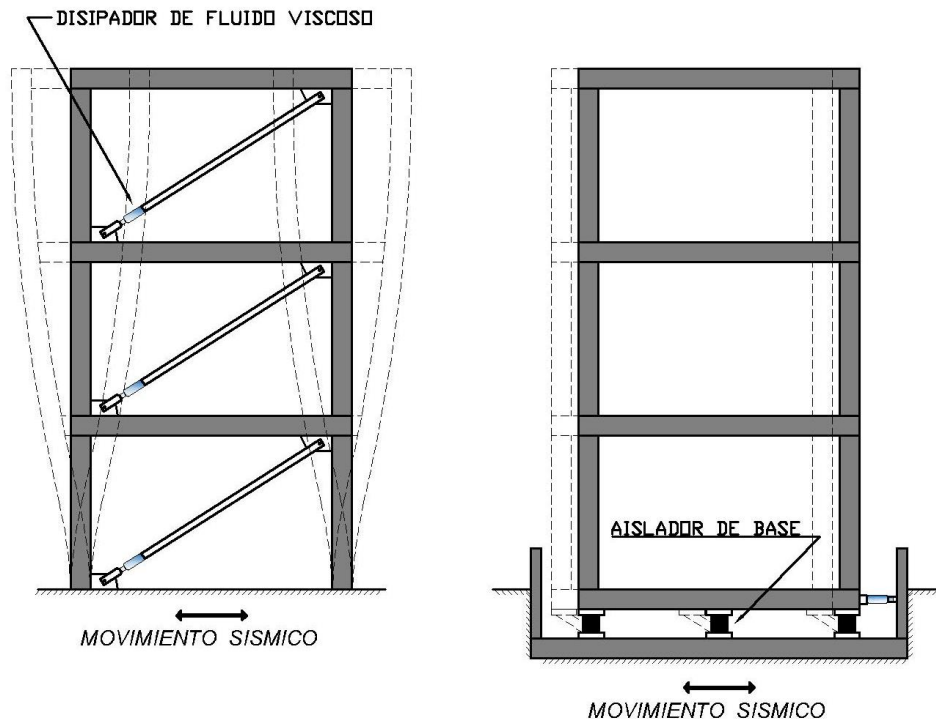


Figura 2.3. Edificación con sistema de control pasivo

Así mismo, los dispositivos pasivos son mecanismos de índole reactivo, cuya respuesta es incontrolable. Estos actúan modificando las propiedades dinámicas de la estructura, induciendo un descenso de su respuesta estructural, poseen ventajas económicas, las cuales se pueden encontrar como, control pasivo con aislamiento en la base, control pasivo con sistemas inerciales conectados y control pasivo con disipadores de energía (Villareal y Oviedo, 2009, p. 30).

En los sistemas de aislamiento de base se tiene que separar la estructura, generando una subestructura a nivel de la cimentación, se crean pedestales con vigas de conexión para sobre ellos colocar los aisladores, estos dispositivos hoy en día se encuentran una gran variedad como pueden ser los aisladores de péndulo de fricción o los de neopreno, el dispositivo que se decida escoger dependerá de cuanto amortiguamiento se desea dar a la estructura, por otro lado, se puede usar ambos para mayor eficiencia, entre sus desventajas tenemos, que no siempre se puede aislar las edificaciones de gran altura, debido a su configuración podría crear un momento de volteo que generaría inestabilidad a la estructura, además, usualmente se colocan en sistemas aporricados, no siendo usual la colocación de muros de corte en estructuras con aislamiento de base, así mismo, no es necesario

un mantenimiento, sin embargo, su costo puede resultar elevado si se requiere usar gran cantidad de estos dispositivos.

En cuanto a los sistemas pasivos inerciales acoplados comúnmente se suele instalar en la azotea de las edificaciones de manera que la frecuencia de oscilación sea similar a la frecuencia fundamental del edificio (Villareal y Oviedo, 2009, p. 32).

En nuestro medio el uso de estos dispositivos no es muy frecuente, ya que, ocupan mucho espacio y son muy complejos de instalar.

En cuanto a los sistemas de control pasivo con disipadores de energía para Oviedo y Duque (2007), “se puede catalogar en cuatro clases: histeréticos, de fluidos, viscoelásticos y de fricción. A menudo, se colocan en los pórticos estructurales o complementando al sistema de aislamiento de base” (p. 112).

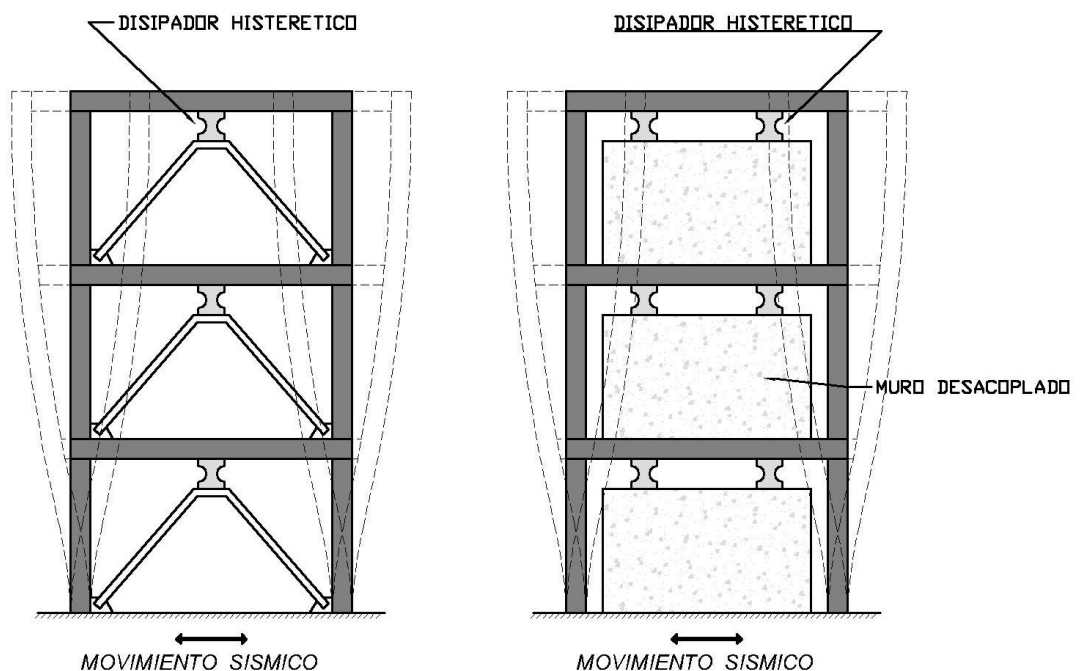


Figura 2.4. Edificación con sistema de control pasivo histeréticos

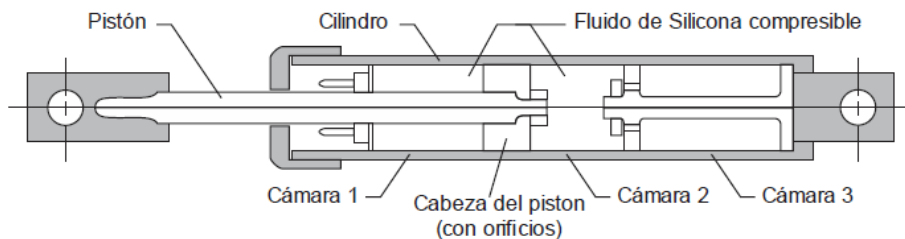
**Disipador de fluido viscoso:** Son mecanismos que disipan energía obligando a traspasar por medio de aberturas un fluido muy espeso, parecido a los amortiguadores de un vehículo, pero capaces de tolerar las fuerzas ocasionadas por acción sísmica (Corporación de Desarrollo Tecnológico – Cámara Chilena de la Construcción, 2011, p. 19).



Así mismo Villareal y Díaz (2016), menciona que “los disipadores viscosos son instrumentos que actúan debido a la velocidad y no del desplazamiento, motivo por el que no se altera la rigidez de la estructura, así mismo, no incrementa el esfuerzo en los componentes estructurales” (p.10).

Por lo general una estructura convencional cuenta con un amortiguamiento inherente entre un 2% a 5%, por lo que sufre daño en un movimiento sísmico, los disipadores de fluido viscoso ayudan incrementar el amortiguamiento de la estructura entre un 20% a 40%, además, contribuye a disminuir las distorsiones de entre piso, su aplicación es variada, se puede incorporar en puentes, edificaciones y otro tipo de estructuras complejas; adaptándose a los diseños arquitectónicos, su costo se puede justificar respecto al tiempo, ya que, no requieren de mantenimiento y disminuyen los costos de reparación, así mismo, se pueden usar en edificaciones nuevas o que requieren de reforzamiento, permitiendo la reducción de secciones y cuantías de acero, sin embargo, es importante evaluar la edificación, debido a que, debajo de un requerimiento de amortiguamiento del 20% no sería tan viable el uso de disipadores, bastaría con la incorporación de muros de corte u otro sistema convencional, esto depende que nivel de protección deseamos alcanzar.

Consta de dos componentes de acero inoxidable: un cilindro de alta capacidad y de un pistón (figura 2.5), dentro del cilindro se encuentra un fluido similar a las siliconas, es tenaz al calor, inalterable a las variaciones de temperatura y a los prolongados períodos de tiempo (Villareal y Díaz, 2009, p. 10).



*Figura 2.5.* Segmentos de un disipador de fluido viscoso

“El pistón tiene en uno de sus bordes una cabeza [...] con pequeños orificios. Esta divide el interior del cilindro en dos cámaras [figura 2.6.]” (Villareal y Díaz, 2009, p. 10).

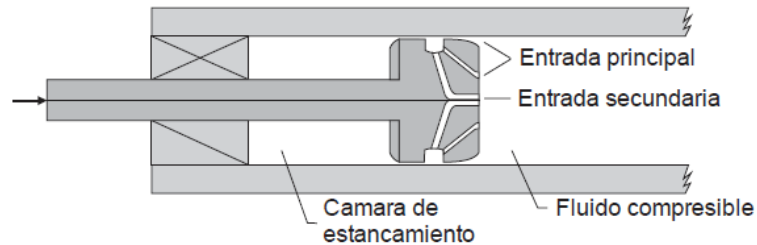


Figura 2.6. Cabeza del pistón del disipador de fluido viscoso

Al someter la estructura a fuerzas sísmicas o de viento causa en el interior del cilindro el movimiento del pistón (figura 2.7.), esto produce que el fluido recorra de una cámara a la otra, lo cual crea una presión diferencial, el cual ocasiona la fuerza de amortiguamiento (Villareal y Díaz, 2009, p. 10).

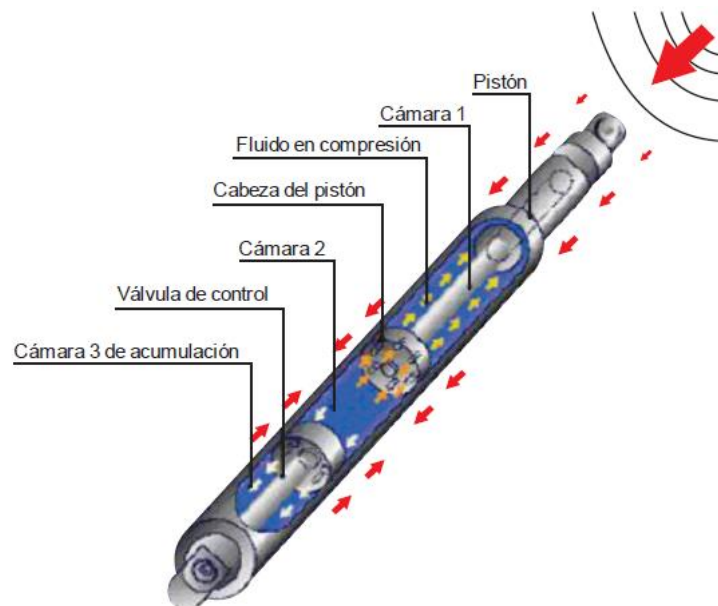


Figura 2.7. Mecánica de un dispositivo de fluido viscoso

Debido al deslizamiento del pistón en la parte interior, lo que causa la transformación de energía cinética en calor, generando la expansión y contracción térmica del fluido, por lo cual el cilindro posee un tercer depósito, llamada cámara

de acumulación, que origina la compensación de volumen del fluido. (Villareal y Díaz, 2009, p. 10).

**Configuración de la disposición del disipador:** Entre la disposición más conocidos se tienen, el Chevron Brace, Scissor Jack y Diagonal Simple, los más recurrentes se tienen Chevron Brace y Diagonal Simple, el escoger uno en vez del otro, dependerá del comportamiento que presente la estructura durante el análisis sísmico, se tendrá que verificar el comportamiento histerético del dispositivo para ver si está disipando energía o simplemente se está actuando de forma lineal.

La disposición de tipo Chevron Brace, el disipador se ensambla en sentido horizontal paralelo al techo, alcanzándose una elevada eficiencia ya que de esta forma se absorben las fuerzas horizontales directamente con toda la capacidad del disipador, sin embargo, una de sus desventajas es que se adiciona una plancha con anclajes para no sobre esforzar las vigas de la estructura (Chavez, 2017, p. 75).

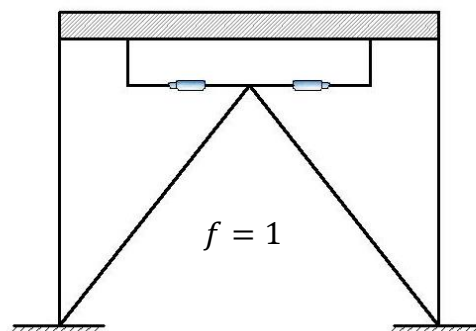


Figura 2.8. Configuración de tipo Chevron

En cuanto a la configuración tipo diagonal en algunos casos es menos eficiente en comparación a la disposición Chevron, debido a su único ángulo de inclinación no logra la absorción integral energética producida por el sismo; sin embargo, el usar esta disposición resulta más económico, ya que es fácil de instalar y no requiere estructuras adicionales, así mismo, no crea sobreesfuerzos en la estructura principal y es eficiente en edificaciones nuevas como existentes (Chavez, 2017, p. 76).

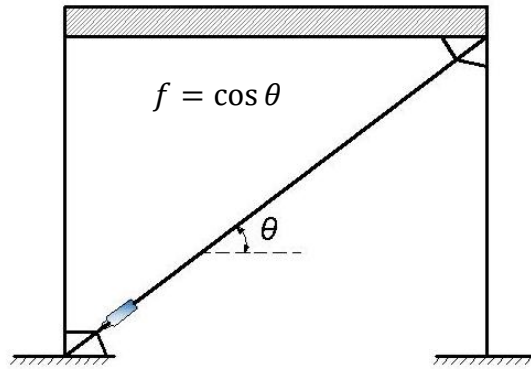


Figura 2.9. Configuración de tipo diagonal

Villareal y Díaz (2009, p. 20) mencionan que “el amortiguamiento que brinde [a la estructura] depende del ángulo de inclinación del brazo metálico que va sostener al disipador, mediante la expresión  $f = \text{Cos } \theta$ ”.

**Planteamiento matemático; Principios de la dinámica estructural:**

Vamos a comenzar con los principios de la dinámica recordando la segunda ley de Newton, donde menciona que una partícula con una masa ( $m$ ) es sometida a una fuerza ( $F$ ), esta va producir una aceleración ( $a$ ) esta va ser directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa.

$$F = ma \quad \text{Ecuación (2.1.)}$$

Si el desplazamiento se genera en un plano, por la ecuación de del movimiento vamos a tener una ecuación diferencial de segundo orden expresado como:

$$\sum F_x = ma = \frac{d^2x}{dt^2} = m\ddot{x} \quad \text{Ecuación (2.2.)}$$

En la (figura 2.10.) podemos observar un cuerpo de masa ( $m$ ) con un resorte de constante ( $k$ ) el cual va producir una fuerza elástica recuperadora ( $F_s$ ), suponiendo que está exenta de rozamiento se desplaza una distancia ( $x$ ) respecto a su punto de reposo.

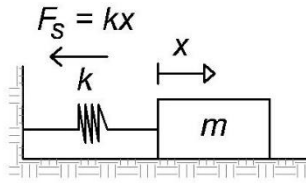


Figura 2.10. Masa con resorte

Dado que la aceleración es la segunda derivada del desplazamiento se debe de considerar positivo la fuerza recuperadora como la aceleración.

De la (Ecuación 2.2.) se tiene:

$$F_s = kx \quad \text{Ecuación (2.3.)}$$

$$\sum F_x = m\ddot{x} \rightarrow -kx = m\ddot{x} \quad \text{Ecuación (2.4.)}$$

Un amortiguador viscoso lineal de acuerdo a Riley y Sturges (2001, p. 466), “[...] consiste [...] en un embolo que se desplaza dentro de un cilindro repleto de fluido viscoso. Al movimiento del embolo se opone el fluido, el cual debe de traspasar pequeños orificios hechos en aquél [...]”.

En bloque (figura 2.11.) le añadimos un amortiguador viscoso lineal de constante (  $c$  ) llamado coeficiente de amortiguamiento viscoso, esta constante será inversamente proporcional a la velocidad (  $\dot{x}$  ).

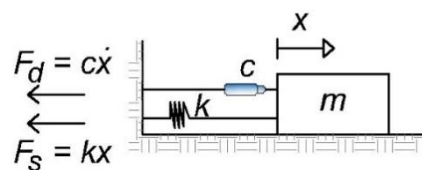


Figura 2.11. Masa con resorte y amortiguamiento

De la (Ecuación 2.2.) se tiene:

$$\sum F_x = m\ddot{x} \rightarrow -kx - c\dot{x} = m\ddot{x} \quad \text{Ecuación (2.5.)}$$

Luego:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad \text{Ecuación (2.6.)}$$

De la misma forma planteamos un pórtico con un grado de libertad (figura 2.12.) de rigidez lateral (k), el cual consideramos la viga infinitamente rígida, y lo sometemos a una fuerza sísmica ( $P(t)$ ).

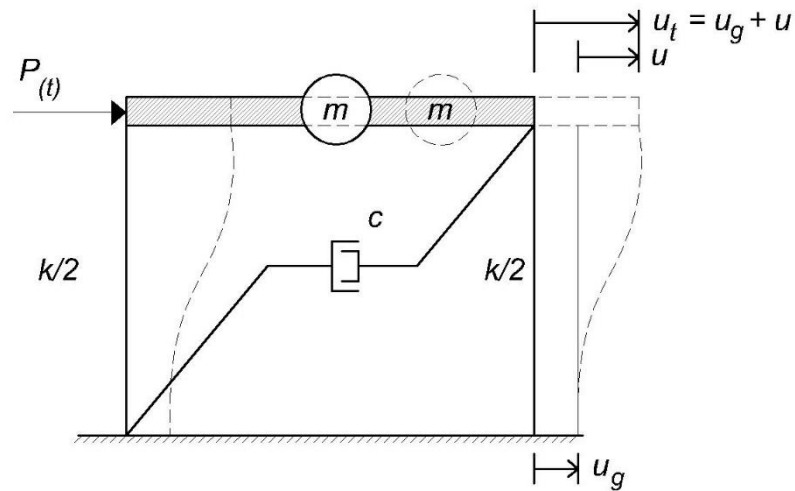


Figura 2.12. Pórtico de un solo grado de libertad

De donde tenemos la siguiente expresión:

$$m\ddot{u}_t + c\dot{u} + ku = P_t \quad \text{Ecuación (2.7.)}$$

Se expresan las fuerzas que intervienen sobre la masa en un cierto intervalo de tiempo. Éstas incluyen la fuerza externa  $P_t$ , la fuerza restauradora elástica (o inelástica)  $F_s$ , además, la fuerza de amortiguamiento  $F_d$ . Se supone que la fuerza externa es positiva en la dirección del eje x, y que el desplazamiento  $u_t$ , así como, la velocidad  $\dot{u}(t)$  y la aceleración  $\ddot{u}(t)$ , igualmente son positivos en el mismo sentido. Por otro lado, las fuerzas elásticas y de amortiguamiento se expresan ejerciendo en el sentido contrario, ya que son las fuerzas internas que se contraponen a la deformación y a la velocidad respectivamente. (Chopra, 2014, pp. 14-15).

**Fundamento matemático del disipador:** La ecuación general se representa de la siguiente manera:

$$F = CV^\alpha \quad \text{Ecuación (2.8.)}$$

Donde se tiene que:

F: Como la fuerza aplica al dispositivo de disipación.

C: Constante de amortiguamiento.

$\alpha$ : Coeficiente que se encuentra entre los valores de 0.40 y 0.60 en edificios (Villareal y Díaz, 2009, p. 12).

“Para calcular el valor del coeficiente de amortiguamiento (C) para dispositivos no-lineales se puede utilizar la siguiente ecuación sacada del FEMA 274” (Villareal y Díaz, 2009, p. 12).

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \quad \text{Ecuación (2.9.)}$$

Donde se tiene que:

$\beta_H$  : Amortiguamiento viscoso de la estructura.

$\lambda$  : Parámetro lambda.

$C_j$  : Coeficiente de amortiguamiento del disipador j.

$\phi_{rj}$  : Desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador j en la sentido horizontal (de acuerdo al sismo de diseño).

$\theta_j$  : Ángulo de inclinación del disipador j.

A : Amplitud de desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal de la losa del último nivel).

$\omega$  : Frecuencia angular.

$m_i$  : Masa del nivel i.

$\phi_i$  : Desplazamiento del nivel i (de acuerdo al sismo de diseño) (Villareal y Díaz, 2009, p. 12).

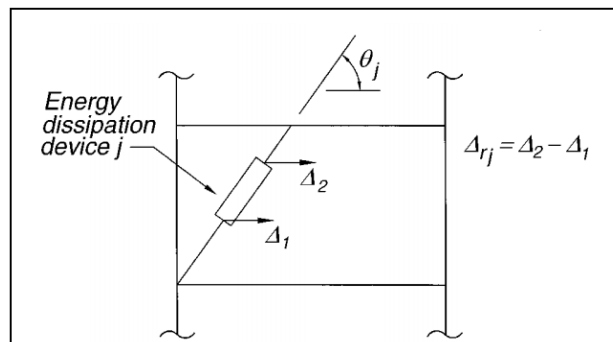
Conforme a la tabla obtenemos los valores de  $\lambda$ :

**Tabla 2.1.** Valores de lambda con respecto al coeficiente  $\alpha$

Exponente $\alpha$	Parámetro $\lambda$
0.250	3.700
0.500	3.500
0.750	3.300
1.000	3.100
1.250	3.000
1.500	2.900
1.750	2.800
2000	2.700

Fuente: (FEMA 274,1997, p. 9-39)

Los valores de  $\phi_{rj}$  y  $\theta_j$  se exponen en la siguiente imagen:



**Figura 2.13.** Definición de ángulo y desplazamiento relativo del dispositivo de disipación de energía

Cabe precisar que la ecuación (2.9.) supone un coeficiente de amortiguamiento constante en todos los dispositivos. El cual se consigue al calcular cuando obtenga las demás variables, de esta forma podremos obtener la ecuación (2.10.) (Villareal y Díaz, 2009, p. 13).



$$\sum C_j = \frac{\beta_H 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)} \quad \text{Ecuación (2.10.)}$$

**Brazo metálico:** El brazo metálico es parte del sistema que contiene el disipador, este por lo general es de acero estructural, y debe de resistir de manera que permita actuar de forma eficiente al disipador.

El acero estructural cuenta con enorme destreza para acoplar múltiples miembros a través de diferentes tipos de conexión simple, ya sea por soldadura o utilizando pernos, además es rápido al momento de montaje, así mismo es posible de utilizarse nuevamente luego de desmantelar una estructura (McCormac y Csernak, 2013, p. 3).

El brazo metálico tendrá que resistir a las fuerzas de compresión y tracción, siendo perjudicial que falle por pandeo, para el cálculo de la sección que se va utilizar e ingresar al programa Etabs 2016 se utilizara la siguiente formula:

$$K = \frac{AE}{L} \quad \text{Ecuación (2.11.)}$$

En el cual:

K: Rigidez del brazo metálico

A: Área de la sección transversal del elemento metálico.

E: Modulo de elasticidad del acero

L: Longitud respecto al eje del brazo metálico, este se considerara el disipador de energía a incorporar (Chavez, 2017, p. 53).

**Nivel de desempeño y estado de daño de la estructura:** La sociedad universal de ingeniería estructural destaco lo importante que es mejorar la fase numérica del diseño sísmico con una etapa conceptual y de implementación. En tal sentido, la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California SEAOC creó el Comité Visión 2000 (1995). El cual refiere la noción de diseño por desempeño con fines de una elección correcta de configuración y sistema estructural, así mismo, llevar un control de calidad y mantenimiento en el tiempo, fundamentalmente controlar los daños entre tolerancias ya antes establecidos para diferentes sismos de diseño con un admisible margen de seguridad. De esta forma, el desarrollo que se ha realizado en este campo induce a que las normas se apeguen a esta filosofía de diseño (Medina y Music, 2018, p. 64).

**Tabla 2.2.** Niveles de desempeño

		Nivel de Desempeño			
		Totalmente operativo	Funcional	Resguardo de Vida	Próximo al Colapso
Sismos de Diseño	Sismo frecuente (43 años)	Estructura básica			
	Sismo Ocasional (72 años)	Estructura esencial	Estructura básica		
	Sismo Raro (475 años)	Estructura crítica	Estructura esencial	Estructura básica	
	Sismo muy Raro (970 años)	Estructura crítica	Estructura crítica	Estructura esencial	Estructura básica

Fuente: (Chavez, 2017, p. 149).

Del anterior cuadro podemos mencionar, que las estructuras básicas, vienen a ser las edificaciones con un uso común, como pueden ser las viviendas, oficinas, hoteles entre otros; en el caso de estructuras esenciales, son las edificaciones que tienen función más importante y que son necesarias que se mantengan funcionales luego de un sismos severo como el caso de los hospitales, ya que es necesario que sus instalaciones pueda albergar a los heridos luego del ocurrido el desastre; también podemos encontrar las estructuras críticas que vendría a ser las plantas nucleares.

El nivel de desempeño que manifiesta la edificación durante el movimiento sísmico, está relacionado con el estado de daño de la edificación, ya que describe su funcionalidad y el riesgo que tendrían los ocupantes, así como la situación en la que se encuentra las instalaciones (Chavez, 2017, p. 147).

**Tabla 2.3.** Estado de daño y Niveles de desempeño estructural, de acuerdo a SEAOAC, 1995

Nivel de Desempeño	Descripción de los Daños	Estado de daño
<b>Totalmente operacional</b>	No se genera daño a la estructura, se mantiene la rigidez y la resistencia. Los elementos estructurales están totalmente operativos. La edificación se puede utilizar con normalidad. No se encuentra daño en los ocupantes	Despreciable
<b>Funcional</b>	Algunos daños en la estructura, manteniendo casi en totalidad su resistencia y rigidez. Las instalaciones se encuentran en funcionamiento y la probabilidad de daño en los ocupantes es muy bajo.	leve
<b>Resguardo de Vida</b>	La estructura presenta daños de la misma forma el contenido de la edificación, pérdida parcial de la rigidez y resistencia de la edificación, requiere reparación, sin embargo podría ser no seguro. La posibilidad de daño en sus ocupantes es bajo.	Moderado
<b>Próximo al Colapso</b>	Daño significativo en el sistema estructural, perdiendo casi en su totalidad su rigidez y resistencia, los componentes no estructurales podrían moverse de su sitio y presentar un peligro para los ocupantes. Posiblemente no sea económico el realizar una reparación a la estructura.	Severo
<b>Colapso</b>	Pérdida parcial o total de la estructura; no siendo posible su reparación.	Completo

**Tabla 2.4.** Movimiento sísmico de diseño, de acuerdo al comité VISION 2000, 1995

Movimiento sísmico de diseño	Periodo de retorno (años)	Probabilidad de excedencia (%)
<b>Sismos frecuente</b>	43	50% en 30 años
<b>Sismos ocasionales</b>	72	50% en 50 años
<b>Sismos raros</b>	475	10% en 50 años
<b>Sismos muy raros</b>	970	10% en 100 años

Fuente: (Chavez, 2017, p. 274).

### **III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño de Investigación**

#### **Enfoque de la investigación**

Simboliza un grupo de métodos, secuencial y probatorio, del que resultan objetivos y preguntas de lo que se pretende investigar, se analiza textos y se funda un marco o una representación teórica. De las interrogantes se forman hipótesis y determinan variables; se cuantifican variables en un determinado contexto, así mismo, se extrae un conjunto de conclusiones (Hernández et al., 2014, p. 4).

Nuestra investigación cuenta con una secuencia estricta, que se atribuye una problemática, objetivos y se busca demostrar las hipótesis trazadas midiendo las variables, por lo tanto, el estudio posee un enfoque cuantitativo.

#### **Tipo de investigación**

De acuerdo a Baena (2014, p. 4), la investigación aplicada toma a modo de objetivo el estudio del problema, así mismo, consigue contribuir hechos nuevos, de modo que consigamos fiar de los hechos puestos en manifiesto, los nuevos datos tienen que ser de beneficio, al mismo tiempo, cuantificable por la teoría.

Por lo expuesto nuestra investigación será de tipo aplicada, puesto que se va realizar un estudio de una problemática por medio de formulaciones matemáticas, logrando resultados significativos.

#### **Diseño de investigación**

En un diseño experimental se interviene de forma deliberada la variable independiente y se estudia el resultado que tendrá esta operación sobre una variable dependiente. El estudio experimental posee importancia inicial y final correlacionales y explicativos. El estudio no experimental es metódica además práctica en el cual las variables independientes no se operan puesto que ya han acontecido (Hernández et al., 2014, p. 153).

El diseño de la investigación es experimental, cuasi-experimental, debido a la manipulación únicamente la variable independiente (disipadores de fluido viscoso), así mismo, se va analizar de qué manera influye en la variable dependiente (comportamiento sísmico), su elección es no aleatoria.

## **Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es relacional, puesto que se trata de conocer de qué manera influye el comportamiento de una variable respecto a la otra variable.

Lo más importante de las investigaciones relacionales o correlacionales es conocer de que forma se logra comportar un conocimiento o una variable al entender la conducta de distintas variables afines. En otras palabras, pretender prever el valor cercano que poseerá un conjunto de sujetos o argumentos en una variable, desde la importancia que tiene la variable afín (Hernández et al., 2014, p. 94).

## **3.2. Variables y Operacionalización**

### **Variable dependiente: comportamiento sísmico**

Las edificaciones se crean como un sistema o grupo de elementos y mecanismos los cuales logran ajustarse equitativamente con la finalidad de garantizar su óptimo funcionamiento. Así mismo, se fija el desempeño de la estructura que se pretende alcanzar debido acciones externas que se ejercen sobre ella, además, se tiene que tener presente de las restricciones que se podría generar debido al ingreso de nueva información hacia la estructura (Oviedo, 2016, p. 1).

### **Variable independiente: disipadores de fluido viscoso**

Son mecanismos, como así mismo se mencionan, que disipan enormes cantidades de energía, protegiendo de forma tal, que no se exija demasiado a otras partes de la estructura, evitando daños notables en la edificación. Dichos mecanismos absorben la acción sísmica por medio de la desgaste de energía en fluidos viscosos transitando por medio de aberturas que se encuentran en el interior, de esta forma impiden que la estructura tome todo el impacto, por lo que causa una reducción significativa en las distorsiones de la edificación (Villareal y Díaz, 2016, p. 8).

### **Operacionalización de variable**

**Tabla 3.1.** *Operacionalización de variables*

“Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019”

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones	indicador	Escala de medición
<b>VARIABLE DEPENDIENTE(Y): Comportamiento sísmico</b>	Las edificaciones se crean como un sistema o conjunto de elementos y mecanismos que se ajustan proporcionalmente para garantizar su óptimo funcionamiento. Así mismo, se fija el desempeño de la estructura que se pretende alcanzar debido acciones externas que se ejercen sobre ella, además, se tiene que tener presente de las restricciones que se podría generar debido al ingreso de nueva información hacia la estructura (Oviedo, 2016, p. 1).	El comportamiento sísmico, es la forma como la estructura responde al verse sometida a fuerzas externas como es el caso de un movimiento sísmico, debido a ello se producen fuerzas internos y deformaciones en sus elementos.	Propiedades estructurales	- Desplazamientos. - Distorsiones. - Cortante basal. - Momento de volteo	De Razón
			Protección sísmica	- Nivel de desempeño.	Ordinal
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE(X): Disipadores de fluido viscoso</b>	Los disipadores de fluido son aparatos, como así mismo se mencionan, que disipan grandes cantidades de energía, protegiendo de forma tal, que no se exija demasiado a otras partes de la estructura, lo que podría causar notables daños en la edificación. Estos mecanismos absorben la fuerza sísmica por medio de la pérdida de energía en fluidos viscosos transitando por medio de aberturas que se encuentran en el interior, de esta forma impiden que la estructura tome todo el impacto, por lo que causa una reducción significativa en las distorsiones de la edificación (Villareal y Díaz, 2016, p. 8).	Los disipadores de fluido viscoso son mecanismos que disipan energía por medio del amortiguamiento, funcionan de forma tal que apaciguan el movimiento de la estructura, estos mecanismos guardan relación con la velocidad que causa la producción de calor interno por medio del fluido que se encuentran en sus cámaras, así ayudan a evitar daños a la estructurales.	Propiedades mecánicas	- Reducción de respuesta sísmica. - Amortiguamiento efectivo. - Amortiguamiento viscoso.	De Razón
			Configuración estructural	- Disposición del disipador.	Nominal
				- Cantidad de dispositivos.	De Razón
Diseño estructural	- Fuerza máxima. - Máxima velocidad. - coeficiente de amortiguamiento.	De Razón			

### **3.3. Población y muestra**

#### **Población**

De acuerdo a Hernández et al (2014, p. 174), “[...] una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones [...]”.

La población para la investigación vendría a ser todas las edificaciones multifamiliares en el distrito de Miraflores en el departamento de Lima.

#### **Criterios de selección**

Hernández et al (2014, p. 176) manifiesta que, “[...] la elección de los componentes no depende de la posibilidad, sino de causas afines con las tipologías de la indagación o de quien hace la muestra [...] y de la contribución que se piensa hacer con ella [...]”.

Por lo cual, se considera que para este estudio el edificio multifamiliar Concepto Premium es una muestra no probabilística, ya que para su elección no se tomaron en cuenta fórmulas matemáticas o estadísticas y su estudio se basa en demostrar el comportamiento estructural de una edificación durante un suceso sísmico, incluido sistemas de protección y sin sistemas de protección, que para este caso se considera el uso de disipadores de fluido viscoso. Así mismo, se consideró el acceso a la información de la edificación así como la viabilidad de implementar los dispositivos de disipación, ya que el diseño arquitectónico permite la incorporación de los disipadores.

#### **Muestra**

Baena (2017, p. 84) define la muestra cómo, “[...] un modo por el cual unos segmentos de una población —personas o cosas—, se eligen como representativos de la población completa [...]”.

De las edificaciones multifamiliares del distrito de Miraflores se tomara como muestra el edificio multifamiliar Concepto Premium.



## Muestreo

Las muestras no probabilísticas, igualmente denominadas muestras dirigidas, presumen un medio de elección encauzado por las tipologías del estudio, más que debido al razonamiento estadístico de generalización (Hernández et al, 2014, p. 189).

En la investigación no se va realizar encuestas ni tampoco métodos estadísticos, en este caso se estudiara una edificación el cual se analizará su comportamiento durante un evento sísmico, por lo cual correspondería a ser una muestra no probabilística.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

#### Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos y análisis de la estructura, se utilizara investigaciones ya realizadas, libros de diseño, revistas de carácter científico, normas nacionales e internacionales aplicables a nuestro medio, se realizara un análisis no lineal dinámico tiempo historia mediante el programa ETABS 2016 cuyos datos se desarrollaran previamente en formatos Excel.

#### Instrumentos de recolección de datos

<b>Técnica</b>	<b>instrumento</b>	<b>Fuente de información</b>
<b>Investigación</b>	Norma E-030 del R.N.E, normativa FEMA 274, formatos Excel.	Investigaciones resientes de la zona de estudio, estudio de suelos existentes del lugar, libros, planos existentes.
<b>Gabinete</b>	Uso de formatos Excel, programas de cálculo avanzado como el ETABS 2016.	Datos recolectados de la investigación.

**Tabla 3.2.** Instrumentos de medición

Así mismo se utilizara fichas para medir los indicadores (ver anexo 5) los cuales se cuantificaran, además se realizara una comparación entre la edificación con disipadores y sin disipadores.

### **Validez y confiabilidad de información**

Los datos serán recolectados de investigaciones debidamente citadas y con sus respectivas referencias. Así mismo el programa ETABS 2016 es conocido internacionalmente por su aplicación en el diseño y análisis de edificaciones. Para el desarrollo del modelo analítico en el programa ETABS 2016 se ha solicitado a dos empresas reconocidas en el sector inmobiliario (ver anexo 6) con el fin de brindar sus instalaciones durante el procesamiento de los datos de la investigación, de esta forma garantizar la veracidad de los datos obtenidos.

### **3.5. Procedimiento**

Para el desarrollo de la investigación se tendrá en consideración el siguiente procedimiento:

Etapa 1: Se va partir desde la arquitectura de la edificación, pretendiendo como si fuera una edificación nueva. Se realizará el diseño estructural conforme a la norma vigente E - 030 del reglamento nacional de edificaciones.

Etapa 2: Se modelara en el programa ETABS 2016, de forma tradicional.

Etapa 3: Crearemos un modelo matemático en el programa ETABS 2016, con un espectro de respuesta tiempo historia, para lo cual se escogerá 5 sismos de gran magnitud acontecido en el Perú.

Etapa 4: Si no cumple con la normativa E-030 del reglamento nacional de edificaciones, se planteará incorporar disipadores de energía, para esta situación disipadores de fluido viscoso.

Etapa 5: Se medirán las dimensiones para controlar el óptimo desempeño de la edificación ante una acción sísmica.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Se usara el programa ETABS 2016. El que emplea en su programación el método elementos finitos, estos programas agilizan el análisis matemático por medio de matrices de rigidez, también se usara formatos en Exel para cálculo de datos previos.

### **3.7. Aspectos éticos**

Hemos recolectado datos de investigaciones ya realizadas, manuales de diseño, apuntes, normas nacionales e internacionales, los cuales están debidamente citadas bajo la norma ISO 690, de la misma forma se ha utilizado el programa turniting para medir la similitud de la investigación donde la exigencia planteada es que sea menor o igual al 25%. Así mismo se ha plasmado algunos conocimientos previos bajo el asesoramiento de docentes afines al tema. Igualmente se ha cumplido con las exigencias planteadas por la universidad durante toda la elaboración de la investigación, garantizando que la información empleada y resultados logrados, son fidedignos, de tal manera que sean refutables y comprobables.

## **IV. RESULTADOS**

## Datos generales

La edificación Multifamiliar Concepto Premium Miraflores, se encuentra ubicada en la avenida José Pardo N° 1110, frente al óvalo Julio Ramón Riveyro, entre la avenida Mariscal La Mar y la calle Cesáreo Chacaltana, en la Urbanización Santa Cruz, en el distrito de Miraflores, en le provincia y el departamento de Lima.

La edificación consiste de un edificio de 20 pisos, 6 sótanos y una azotea, en el primer nivel se encuentra las áreas comunes y un departamento, en los pisos superiores 76 departamentos, en los sótanos se ubica los estacionamientos y en la azotea se encuentra el cuarto para las máquinas de los ascensores, además de zonas de recreación.



Figura 4.1. Arquitectura típica de la edificación

## Características de la Estructura

Se muestra a continuación los materiales que conforman la estructura y sus propiedades:

**Dimensiones de los elementos:** Las dimensiones de los componentes estructurales, como son; columnas, placas, vigas y losas, se han tomado de acuerdo al proyecto estructural de la edificación para modelar en el programa Etabs 2016.

### Características de los materiales:

- ✓ Resistencia mecánica del concreto: Se ha utilizado resistencias de,  $f'c = 420$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c = 350$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Elasticidad del concreto: La normativa peruana permite utilizar la ecuación  $E_c = 15000\sqrt{f'c}$  kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Resistencia a la fluencia del acero de grado 60:  $f'y = 4200$  Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Elasticidad del concreto:  $E_y = 2100000$  kg/cm<sup>2</sup>.

### Resumen de Cargas:

<b>Cargas Muertas (D):</b>	<b>= 550 kg/m<sup>2</sup></b>
Peso propio de losa aligerada (h=0.20m.)	= 300 kg/m <sup>2</sup>
Peso propio piso terminado (Piso Típico)	= 100 kg/m <sup>2</sup>
Peso Tabiquería	= 150 kg/m <sup>2</sup>

### Cargas Vivas (L):

Sobrecarga piso	= 200 Kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga Azotea	= 100 Kg/m <sup>2</sup>

### Cargas de Sismo (SX, SY):

Según Norma Peruana de Estructuras	$Sa = (ZUCS.g)/R$
------------------------------------	-------------------

## Análisis modal espectral

Se ha realizado un análisis modal espectral para verificar las derivas conforme a la normativa peruana vigente E - 030 del reglamento nacional de edificaciones para ello se ha tenido las siguientes consideraciones:

**Zonificación (Z):** La Norma E-030 de diseño sismo-resistente determina un factor “Z” a cada una de las 4 zonas del territorio nacional. Dicho factor simboliza la aceleración máxima del suelo con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años; al encontrarse la edificación en la localidad de Lima, en la zona 4, se atribuye el valor de **Z = 0.45**.

**Parámetros del Suelo (S):** En este estudio el perfil del suelo se clasifica considerando sus propiedades mecánicas, de los datos del proyecto se tiene un suelo muy rígido (S1), con un factor de amplificación de **S=1.00**, los periodos correspondientes a este tipo de suelo son de  $T_p = 0.4 \text{ seg.}$  y  $T_L = 2.5 \text{ seg.}$

**Categoría de la edificación (U):** las estructuras son clasificadas de acuerdo al uso que van a desempeñar en su vida útil, ya que la edificación un diseño arquitectónico de uso multifamiliar, la normativa atribuye un factor de importancia **U=1.0** para edificios denominados de uso común, el cual se empleara para este análisis.

**Sistema estructural (R):** El factor de reducción **R** se determinó de acuerdo al material y los elementos estructurales que absorben mayor fuerza sísmica, por tratarse de una edificación donde el material predominante es el concreto armado y al contener gran parte de su estructuración de placas, se inició con un factor de reducción de  $R_0 = 6$ , que corresponde conforme a la normativa a un sistema de muros estructurales; cuyo valor inicial de **R** se verifica de acuerdo a las irregularidades de la edificación.

**Factor de amplificación Sísmica (C):** La normativa peruana establece parámetros con el objetivo de determinar el factor de amplificación, según el periodo fundamental de vibración de la edificación.

$$C = 2.5 \leftrightarrow T < T_p \quad \text{Ecuación (4.1.)}$$

$$C = 2.5 \cdot \left(\frac{T}{T_p}\right) \leftrightarrow T_p < T < T_L \quad \text{Ecuación (4.2.)}$$

$$C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right) \leftrightarrow T > T_L \quad \text{Ecuación (4.3.)}$$

Para determinar el valor de **T** se realizó un análisis estático o de fuerzas equivalentes, para lo cual:

$$T = \frac{h_n}{C_t} \quad \text{Ecuación (4.4.)}$$

Donde:

$h_n = 57.90 \text{ m}$ ; Altura total de la edificación.

$C_t = 60$ ; Parámetro de acuerdo al sistema estructural de la edificación.

De la (Ecuación 4.4) se tiene:

$$T_{XY} = \frac{57.90}{60} = 0.97 \text{ seg. Para ambos sentidos del análisis.}$$

De la (Ecuación 4.2) tenemos,  $0.4 < 0.97 < 2.5 \rightarrow C_i = 2.5 \cdot \left(\frac{0.97}{0.4}\right) = 1.04$

Al realizar un análisis estático en el programa Etabs es necesario ingresar un coeficiente **k**, por lo cual;  $k = 1$  si  $T < 0.5 \text{ seg.}$  y  $k = (0.75 + 0.5 \cdot T) \leq 2.0$  para periodos mayores de  $0.5 \text{ seg.}$  En este caso  $T = 0.97 > 0.5 \text{ seg.}$   $\rightarrow k = (0.75 + 0.5 \cdot 0.97) = 1.23 < 2.0$ ; así mismo es necesario un coeficiente de cortante basal para ambas direcciones, que llamaremos  $CV_{xy}^i$ , el cual se determinara con la (Ecuación 4.5).

$$CV_{xy}^i = \frac{ZUSC_i}{R_0} \quad \text{Ecuación (4.5.)}$$

De la (Ecuación 4.5) se halla:

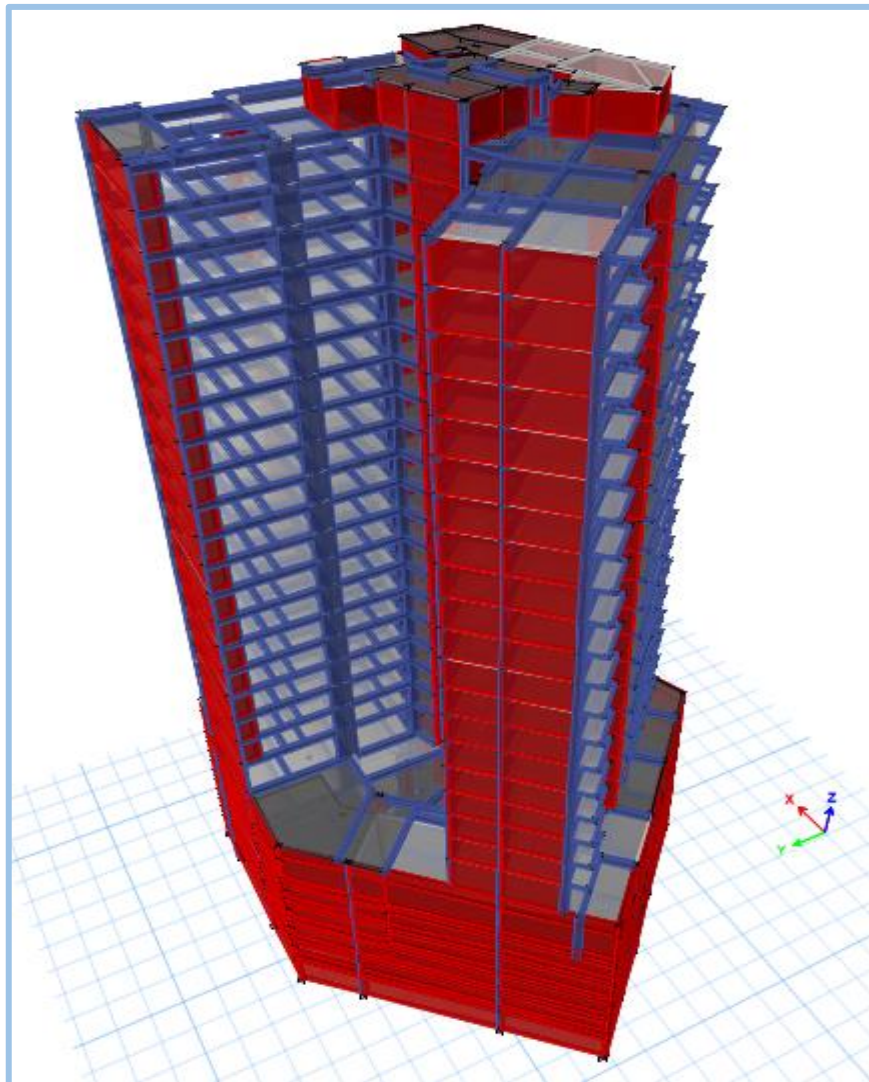
$$CV_{xy}^i = \frac{0.45 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.04}{6} = 0.078 \quad \forall \quad \frac{C_i}{R_0} \geq 0.11$$

$$\therefore \frac{C_i}{R_0} = 0.17 \geq 0.11 \text{ (cumple)}$$



## Modelo Estructural Adoptado

Con el propósito de agilizar los cálculos matemáticos se ha utilizado el programa Etabs 2016, el cual utiliza un análisis matricial, se ha definido las propiedades de los materiales de acuerdo a la información del proyecto, así mismo se creó las secciones (columnas, vigas, placas y losas), se colocó diafragmas rígidos en cada nivel, de la misma forma se asignó brazos rígidos a los elementos línea (vigas y columnas), mesh a las placas; se asumió una base empotrada y se crearon los patrones de cargas de acuerdo a la norma E - 020 del reglamento nacional de edificaciones; para el desarrollo de este análisis, la carga que proporciona la estructura se consideró el 100% de la carga muerta y 25% correspondiente a la carga viva, al guardar relación a una edificación común tipo C.



*Figura 4.2.* Vista tridimensional del modelo matemático

Del primer análisis se extrajo los periodos principales de la estructura, con la finalidad de hacer la corrección del análisis estático, en la (tabla 4.1.) se manifiestan los resultados de los periodos de vibración con su porcentaje de masa participativa, que mostrará la importancia de cada modo de acuerdo a su dirección.

**Tabla 4.1.** Modos, Periodos de vibración y % Participación modal

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Modo	Periodo (seg.)	UX	UY	Sum UX	Sum UY
01	1.964	0.153	0.318	0.153	0.318
02	1.808	0.287	0.170	0.439	0.488
03	1.426	0.046	0.000	0.485	0.488
04	0.896	0.000	0.001	0.485	0.488
05	0.859	0.000	0.001	0.485	0.489
06	0.773	0.000	0.000	0.485	0.489
07	0.754	0.000	0.000	0.485	0.489
08	0.753	0.000	0.000	0.485	0.489
09	0.746	0.000	0.000	0.485	0.489
10	0.744	0.000	0.000	0.485	0.489
11	0.737	0.000	0.000	0.485	0.489
12	0.731	0.000	0.000	0.485	0.489
13	0.729	0.000	0.000	0.485	0.489
14	0.518	0.054	0.038	0.539	0.527
15	0.484	0.020	0.064	0.559	0.591
16	0.366	0.001	0.001	0.560	0.592
17	0.314	0.052	0.005	0.612	0.597
18	0.299	0.000	0.001	0.612	0.597
19	0.296	0.000	0.002	0.612	0.600
20	0.250	0.028	0.023	0.640	0.623
21	0.231	0.007	0.037	0.647	0.660
22	0.160	0.067	0.029	0.714	0.689
23	0.155	0.001	0.000	0.715	0.689
24	0.149	0.035	0.074	0.750	0.763
25	0.138	0.026	0.002	0.776	0.764
26	0.136	0.000	0.000	0.776	0.764
27	0.134	0.000	0.000	0.776	0.764
28	0.122	0.030	0.066	0.807	0.830
29	0.110	0.056	0.046	0.862	0.876
30	0.103	0.000	0.000	0.862	0.876
31	0.098	0.027	0.003	0.889	0.880
32	0.094	0.000	0.001	0.889	0.880
33	0.092	0.002	0.018	0.891	0.898
34	0.085	0.000	0.001	0.891	0.899

35	0.082	0.003	0.001	0.894	0.900
36	0.079	0.000	0.000	0.894	0.900
37	0.078	0.001	0.003	0.894	0.902
38	0.077	0.000	0.001	0.895	0.903
39	0.075	0.009	0.001	<b>0.904</b>	<b>0.904</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por lo general se coloca 3 modos por piso, sin embargo, la norma precisa que se debe de llegar al 90% correspondiente a la masa participativa, se muestra que en el modo 39 tenemos 90.4% por lo que se cumple. Como se observa en la (tabla 4.1.), el periodo con mayor participación de masa es el modo 1 en el sentido Y-Y y el modo 2 en el sentido X-X. Por lo tanto, para la edificación el periodo fundamental es:

$$T_{x-x} = 1.808 \text{ seg.}$$

$$T_{y-y} = 1.964 \text{ seg.}$$

Efectuamos la corrección del análisis estático con la (Ecuación 4.2.):

$$0.4 < 1.808 < 2.5 \rightarrow C_x = 0.046, \quad k = 1.65$$

$$0.4 < 1.964 < 2.5 \rightarrow C_y = 0.046, \quad k = 1.73$$

### Regularidad estructural

Con la finalidad de establecer el valor de **R** verificamos las irregularidades que se presentan en planta ( $I_p$ ), al igual que en altura ( $I_a$ ), por lo cual,  

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

#### Irregularidad en altura ( $I_a$ )

##### ➤ Irregularidad de rigidez - piso blando

La rigidez lateral que presenta el entrepiso esta sobre el 70% como indica las siguientes tablas:

**Tabla 4.2.** Rigidez lateral de entrepiso en la dirección X-X.

NIVEL	Caso de carga	VX (ton)	Fx (ton)	D (m)	D(relativo) (m)	K (tonf/m)	70%
Piso 20	SX	-104.76	104.76	0.0870	0.0029	35777.63	
Piso 19	SX	-173.64	173.64	0.0841	0.0031	56012.42	156.56% REG
Piso 18	SX	-238.90	238.90	0.0810	0.0035	68218.65	121.79% REG
Piso 17	SX	-299.74	299.74	0.0775	0.0037	80294.19	117.70% REG
Piso 16	SX	-356.90	356.90	0.0738	0.0040	90193.86	112.33% REG
Piso 15	SX	-410.65	410.65	0.0698	0.0043	95102.73	105.44% REG
Piso 14	SX	-460.36	460.36	0.0655	0.0045	103452.49	108.78% REG
Piso 13	SX	-506.66	506.66	0.0611	0.0046	110384.14	106.70% REG
Piso 12	SX	-549.80	549.80	0.0565	0.0049	112709.14	102.11% REG
Piso 11	SX	-589.27	589.27	0.0516	0.0049	120160.62	106.61% REG
Piso 10	SX	-625.61	625.61	0.0467	0.0049	126616.94	105.37% REG
Piso 9	SX	-659.05	659.05	0.0417	0.0051	129149.34	102.00% REG
Piso 8	SX	-689.22	689.22	0.0366	0.0050	137596.57	106.54% REG
Piso 7	SX	-716.57	716.57	0.0316	0.0049	146508.30	106.48% REG
Piso 6	SX	-741.29	741.29	0.0267	0.0049	150914.70	103.01% REG
Piso 5	SX	-763.16	763.16	0.0218	0.0046	164651.78	109.10% REG
Piso 4	SX	-782.54	782.54	0.0172	0.0044	179852.47	109.23% REG
Piso 3	SX	-799.60	799.60	0.0128	0.0040	198608.57	110.43% REG
Piso 2	SX	-814.31	814.31	0.0088	0.0035	232327.93	116.98% REG
Piso 1	SX	-827.53	827.53	0.0053	0.0037	222812.71	95.90% REG
Sotano 1				0.0016			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.3.** Rigidez lateral de entrepiso en la dirección Y-Y

NIVEL	Caso de carga	VY (ton)	Fy (ton)	D (m)	D(relativo) (m)	K (tonf/m)	70%	
Piso 20	SY	-97.91	97.91	0.0892	0.0030	33156.18		
Piso 19	SY	-162.06	162.06	0.0862	0.0033	49528.12	149.38%	REG
Piso 18	SY	-222.65	222.65	0.0830	0.0035	63289.94	127.79%	REG
Piso 17	SY	-278.97	278.97	0.0794	0.0038	73860.15	116.70%	REG
Piso 16	SY	-331.71	331.71	0.0757	0.0040	81945.08	110.95%	REG
Piso 15	SY	-381.15	381.15	0.0716	0.0043	89179.85	108.83%	REG
Piso 14	SY	-426.72	426.72	0.0673	0.0045	94973.71	106.50%	REG
Piso 13	SY	-469.00	469.00	0.0628	0.0047	99660.18	104.93%	REG
Piso 12	SY	-508.24	508.24	0.0581	0.0049	104576.91	104.93%	REG
Piso 11	SY	-544.02	544.02	0.0533	0.0050	108955.64	104.19%	REG
Piso 10	SY	-576.82	576.82	0.0483	0.0051	112990.71	103.70%	REG
Piso 9	SY	-606.86	606.86	0.0432	0.0051	117905.56	104.35%	REG
Piso 8	SY	-633.85	633.85	0.0380	0.0052	123028.92	104.35%	REG
Piso 7	SY	-658.19	658.19	0.0329	0.0051	128026.96	104.06%	REG
Piso 6	SY	-680.07	680.07	0.0277	0.0050	136945.69	106.97%	REG
Piso 5	SY	-699.32	699.32	0.0228	0.0048	145389.58	106.17%	REG
Piso 4	SY	-716.28	716.28	0.0180	0.0045	157493.34	108.33%	REG
Piso 3	SY	-731.11	731.11	0.0134	0.0042	174614.45	110.87%	REG
Piso 2	SY	-743.81	743.81	0.0092	0.0037	202012.28	115.69%	REG
Piso 1	SY	-755.13	755.13	0.0056	0.0040	190304.66	94.20%	REG
Sotano 1				0.0016				

Fuente: Elaboración propia.

De las mismas tablas obtenemos el promedio de los últimos tres pisos,  $pro_{X-X} = 53336.23 \text{ tonf/m}$  siendo  $150.54\% > 80\%$  para la dirección X-X y  $pro_{Y-Y} =$

48658.78 tonf/m con 151.79% la para la dirección Y-Y, determinando la regularidad en rigidez por piso blando en ambos sentidos.

➤ **Irregularidad de resistencia - Piso Débil**

Para que la estructura sea regular, la resistencia a la fuerza de corte de un entrepiso debe de ser mayor al 80% del entrepiso contiguo superior, de acuerdo a lo que se observa en las tablas para el nivel 20 en la dirección X-X, el 80% de  $V_x=83.81$  tonf, este es menor a  $V_x=173.64$  tonf del piso 19; la estructura es regular en resistencia - piso débil en ambos sentidos.

**Tabla 4.4.** Fuerza cortante de entrepiso en la dirección X-X

Story	Load Case	VX tonf	80%	
Piso 20	SX	104.76	83.81	REG
Piso 19	SX	173.64	138.91	REG
Piso 18	SX	238.90	191.12	REG
Piso 17	SX	299.74	239.79	REG
Piso 16	SX	356.90	285.52	REG
Piso 15	SX	410.65	328.52	REG
Piso 14	SX	460.36	368.29	REG
Piso 13	SX	506.66	405.33	REG
Piso 12	SX	549.80	439.84	REG
Piso 11	SX	589.27	471.41	REG
Piso 10	SX	625.61	500.49	REG
Piso 9	SX	659.05	527.24	REG
Piso 8	SX	689.22	551.38	REG
Piso 7	SX	716.57	573.26	REG
Piso 6	SX	741.29	593.03	REG
Piso 5	SX	763.16	610.53	REG
Piso 4	SX	782.54	626.03	REG
Piso 3	SX	799.60	639.68	REG
Piso 2	SX	814.31	651.45	REG
Piso 1	SX	827.53	662.02	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.5.** Fuerza cortante de entrepiso en la dirección Y-Y

Story	Load Case	Vy tonf	80%	
Piso 20	SY	97.91	78.33	REG
Piso 19	SY	162.06	129.64	REG
Piso 18	SY	222.65	178.12	REG
Piso 17	SY	278.97	223.18	REG
Piso 16	SY	331.71	265.37	REG
Piso 15	SY	381.15	304.92	REG
Piso 14	SY	426.72	341.37	REG
Piso 13	SY	469.00	375.20	REG
Piso 12	SY	508.24	406.60	REG
Piso 11	SY	544.02	435.21	REG
Piso 10	SY	576.82	461.45	REG
Piso 9	SY	606.86	485.49	REG
Piso 8	SY	633.85	507.08	REG
Piso 7	SY	658.19	526.55	REG
Piso 6	SY	680.07	544.06	REG
Piso 5	SY	699.32	559.46	REG
Piso 4	SY	716.28	573.02	REG
Piso 3	SY	731.11	584.89	REG
Piso 2	SY	743.81	595.05	REG
Piso 1	SY	755.13	604.10	

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Irregularidad extrema de rigidez y resistencia**

Al ser regular en rigidez y resistencia, no se consideró la irregularidad extrema.

➤ **Irregularidad de masa o peso**

Determinamos que la estructura es regular en masa o peso, ya que en ninguno de los niveles el peso sísmico es mayor a 1.5 veces el peso sísmico del piso inmediato superior.

**Tabla 4.6. Masa y peso sísmico**

Story	Diaphragm	Mass (tonf-s <sup>2</sup> /m)	PESO SÍSMICO (ton)	1.5*PESO SÍSMICO (ton)	
Piso 20	D20	46.44	455.61	683.42	RREG
Piso 19	D19	46.73	458.40	687.59	RREG
Piso 18	D18	47.47	465.68	698.52	RREG
Piso 17	D17	46.95	460.61	690.91	RREG
Piso 16	D16	47.09	462.00	693.00	RREG
Piso 15	D15	47.47	465.68	698.52	RREG
Piso 14	D14	46.95	460.61	690.91	RREG
Piso 13	D13	47.09	462.00	693.00	RREG
Piso 12	D12	47.47	465.68	698.52	RREG
Piso 11	D11	46.95	460.61	690.91	RREG
Piso 10	D10	47.09	462.00	693.00	RREG
Piso 9	D9	47.47	465.68	698.52	RREG
Piso 8	D8	46.95	460.61	690.91	RREG
Piso 7	D7	47.09	462.00	693.00	RREG
Piso 6	D6	48.78	478.56	717.84	RREG
Piso 5	D5	46.95	460.61	690.91	RREG
Piso 4	D4	47.09	462.00	693.00	RREG
Piso 3	D3	47.47	465.68	698.52	RREG
Piso 2	D2	48.32	474.03	711.05	RREG
Piso 1	D1	49.73	487.87	731.81	

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Irregularidad geométrica vertical, discontinuidad en los sistemas resistentes y discontinuidad extrema de los sistemas resistentes**

La arquitectura es típica en todos sus niveles de análisis, no presenta cambios abruptos en sus secciones o geometría en planta, por ello no muestra irregularidad.

**Irregularidad en planta ( $I_p$ )**

➤ **Irregularidad torsional**

En ambas direcciones se tomaron los máximos y mínimos desplazamientos debido al sismo estático, para verificar se sacó el promedio y se multiplico por 1.3 veces siendo mayor que el máximo desplazamiento. En las siguientes figuras se observa el máximo desplazamiento obtenido del programa Etabs 2016 en los últimos niveles:



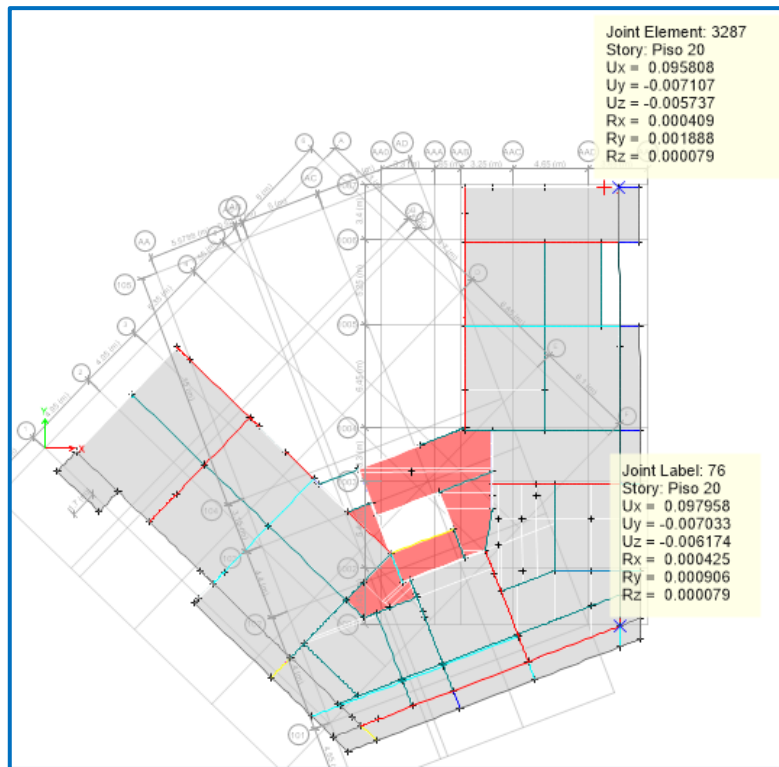


Figura 4.3. Desplazamiento debido al sismo estático en X-X

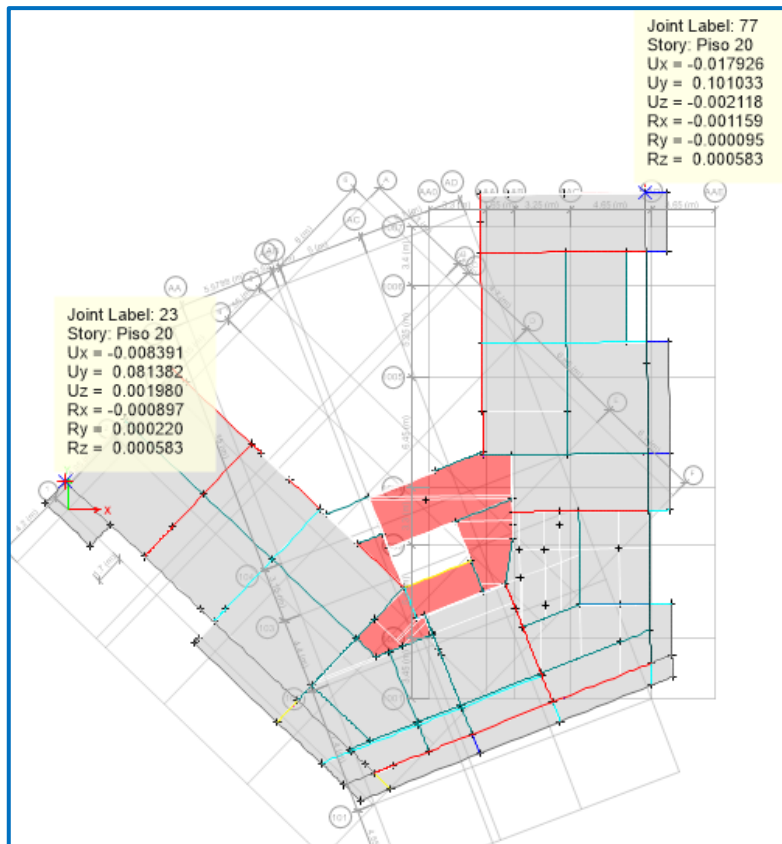


Figura 4.4. Desplazamiento debido al sismo estático en Y-Y

La estructura es regular en torsión en ambas direcciones como se detalla a continuación.

EN X-X			EN Y-Y		
P1=	0.0958 m	menor	P1=	0.081 m	menor
P2=	0.0979 m	mayor	P2=	0.101 m	mayor
Pro=	0.0969 m		Pro=	0.091 m	
0.126	>	0.0979 <b>Cumple</b>	0.118	>	0.101 <b>Cumple</b>

➤ **Irregularidad torsional extrema**

Debido a que la estructura no presenta torsión, no consideramos torsión extrema.

➤ **Irregularidad por esquinas entrantes**



Figura 4.5. Vista en planta, esquinas entrantes

Como muestra la imagen, en la dirección X-X  $0.2 \cdot D = 4.96 < C = 12.20$ ; en la dirección Y-Y  $0.2 \cdot B = 5.58 < A = 15.45$ ; existe irregularidad de esquina entrante en ambas direcciones.

➤ **Irregularidad por discontinuidad del diafragma y sistemas no paralelos**

El edificio no posee aberturas importantes, así mismo los encofrados son típicos en todos sus niveles, los verticales no presentan cambios abruptos en su sección, por lo que no se encontró irregularidad.

Seguidamente presentamos el resumen de irregularidades presentes en la edificación:

**Tabla 4.7.** Resumen de irregularidades estructurales en altura

<b>Irregularidades estructurales en altura</b>				
irregularidad de rigidez-piso blando	X-X	Y-Y	1	1
irregularidades de resistencia-Piso Débil	X-X	Y-Y	1	1
irregularidad extrema de rigidez	X-X	Y-Y	1	1
irregularidad de resistencia	X-X	Y-Y	1	1
irregularidad de masa o peso	AMBOS SENTIDOS		1	1
irregularidad geométrica vertical	X-X	Y-Y	1	1
discontinuidad en los sistemas resistentes	AMBOS SENTIDOS		1	1
discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	AMBOS SENTIDOS		1	1
	<b>se toma el valor más crítico</b>		<b>1</b>	<b>1</b>

Fuente: (Norma E030-2018)

**Tabla 4.8.** Resumen de irregularidades estructurales en altura

<b>irregularidades estructurales en planta</b>				
irregularidad torsional	X-X	Y-Y	1	1
irregularidad torsional extrema	X-X	Y-Y	1	1
esquinas entrantes	X-X	Y-Y	0.9	0.9
discontinuidad del diafragma	AMBOS SENTIDOS		1	1
sistemas no paralelos	X-X	Y-Y	1	1
	<b>se toma el valor más crítico</b>		<b>0.90</b>	<b>0.90</b>

Fuente: (Norma E030-2018)

De la (tabla 4.7.) tomamos el valor de  $I_a = 1.00$  y de la (tabla 4.8.) se toma el valor de  $I_p = 0.90$  para ambas direcciones.

## Espectro de respuesta inelástico

A fin de calcular el espectro de pseudo-aceleraciones se tomó en consideración la (ecuación 4.6.) de la norma E-030:

$$S_a = \frac{ZUSC}{R} \cdot g \quad \text{Ecuación (4.6.)}$$

Para lo cual,  $R_{x,y} = R_0 \cdot I_p \cdot I_a \therefore R = 6 \cdot 1.00 \cdot 0.90 = 5.40$ ;  $Z = 0.45$ ,  $U = 1.00$ ,  $S = 1.00$ , para ambas direcciones; para los valores de  $C$  usaremos las ecuaciones (4.1. – 4.2. – 4.3.), con excepción de periodos muy cortos comprendido en  $T < 0.2 \cdot T_p$ , se usó la ecuación  $C = 1 + 7.5 \cdot \left(\frac{T}{T_p}\right)$ ; de esta forma se obtuvo los siguientes valores:



Figura 4.6. Espectro de respuesta inelástico (norma E - 030 2018)

**Tabla 4.9.** Valores del espectro de pseudo-aceleraciones (X-X e Y-Y)

T	C	Sa/g	Sa	T	C	Sa/g	Sa
0.00	1.000	0.083	0.818	1.10	0.909	0.076	0.743
0.02	1.375	0.115	1.124	1.20	0.833	0.069	0.681
0.04	1.750	0.146	1.431	1.30	0.769	0.064	0.629
0.06	2.125	0.177	1.737	1.40	0.714	0.060	0.584
0.08	2.500	0.208	2.044	1.50	0.667	0.056	0.545
0.10	2.500	0.208	2.044	1.60	0.625	0.052	0.511
0.12	2.500	0.208	2.044	1.70	0.588	0.049	0.481
0.14	2.500	0.208	2.044	1.80	0.556	0.046	0.454
0.16	2.500	0.208	2.044	1.90	0.526	0.044	0.430
0.18	2.500	0.208	2.044	2.00	0.500	0.042	0.409
0.20	2.500	0.208	2.044	2.10	0.476	0.040	0.389
0.25	2.500	0.208	2.044	2.20	0.455	0.038	0.372
0.30	2.500	0.208	2.044	2.30	0.435	0.036	0.355
0.35	2.500	0.208	2.044	2.40	0.417	0.035	0.341
0.40	2.500	0.208	2.044	2.50	0.400	0.033	0.327
0.45	2.222	0.185	1.817	2.60	0.370	0.031	0.302
0.50	2.000	0.167	1.635	2.70	0.343	0.029	0.280
0.55	1.818	0.152	1.486	2.80	0.319	0.027	0.261
0.60	1.667	0.139	1.363	2.90	0.297	0.025	0.243
0.65	1.538	0.128	1.258	3.00	0.278	0.023	0.227
0.70	1.429	0.119	1.168	4.00	0.156	0.013	0.128
0.75	1.333	0.111	1.090	5.00	0.100	0.008	0.082
0.80	1.250	0.104	1.022	6.00	0.069	0.006	0.057
0.85	1.176	0.098	0.962	7.00	0.051	0.004	0.042
0.90	1.111	0.093	0.908	8.00	0.039	0.003	0.032
0.95	1.053	0.088	0.861	9.00	0.031	0.003	0.025
1.00	1.000	0.083	0.818	10.00	0.025	0.002	0.020

Fuente: Elaboración propia.

Ingresamos el espectro de respuesta inelástico al programa Etabs y analizamos para controlar derivas.

## Control de derivas inelásticas

Del programa Etabs se extrajo los desplazamientos máximos, obtenemos el desplazamiento relativo dividiendo entre la altura de entrepiso y multiplicado por 0.85 de  $R$ , ya que es una estructura irregular, el cual no debe de exceder el límite que exige la norma E-030  $\Delta_i/h_{ei} \leq 0.007$ .

**Tabla 4.10.** Distorsión del entrepiso en sentido X-X

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Control E - 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	SXX Max	0.0685	0.0034	2.70	0.0013	0.0058	PASA
Piso 19	D19	SXX Max	0.0651	0.0020	2.70	0.0007	0.0034	PASA
Piso 18	D18	SXX Max	0.0632	0.0028	2.70	0.0010	0.0048	PASA
Piso 17	D17	SXX Max	0.0604	0.0027	2.70	0.0010	0.0046	PASA
Piso 16	D16	SXX Max	0.0577	0.0028	2.70	0.0010	0.0047	PASA
Piso 15	D15	SXX Max	0.0549	0.0034	2.70	0.0013	0.0058	PASA
Piso 14	D14	SXX Max	0.0515	0.0032	2.70	0.0012	0.0055	PASA
Piso 13	D13	SXX Max	0.0483	0.0033	2.70	0.0012	0.0055	PASA
Piso 12	D12	SXX Max	0.0450	0.0038	2.70	0.0014	0.0064	PASA
Piso 11	D11	SXX Max	0.0412	0.0036	2.70	0.0013	0.0061	PASA
Piso 10	D10	SXX Max	0.0376	0.0036	2.70	0.0013	0.0061	PASA
Piso 9	D9	SXX Max	0.0340	0.0040	2.70	0.0015	0.0068	PASA
Piso 8	D8	SXX Max	0.0301	0.0038	2.70	0.0014	0.0065	PASA
Piso 7	D7	SXX Max	0.0263	0.0037	2.70	0.0014	0.0063	PASA
Piso 6	D6	SXX Max	0.0226	0.0040	2.70	0.0015	0.0068	PASA
Piso 5	D5	SXX Max	0.0186	0.0037	2.70	0.0014	0.0063	PASA
Piso 4	D4	SXX Max	0.0148	0.0035	2.70	0.0013	0.0060	PASA
Piso 3	D3	SXX Max	0.0113	0.0034	2.70	0.0013	0.0058	PASA
Piso 2	D2	SXX Max	0.0079	0.0030	2.70	0.0011	0.0050	PASA
Piso 1	D1	SXX Max	0.0049	0.0049	3.70	0.0013	0.0061	PASA

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.11.** Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y

Story	Diafr.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	SYX Max	0.0684	0.0024	2.70	0.0009	0.0040	PASA
Piso 19	D19	SYX Max	0.0660	0.0026	2.70	0.0010	0.0044	PASA
Piso 18	D18	SYX Max	0.0634	0.0028	2.70	0.0010	0.0047	PASA
Piso 17	D17	SYX Max	0.0607	0.0029	2.70	0.0011	0.0050	PASA
Piso 16	D16	SYX Max	0.0577	0.0031	2.70	0.0011	0.0053	PASA
Piso 15	D15	SYX Max	0.0547	0.0032	2.70	0.0012	0.0055	PASA
Piso 14	D14	SYX Max	0.0514	0.0033	2.70	0.0012	0.0057	PASA
Piso 13	D13	SYX Max	0.0481	0.0035	2.70	0.0013	0.0059	PASA
Piso 12	D12	SYX Max	0.0446	0.0036	2.70	0.0013	0.0061	PASA
Piso 11	D11	SYX Max	0.0411	0.0037	2.70	0.0014	0.0062	PASA
Piso 10	D10	SYX Max	0.0374	0.0037	2.70	0.0014	0.0063	PASA
Piso 9	D9	SYX Max	0.0337	0.0038	2.70	0.0014	0.0064	PASA
Piso 8	D8	SYX Max	0.0299	0.0038	2.70	0.0014	0.0065	PASA
Piso 7	D7	SYX Max	0.0261	0.0039	2.70	0.0014	0.0066	PASA
Piso 6	D6	SYX Max	0.0222	0.0038	2.70	0.0014	0.0064	PASA
Piso 5	D5	SYX Max	0.0184	0.0037	2.70	0.0014	0.0063	PASA
Piso 4	D4	SYX Max	0.0147	0.0036	2.70	0.0013	0.0061	PASA
Piso 3	D3	SYX Max	0.0112	0.0033	2.70	0.0012	0.0057	PASA
Piso 2	D2	SYX Max	0.0078	0.0030	2.70	0.0011	0.0051	PASA
Piso 1	D1	SYX Max	0.0048	0.0048	3.70	0.0013	0.0060	PASA

Fuente: Elaboración propia.

La máxima deriva inelástica de entrepiso en el sentidos X-X es 0.0068 en el piso 6, en el sentido Y-Y la máxima deriva es 0.0066 en el piso 7, en ambas direcciones están por debajo del límite permisible dada por la norma E-030  $\Delta_i/h_{ei} \leq 0.007$ .

El espectro de aceleraciones con R= 5.40 reduce significativamente las derivas, por ello se elaboró un espectro con R=1.00 para medir el 100% del espectro de aceleraciones. Tal como se muestra en la (tabla 4.12.) y en la (figura 4.7.)

**Tabla 4.12.** Valores del espectro de pseudo-aceleraciones con  $R=1.00$  (X-X e Y-Y)

T	C	Sa/g	Sa	T	C	Sa/g	Sa
0.00	1.000	0.450	4.415	1.10	0.909	0.409	4.013
0.02	1.375	0.619	6.070	1.20	0.833	0.375	3.679
0.04	1.750	0.788	7.725	1.30	0.769	0.346	3.396
0.06	2.125	0.956	9.381	1.40	0.714	0.321	3.153
0.08	2.500	1.125	11.036	1.50	0.667	0.300	2.943
0.10	2.500	1.125	11.036	1.60	0.625	0.281	2.759
0.12	2.500	1.125	11.036	1.70	0.588	0.265	2.597
0.14	2.500	1.125	11.036	1.80	0.556	0.250	2.453
0.16	2.500	1.125	11.036	1.90	0.526	0.237	2.323
0.18	2.500	1.125	11.036	2.00	0.500	0.225	2.207
0.20	2.500	1.125	11.036	2.10	0.476	0.214	2.102
0.25	2.500	1.125	11.036	2.20	0.455	0.205	2.007
0.30	2.500	1.125	11.036	2.30	0.435	0.196	1.919
0.35	2.500	1.125	11.036	2.40	0.417	0.188	1.839
0.40	2.500	1.125	11.036	2.50	0.400	0.180	1.766
0.45	2.222	1.000	9.810	2.60	0.370	0.166	1.633
0.50	2.000	0.900	8.829	2.70	0.343	0.154	1.514
0.55	1.818	0.818	8.026	2.80	0.319	0.143	1.408
0.60	1.667	0.750	7.358	2.90	0.297	0.134	1.312
0.65	1.538	0.692	6.792	3.00	0.278	0.125	1.226
0.70	1.429	0.643	6.306	4.00	0.156	0.070	0.690
0.75	1.333	0.600	5.886	5.00	0.100	0.045	0.441
0.80	1.250	0.563	5.518	6.00	0.069	0.031	0.307
0.85	1.176	0.529	5.194	7.00	0.051	0.023	0.225
0.90	1.111	0.500	4.905	8.00	0.039	0.018	0.172
0.95	1.053	0.474	4.647	9.00	0.031	0.014	0.136
1.00	1.000	0.450	4.415	10.00	0.025	0.011	0.110

Fuente: Elaboración propia.





Figura 4.7. Espectro de respuesta inelástico con  $R=1.00$  (norma E-030 2018)

Se compró las derivas con  $R=1$ :

Tabla 4.13. Distorsión del entrepiso en sentido X-X con  $R=1.00$

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E - 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	SXX Max	0.370	0.0184	2.70	0.0068	PASA
Piso 19	D19	SXX Max	0.352	0.0107	2.70	0.0039	PASA
Piso 18	D18	SXX Max	0.341	0.0152	2.70	0.0056	PASA
Piso 17	D17	SXX Max	0.326	0.0146	2.70	0.0054	PASA
Piso 16	D16	SXX Max	0.311	0.0149	2.70	0.0055	PASA
Piso 15	D15	SXX Max	0.297	0.0183	2.70	0.0068	PASA
Piso 14	D14	SXX Max	0.278	0.0175	2.70	0.0065	PASA
Piso 13	D13	SXX Max	0.261	0.0176	2.70	0.0065	PASA
Piso 12	D12	SXX Max	0.243	0.0204	2.70	0.0076	NO PASA
Piso 11	D11	SXX Max	0.223	0.0195	2.70	0.0072	NO PASA
Piso 10	D10	SXX Max	0.203	0.0194	2.70	0.0072	NO PASA
Piso 9	D9	SXX Max	0.184	0.0215	2.70	0.0080	NO PASA
Piso 8	D8	SXX Max	0.162	0.0206	2.70	0.0076	NO PASA
Piso 7	D7	SXX Max	0.142	0.0200	2.70	0.0074	NO PASA
Piso 6	D6	SXX Max	0.122	0.0216	2.70	0.0080	NO PASA
Piso 5	D5	SXX Max	0.100	0.0201	2.70	0.0074	NO PASA
Piso 4	D4	SXX Max	0.080	0.0192	2.70	0.0071	NO PASA
Piso 3	D3	SXX Max	0.061	0.0184	2.70	0.0068	PASA
Piso 2	D2	SXX Max	0.043	0.0160	2.70	0.0059	PASA
Piso 1	D1	SXX Max	0.027	0.0266	3.70	0.0072	NO PASA

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.14.** Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y con  $R=1.00$ 

Story	Diáf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	SYX Max	0.369	0.0128	2.70	0.0047	PASA
Piso 19	D19	SYX Max	0.357	0.0140	2.70	0.0052	PASA
Piso 18	D18	SYX Max	0.343	0.0149	2.70	0.0055	PASA
Piso 17	D17	SYX Max	0.328	0.0158	2.70	0.0059	PASA
Piso 16	D16	SYX Max	0.312	0.0167	2.70	0.0062	PASA
Piso 15	D15	SYX Max	0.295	0.0174	2.70	0.0064	PASA
Piso 14	D14	SYX Max	0.278	0.0181	2.70	0.0067	PASA
Piso 13	D13	SYX Max	0.260	0.0188	2.70	0.0069	PASA
Piso 12	D12	SYX Max	0.241	0.0192	2.70	0.0071	NO PASA
Piso 11	D11	SYX Max	0.222	0.0197	2.70	0.0073	NO PASA
Piso 10	D10	SYX Max	0.202	0.0202	2.70	0.0075	NO PASA
Piso 9	D9	SYX Max	0.182	0.0204	2.70	0.0076	NO PASA
Piso 8	D8	SYX Max	0.161	0.0206	2.70	0.0076	NO PASA
Piso 7	D7	SYX Max	0.141	0.0208	2.70	0.0077	NO PASA
Piso 6	D6	SYX Max	0.120	0.0203	2.70	0.0075	NO PASA
Piso 5	D5	SYX Max	0.100	0.0201	2.70	0.0074	NO PASA
Piso 4	D4	SYX Max	0.080	0.0193	2.70	0.0071	NO PASA
Piso 3	D3	SYX Max	0.060	0.0181	2.70	0.0067	PASA
Piso 2	D2	SYX Max	0.042	0.0161	2.70	0.0060	PASA
Piso 1	D1	SYX Max	0.026	0.0261	3.70	0.0070	NO PASA

Fuente: Elaboración propia.

Se verifico que con  $R=1$  no cumple con la norma E-030 debido a que las derivas llegan hasta  $8 \text{ ‰}$  que es mayor a  $7 \text{ ‰}$  que exige la norma.

### **Análisis tiempo-historia**

Como siguiente paso se realizó el escalamiento de sismos reales ocurridos en nuestro país, con la finalidad de realizar un análisis tiempo-historia. Para ello se ha escogido 5 sismos, los cuales se han filtrado con el programa Seismo Signal para eliminar picos no sísmicos que se han registrado en el acelerograma; al

ingresar al programa se sube un archivo de texto en la dirección de análisis ya sea de norte-sur (N-S) o este-oeste (E-W), el cual solo tendrá los valores de aceleración y periodo desde la primera línea, al ingresar los parámetros se toma en cuenta que los datos empiecen en la primera línea como se aprecia en la (figura 4.8.) en (a); el valor del número de líneas (b) es indiferente, el programa corrige de forma automática; el intervalo de tiempo (c1) se toma en cuenta en la primera columna, en este caso es de 0.02 seg; el factor de escala (d) en este caso se ha tomado como la unidad; el valor de la aceleración (c2) se sitúa en la segunda columna; se evaluó el tiempo versus la aceleración (e).

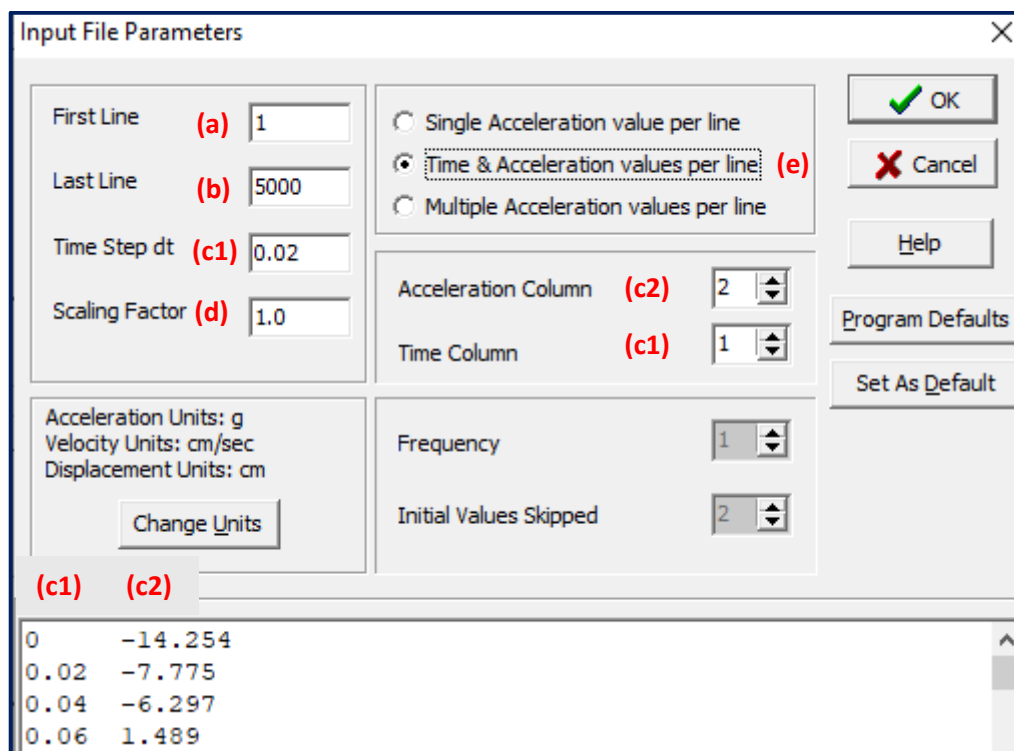


Figura 4.8. Ingreso de parámetros en programa Seismo Signal

En la (figura 4.9.) se muestra el registro del sismo ocurrido en Lima en el año 1966, se aplicó filtro y corrección de línea base (figura 4.10.), los resultados se observan en línea gris (figura 4.11.).

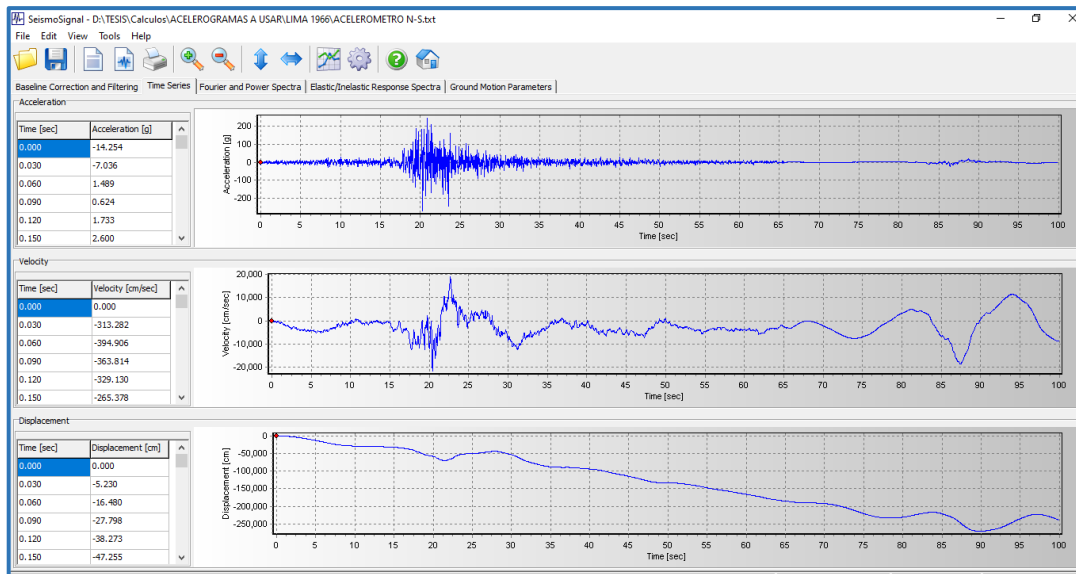


Figura 4.9. Registro del sismo Lima 1966 en programa Seismo Signal

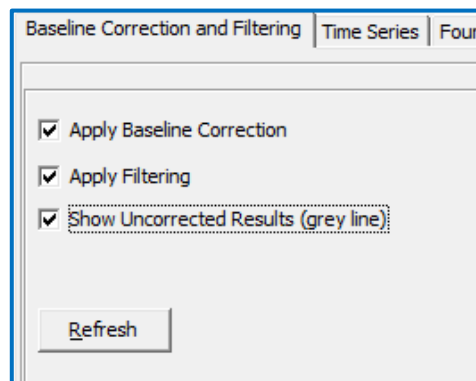


Figura 4.10. Corrección de línea base y filtrado del sismo Lima 1966 en programa Seismo Signal

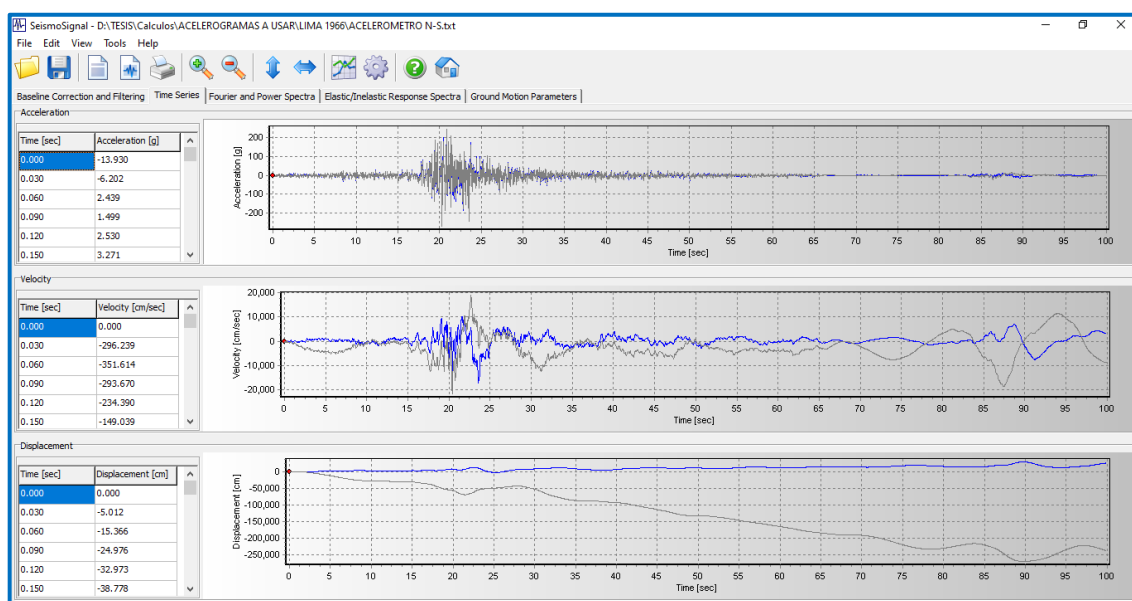


Figura 4.11. Corrección de registro del sismo Lima 1966 en programa Seismo Signal

Para utilizar el programa Seismo Match, el archivo filtrado del programa Seismo Signal debe de estar en formato (dat Files). El escalamiento se realizó ingresando el archivo filtrado y el espectro de respuesta con R=1 (figura 4.12.).



Figura 4.12. Espectro de respuesta inelástico con R=1.00 para escalamiento

Los parámetros que se han considerado para el registro sísmico (figura 4.13.), para los valores del tiempo y la aceleración (a) se colocó que empieza en la segunda línea; el valor del número de líneas (b) se consideró por defecto, para que el programa corrija de forma automática; el intervalo de tiempo (c1) para este caso es de 0.02 seg, lo cual se observa en la primera columna; el factor de escala (d) en este caso se ha tomado como la unidad; el valor de la aceleración (c2) se sitúa en la segunda columna; se evaluó el tiempo versus la aceleración (e).

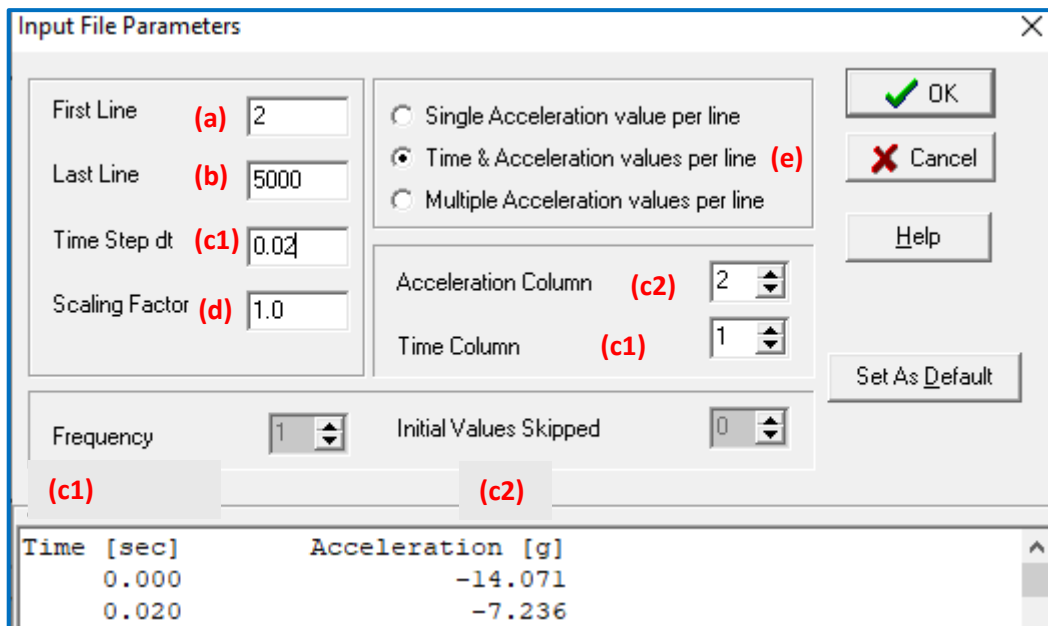


Figura 4.13. Ingreso de parámetros de sismo en programa Seismo Match

En el caso de los parámetros del espectro objetivo con  $R=1$  (figura 4.14.), se colocó el valor de la unidad para a la primera línea (a), la cantidad de líneas (b) se deja por defecto, el factor de escala (d) se tomó como la unidad, el valor del periodo (c1) se colocó en la primera columna y el valor de la aceleración (c2) en la segunda columna.

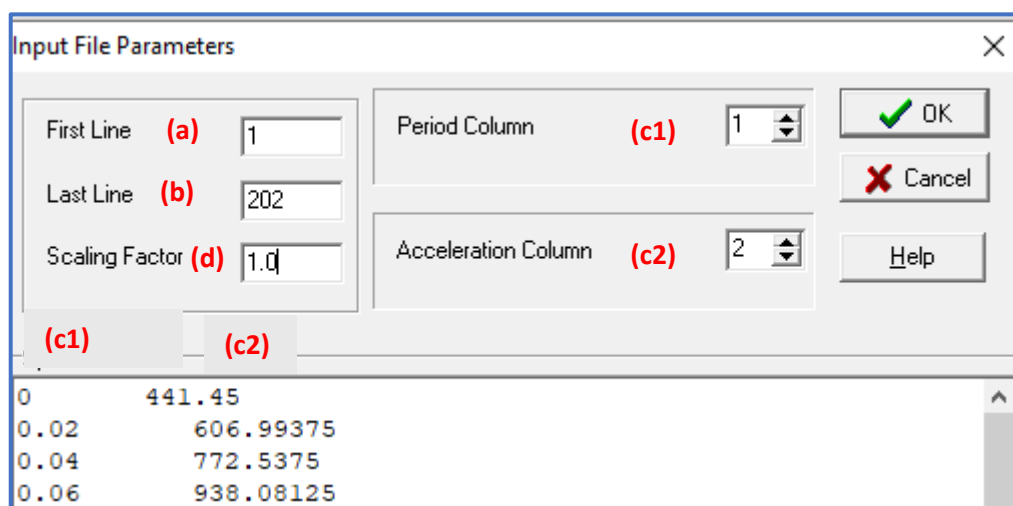


Figura 4.14. Ingreso de parámetros de espectro objetivo en programa Seismo Match

De la (figura 4.15.), observamos el espectro de diseño o espectro objetivo, con los valores del periodo y la aceleración, que van a servir para escalar el registro sísmico, en la (figura 4.16.), se aprecia el registro ya escalado, cuyos valores se

ingresaran en el programa Etabs 2016 (ver anexo 7), para el análisis tiempo-historia. Este procedimiento de escalado ha realizado para cada registro analizado.

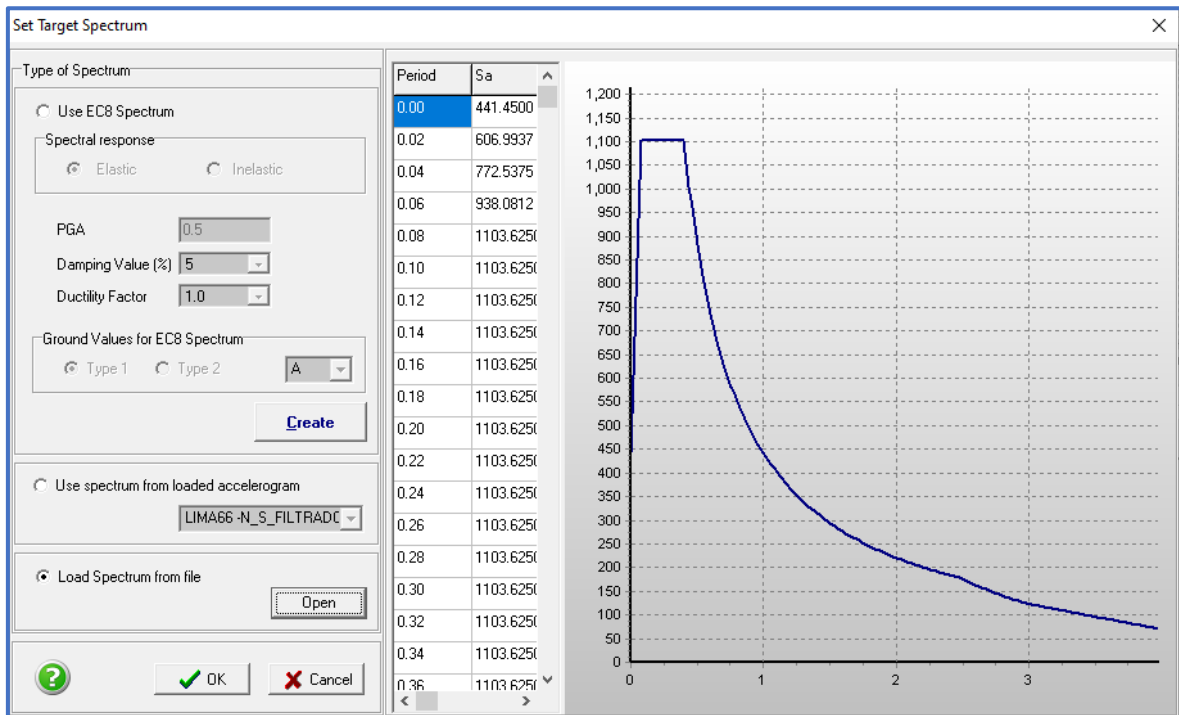


Figura 4.15. Espectro objetivo en programa Seismo Match

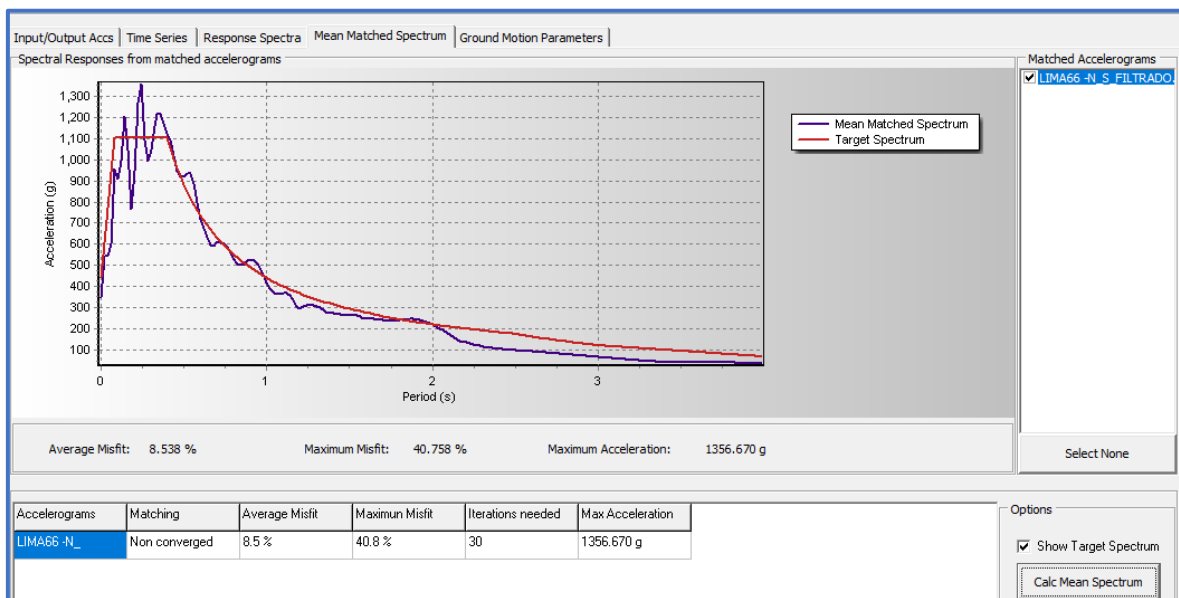


Figura 4.16. Registro sísmico escalado en programa Seismo Match

### ❖ Análisis tiempo-historia Lima 1966

Como siguiente paso se calculó las derivas de entrepiso, en cada caso de análisis tiempo-historia. De la (tabla 4.15) mostramos las derivas en el sentido X-X

para la acción sísmica de Lima 1966 considerando como caso 01 de sentido este-oeste; donde se llega a derivas mayores a 10 ‰. Mientras que en el sentido Y-Y (tabla 4.16) se llega a derivas de 15 ‰.

**Tabla 4.15.** *Distorsión del entrepiso en sentido X-X Lima 1966, caso este-oeste*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 ≤ 0.007
Piso 20	D20	case 1 - LIMA1966	0.470	0.0134	2.70	0.0050	PASA
Piso 19	D19	case 1 - LIMA1966	0.456	0.0228	2.70	0.0084	NO CUMPLE
Piso 18	D18	case 1 - LIMA1966	0.433	0.0251	2.70	0.0093	NO CUMPLE
Piso 17	D17	case 1 - LIMA1966	0.408	0.0234	2.70	0.0087	NO CUMPLE
Piso 16	D16	case 1 - LIMA1966	0.385	0.0238	2.70	0.0088	NO CUMPLE
Piso 15	D15	case 1 - LIMA1966	0.361	0.0249	2.70	0.0092	NO CUMPLE
Piso 14	D14	case 1 - LIMA1966	0.336	0.0258	2.70	0.0096	NO CUMPLE
Piso 13	D13	case 1 - LIMA1966	0.310	0.0264	2.70	0.0098	NO CUMPLE
Piso 12	D12	case 1 - LIMA1966	0.284	0.0269	2.70	0.0100	NO CUMPLE
Piso 11	D11	case 1 - LIMA1966	0.257	0.0272	2.70	0.0101	NO CUMPLE
Piso 10	D10	case 1 - LIMA1966	0.230	0.0271	2.70	0.0100	NO CUMPLE
Piso 9	D9	case 1 - LIMA1966	0.203	0.0229	2.70	0.0085	NO CUMPLE
Piso 8	D8	case 1 - LIMA1966	0.180	0.0218	2.70	0.0081	NO CUMPLE
Piso 7	D7	case 1 - LIMA1966	0.158	0.0223	2.70	0.0083	NO CUMPLE
Piso 6	D6	case 1 - LIMA1966	0.136	0.0228	2.70	0.0084	NO CUMPLE
Piso 5	D5	case 1 - LIMA1966	0.113	0.0223	2.70	0.0083	NO CUMPLE
Piso 4	D4	case 1 - LIMA1966	0.091	0.0221	2.70	0.0082	NO CUMPLE
Piso 3	D3	case 1 - LIMA1966	0.069	0.0208	2.70	0.0077	NO CUMPLE
Piso 2	D2	case 1 - LIMA1966	0.048	0.0175	2.70	0.0065	PASA
Piso 1	D1	case 1 - LIMA1966	0.030	0.0303	3.70	0.0082	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 4.16.** Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Lima 1966, caso este-oeste

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	case 1 - LIMA1966	0.683	0.0103	2.70	0.0038	PASA
Piso 19	D19	case 1 - LIMA1966	0.673	0.0237	2.70	0.0088	NO CUMPLE
Piso 18	D18	case 1 - LIMA1966	0.649	0.0257	2.70	0.0095	NO CUMPLE
Piso 17	D17	case 1 - LIMA1966	0.624	0.0280	2.70	0.0104	NO CUMPLE
Piso 16	D16	case 1 - LIMA1966	0.596	0.0303	2.70	0.0112	NO CUMPLE
Piso 15	D15	case 1 - LIMA1966	0.565	0.0327	2.70	0.0121	NO CUMPLE
Piso 14	D14	case 1 - LIMA1966	0.533	0.0350	2.70	0.0130	NO CUMPLE
Piso 13	D13	case 1 - LIMA1966	0.498	0.0372	2.70	0.0138	NO CUMPLE
Piso 12	D12	case 1 - LIMA1966	0.461	0.0390	2.70	0.0144	NO CUMPLE
Piso 11	D11	case 1 - LIMA1966	0.422	0.0402	2.70	0.0149	NO CUMPLE
Piso 10	D10	case 1 - LIMA1966	0.381	0.0413	2.70	0.0153	NO CUMPLE
Piso 9	D9	case 1 - LIMA1966	0.340	0.0420	2.70	0.0155	NO CUMPLE
Piso 8	D8	case 1 - LIMA1966	0.298	0.0421	2.70	0.0156	NO CUMPLE
Piso 7	D7	case 1 - LIMA1966	0.256	0.0416	2.70	0.0154	NO CUMPLE
Piso 6	D6	case 1 - LIMA1966	0.215	0.0400	2.70	0.0148	NO CUMPLE
Piso 5	D5	case 1 - LIMA1966	0.175	0.0383	2.70	0.0142	NO CUMPLE
Piso 4	D4	case 1 - LIMA1966	0.136	0.0359	2.70	0.0133	NO CUMPLE
Piso 3	D3	case 1 - LIMA1966	0.100	0.0326	2.70	0.0121	NO CUMPLE
Piso 2	D2	case 1 - LIMA1966	0.068	0.0279	2.70	0.0103	NO CUMPLE
Piso 1	D1	case 1 - LIMA1966	0.040	0.0399	3.70	0.0108	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso 2 norte-sur en el sentido X-X (tabla 4.17) se observa derivas mayores 14 ‰. Así mismo, en el sentido Y-Y (tabla 4.18) se observa que las derivas llegan a casi los 14 ‰.

**Tabla 4.17.** Distorsión del entrepiso en sentido X-X Lima 1966, caso norte-sur

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E- 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	case 2 - LIMA1966	0.630	0.0138	2.70	0.0051	PASA
Piso 19	D19	case 2 - LIMA1966	0.616	0.0219	2.70	0.0081	NO CUMPLE
Piso 18	D18	case 2 - LIMA1966	0.594	0.0241	2.70	0.0089	NO CUMPLE
Piso 17	D17	case 2 - LIMA1966	0.570	0.0264	2.70	0.0098	NO CUMPLE
Piso 16	D16	case 2 - LIMA1966	0.544	0.0286	2.70	0.0106	NO CUMPLE
Piso 15	D15	case 2 - LIMA1966	0.515	0.0308	2.70	0.0114	NO CUMPLE
Piso 14	D14	case 2 - LIMA1966	0.485	0.0328	2.70	0.0121	NO CUMPLE
Piso 13	D13	case 2 - LIMA1966	0.452	0.0346	2.70	0.0128	NO CUMPLE
Piso 12	D12	case 2 - LIMA1966	0.417	0.0359	2.70	0.0133	NO CUMPLE
Piso 11	D11	case 2 - LIMA1966	0.381	0.0370	2.70	0.0137	NO CUMPLE
Piso 10	D10	case 2 - LIMA1966	0.344	0.0378	2.70	0.0140	NO CUMPLE
Piso 9	D9	case 2 - LIMA1966	0.307	0.0381	2.70	0.0141	NO CUMPLE
Piso 8	D8	case 2 - LIMA1966	0.268	0.0380	2.70	0.0141	NO CUMPLE
Piso 7	D7	case 2 - LIMA1966	0.230	0.0374	2.70	0.0139	NO CUMPLE
Piso 6	D6	case 2 - LIMA1966	0.193	0.0361	2.70	0.0134	NO CUMPLE
Piso 5	D5	case 2 - LIMA1966	0.157	0.0343	2.70	0.0127	NO CUMPLE
Piso 4	D4	case 2 - LIMA1966	0.123	0.0322	2.70	0.0119	NO CUMPLE
Piso 3	D3	case 2 - LIMA1966	0.090	0.0291	2.70	0.0108	NO CUMPLE
Piso 2	D2	case 2 - LIMA1966	0.061	0.0240	2.70	0.0089	NO CUMPLE
Piso 1	D1	case 2 - LIMA1966	0.037	0.0373	3.70	0.0101	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.18.** Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Lima 1966, caso norte-sur

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	case 2 - LIMA1966	0.554	0.0160	2.70	0.0059	PASA
Piso 19	D19	case 2 - LIMA1966	0.538	0.0305	2.70	0.0113	NO CUMPLE
Piso 18	D18	case 2 - LIMA1966	0.508	0.0328	2.70	0.0121	NO CUMPLE
Piso 17	D17	case 2 - LIMA1966	0.475	0.0346	2.70	0.0128	NO CUMPLE
Piso 16	D16	case 2 - LIMA1966	0.441	0.0360	2.70	0.0133	NO CUMPLE
Piso 15	D15	case 2 - LIMA1966	0.405	0.0366	2.70	0.0136	NO CUMPLE
Piso 14	D14	case 2 - LIMA1966	0.368	0.0340	2.70	0.0126	NO CUMPLE
Piso 13	D13	case 2 - LIMA1966	0.334	0.0302	2.70	0.0112	NO CUMPLE
Piso 12	D12	case 2 - LIMA1966	0.304	0.0273	2.70	0.0101	NO CUMPLE
Piso 11	D11	case 2 - LIMA1966	0.276	0.0255	2.70	0.0094	NO CUMPLE
Piso 10	D10	case 2 - LIMA1966	0.251	0.0247	2.70	0.0092	NO CUMPLE
Piso 9	D9	case 2 - LIMA1966	0.226	0.0250	2.70	0.0093	NO CUMPLE
Piso 8	D8	case 2 - LIMA1966	0.201	0.0244	2.70	0.0090	NO CUMPLE
Piso 7	D7	case 2 - LIMA1966	0.177	0.0254	2.70	0.0094	NO CUMPLE
Piso 6	D6	case 2 - LIMA1966	0.151	0.0250	2.70	0.0092	NO CUMPLE
Piso 5	D5	case 2 - LIMA1966	0.126	0.0252	2.70	0.0093	NO CUMPLE
Piso 4	D4	case 2 - LIMA1966	0.101	0.0248	2.70	0.0092	NO CUMPLE
Piso 3	D3	case 2 - LIMA1966	0.076	0.0231	2.70	0.0086	NO CUMPLE
Piso 2	D2	case 2 - LIMA1966	0.053	0.0208	2.70	0.0077	NO CUMPLE
Piso 1	D1	case 2 - LIMA1966	0.033	0.0325	3.70	0.0088	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

#### ❖ Análisis tiempo - historia Ica 2007

En el registro sísmico de Ica 2007 se cumplen con las derivas que exige la normativa E - 030 del caso 1 en sentido X-X (tabla 4.19.), lo que no ocurre en el sentido Y-Y (tabla 4.20.) donde las derivas llegan a 7.4 ‰ del piso 8 al piso 4; para el caso 2 en ambos sentidos cumplen con la normativa como se aprecia en la (tabla

4.21.) y en la (tabla 4.22.), las derivas están por debajo 7 ‰ que exige la normativa vigente.

**Tabla 4.19.** Distorsión del entrepiso en sentido X-X Ica 2007, caso este-oeste

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E - 030 ≤ 0.007
Piso 20	D20	case 1 - ICA 2007	0.242	0.0079	2.70	0.0029	CUMPLE
Piso 19	D19	case 1 - ICA 2007	0.234	0.0085	2.70	0.0032	CUMPLE
Piso 18	D18	case 1 - ICA 2007	0.225	0.0090	2.70	0.0033	CUMPLE
Piso 17	D17	case 1 - ICA 2007	0.216	0.0096	2.70	0.0036	CUMPLE
Piso 16	D16	case 1 - ICA 2007	0.207	0.0101	2.70	0.0038	CUMPLE
Piso 15	D15	case 1 - ICA 2007	0.196	0.0107	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 14	D14	case 1 - ICA 2007	0.186	0.0111	2.70	0.0041	CUMPLE
Piso 13	D13	case 1 - ICA 2007	0.175	0.0113	2.70	0.0042	CUMPLE
Piso 12	D12	case 1 - ICA 2007	0.163	0.0114	2.70	0.0042	CUMPLE
Piso 11	D11	case 1 - ICA 2007	0.152	0.0117	2.70	0.0043	CUMPLE
Piso 10	D10	case 1 - ICA 2007	0.140	0.0122	2.70	0.0045	CUMPLE
Piso 9	D9	case 1 - ICA 2007	0.128	0.0128	2.70	0.0047	CUMPLE
Piso 8	D8	case 1 - ICA 2007	0.115	0.0134	2.70	0.0049	CUMPLE
Piso 7	D7	case 1 - ICA 2007	0.102	0.0139	2.70	0.0051	CUMPLE
Piso 6	D6	case 1 - ICA 2007	0.088	0.0143	2.70	0.0053	CUMPLE
Piso 5	D5	case 1 - ICA 2007	0.074	0.0145	2.70	0.0054	CUMPLE
Piso 4	D4	case 1 - ICA 2007	0.059	0.0144	2.70	0.0053	CUMPLE
Piso 3	D3	case 1 - ICA 2007	0.045	0.0137	2.70	0.0051	CUMPLE
Piso 2	D2	case 1 - ICA 2007	0.031	0.0119	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 1	D1	case 1 - ICA 2007	0.019	0.0191	3.70	0.0052	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.20.** *Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Ica 2007, caso este-oeste*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	case 1 - ICA 2007	0.353	0.0178	2.70	0.0066	CUMPLE
Piso 19	D19	case 1 - ICA 2007	0.335	0.0168	2.70	0.0062	CUMPLE
Piso 18	D18	case 1 - ICA 2007	0.318	0.0173	2.70	0.0064	CUMPLE
Piso 17	D17	case 1 - ICA 2007	0.301	0.0171	2.70	0.0063	CUMPLE
Piso 16	D16	case 1 - ICA 2007	0.284	0.0161	2.70	0.0060	CUMPLE
Piso 15	D15	case 1 - ICA 2007	0.267	0.0150	2.70	0.0056	CUMPLE
Piso 14	D14	case 1 - ICA 2007	0.252	0.0145	2.70	0.0054	CUMPLE
Piso 13	D13	case 1 - ICA 2007	0.238	0.0147	2.70	0.0055	CUMPLE
Piso 12	D12	case 1 - ICA 2007	0.223	0.0155	2.70	0.0057	CUMPLE
Piso 11	D11	case 1 - ICA 2007	0.208	0.0165	2.70	0.0061	CUMPLE
Piso 10	D10	case 1 - ICA 2007	0.191	0.0174	2.70	0.0065	CUMPLE
Piso 9	D9	case 1 - ICA 2007	0.174	0.0185	2.70	0.0069	CUMPLE
Piso 8	D8	case 1 - ICA 2007	0.155	0.0193	2.70	0.0072	NO CUMPLE
Piso 7	D7	case 1 - ICA 2007	0.136	0.0198	2.70	0.0073	NO CUMPLE
Piso 6	D6	case 1 - ICA 2007	0.116	0.0201	2.70	0.0074	NO CUMPLE
Piso 5	D5	case 1 - ICA 2007	0.096	0.0199	2.70	0.0074	NO CUMPLE
Piso 4	D4	case 1 - ICA 2007	0.076	0.0192	2.70	0.0071	NO CUMPLE
Piso 3	D3	case 1 - ICA 2007	0.057	0.0178	2.70	0.0066	CUMPLE
Piso 2	D2	case 1 - ICA 2007	0.039	0.0158	2.70	0.0058	CUMPLE
Piso 1	D1	case 1 - ICA 2007	0.023	0.0233	3.70	0.0063	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.21.** *Distorsión del entrepiso en sentido X-X Ica 2007, caso norte-sur*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E - 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 2 - ICA 2007	0.330	0.0130	2.70	0.0048	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 2 - ICA 2007	0.317	0.0151	2.70	0.0056	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 2 - ICA 2007	0.302	0.0158	2.70	0.0058	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 2 - ICA 2007	0.286	0.0160	2.70	0.0059	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 2 - ICA 2007	0.270	0.0161	2.70	0.0060	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 2 - ICA 2007	0.254	0.0160	2.70	0.0059	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 2 - ICA 2007	0.238	0.0161	2.70	0.0059	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 2 - ICA 2007	0.222	0.0162	2.70	0.0060	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 2 - ICA 2007	0.206	0.0165	2.70	0.0061	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 2 - ICA 2007	0.189	0.0168	2.70	0.0062	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 2 - ICA 2007	0.172	0.0172	2.70	0.0064	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 2 - ICA 2007	0.155	0.0176	2.70	0.0065	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 2 - ICA 2007	0.138	0.0178	2.70	0.0066	CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 2 - ICA 2007	0.120	0.0180	2.70	0.0067	CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 2 - ICA 2007	0.102	0.0179	2.70	0.0066	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 2 - ICA 2007	0.084	0.0176	2.70	0.0065	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 2 - ICA 2007	0.066	0.0169	2.70	0.0062	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 2 - ICA 2007	0.050	0.0156	2.70	0.0058	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 2 - ICA 2007	0.034	0.0132	2.70	0.0049	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 2 - ICA 2007	0.021	0.0207	3.70	0.0056	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.22.** Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Ica 2007, caso norte-sur

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E - 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 2 - ICA 2007	0.243	0.0090	2.70	0.0033	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 2 - ICA 2007	0.234	0.0078	2.70	0.0029	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 2 - ICA 2007	0.226	0.0076	2.70	0.0028	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 2 - ICA 2007	0.219	0.0081	2.70	0.0030	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 2 - ICA 2007	0.211	0.0087	2.70	0.0032	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 2 - ICA 2007	0.202	0.0093	2.70	0.0034	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 2 - ICA 2007	0.193	0.0095	2.70	0.0035	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 2 - ICA 2007	0.183	0.0098	2.70	0.0036	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 2 - ICA 2007	0.173	0.0102	2.70	0.0038	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 2 - ICA 2007	0.163	0.0109	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 2 - ICA 2007	0.152	0.0118	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 2 - ICA 2007	0.141	0.0127	2.70	0.0047	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 2 - ICA 2007	0.128	0.0137	2.70	0.0051	CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 2 - ICA 2007	0.114	0.0146	2.70	0.0054	CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 2 - ICA 2007	0.099	0.0155	2.70	0.0057	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 2 - ICA 2007	0.084	0.0160	2.70	0.0059	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 2 - ICA 2007	0.068	0.0161	2.70	0.0060	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 2 - ICA 2007	0.052	0.0156	2.70	0.0058	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 2 - ICA 2007	0.036	0.0142	2.70	0.0053	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 2 - ICA 2007	0.022	0.0222	3.70	0.0060	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

#### ❖ Análisis tiempo - historia Chimbote 1970

Respecto al sismo ocurrido en la ciudad de Chimbote en 1970, la estructura cumple en varios niveles con la deriva que exige la norma E-030; sin embargo, observamos en las siguientes tablas que hay niveles que están por encima de 7<sup>0</sup>/<sub>00</sub>.

**Tabla 4.23.** *Distorsión del entrepiso en sentido X-X Chimbote 1970, caso este-oeste*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E - 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.455	0.0082	2.70	0.0031	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.447	0.0153	2.70	0.0057	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.432	0.0170	2.70	0.0063	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.415	0.0186	2.70	0.0069	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.396	0.0201	2.70	0.0075	NO CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.376	0.0216	2.70	0.0080	NO CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.355	0.0230	2.70	0.0085	NO CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.332	0.0241	2.70	0.0089	NO CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.307	0.0252	2.70	0.0093	NO CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.282	0.0262	2.70	0.0097	NO CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.256	0.0269	2.70	0.0099	NO CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.229	0.0273	2.70	0.0101	NO CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.202	0.0275	2.70	0.0102	NO CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.174	0.0274	2.70	0.0101	NO CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.147	0.0268	2.70	0.0099	NO CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.120	0.0258	2.70	0.0096	NO CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.094	0.0245	2.70	0.0091	NO CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.070	0.0223	2.70	0.0083	NO CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.048	0.0186	2.70	0.0069	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.029	0.0290	3.70	0.0078	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 4.24.** *Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Chimbote 1970, caso este-oeste*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.338	0.0017	2.70	0.0006	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.336	0.0103	2.70	0.0038	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.326	0.0112	2.70	0.0041	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.315	0.0120	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.303	0.0131	2.70	0.0048	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.290	0.0142	2.70	0.0053	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.276	0.0154	2.70	0.0057	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.260	0.0166	2.70	0.0062	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.244	0.0178	2.70	0.0066	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.226	0.0189	2.70	0.0070	NO CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.207	0.0200	2.70	0.0074	NO CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.187	0.0208	2.70	0.0077	NO CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.166	0.0214	2.70	0.0079	NO CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.145	0.0218	2.70	0.0081	NO CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.123	0.0218	2.70	0.0081	NO CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.101	0.0213	2.70	0.0079	NO CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.080	0.0204	2.70	0.0075	NO CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.059	0.0189	2.70	0.0070	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.041	0.0165	2.70	0.0061	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 1 - CHIMBOTE 1970	0.024	0.0241	3.70	0.0065	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.25.** *Distorsión del entrepiso en sentido X-X Chimbote 1970, caso norte-sur*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E- 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.320	0.0081	2.70	0.0030	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.312	0.0111	2.70	0.0041	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.301	0.0119	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.289	0.0126	2.70	0.0047	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.276	0.0133	2.70	0.0049	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.263	0.0141	2.70	0.0052	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.249	0.0149	2.70	0.0055	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.234	0.0156	2.70	0.0058	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.218	0.0165	2.70	0.0061	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.202	0.0174	2.70	0.0064	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.184	0.0181	2.70	0.0067	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.166	0.0187	2.70	0.0069	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.148	0.0191	2.70	0.0071	NO CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.128	0.0193	2.70	0.0072	NO CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.109	0.0193	2.70	0.0071	NO CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.090	0.0189	2.70	0.0070	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.071	0.0181	2.70	0.0067	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.053	0.0167	2.70	0.0062	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.036	0.0138	2.70	0.0051	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.022	0.0224	3.70	0.0061	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.26.** Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Chimbote 1970, caso norte-sur

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E - 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.243	0.0090	2.70	0.0033	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.234	0.0078	2.70	0.0029	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.226	0.0076	2.70	0.0028	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.219	0.0081	2.70	0.0030	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.211	0.0087	2.70	0.0032	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.202	0.0093	2.70	0.0034	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.193	0.0095	2.70	0.0035	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.183	0.0098	2.70	0.0036	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.173	0.0102	2.70	0.0038	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.163	0.0109	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.152	0.0118	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.141	0.0127	2.70	0.0047	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.128	0.0137	2.70	0.0051	CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.114	0.0146	2.70	0.0054	CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.099	0.0155	2.70	0.0057	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.084	0.0160	2.70	0.0059	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.068	0.0161	2.70	0.0060	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.052	0.0156	2.70	0.0058	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.036	0.0142	2.70	0.0053	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 2 - CHIMBOTE 1970	0.022	0.0222	3.70	0.0060	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

#### ❖ Análisis tiempo - historia Lima 1974

Del estudio realizado con el sismo de Lima 1974, observamos que en ambos sentidos la estructura no llega a una deriva mayor de 8 ‰.

**Tabla 4.27.** Distorsión del entrepiso en sentido X-X Lima 1974, caso este-oeste

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E - 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 1 - LIMA 1974	0.316	0.0069	2.70	0.0026	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 1 - LIMA 1974	0.309	0.0107	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 1 - LIMA 1974	0.299	0.0117	2.70	0.0043	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 1 - LIMA 1974	0.287	0.0128	2.70	0.0047	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 1 - LIMA 1974	0.274	0.0138	2.70	0.0051	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 1 - LIMA 1974	0.260	0.0148	2.70	0.0055	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 1 - LIMA 1974	0.246	0.0158	2.70	0.0058	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 1 - LIMA 1974	0.230	0.0167	2.70	0.0062	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 1 - LIMA 1974	0.213	0.0176	2.70	0.0065	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 1 - LIMA 1974	0.196	0.0183	2.70	0.0068	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 1 - LIMA 1974	0.177	0.0187	2.70	0.0069	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 1 - LIMA 1974	0.159	0.0191	2.70	0.0071	NO CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 1 - LIMA 1974	0.140	0.0192	2.70	0.0071	NO CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 1 - LIMA 1974	0.120	0.0190	2.70	0.0071	NO CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 1 - LIMA 1974	0.101	0.0186	2.70	0.0069	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 1 - LIMA 1974	0.083	0.0179	2.70	0.0066	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 1 - LIMA 1974	0.065	0.0169	2.70	0.0062	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 1 - LIMA 1974	0.048	0.0153	2.70	0.0057	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 1 - LIMA 1974	0.033	0.0128	2.70	0.0047	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 1 - LIMA 1974	0.020	0.0198	3.70	0.0054	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.28.** *Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Lima 1974, caso este-oeste*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 1 - LIMA 1974	0.218	0.0068	2.70	0.0025	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 1 - LIMA 1974	0.212	0.0077	2.70	0.0029	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 1 - LIMA 1974	0.204	0.0083	2.70	0.0031	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 1 - LIMA 1974	0.196	0.0090	2.70	0.0033	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 1 - LIMA 1974	0.187	0.0096	2.70	0.0036	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 1 - LIMA 1974	0.177	0.0103	2.70	0.0038	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 1 - LIMA 1974	0.167	0.0109	2.70	0.0041	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 1 - LIMA 1974	0.156	0.0115	2.70	0.0043	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 1 - LIMA 1974	0.144	0.0118	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 1 - LIMA 1974	0.132	0.0121	2.70	0.0045	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 1 - LIMA 1974	0.120	0.0121	2.70	0.0045	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 1 - LIMA 1974	0.108	0.0099	2.70	0.0037	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 1 - LIMA 1974	0.098	0.0107	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 1 - LIMA 1974	0.088	0.0113	2.70	0.0042	CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 1 - LIMA 1974	0.076	0.0120	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 1 - LIMA 1974	0.064	0.0124	2.70	0.0046	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 1 - LIMA 1974	0.052	0.0124	2.70	0.0046	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 1 - LIMA 1974	0.040	0.0119	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 1 - LIMA 1974	0.028	0.0109	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 1 - LIMA 1974	0.017	0.0169	3.70	0.0046	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.29.** *Distorsión del entrepiso en sentido X-X Lima 1974, caso norte-sur*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E - 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 2 - LIMA 1974	0.204	0.0059	2.70	0.0022	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 2 - LIMA 1974	0.198	0.0073	2.70	0.0027	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 2 - LIMA 1974	0.191	0.0079	2.70	0.0029	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 2 - LIMA 1974	0.183	0.0086	2.70	0.0032	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 2 - LIMA 1974	0.175	0.0092	2.70	0.0034	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 2 - LIMA 1974	0.165	0.0097	2.70	0.0036	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 2 - LIMA 1974	0.156	0.0102	2.70	0.0038	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 2 - LIMA 1974	0.146	0.0106	2.70	0.0039	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 2 - LIMA 1974	0.135	0.0110	2.70	0.0041	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 2 - LIMA 1974	0.124	0.0114	2.70	0.0042	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 2 - LIMA 1974	0.113	0.0116	2.70	0.0043	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 2 - LIMA 1974	0.101	0.0116	2.70	0.0043	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 2 - LIMA 1974	0.089	0.0099	2.70	0.0037	CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 2 - LIMA 1974	0.079	0.0099	2.70	0.0037	CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 2 - LIMA 1974	0.069	0.0106	2.70	0.0039	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 2 - LIMA 1974	0.059	0.0111	2.70	0.0041	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 2 - LIMA 1974	0.048	0.0112	2.70	0.0042	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 2 - LIMA 1974	0.036	0.0109	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 2 - LIMA 1974	0.026	0.0094	2.70	0.0035	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 2 - LIMA 1974	0.016	0.0162	3.70	0.0044	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.30.** Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Lima 1974, caso norte-sur

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E - 030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 2 - LIMA 1974	0.343	0.0070	2.70	0.0026	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 2 - LIMA 1974	0.336	0.0115	2.70	0.0042	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 2 - LIMA 1974	0.324	0.0124	2.70	0.0046	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 2 - LIMA 1974	0.312	0.0135	2.70	0.0050	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 2 - LIMA 1974	0.298	0.0147	2.70	0.0054	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 2 - LIMA 1974	0.284	0.0158	2.70	0.0059	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 2 - LIMA 1974	0.268	0.0170	2.70	0.0063	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 2 - LIMA 1974	0.251	0.0181	2.70	0.0067	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 2 - LIMA 1974	0.233	0.0191	2.70	0.0071	NO CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 2 - LIMA 1974	0.213	0.0200	2.70	0.0074	NO CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 2 - LIMA 1974	0.193	0.0204	2.70	0.0076	NO CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 2 - LIMA 1974	0.173	0.0208	2.70	0.0077	NO CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 2 - LIMA 1974	0.152	0.0210	2.70	0.0078	NO CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 2 - LIMA 1974	0.131	0.0209	2.70	0.0077	NO CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 2 - LIMA 1974	0.110	0.0203	2.70	0.0075	NO CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 2 - LIMA 1974	0.090	0.0195	2.70	0.0072	NO CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 2 - LIMA 1974	0.071	0.0184	2.70	0.0068	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 2 - LIMA 1974	0.052	0.0168	2.70	0.0062	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 2 - LIMA 1974	0.035	0.0145	2.70	0.0054	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 2 - LIMA 1974	0.021	0.0209	3.70	0.0056	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

#### ❖ Análisis tiempo-historia Ocoña 2001

Respecto al análisis con el sismo de Ocoña 2001, verificamos en los siguientes cuadros que se cumple acorde a la normativa E - 030 de diseño sismo resistente.

**Tabla 4.31.** *Distorsión del entrepiso en sentido X-X Ocoña 2001, caso este-oeste*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.226	0.0074	2.70	0.0027	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.219	0.0100	2.70	0.0037	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.209	0.0108	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.198	0.0114	2.70	0.0042	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.186	0.0120	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.174	0.0124	2.70	0.0046	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.162	0.0127	2.70	0.0047	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.149	0.0130	2.70	0.0048	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.136	0.0132	2.70	0.0049	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.123	0.0127	2.70	0.0047	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.110	0.0123	2.70	0.0046	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.098	0.0121	2.70	0.0045	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.086	0.0112	2.70	0.0041	CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.075	0.0112	2.70	0.0042	CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.064	0.0112	2.70	0.0041	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.052	0.0110	2.70	0.0041	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.041	0.0105	2.70	0.0039	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.031	0.0097	2.70	0.0036	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.021	0.0081	2.70	0.0030	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.013	0.0130	3.70	0.0035	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 4.32.** *Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Ocoña 2001, caso este-oeste*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.166	0.0009	2.70	0.0003	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.165	0.0068	2.70	0.0025	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.158	0.0066	2.70	0.0024	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.151	0.0059	2.70	0.0022	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.145	0.0058	2.70	0.0021	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.140	0.0062	2.70	0.0023	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.134	0.0069	2.70	0.0025	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.127	0.0077	2.70	0.0028	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.119	0.0085	2.70	0.0031	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.111	0.0092	2.70	0.0034	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.101	0.0099	2.70	0.0037	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.091	0.0104	2.70	0.0039	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.081	0.0107	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.070	0.0109	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.059	0.0107	2.70	0.0040	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.049	0.0103	2.70	0.0038	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.038	0.0098	2.70	0.0036	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.029	0.0090	2.70	0.0033	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.020	0.0077	2.70	0.0029	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 1 - OCOÑA 2001	0.012	0.0118	3.70	0.0032	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.33.** *Distorsión del entrepiso en sentido X-X Ocoña 2001, caso norte-sur*

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UX (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.148	0.0031	2.70	0.0012	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.145	0.0060	2.70	0.0022	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.139	0.0064	2.70	0.0024	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.132	0.0066	2.70	0.0024	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.126	0.0063	2.70	0.0023	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.119	0.0059	2.70	0.0022	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.114	0.0059	2.70	0.0022	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.108	0.0063	2.70	0.0023	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.101	0.0068	2.70	0.0025	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.095	0.0075	2.70	0.0028	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.087	0.0080	2.70	0.0030	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.079	0.0085	2.70	0.0031	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.071	0.0089	2.70	0.0033	CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.062	0.0091	2.70	0.0034	CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.053	0.0091	2.70	0.0034	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.043	0.0090	2.70	0.0033	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.034	0.0087	2.70	0.0032	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.026	0.0077	2.70	0.0029	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.018	0.0065	2.70	0.0024	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.012	0.0115	3.70	0.0031	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.34.** Distorsión del entrepiso en sentido Y-Y Ocoña 2001, caso norte-sur

Story	Diaf.	Load Case/Combo	UY (m)	D. Relativo (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
Piso 20	D20	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.250	0.0057	2.70	0.0021	CUMPLE
Piso 19	D19	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.244	0.0116	2.70	0.0043	CUMPLE
Piso 18	D18	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.233	0.0125	2.70	0.0046	CUMPLE
Piso 17	D17	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.220	0.0134	2.70	0.0050	CUMPLE
Piso 16	D16	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.207	0.0143	2.70	0.0053	CUMPLE
Piso 15	D15	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.192	0.0150	2.70	0.0055	CUMPLE
Piso 14	D14	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.177	0.0155	2.70	0.0057	CUMPLE
Piso 13	D13	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.162	0.0153	2.70	0.0057	CUMPLE
Piso 12	D12	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.147	0.0138	2.70	0.0051	CUMPLE
Piso 11	D11	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.133	0.0137	2.70	0.0051	CUMPLE
Piso 10	D10	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.119	0.0134	2.70	0.0050	CUMPLE
Piso 9	D9	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.106	0.0126	2.70	0.0047	CUMPLE
Piso 8	D8	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.093	0.0124	2.70	0.0046	CUMPLE
Piso 7	D7	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.081	0.0124	2.70	0.0046	CUMPLE
Piso 6	D6	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.068	0.0122	2.70	0.0045	CUMPLE
Piso 5	D5	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.056	0.0119	2.70	0.0044	CUMPLE
Piso 4	D4	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.044	0.0113	2.70	0.0042	CUMPLE
Piso 3	D3	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.033	0.0104	2.70	0.0039	CUMPLE
Piso 2	D2	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.022	0.0091	2.70	0.0034	CUMPLE
Piso 1	D1	CASE 2 - OCOÑA 2001	0.013	0.0133	3.70	0.0036	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

### Sismo de diseño

De los sucesivos cuadros se aprecia el resumen de los 5 análisis sismos que se ha considerado para la estructura con las máximas derivas:

**Tabla 4.35.** Resumen de distorsión del entrepiso en la dirección X-X

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X										
NIVEL	LIMA 1966		ICA 2007		CHIMBOTE 1970		LIMA 1974		OCOÑA 2001	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
Piso 20	0.0050	0.0051	0.0029	0.0048	0.0031	0.0030	0.0026	0.0022	0.0027	0.0012
Piso 19	0.0084	0.0081	0.0032	0.0056	0.0057	0.0041	0.0040	0.0027	0.0037	0.0022
Piso 18	0.0093	0.0089	0.0033	0.0058	0.0063	0.0044	0.0043	0.0029	0.0040	0.0024
Piso 17	0.0087	0.0098	0.0036	0.0059	0.0069	0.0047	0.0047	0.0032	0.0042	0.0024
Piso 16	0.0088	0.0106	0.0038	0.0060	0.0075	0.0049	0.0051	0.0034	0.0044	0.0023
Piso 15	0.0092	0.0114	0.0040	0.0059	0.0080	0.0052	0.0055	0.0036	0.0046	0.0022
Piso 14	0.0096	0.0121	0.0041	0.0059	0.0085	0.0055	0.0058	0.0038	0.0047	0.0022
Piso 13	0.0098	0.0128	0.0042	0.0060	0.0089	0.0058	0.0062	0.0039	0.0048	0.0023
Piso 12	0.0100	0.0133	0.0042	0.0061	0.0093	0.0061	0.0065	0.0041	0.0049	0.0025
Piso 11	0.0101	0.0137	0.0043	0.0062	0.0097	0.0064	0.0068	0.0042	0.0047	0.0028
Piso 10	0.0100	0.0140	0.0045	0.0064	0.0099	0.0067	0.0069	0.0043	0.0046	0.0030
Piso 9	0.0085	0.0141	0.0047	0.0065	0.0101	0.0069	0.0071	0.0043	0.0045	0.0031
Piso 8	0.0081	0.0141	0.0049	0.0066	0.0102	0.0071	0.0071	0.0037	0.0041	0.0033
Piso 7	0.0083	0.0139	0.0051	0.0067	0.0101	0.0072	0.0071	0.0037	0.0042	0.0034
Piso 6	0.0084	0.0134	0.0053	0.0066	0.0099	0.0071	0.0069	0.0039	0.0041	0.0034
Piso 5	0.0083	0.0127	0.0054	0.0065	0.0096	0.0070	0.0066	0.0041	0.0041	0.0033
Piso 4	0.0082	0.0119	0.0053	0.0062	0.0091	0.0067	0.0062	0.0042	0.0039	0.0032
Piso 3	0.0077	0.0108	0.0051	0.0058	0.0083	0.0062	0.0057	0.0040	0.0036	0.0029
Piso 2	0.0065	0.0089	0.0044	0.0049	0.0069	0.0051	0.0047	0.0035	0.0030	0.0024
Piso 1	0.0082	0.0101	0.0052	0.0056	0.0078	0.0061	0.0054	0.0044	0.0035	0.0031
Max	0.0101	0.0141	0.0054	0.0067	0.0102	0.0072	0.0071	0.0044	0.0049	0.0034

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.36.** Resumen de distorsión del entrepiso en la dirección Y-Y

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y										
NIVEL	LIMA 1966		ICA 2007		CHIMBOTE 1970		LIMA 1974		OCOÑA 2001	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
Piso 20	0.0038	0.0059	0.0066	0.0033	0.0006	0.0033	0.0025	0.0026	0.0003	0.0021
Piso 19	0.0088	0.0113	0.0062	0.0029	0.0038	0.0029	0.0029	0.0042	0.0025	0.0043
Piso 18	0.0095	0.0121	0.0064	0.0028	0.0041	0.0028	0.0031	0.0046	0.0024	0.0046
Piso 17	0.0104	0.0128	0.0063	0.0030	0.0044	0.0030	0.0033	0.0050	0.0022	0.0050
Piso 16	0.0112	0.0133	0.0060	0.0032	0.0048	0.0032	0.0036	0.0054	0.0021	0.0053
Piso 15	0.0121	0.0136	0.0056	0.0034	0.0053	0.0034	0.0038	0.0059	0.0023	0.0055
Piso 14	0.0130	0.0126	0.0054	0.0035	0.0057	0.0035	0.0041	0.0063	0.0025	0.0057
Piso 13	0.0138	0.0112	0.0055	0.0036	0.0062	0.0036	0.0043	0.0067	0.0028	0.0057
Piso 12	0.0144	0.0101	0.0057	0.0038	0.0066	0.0038	0.0044	0.0071	0.0031	0.0051
Piso 11	0.0149	0.0094	0.0061	0.0040	0.0070	0.0040	0.0045	0.0074	0.0034	0.0051
Piso 10	0.0153	0.0092	0.0065	0.0044	0.0074	0.0044	0.0045	0.0076	0.0037	0.0050
Piso 9	0.0155	0.0093	0.0069	0.0047	0.0077	0.0047	0.0037	0.0077	0.0039	0.0047
Piso 8	0.0156	0.0090	0.0072	0.0051	0.0079	0.0051	0.0040	0.0078	0.0040	0.0046
Piso 7	0.0154	0.0094	0.0073	0.0054	0.0081	0.0054	0.0042	0.0077	0.0040	0.0046
Piso 6	0.0148	0.0092	0.0074	0.0057	0.0081	0.0057	0.0044	0.0075	0.0040	0.0045
Piso 5	0.0142	0.0093	0.0074	0.0059	0.0079	0.0059	0.0046	0.0072	0.0038	0.0044
Piso 4	0.0133	0.0092	0.0071	0.0060	0.0075	0.0060	0.0046	0.0068	0.0036	0.0042
Piso 3	0.0121	0.0086	0.0066	0.0058	0.0070	0.0058	0.0044	0.0062	0.0033	0.0039
Piso 2	0.0103	0.0077	0.0058	0.0053	0.0061	0.0053	0.0040	0.0054	0.0029	0.0034
Piso 1	0.0108	0.0088	0.0063	0.0060	0.0065	0.0060	0.0046	0.0056	0.0032	0.0036
Max	0.0156	0.0136	0.0074	0.0060	0.0081	0.0060	0.0046	0.0078	0.0040	0.0057

Fuente: Elaboración propia

Escogemos el sismo de diseño dividimos las derivas obtenidas del análisis tiempo - historia entre las derivas que se obtuvo en el análisis considerando  $R=1$ , se va obtener la (tabla 4.37.) y la (tabla 4.38.), donde observamos los resultados en porcentaje.

**Tabla 4.37.** Resumen de distorsión del entrepiso tiempo-historia con respecto a las derivas con  $R=1$  en la dirección X-X

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X										
NIVEL	LIMA 1966		ICA 2007		CHIMBOTE 1970		LIMA 1974		OCOÑA 2001	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
Piso 20	73.05%	75.09%	42.82%	71.03%	44.92%	43.85%	37.62%	31.97%	40.14%	17.11%
Piso 19	213.70%	205.60%	80.03%	141.55%	143.91%	104.41%	100.08%	68.50%	93.40%	56.16%
Piso 18	165.51%	158.91%	59.53%	103.83%	111.64%	78.46%	77.11%	52.32%	71.01%	42.08%
Piso 17	160.35%	180.74%	65.71%	109.80%	127.14%	86.64%	87.46%	58.78%	78.44%	44.99%
Piso 16	159.93%	192.54%	68.28%	108.34%	135.42%	89.57%	92.85%	61.88%	80.51%	42.34%
Piso 15	136.11%	167.87%	58.43%	87.17%	117.95%	76.71%	80.51%	52.87%	67.42%	32.13%
Piso 14	147.46%	187.19%	63.56%	91.66%	131.39%	85.15%	90.14%	57.99%	72.66%	33.76%
Piso 13	150.50%	197.04%	64.45%	92.33%	137.50%	88.65%	95.38%	60.44%	74.28%	36.03%
Piso 12	132.00%	175.82%	56.08%	80.68%	123.71%	80.87%	86.28%	54.01%	64.91%	33.53%
Piso 11	139.32%	189.75%	60.10%	86.08%	134.10%	89.01%	93.61%	58.29%	64.96%	38.24%
Piso 10	139.49%	194.64%	62.93%	88.51%	138.37%	93.34%	96.48%	59.78%	63.52%	41.13%
Piso 9	106.26%	177.24%	59.42%	81.73%	126.99%	87.07%	88.57%	54.07%	56.19%	39.48%
Piso 8	106.13%	184.77%	64.95%	86.58%	133.63%	92.92%	93.15%	48.32%	54.25%	43.15%
Piso 7	111.66%	187.29%	69.57%	89.95%	136.91%	96.71%	95.30%	49.79%	56.17%	45.53%
Piso 6	105.57%	166.97%	66.23%	82.82%	124.23%	89.20%	86.28%	49.16%	51.82%	42.32%
Piso 5	110.95%	170.76%	72.07%	87.39%	128.29%	93.86%	89.06%	55.05%	54.54%	44.84%
Piso 4	115.24%	168.29%	74.99%	88.03%	127.72%	94.67%	87.99%	58.67%	54.92%	45.45%
Piso 3	113.23%	158.25%	74.32%	84.90%	121.39%	90.70%	83.47%	59.04%	52.70%	42.14%
Piso 2	109.74%	149.89%	74.15%	82.31%	116.35%	86.57%	79.98%	58.97%	50.97%	40.46%
Piso 1	113.94%	140.19%	71.98%	78.04%	109.22%	84.21%	74.62%	61.00%	48.95%	43.39%
Max	125.79%	176.51%	67.07%	83.20%	127.30%	89.44%	88.74%	54.78%	61.30%	42.32%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.38.** Resumen de distorsión del entrepiso tiempo-historia con respecto a las derivas con  $R=1$  en la dirección Y-Y

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y										
NIVEL	LIMA 1966		ICA 2007		CHIMBOTE 1970		LIMA 1974		OCOÑA 2001	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
Piso 20	80.58%	125.58%	139.72%	70.58%	13.46%	70.58%	53.42%	54.56%	7.24%	44.39%
Piso 19	168.62%	217.44%	119.94%	55.86%	73.24%	55.86%	54.88%	81.65%	48.31%	82.61%
Piso 18	172.56%	219.79%	115.81%	50.65%	74.82%	50.65%	55.77%	83.48%	44.16%	84.01%
Piso 17	176.97%	219.20%	108.21%	51.06%	75.93%	51.06%	56.74%	85.62%	37.66%	84.99%
Piso 16	181.49%	215.54%	96.69%	52.37%	78.20%	52.37%	57.67%	87.87%	34.48%	85.37%
Piso 15	187.81%	210.28%	86.28%	53.18%	81.64%	53.18%	59.15%	91.06%	35.53%	85.98%
Piso 14	193.62%	188.26%	79.95%	52.62%	85.20%	52.62%	60.50%	94.07%	37.92%	85.81%
Piso 13	198.19%	161.21%	78.63%	52.00%	88.59%	52.00%	61.53%	96.56%	40.97%	81.52%
Piso 12	202.43%	142.00%	80.48%	53.02%	92.55%	53.02%	61.29%	99.33%	43.94%	71.86%
Piso 11	203.89%	129.13%	83.78%	55.35%	96.07%	55.35%	61.42%	101.28%	46.86%	69.50%
Piso 10	204.80%	122.57%	86.47%	58.29%	98.91%	58.29%	59.77%	101.34%	49.15%	66.67%
Piso 9	205.40%	122.38%	90.62%	62.19%	101.84%	62.19%	48.29%	101.91%	51.01%	61.90%
Piso 8	204.09%	118.39%	93.83%	66.45%	103.95%	66.45%	51.85%	101.85%	52.08%	59.98%
Piso 7	199.54%	121.90%	95.17%	70.31%	104.46%	70.31%	54.13%	100.21%	52.14%	59.29%
Piso 6	196.69%	122.65%	98.75%	75.98%	106.93%	75.98%	58.77%	99.93%	52.66%	60.17%
Piso 5	191.04%	125.61%	99.25%	79.72%	106.31%	79.72%	61.65%	97.21%	51.56%	59.39%
Piso 4	185.90%	128.31%	99.39%	83.29%	105.60%	83.29%	64.22%	95.23%	50.62%	58.65%
Piso 3	180.41%	128.12%	98.75%	86.19%	104.49%	86.19%	66.18%	93.04%	49.83%	57.73%
Piso 2	173.30%	129.32%	97.90%	88.11%	102.66%	88.11%	67.42%	90.04%	47.78%	56.67%
Piso 1	153.22%	124.77%	89.39%	85.24%	92.42%	85.24%	64.94%	80.03%	45.39%	51.18%
Max	201.87%	175.61%	96.43%	77.80%	104.46%	77.80%	59.49%	100.74%	52.14%	74.46%

Fuente: Elaboración propia

Escogimos el sismo de Lima 1974, ya que es el que más se asemeja a las derivas conseguidas con el análisis estimando  $R=1$ , a diferencia de Lima 1966 donde los resultados se duplican, en el otro extremo se tiene a Ocoña 2001 donde las derivas son muy pequeñas y están por debajo de las derivas con  $R=1$ .

Evaluamos las propiedades estructurales con el sismo de Lima 1974 en las siguientes tablas:

**Tabla 4.39.** Propiedades estructurales sin dispositivos de disipación en la dirección X-X

Propiedades estructurales sin disipador								
Nivel	Sismo	Desplazamiento UX (m)	Derivas elástica (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Norma E - 030 $\leq 0.007$	Fuerza cortante (tonf)	Momento de volteo (tonf-m)
Piso 20	LIMA 1974	0.316	0.0069	2.70	0.0026	PASA	574.75	3724.34
Piso 19	LIMA 1974	0.309	0.0107	2.70	0.0040	PASA	882.11	7257.85
Piso 18	LIMA 1974	0.299	0.0117	2.70	0.0043	PASA	1134.15	11351.06
Piso 17	LIMA 1974	0.287	0.0128	2.70	0.0047	PASA	1328.81	15540.07
Piso 16	LIMA 1974	0.274	0.0138	2.70	0.0051	PASA	1485.52	19440.74
Piso 15	LIMA 1974	0.260	0.0148	2.70	0.0055	PASA	1597.66	23004.50
Piso 14	LIMA 1974	0.246	0.0158	2.70	0.0058	PASA	1708.31	27163.10
Piso 13	LIMA 1974	0.230	0.0167	2.70	0.0062	PASA	1850.95	31745.85
Piso 12	LIMA 1974	0.213	0.0176	2.70	0.0065	PASA	1971.54	36070.84
Piso 11	LIMA 1974	0.196	0.0183	2.70	0.0068	PASA	2073.21	40037.71
Piso 10	LIMA 1974	0.177	0.0187	2.70	0.0069	PASA	2163.28	43832.85
Piso 9	LIMA 1974	0.159	0.0191	2.70	0.0071	NO PASA	2233.68	47274.83
Piso 8	LIMA 1974	0.140	0.0192	2.70	0.0071	NO PASA	2335.74	50210.23
Piso 7	LIMA 1974	0.120	0.0190	2.70	0.0071	NO PASA	2419.86	52896.16
Piso 6	LIMA 1974	0.101	0.0186	2.70	0.0069	PASA	2492.39	55149.59
Piso 5	LIMA 1974	0.083	0.0179	2.70	0.0066	PASA	2550.57	57001.48
Piso 4	LIMA 1974	0.065	0.0169	2.70	0.0062	PASA	2597.87	58530.42
Piso 3	LIMA 1974	0.048	0.0153	2.70	0.0057	PASA	2710.89	62207.76
Piso 2	LIMA 1974	0.033	0.0128	2.70	0.0047	PASA	2840.26	67858.17
Piso 1	LIMA 1974	0.020	0.0198	3.70	0.0054	PASA	2929.88	75882.54

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 4.40.** *Propiedades estructurales sin dispositivos de disipación en la dirección Y-Y*

Propiedades estructurales sin disipador								
Nivel	Sismo	Desplazamiento UY (m)	Derivas elástica (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Norma E-030 $\leq 0.007$	Fuerza cortante (tonf)	Momento de volteo (tonf-m)
Piso 20	LIMA 1974	0.343	0.0070	2.70	0.0026	PASA	619.51	3601.91
Piso 19	LIMA 1974	0.336	0.0115	2.70	0.0042	PASA	916.05	6466.94
Piso 18	LIMA 1974	0.324	0.0124	2.70	0.0046	PASA	1173.23	9785.67
Piso 17	LIMA 1974	0.312	0.0135	2.70	0.0050	PASA	1411.93	13319.98
Piso 16	LIMA 1974	0.298	0.0147	2.70	0.0054	PASA	1606.18	16847.67
Piso 15	LIMA 1974	0.284	0.0158	2.70	0.0059	PASA	1772.69	20168.68
Piso 14	LIMA 1974	0.268	0.0170	2.70	0.0063	PASA	1897.05	23989.17
Piso 13	LIMA 1974	0.251	0.0181	2.70	0.0067	PASA	1974.67	28106.06
Piso 12	LIMA 1974	0.233	0.0191	2.70	0.0071	NO PASA	2121.00	32071.47
Piso 11	LIMA 1974	0.213	0.0200	2.70	0.0074	NO PASA	2325.71	35785.63
Piso 10	LIMA 1974	0.193	0.0204	2.70	0.0076	NO PASA	2447.62	39165.09
Piso 9	LIMA 1974	0.173	0.0208	2.70	0.0077	NO PASA	2478.26	42145.78
Piso 8	LIMA 1974	0.152	0.0210	2.70	0.0078	NO PASA	2456.88	44801.08
Piso 7	LIMA 1974	0.131	0.0209	2.70	0.0077	NO PASA	2552.50	47230.15
Piso 6	LIMA 1974	0.110	0.0203	2.70	0.0075	NO PASA	2630.95	49195.10
Piso 5	LIMA 1974	0.090	0.0195	2.70	0.0072	NO PASA	2698.19	50712.18
Piso 4	LIMA 1974	0.071	0.0184	2.70	0.0068	PASA	2755.94	55170.92
Piso 3	LIMA 1974	0.052	0.0168	2.70	0.0062	PASA	2834.19	60980.25
Piso 2	LIMA 1974	0.035	0.0145	2.70	0.0054	PASA	2988.05	67147.53
Piso 1	LIMA 1974	0.021	0.0209	3.70	0.0056	PASA	3100.88	75726.52

Fuente: Elaboración propia

De los resultados derivados se aprecia que con un análisis lineal se obtuvo un desplazamiento de 0.07 m en la dirección X-X en el nivel 20, mientras que con análisis no lineal con el sismo de Lima 1974 se obtuvo un desplazamiento de 0.32 m en la misma dirección, similar a un análisis considerando  $R=1.00$  donde se obtiene un desplazamiento de 0.37 m, si bien es cierto que las derivas en un análisis no lineal realizado a la estructura no incrementan de forma significativa, no ocurre lo mismo respecto a los desplazamientos donde se llega hasta un 457.14% el valor de un análisis lineal; respecto a la fuerza de corte del primer piso en la dirección Y-Y con relación al análisis lineal se obtuvo un valor de 755.13 tonf, a comparación del análisis tiempo- historia donde se tiene una fuerza cortante de 3100.88 tonf en la misma dirección.

### **Incorporación de disipadores de fluido viscoso en la estructura**

#### **❖ Deriva objetivo**

El nivel de desempeño deseable en la estructura cumpla con la función de resguardo de vida (ver tabla 2.3.), después de una acción sísmica raro con una posibilidad de excedencia del 10% para 50 años (ver tabla 2.4.), ya que es una estructura básica (ver tabla 2.2.). De acuerdo a la metodología Hazus 2010, estructuras de concreto armado de muros estructurales de tipo C2H (ver anexo 9), para un nivel de desempeño de resguardo de vida se consideró un estado de daño moderado (ver anexo 10), teniendo como deriva objetiva 4.2 %.

Si se observa en la (tabla 4.41.) y la (tabla 4.42.), que la estructura no cumple con las derivas que pide la metodología Hazus 2010, para lo cual se dispone de la colocación de mecanismos de disipación de energía.

**Tabla 4.41.** Control de derivas según norma Hazus 2010 en la dirección X-X

Control de derivas				
Nivel	Sismo en (X-X)	Derivas Inelásticas	Norma E-030 $\leq 0.007$	Hazus 2010 $\leq 0.0042$
Piso 20	CASO 1 - LIMA 1974	0.0026	PASA	PASA
Piso 19	CASO 1 - LIMA 1974	0.0040	PASA	PASA
Piso 18	CASO 1 - LIMA 1974	0.0043	PASA	NO PASA
Piso 17	CASO 1 - LIMA 1974	0.0047	PASA	NO PASA
Piso 16	CASO 1 - LIMA 1974	0.0051	PASA	NO PASA
Piso 15	CASO 1 - LIMA 1974	0.0055	PASA	NO PASA
Piso 14	CASO 1 - LIMA 1974	0.0058	PASA	NO PASA
Piso 13	CASO 1 - LIMA 1974	0.0062	PASA	NO PASA
Piso 12	CASO 1 - LIMA 1974	0.0065	PASA	NO PASA
Piso 11	CASO 1 - LIMA 1974	0.0068	PASA	NO PASA
Piso 10	CASO 1 - LIMA 1974	0.0069	PASA	NO PASA
Piso 9	CASO 1 - LIMA 1974	0.0071	NO PASA	NO PASA
Piso 8	CASO 1 - LIMA 1974	0.0071	NO PASA	NO PASA
Piso 7	CASO 1 - LIMA 1974	0.0071	NO PASA	NO PASA
Piso 6	CASO 1 - LIMA 1974	0.0069	PASA	NO PASA
Piso 5	CASO 1 - LIMA 1974	0.0066	PASA	NO PASA
Piso 4	CASO 1 - LIMA 1974	0.0062	PASA	NO PASA
Piso 3	CASO 1 - LIMA 1974	0.0057	PASA	NO PASA
Piso 2	CASO 1 - LIMA 1974	0.0047	PASA	NO PASA
Piso 1	CASO 1 - LIMA 1974	0.0054	PASA	NO PASA

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.42.** Control de derivas según norma Hazus 2010 en la dirección Y-Y

Control de derivas				
Nivel	Sismo en (Y-Y)	Derivas Inelásticas	Norma E-030 $\leq 0.007$	Hazus 2010 $\leq 0.0042$
Piso 20	CASO 2 - LIMA 1974	0.0026	PASA	PASA
Piso 19	CASO 2 - LIMA 1974	0.0042	PASA	NO PASA
Piso 18	CASO 2 - LIMA 1974	0.0046	PASA	NO PASA
Piso 17	CASO 2 - LIMA 1974	0.0050	PASA	NO PASA
Piso 16	CASO 2 - LIMA 1974	0.0054	PASA	NO PASA
Piso 15	CASO 2 - LIMA 1974	0.0059	PASA	NO PASA
Piso 14	CASO 2 - LIMA 1974	0.0063	PASA	NO PASA
Piso 13	CASO 2 - LIMA 1974	0.0067	PASA	NO PASA
Piso 12	CASO 2 - LIMA 1974	0.0071	NO PASA	NO PASA
Piso 11	CASO 2 - LIMA 1974	0.0074	NO PASA	NO PASA
Piso 10	CASO 2 - LIMA 1974	0.0076	NO PASA	NO PASA
Piso 9	CASO 2 - LIMA 1974	0.0077	NO PASA	NO PASA
Piso 8	CASO 2 - LIMA 1974	0.0078	NO PASA	NO PASA
Piso 7	CASO 2 - LIMA 1974	0.0077	NO PASA	NO PASA
Piso 6	CASO 2 - LIMA 1974	0.0075	NO PASA	NO PASA
Piso 5	CASO 2 - LIMA 1974	0.0072	NO PASA	NO PASA
Piso 4	CASO 2 - LIMA 1974	0.0068	PASA	NO PASA
Piso 3	CASO 2 - LIMA 1974	0.0062	PASA	NO PASA
Piso 2	CASO 2 - LIMA 1974	0.0054	PASA	NO PASA
Piso 1	CASO 2 - LIMA 1974	0.0056	PASA	NO PASA

Fuente: Elaboración propia

El factor de reducción sísmica para cada dirección calculamos con las siguientes ecuaciones:

$$B_{X,Y} = \frac{Deriva_{maxX,Y}}{Deriva_{Objetivo}} \quad \text{Ecuación (4.7.)}$$

$$B_{X,Y} = \frac{2.31-0.41\ln(B_0)}{2.31-0.41\ln(B_{efX,Y})} \quad \text{Ecuación (4.8.)}$$

Donde:

$B_0$  : Amortiguamiento de 5%.

$B_{efX,Y}$  : Amortiguamiento efectivo para cada dirección.

Consiguientemente de la (ecuación 4.7.):

$$B_X = \frac{0.0071}{0.0042} = 1.69; \quad B_Y = \frac{0.0078}{0.0042} = 1.85$$

De la (ecuación 4.8.):

$$1.69 = \frac{2.31-0.41\ln(5)}{2.31-0.41\ln(B_{efX})} \rightarrow (B_{efX}) = 25.86\%;$$

$$1.85 = \frac{2.31-0.41\ln(5)}{2.31-0.41\ln(B_{efY})} \rightarrow (B_{efY}) = 31.77\%$$

Para hallar el amortiguamiento viscoso ( $B_H$ ) se resta el 5% de amortiguamiento inherente de la estructura al amortiguamiento efectivo:

$$B_{HX,Y} = B_{efX,Y} - 5\% \quad \text{Ecuación (4.9.)}$$

De la (ecuación 4.9.) se tiene:

$$B_{HX} = 25.86\% - 5\% = 20.86\%$$

$$B_{HY} = 31.77\% - 5\% = 26.77\%$$

#### ❖ Rigidez del brazo metálico

Para el cálculo de la rigidez del brazo donde va ir incorporado el disipador de fluido viscoso tomamos la (ecuación 2.11.) del capítulo II para lo cual se ha

considerado los valores de las propiedades del acero del manual Steel Construction (ver anexo 11).

$$E = 29000 \text{ Ksi} = 20.4 * 10^6 \text{ tonf/m}^2$$

$$A_x = 21.50 \text{ in}^2 = 0.0139 \text{ m}^2$$

$L = 3.48 \text{ m}$  , se ha considerado una configuración doble diagonal

$$K_x = \frac{AE}{L} = \frac{(20.4 * 10^6)(0.0139)}{3.48} = 81247 \text{ tonf/m}$$

#### ❖ Coeficiente de amortiguamiento

Antes de calcular coeficiente de amortiguamiento se procedió a calcular la amplitud (ecuación 4.10.):

$$A = \frac{10 * g * \Gamma * S_a * T}{4 * B_{mD} * \pi^2} \quad \text{Ecuación (4.10.)}$$

Para lo cual:

$A$  : Amplitud del desplazamiento.

$g$  : Aceleración de la gravedad.

$\Gamma$  : Factor de participación del modo fundamental de vibración.

$S_a$  : Aceleración espectral del sismo de diseño.

$T$  : Periodo del modo predominante de la dirección de análisis.

$B_{mD}$  : Coeficiente de amortiguamiento.

Calculamos la amplitud para la dirección X-X:

$$A_x = \frac{10 * 980 * 1.88 * 0.45 * 1.964}{4 * 1.20 * \pi^2} = 344.66 \text{ mm}$$

Con la (ecuación 2.10.) se calcula el coeficiente de amortiguamiento del disipador  $\sum C_j = \frac{\beta_H 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$ , para lo cual se tomó los valores de la (tabla 2.1.), considerando  $\alpha = 0.50$  y  $\lambda = 3.50$ , calculamos para X-X:

$$\sum C_j = \frac{(0.10)(2\pi * 0.345^{1-0.5})(3.20^{2-0.5})(343.40)}{(3.5)(0.059)} = 3517.70 \text{ tonf.s/m}$$

Se realizó el mismo cálculo para la dirección Y-Y, en la (tabla 4.43.) se muestra los valores del coeficiente de amortiguamiento respecto al amortiguamiento viscoso:

**Tabla 4.43.** Coeficiente de amortiguamiento respecto al amortiguamiento viscoso

$B_H$	$C_{jX}$ (tonf.s/m)	$C_{jY}$ (tonf.s/m)	Numero de disipadores	$C_{jX}$ Por cada dispositivo (tonf.s/m)	$C_{jY}$ Por cada dispositivo (tonf.s/m)
20.86 %	7337.92	-	4	1835.00	-
26.77%	-	18254.61	4	-	4564.00
20%	7035.40	-	6	1173.00	-
20%	-	13638.11	10	-	1364.00
15%	5276.55	-	5	1056.00	-
15%	-	10228.58	8	-	1279.00
10%	3517.70	-	4	880.00	-
10%	-	6819.05	6	-	1137.00

Fuente: Elaboración propia

Para corroborar las propiedades estructurales de la edificación con disipadores se empezó con un amortiguamiento viscoso ( $B_H$ ) del 10%, se ha considerado en cada nivel desde el segundo piso, 4 disipadores en el sentido X-X y 6 disipadores en el sentido Y-Y, con lo cual conseguimos los siguientes resultados:

**Tabla 4.44.** Propiedades estructurales con dispositivos de disipación en la dirección X-X

Propiedades estructurales con disipador								
Nivel	Sismo	Desplazamiento UX (m)	Derivas elástica (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Norma E-030 ≤ 0.007	Fuerza cortante (tonf)	Momento de volteo (tonf-m)
Piso 20	LIMA 1974	0.145	0.0055	2.70	0.0020	PASA	409.05	2116.07
Piso 19	LIMA 1974	0.139	0.0058	2.70	0.0022	PASA	556.16	2663.25
Piso 18	LIMA 1974	0.133	0.0062	2.70	0.0023	PASA	698.47	3905.93
Piso 17	LIMA 1974	0.127	0.0066	2.70	0.0025	PASA	802.44	5212.26
Piso 16	LIMA 1974	0.121	0.0070	2.70	0.0026	PASA	915.81	6677.41
Piso 15	LIMA 1974	0.114	0.0073	2.70	0.0027	PASA	1025.21	8288.40
Piso 14	LIMA 1974	0.106	0.0076	2.70	0.0028	PASA	1122.22	10014.55
Piso 13	LIMA 1974	0.099	0.0079	2.70	0.0029	PASA	1207.57	11940.07
Piso 12	LIMA 1974	0.091	0.0081	2.70	0.0030	PASA	1282.83	14063.81
Piso 11	LIMA 1974	0.083	0.0082	2.70	0.0031	PASA	1345.54	16352.26
Piso 10	LIMA 1974	0.074	0.0075	2.70	0.0028	PASA	1403.07	18791.50
Piso 9	LIMA 1974	0.067	0.0073	2.70	0.0027	PASA	1454.94	21355.10
Piso 8	LIMA 1974	0.060	0.0076	2.70	0.0028	PASA	1501.35	24008.92
Piso 7	LIMA 1974	0.052	0.0077	2.70	0.0028	PASA	1544.31	26716.67
Piso 6	LIMA 1974	0.044	0.0077	2.70	0.0028	PASA	1585.29	29444.17
Piso 5	LIMA 1974	0.037	0.0067	2.70	0.0025	PASA	1625.80	32164.23
Piso 4	LIMA 1974	0.030	0.0068	2.70	0.0025	PASA	1668.14	34861.43
Piso 3	LIMA 1974	0.023	0.0067	2.70	0.0025	PASA	1709.18	37522.14
Piso 2	LIMA 1974	0.016	0.0061	2.70	0.0023	PASA	1758.38	40386.73
Piso 1	LIMA 1974	0.010	0.0103	3.70	0.0028	PASA	1604.35	43274.46

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 4.45.** Propiedades estructurales con dispositivos de disipación en la dirección Y-Y

Propiedades estructurales con disipador								
Nivel	Sismo	Desplazamiento UY (m)	Derivas elástica (m)	Altura entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Norma E - 030 $\leq 0.007$	Fuerza cortante (tonf)	Momento de volteo (tonf-m)
Piso 20	LIMA 1974	0.099	0.0061	2.70	0.0023	PASA	354.01	183.46
Piso 19	LIMA 1974	0.093	0.0032	2.70	0.0012	PASA	414.25	699.70
Piso 18	LIMA 1974	0.090	0.0034	2.70	0.0013	PASA	472.55	1144.58
Piso 17	LIMA 1974	0.086	0.0037	2.70	0.0014	PASA	533.98	3439.52
Piso 16	LIMA 1974	0.083	0.0040	2.70	0.0015	PASA	587.27	5988.47
Piso 15	LIMA 1974	0.079	0.0043	2.70	0.0016	PASA	635.33	8618.39
Piso 14	LIMA 1974	0.075	0.0046	2.70	0.0017	PASA	717.53	11139.21
Piso 13	LIMA 1974	0.070	0.0049	2.70	0.0018	PASA	818.29	13301.60
Piso 12	LIMA 1974	0.065	0.0051	2.70	0.0019	PASA	906.26	14931.53
Piso 11	LIMA 1974	0.060	0.0052	2.70	0.0019	PASA	978.51	15892.81
Piso 10	LIMA 1974	0.055	0.0055	2.70	0.0020	PASA	1095.92	16074.05
Piso 9	LIMA 1974	0.049	0.0056	2.70	0.0021	PASA	1212.12	15518.96
Piso 8	LIMA 1974	0.044	0.0058	2.70	0.0021	PASA	1334.59	14283.36
Piso 7	LIMA 1974	0.038	0.0056	2.70	0.0021	PASA	1442.25	12519.26
Piso 6	LIMA 1974	0.032	0.0056	2.70	0.0021	PASA	1562.43	12547.15
Piso 5	LIMA 1974	0.027	0.0055	2.70	0.0020	PASA	1693.95	14665.41
Piso 4	LIMA 1974	0.021	0.0045	2.70	0.0017	PASA	1810.51	16962.97
Piso 3	LIMA 1974	0.017	0.0045	2.70	0.0017	PASA	1900.50	19388.92
Piso 2	LIMA 1974	0.012	0.0044	2.70	0.0016	PASA	1947.18	21802.35
Piso 1	LIMA 1974	0.008	0.0076	3.70	0.0021	PASA	1304.12	23335.56

Fuente: Elaboración propia

Del sentido X-X se obtuvo como deriva máxima 3.1 ‰ que está por debajo de los 7 ‰ que pide la normativa E - 030 de diseño sismo resistente; además, cumple con la normativa Hazus 2010 el cual pide una deriva menor a 4.2 ‰. Así mismo en la dirección Y-Y se obtuvo derivas por debajo de 2.3 ‰, al igual que en la otra dirección cumple con ambas normativas ya mencionadas.

Respecto a la fuerza cortante se redujo de forma significativa del sentido X-X (figura 4.17.) donde se aprecia los resultados; lo mismo ocurre con el momento de volteo en el sentido Y-Y (figura 4.18.)

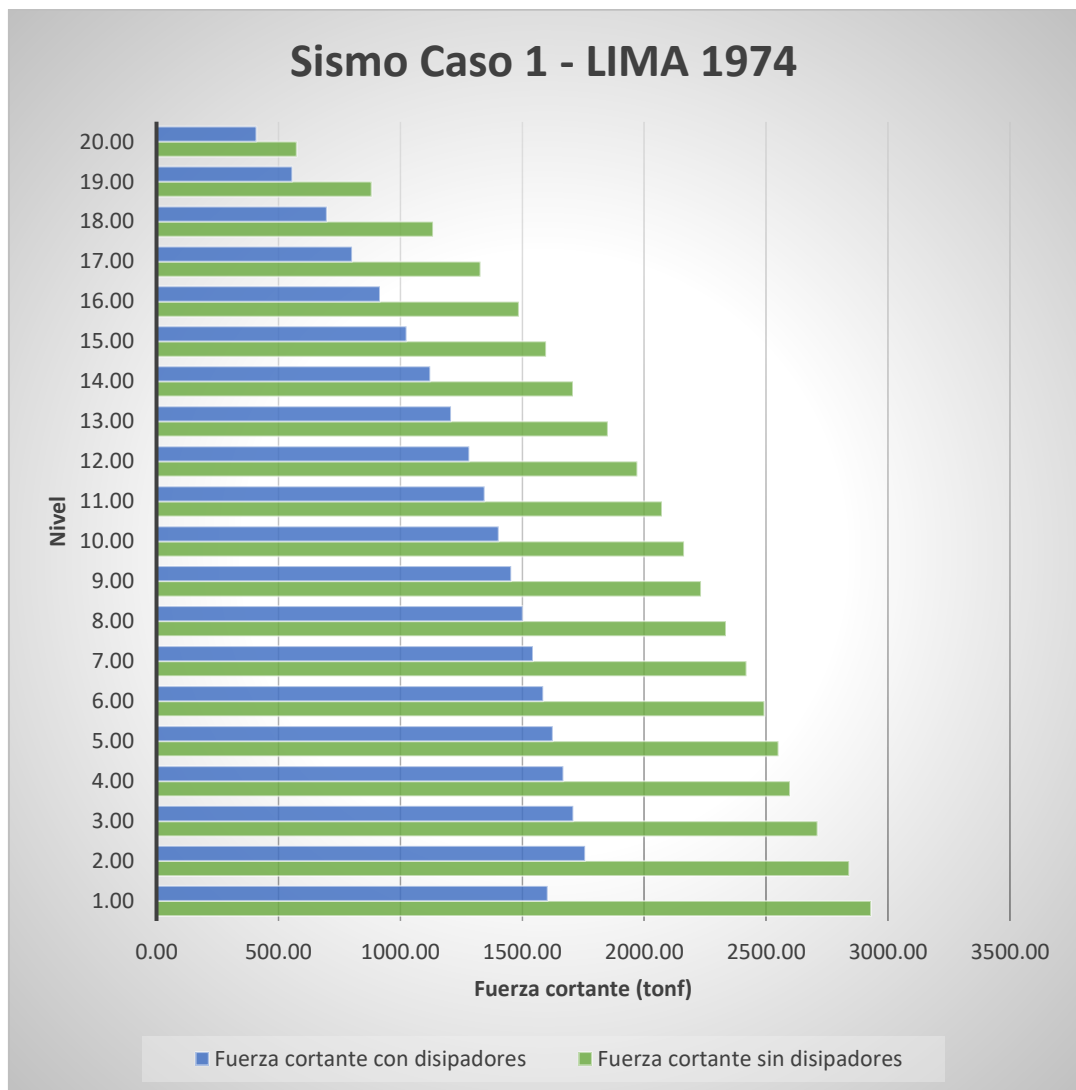


Figura 4.17. Fuerza cortante con y sin disipador debido al sismo de Lima 1974 en el sentido X-X

## Sismo Caso 2 - LIMA 1974

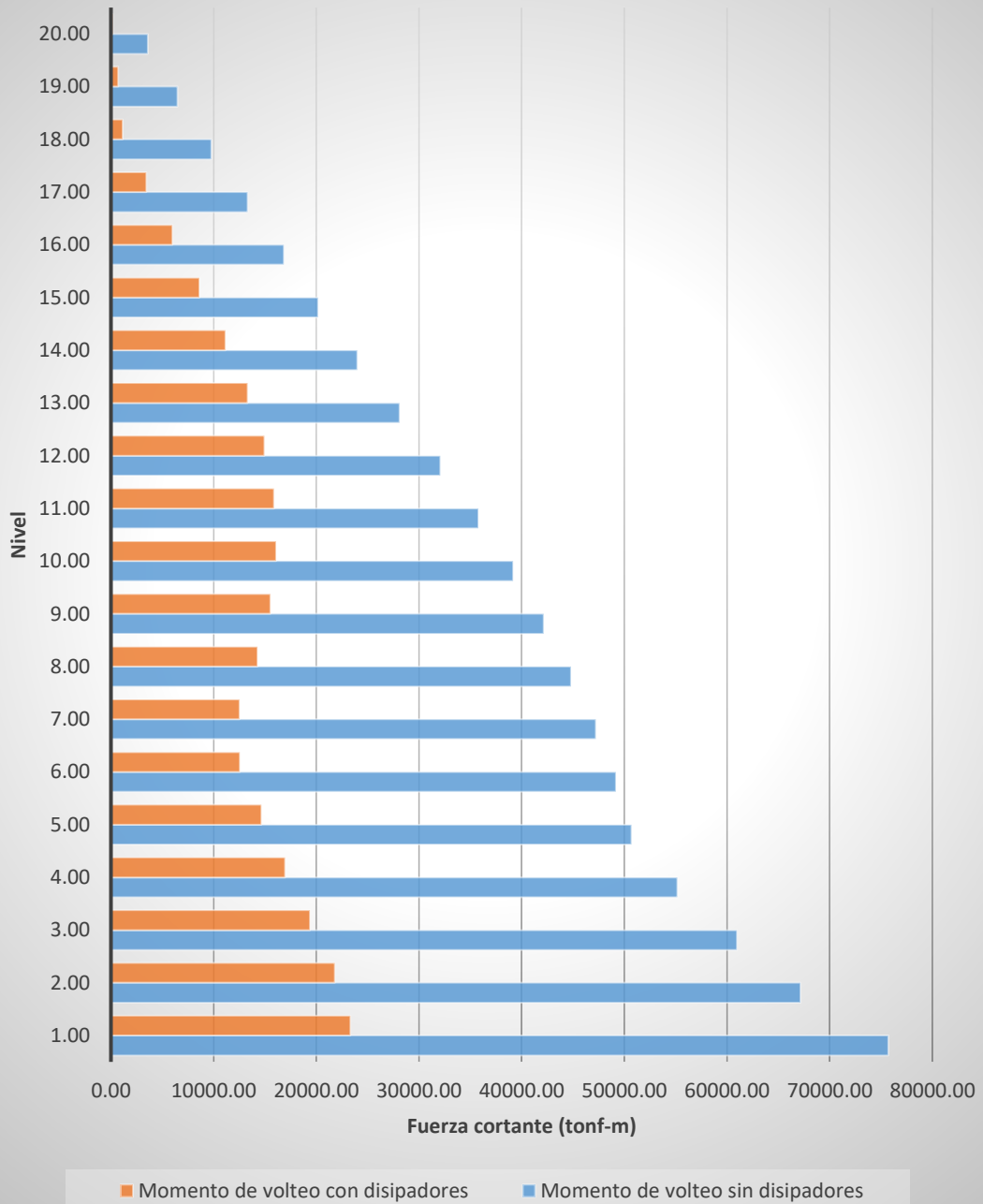


Figura 4.18. Momento de volteo con y sin disipador debido al sismo de Lima 1974 en el sentido Y-Y

Los desplazamientos en el sentido X-X de tener 0.32 m respecto al análisis tiempo-historia, con la incorporación de disipadores se ha conseguido reducir a 0.15 m en el último nivel, a comparación del análisis espectral no lineal donde se obtuvo un desplazamiento de 0.08 m, el cual se observa en la siguiente imagen:

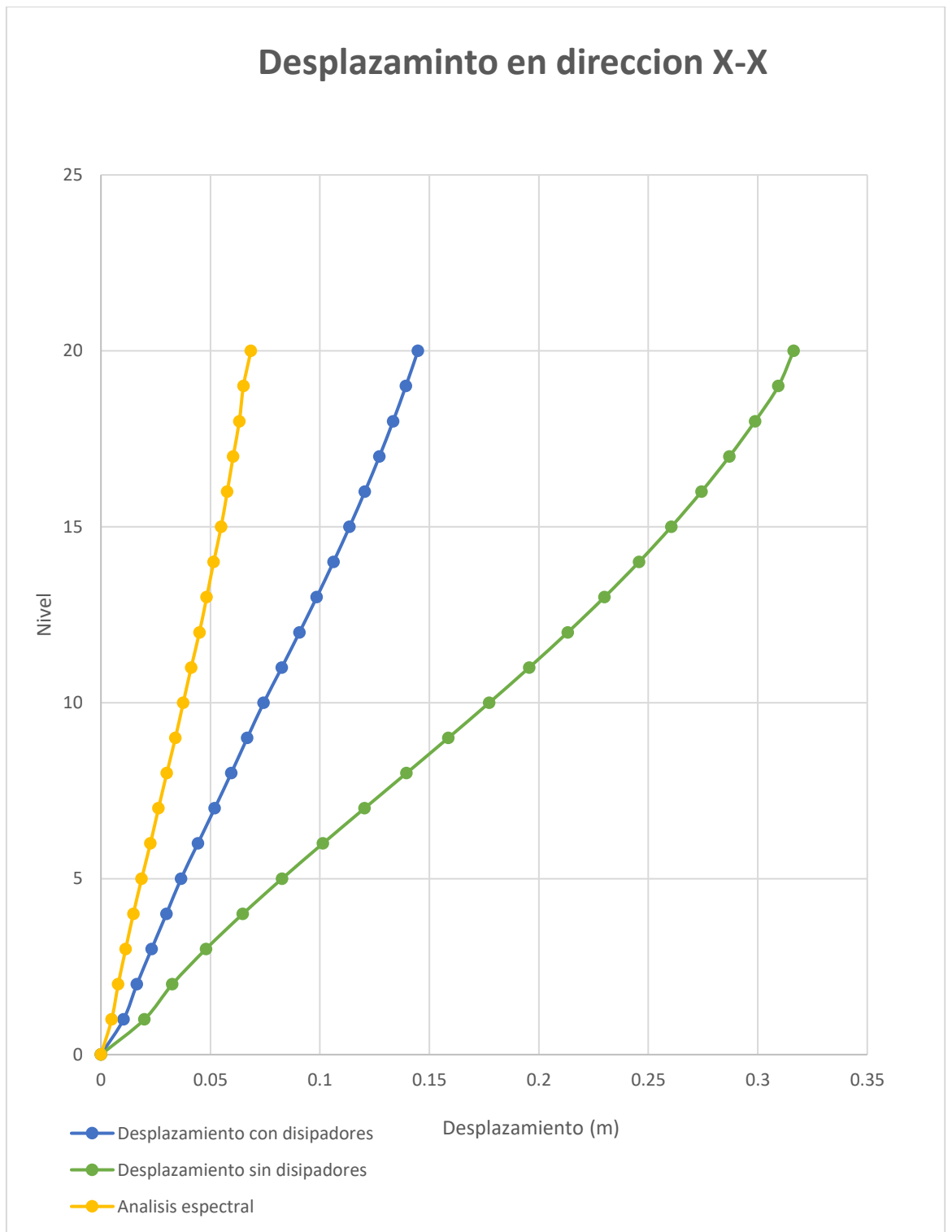


Figura 4.19. Desplazamiento en sentido X-X

En relación a los desplazamientos en el sentido Y-Y en el último nivel se ha logrado reducir de 0.34 m a 0.10 m, a sí mismo, en el análisis espectral se tiene un desplazamiento de 0.07 m, logrando una mayor reducción con tan solo una diferencia de 3 cm.

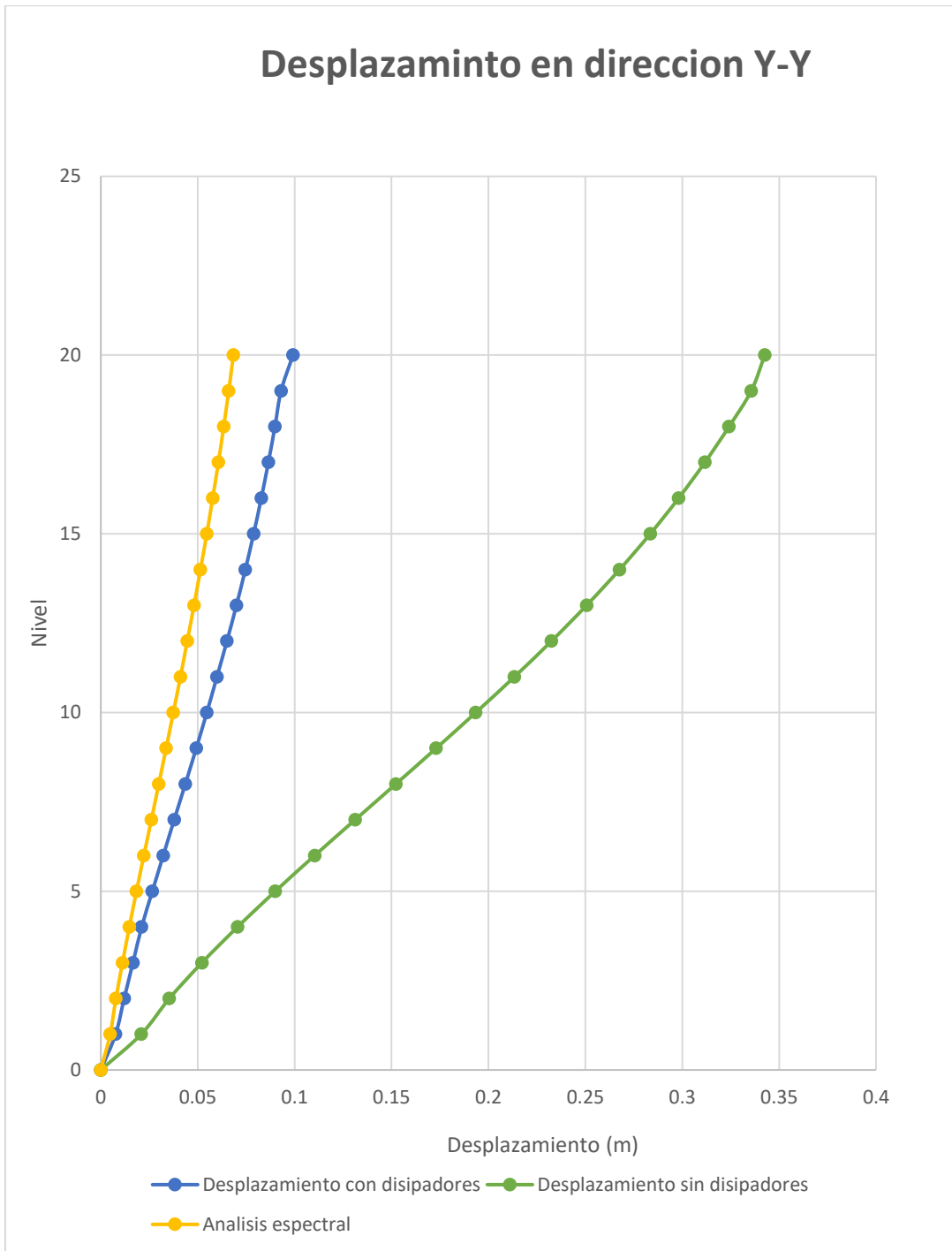


Figura 4.20. Desplazamiento en sentido Y-Y

Para comprobar que los disipadores trabajen de forma efectiva se comprobó el lazo histéretico en el sentido Y-Y, verificamos el disipador **K 192** (figura 4.21. y figura 4.22.) del segundo nivel.

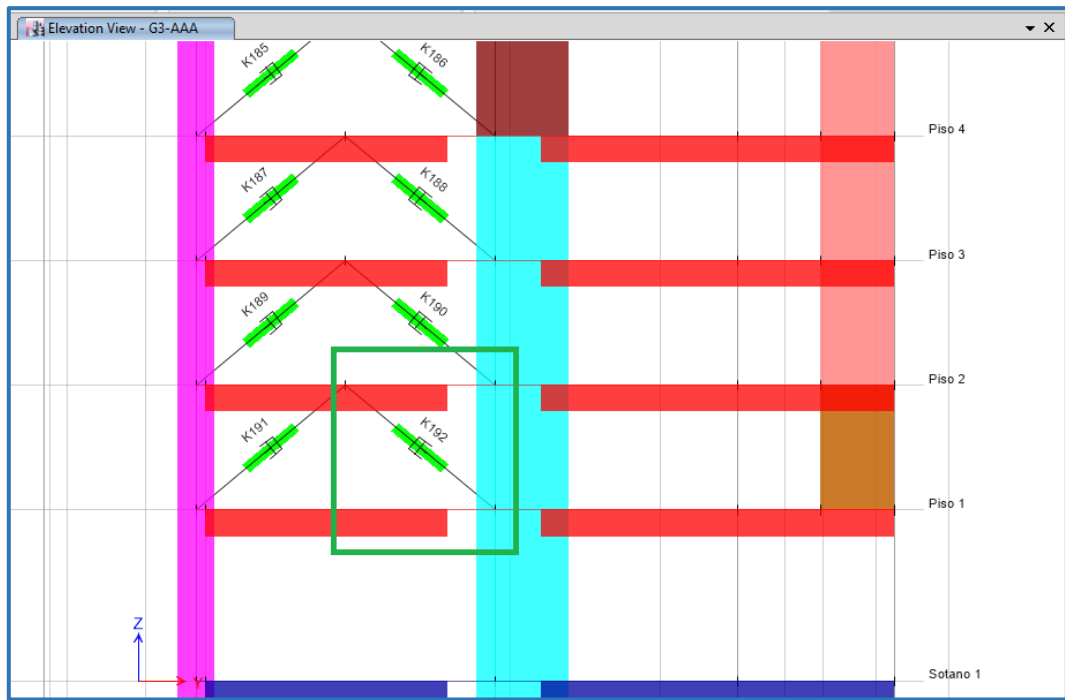


Figura 4.21. Disposición de disipadores en elevación dirección Y-Y

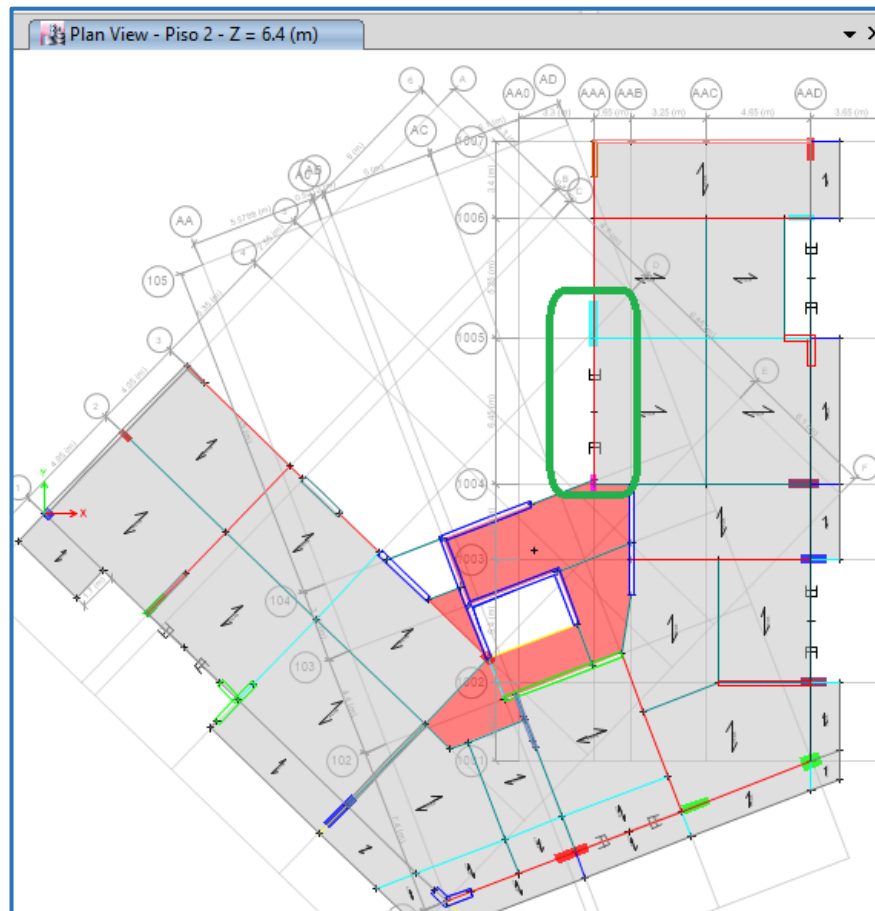
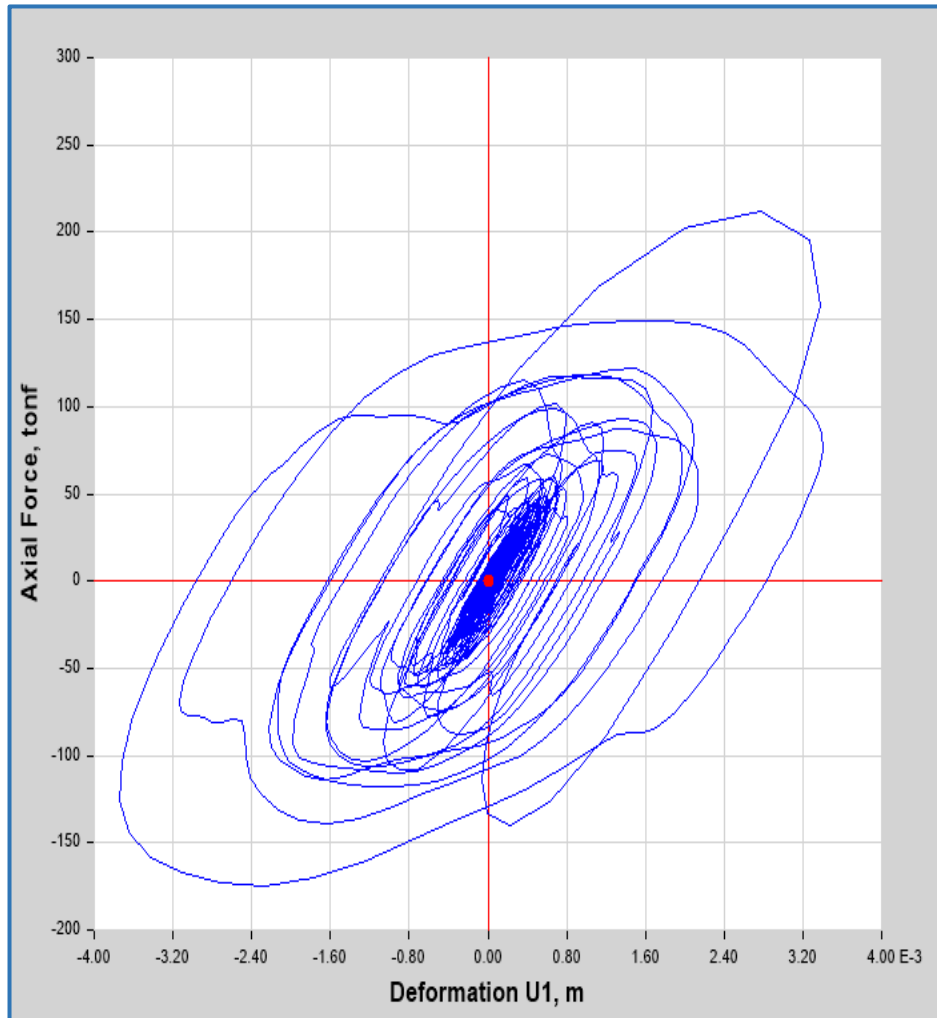


Figura 4.22. Disposición de disipadores en planta dirección Y-Y

Del programa Etabs 2016 obtenemos el lazo histéretico (figura 4.23.), donde se observa que ya presenta una pequeña inclinación, lo cual implica que ya existe una rigidez almacenada, sin embargo, el amortiguador aun cumple su función.



*Figura 4.23.* Link Hysteresis del disipador K 192

En el sentido X-X verificamos el disipador **K2** (figura 4.24. y figura 4.25.) ubicado en el segundo nivel. De la misma forma que el disipador K192 presenta una leve inclinación (figura 4.26.), la finalidad es no llegar a una inclinación diagonal porque ya se estaría comportando como un disipador visco-elástico

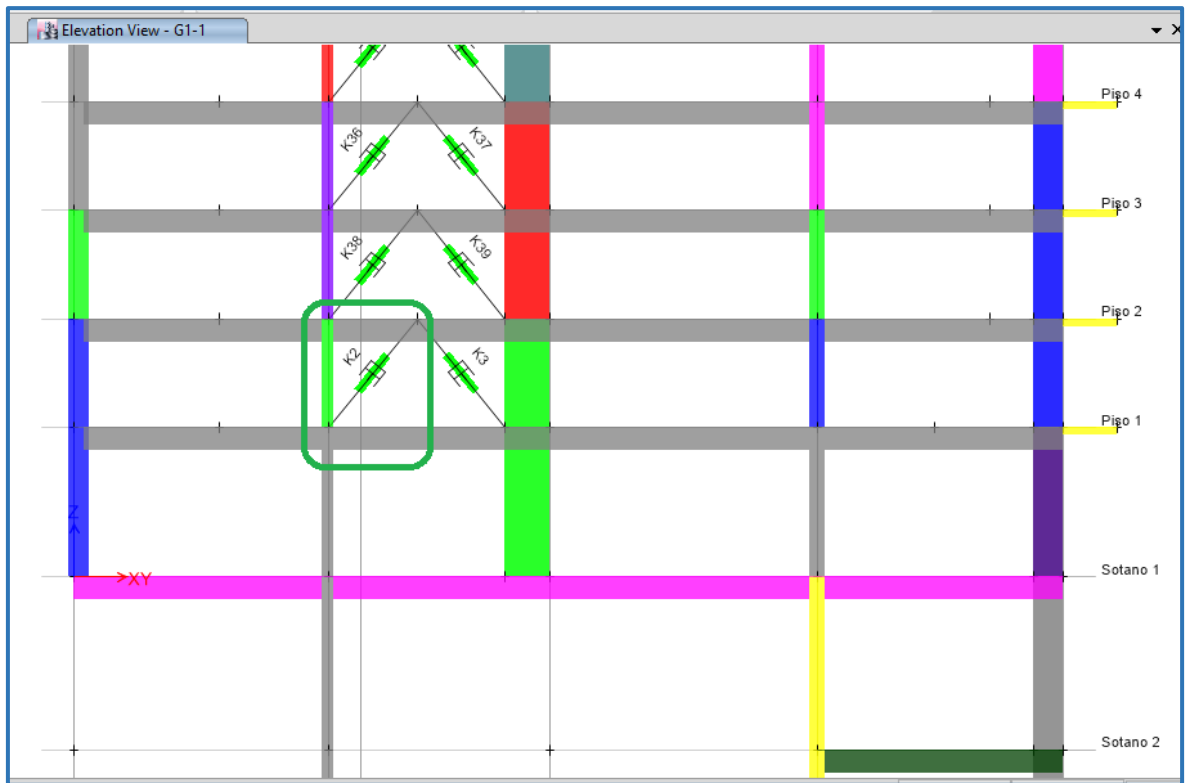


Figura 4.24. Disposición de disipadores en elevación dirección X-X

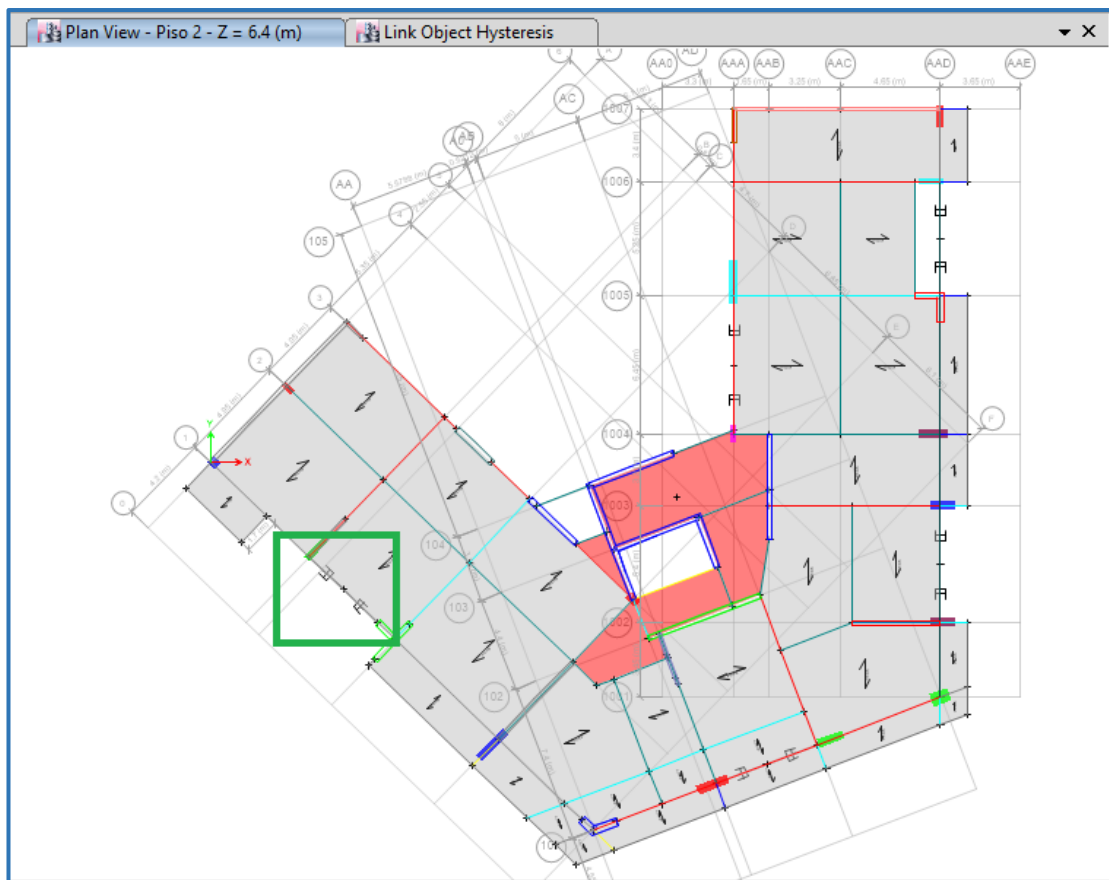


Figura 4.25. Disposición de disipadores en planta dirección X-X



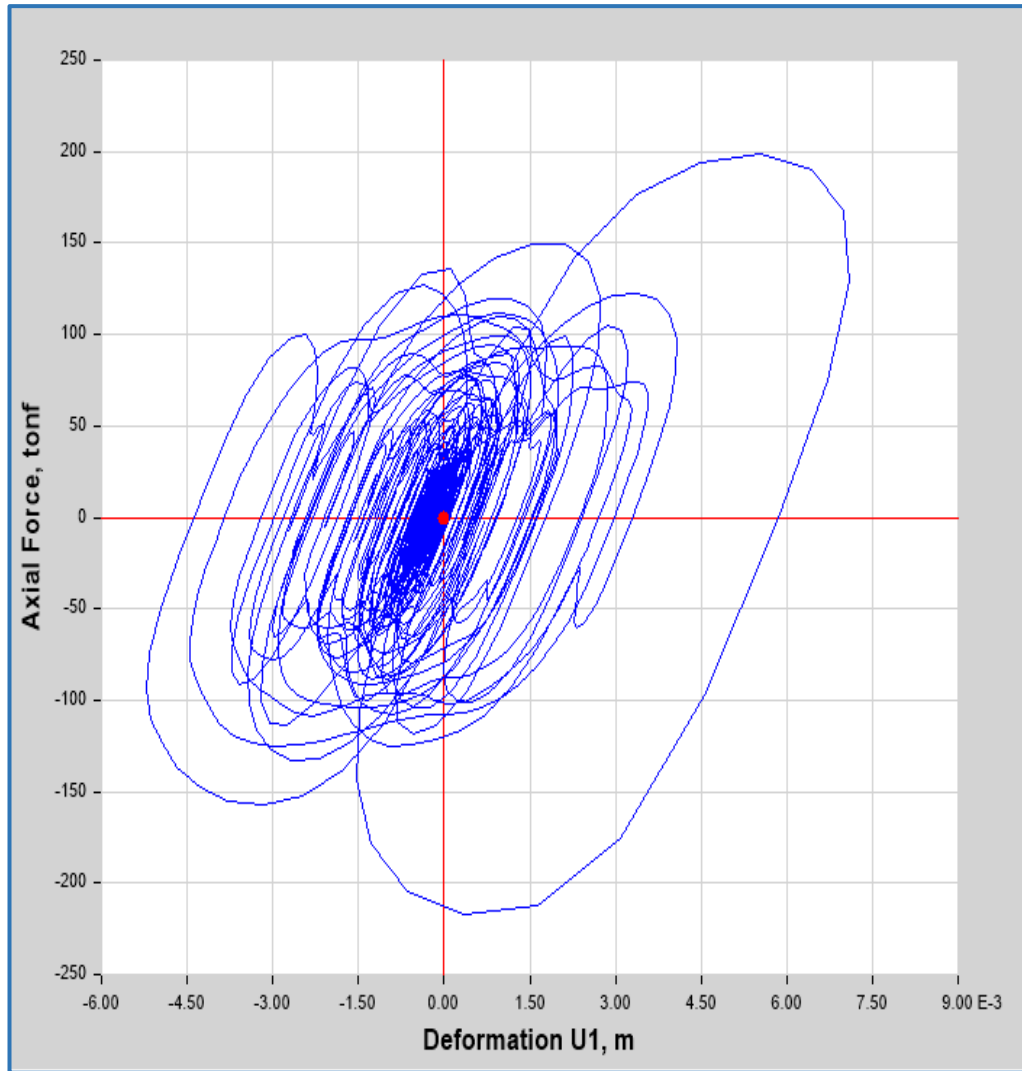


Figura 4.26. Link Hysterisis del disipador K 2

### Balance de energía

Para el caso 1 – Lima 1974 se ha obtenido un ingreso de energía de 3118.24 tonf-m, los dispositivos de fluido viscoso disiparon una energía de 1500.57 tonf-m (figura 4.27.), disipando un 48% de energía; para el caso 2 – Lima 1974 se obtuvo como energía de entrada 2784.53 tonf-m, los disipadores de energía de fluido viscoso disiparon 1291.58 tonf-m (figura 4.28.), resultando 46 % de energía disipada.

Se decide incrementar el amortiguamiento viscoso ( $B_H$ ) a 15%, no obstante, los disipadores no amortiguaban de forma correcta, por lo que incrementamos la cantidad de dispositivos, de tener 4 por nivel a 5 en la dirección X-X y de 6 disipadores en el sentido Y-Y a 8 por piso, con lo cual se consiguió 54% de energía

disipada para ambos casos. Incrementamos una vez más el amortiguamiento viscoso ( $B_H$ ) a 20%, sin embargo, la cantidad de disipadores era insuficiente, con lo cual se incrementó a 6 en la orientación X-X, además, de 10 por cada nivel en la orientación Y-Y, los resultados fueron parecidos al utilizar 15% de amortiguamiento viscoso solo se logró 54% de energía disipada.

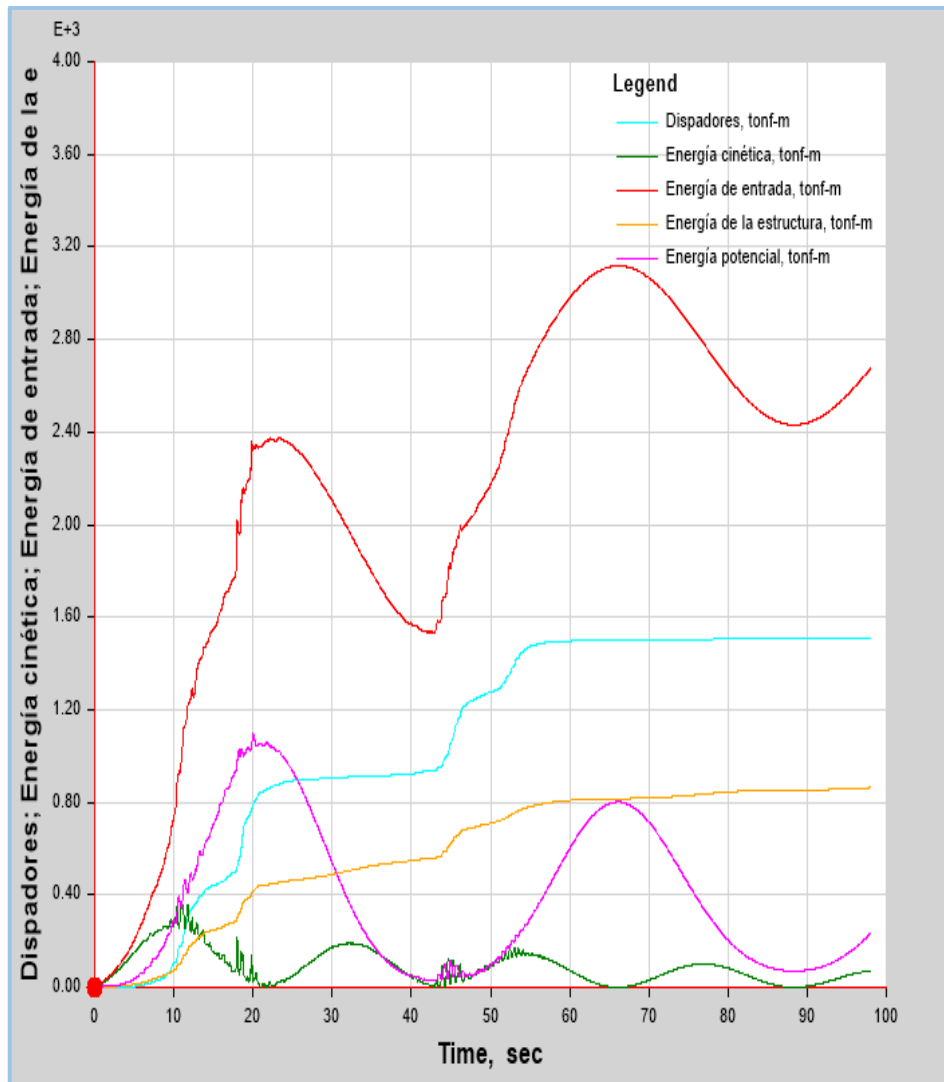


Figura 4.27. Balance de energía Caso 1- Lima 1974

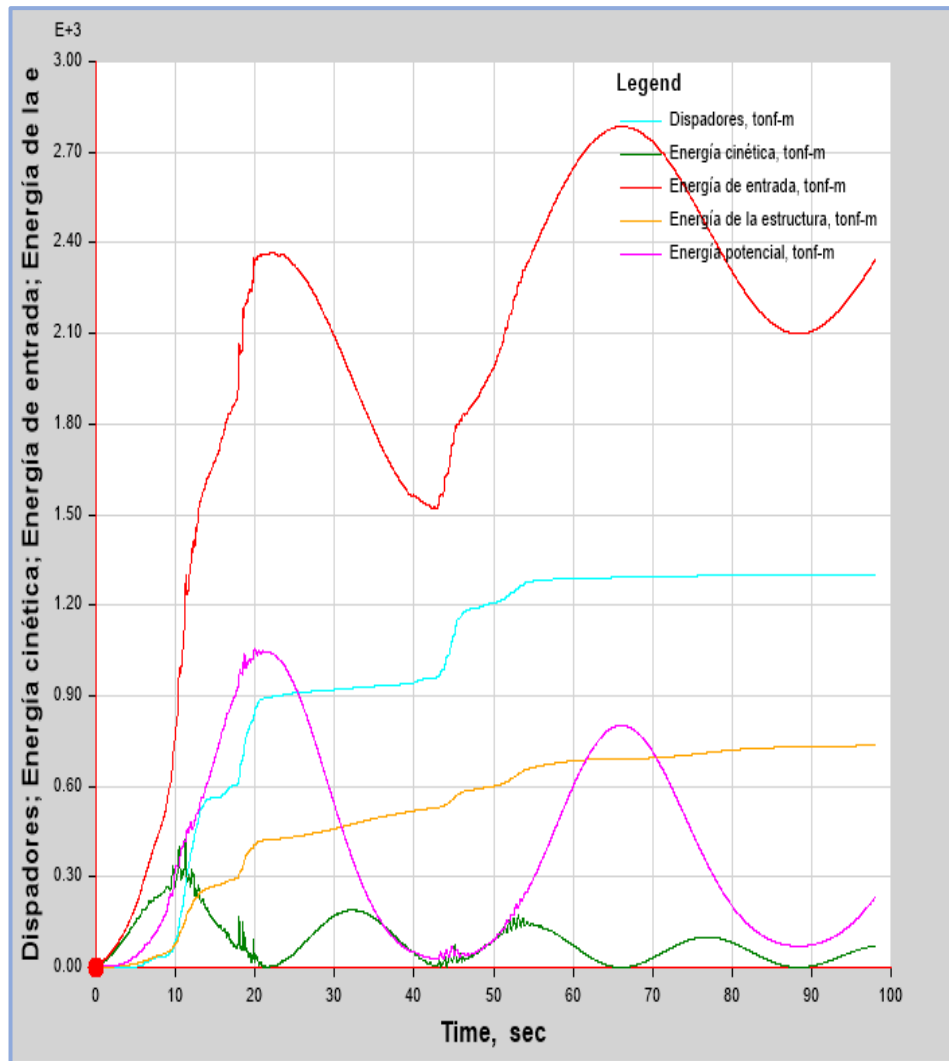


Figura 4.28. Balance de energía Caso 2- Lima 1974

Si bien es cierto que, con un amortiguamiento viscoso ( $B_H$ ) de 10% no se logra llegar a más de 80% de energía disipada, es mucho más viable desde el punto económico, ya que reduce la cantidad de dispadores por nivel y logra disipar casi la mitad de la energía de ingreso, así mismo, cumple con la derivas propuestas sin necesidad de utilizar mayor amortiguamiento.

## **V. DISCUSIÓN**

**Discusión 1:** García (2018), en su tesis titulada, valoración de la disminución del daño en estructuras aporticadas de concreto armado con disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima. El estudio fue de tipo aplicada, de un nivel de investigación correlacional, a diferencia de nuestra investigación tiene un diseño no experimental no menciona si fue de un enfoque cuantitativo o cualitativo; tiene como objetivo principal evaluar la disminución del daño en estructuras aporticadas de concreto armado con disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima. Relacionando la variable (daño en la estructura) con distorsión de entrepiso, desplazamientos y fuerzas internas de las columnas, que en nuestro caso consideramos como propiedades estructurales, ya que toda estructura durante un sísmico o al aplicarle fuerzas externas se va desplazar de su punto inicial, esto no implica que necesariamente la edificación vaya a sufrir un daño, debido a que las propiedades de los materiales permite que se pueda deformar.

El autor no considera población ni muestra, en vez de ello toma como unidad de análisis el Hospital Luis Negreiros Vega, a diferencia de nuestro trabajo donde tomamos como muestra un edificio multifamiliar dentro de las edificaciones multifamiliares en el distrito de Miraflores, Así mismo, al igual que nuestra investigación realiza un estudio tiempo-historia con el programa de cálculo Etabs 2016, a diferencia de nuestra investigación solo toma 3 registros sísmicos.

Como resultados el autor analiza una edificación de 3 niveles, considera un factor de reducción  $R=6$ , que es para edificios de muros estructurales, lo cual no contrasta con su título en el cual evalúa estructuras aporticadas, por lo que podría conllevar a errores de cálculo en el análisis lineal; dentro de los resultados el autor logra alcanzar una deriva 0.0068 al usar dispositivos de fluido viscoso, así mismo, consigue mitigar 45% de la energía de ingreso, en nuestro caso logramos derivas máximas de 0.003, además, una reducción de energía del 48%. Se entiende que el autor trato de realizar un reforzamiento para cumplir con la normativa E-030, no obstante al contar con pocos niveles quizá un reforzamiento convencional sería más viable, el objetivo de colocar disipadores de fluido viscoso es lograr un nivel de desempeño mejor al establecido por la normativa de diseño E-030 sismo resistente, al ser una edificación considerado importante y el cual debe de estar funcional luego de un sismo severo.

**Discusión 2:** Navarro (2017), en su trabajo; comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro. La finalidad de la investigación es lograr efectuar el cotejo de la respuesta dinámica en la estructura de la “clínica Santa Isabel” con y sin dispositivos de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro, al igual que en nuestra investigación se ha utilizado el programa SEISMOMATCH en el escalamiento de los registros sísmicos.

La edificación que analizo el autor cuenta con 6 niveles y un sótano, al igual que en nuestro caso el autor ha considerado el sótano dentro del modelado en el programa Etabs, no obstante, en sus resultados solo ha considerado los niveles que están sobre el terreno natural; al escoger la acción sísmica de diseño el autor considero la similitud del análisis tiempo - historia con el análisis espectral de  $R=1$ , debido a que registros que presenten derivas mayores o menores, puede resultar poco factible, al igual que la anterior investigación, al ser un reforzamiento considera como viable una deriva objetiva de 0.007 limitándose a cumplir con la norma peruana, al incorporar los mecanismos de disipación obtiene una deriva de 0.006, con hasta 64 % de disipación de energía; así mismo se consiguió disminuir hasta un 50% el momento de volteo.

La normativa peruana recomienda que para utilizar disipadores de energía o sistemas de protección, el edificio debe contar con una geometría regular en caso sea de categoría importante, las investigaciones antes mencionadas son de uso esencial, por lo que presentan una configuración regular, actualmente la normativa exige que este tipo de construcciones cuenten con sistemas de aislamiento de base, ya que deben estar totalmente funcional luego de un movimiento sísmico severo, así mismo recomienda que en estructuras esenciales el sistema estructural debe ser de pórticos estructurales, sin embargo, algunos diseñadores han optado por colocar placas para incrementar la rigidez de la estructura, demostrando la funcionalidad de la edificación; en el caso de estructuras de uso común, como son las viviendas multifamiliares, gran parte cuenta con una configuración irregular, como es nuestro caso, no obstante los disipadores se han comportado eficientemente, a pesar de la cantidad de niveles que cuenta la estructura y la complejidad de su estructuración, por otro lado son pocas las investigaciones que

se abocan a este tipo de edificaciones, ya sea por su complejidad o el fin que cumplen respecto a su uso.

**Discusión 3:** Fuentes (2015), en su estudio; análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso. Su desarrollo es más didáctico ya que no menciona la técnicas de estudio empleados, tampoco delimita su población y muestra; muestra un edificación de pórticos de concreto armado de 5 pisos a diferencia de las anteriores investigaciones este autor presenta una estructura común de factor de uso de  $U = 1.00$  similar a nuestro caso; Dentro de sus resultados al comparar varios tipos de configuración para una misma cantidad de dispositivos, obtuvo que la disposición más eficaz es de tipo chevron modificado ya que logró pequeños coeficientes de amortiguamiento y la configuración menos eficiente es de tipo chevron o doble diagonal, al cual se le atribuye los mayores valores de coeficientes de amortiguamiento. Concluyendo que la configuración y disposición de los disipadores influyen dentro del comportamiento sísmico de la edificación, de esta forma contrastamos nuestra investigación, puesto que al incrementar la cantidad de dispositivos mejoramos el amortiguamiento de la estructura.

En nuestra investigación se ha utilizado la configuración de tipo chevron o doble diagonal, por lo que se puede mejorar si utilizamos la configuración chevron modificado, ya que, presenta un ángulo de inclinación igual a cero aprovechando el 100% la eficiencia del disipador, así mismo nos permitiría corregir la pequeña inclinación del lazo histéretico en ambos sentidos, cabe mencionar que en los últimos niveles los dispositivos se comportan de mejor manera, en la anterior investigación el autor considero la colocación de los dispositivos desde el primer nivel, lo mismo recomienda las normativas, que los dispositivos deben de ir en todos los niveles, no obstante, en nuestro caso la arquitectura no nos permitía empezar desde el primer nivel, debido a que se requería el espacio abierto para otros usos, optando la colocación desde el segundo nivel lo cual no es lo más óptimo, sin embargo, en casos reales los clientes destinan los primeros niveles a otros usos y requieren espacios más abiertos, por ello quisimos asemejar la investigación en la medida de lo posible a un caso real.

Gran parte de las edificaciones la dimensión de los elementos estructurales son similares en todos sus niveles, sin embargo en la actualidad los proyectistas

se ven en la necesidad de incrementar los elementos resistentes a fuerza cortante como las columnas o placas, para lograr cumplir con las derivas de entrepiso, de esta manera el edificio en estudio al tener dentro de sus sótanos estacionamientos requería de espacios más abiertos, por lo que varios de sus elementos surgían del encofrado del primer sótano, así mismo la resistencia del concreto se incrementó en gran parte de las columnas, por lo cual el comportamiento de la energía potencial en nuestra investigación es mayor en comparación a otras investigaciones.

**Discusión 4:** Chavez (2017) en su obra; diseño sismorresistente de edificios con disipadores de fluido viscoso, donde analiza una estructura de 9 niveles, análogamente a nuestra investigación, empieza a colocar los dispositivos de fluido viscoso a partir de su segundo nivel, logrando una disipación de energía del 43 %, para lo cual tomo valores de  $\alpha = 0.50$  y  $\lambda = 3.50$  para el cálculo del coeficiente de amortiguamiento no lineal, obteniendo un coeficiente de amortiguamiento unitario de 795 tonf.s/m, al utilizar 6 dispositivos por cada nivel en el sentido X-X; en nuestra investigación logramos obtener en la misma dirección un amortiguamiento unitario de 880.00 tonf.s/m tan solo utilizando 4 disipadores por cada piso. Así mismo, al tener una deriva máxima de 0.011 con el análisis tiempo - historia, llega a reducir hasta una deriva de 0.0055 que está por debajo de la norma E-030 de diseño sismo resistente. De esta forma se comprueba la eficacia de los dispositivos de fluido viscoso. Por otro lado, analiza una segunda estructura de 15 niveles mucho más esbelta que la primera el cual resulta irregular tanto en planta como en altura, asemejándose a nuestra edificación ya que presenta lazos histéreticos con una leve inclinación, no obstante cumplen con su función de amortiguar energía, el autor recomienda en caso de no cumplir con un lazo histéretico típico, proceder a modificar la disposición o retirar del pórtico reforzado, cabe indicar que otra opción que presentamos es incrementar la cantidad de dispositivos.



## **VI. CONCLUSIONES**

## **Conclusión general**

El edificio multifamiliar Concepto Premium cumple con la norma E - 030 correspondiente al diseño sismo resistente al realizar un análisis lineal convencional, sin embargo, al efectuar un análisis no lineal tiempo – historia, observamos un incremento significativo de sus indicadores, verificando que en varios de sus niveles no cumplían con las derivas que pide de la norma E - 030, tampoco con la metodología Hazus 2010. A lo cual, se incorporó dispositivos de fluido viscoso a partir del segundo nivel hasta el nivel 20, lográndose reducir de una deriva máxima de 0.008 a 0.003, además se logró una reducción de energía de 48%. En consecuencia, el uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico de la edificación.

## **Conclusión específicas**

1. Al realizar el análisis tiempo - historia, obtuvimos un desplazamiento máximo de 32 cm en el último nivel, al colocar los dispositivos de fluido viscoso logramos un desplazamiento de 15 cm respecto al sentido X-X, así mismo, en la orientación Y-Y el valor de 34 cm sin disipadores, se alcanzó a 10 cm con disipadores, logrando reducir en un 53% y 71% respectivamente. Por lo expuesto, el empleo de disipadores de fluido viscoso influye en las propiedades estructurales del edificio multifamiliar Concepto Premium.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos con un amortiguamiento viscoso de 10% y utilizando en total 10 dispositivos por piso logrando disipar hasta 48% de la energía de ingreso; al aumentar el amortiguamiento viscoso a 15% con la misma cantidad de dispositivos se observó que los dispositivos no trabajan de forma eficiente por lo que se decide incrementar a 13 dispositivos por nivel, logrando alcanzar hasta 54% de energía disipada; así mismo, se incrementó el amortiguamiento viscoso a 20%, de la misma forma que el anterior, los dispositivos empezaron acumular rigidez, por lo que se decide incrementar a 16 dispositivos por nivel, sin embargo la energía disipada se mantuvo en 54%, por consiguiente se concluye que la configuración estructural de los dispositivos de fluido visco influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium.

3. La metodología Hazus 2010 plantea una deriva menor o igual 0.0042 para el nivel de desempeño de resguardo de vida, de acuerdo al análisis tiempo-historia no se ha logrado cumplir con dicha normativa, al incorporar los disipadores de energía se logró derivas por debajo de 0.003 logrando el nivel de desempeño esperado; en conclusión, el uso de disipadores de fluido viscoso influye en la protección sísmica del edificio multifamiliar Concepto Premium.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Al realizar el diseño de mecanismos de disipación de energía se tiene que utilizar un análisis no lineal dinámico, como un análisis tiempo - historia, porque un análisis estático no lineal como el pushover no proporciona resultados reales, al ser más de uso pedagógico, a diferencia del análisis tiempo historia donde se considera sismos reales ocurridos en dicha zona de estudio.
2. Si se piensa incorporar disipadores de fluido viscoso en una edificación nueva, se recomienda que la estructura cumpla con la normativa vigente de cada país antes de realizar un análisis no lineal, de esta forma se lograra alcanzar la deriva objetiva.
3. Se aconseja empezar con un amortiguamiento viscoso de 10%, he ir incrementando progresivamente si es que no cumple con la deriva trazada y no tomar directamente el valor del cálculo, así se consigue aminorar la cantidad de dispositivos en la estructura, así mismo utilizar un coeficiente de amortiguamiento por dispositivo que rodee un valor de 1000 tonf.s/m, debido a que un valor mayor produce que el lazo histéretico se incline más, esto dependerá de la esbeltez que presente la estructura.
4. Cuando se incorpora disipadores de fluido viscoso en una estructura antigua, que al analizar llegue a derivas mayores de 13 ‰ se recomienda cumplir con la normativa y lograr un desempeño de protección de vida, ya que si se ciñe a la metodología Hazus no se logrará buen desempeño en los disipadores, que en muchos casos no será viable económicamente.
5. Para escoger el sismo de diseño, se aconseja tomar más de 5 registros, esto permitirá una mayor perspectiva de lo que se quiere lograr en la estructura, así mismo, al comparar con el análisis realizado con  $R=1$  se recomienda que el análisis tiempo-historia este en un rango de 80% a 120% de similitud, esto siempre y cuando se utilice registros menor a 7, al utilizar más de 7 registros se recomienda tomar el promedio.
6. Si al incluir disipadores de fluido viscoso, no se logra conseguir amortiguamiento en la estructura y al verificar el lazo histéretico se tiene una inclinación exagerada, se recomienda utilizar dispositivos que incorporen rigidez a la estructura como las TADAS o ADAS.

## REFERENCIAS

- BAENA, Guillermina. *Metodología de la investigación*. 3.<sup>a</sup> ed. México: Grupo Editorial Patria, S.A., 2017. ISBN: 9786077447481.
- CABRERA Orrillo, Jose. *Análisis de la respuesta sísmica de la Edificación dos torres, reforzada con sistemas de Amortiguamiento del tipo fluido viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017*. Tesis título para Ingeniero Civil, Universidad Peruana los Andes, Huancayo, 2017.
- CAR, Oller y Oñate, E. *A Large Strain Plasticity for Anisotropic Materials: Composite Material Application*. International Journal of Plasticity, V. 17, 2001. ISSN: 0749-6419.
- CASANA Marino, Giancarlos. *Desempeño Sísmico de un Edificio de 14 pisos con Disipadores de Energía en la ciudad de Tumbes - 2018*. Tesis título para Ingeniero Civil, Universidad privada del Norte, Trujillo, 2018.
- CHAVEZ, Jean. *Diseño sismoresistente de edificios con disipadores de fluido viscoso*. Lima: Grupo universitario S.A.C., 2017. ISBN: 9786120027752.
- CHOPRA, Anil. *Dinámica de estructuras*. 4.<sup>a</sup> ed. México: Pearson Educación de México, S.A., 2014. ISBN: 9786073222396.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción. *Protección Sísmica de Estructuras*. Santiago de Chile: Trama Impresores S.A., 2011. ISBN: 9789567911196.
- DÍAZ, Gerardo y SORDO, Emilio. *Efecto de la transición al mecanismo plástico en la inestabilidad dinámica*. Revista de Ingeniería Sísmica, México, (85): 33-59. ISSN: 0185-092X.
- ENRIQUEZ Acosta, Marco y SÁNCHEZ Guevara, Christian. *Evaluación sísmica y propuesta de reforzamiento con disipadores de energía al "hospital nacional Almanzor Aguinaga Asenjo" de Chiclayo – región Lambayeque, actualizado a la norma E 0 30 2016*. Tesis título para Ingeniero Civil, Universidad Señor de Sipan, Pimentel, 2018.
- ENRÍQUEZ Quintero, Andrés. *Análisis comparativo entre un reforzamiento convencional y tres alternativas de repotenciación con dispositivos de control pasivo para una clínica construida antes del ccsr-84*. Tesis magister en Ingeniería Civil, Universidad del Valle, Santiago de Cali, 2019.
- FEDERAL Emergency Management Agency (FEMA 274). *Aislamiento Sísmico y Disipación de Energía*. Washington, D.C.: 1997.

FUENTES Sadowski, Juan. *Análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso*. Tesis título para Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2015.

GARCÍA Polo, Luis. *Evaluación de la reducción del daño en estructuras aporticadas de concreto armado con disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima*. Tesis título para Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018.

GENATIOS, Carlos y LAFUENTE, Marianela. *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras*. Caracas: Editor CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, 2016. ISBN: 9789804220562.

GÓMEZ, Daniel; MARULANDA, Johannio y THOMSON, Peter. *Sistemas de Control para la Protección de Estructuras Civiles Sometidas a Cargas Dinámicas*. Revista DYNA, Medellín, (155): 77-89, 2008. ISSN: 0012-7353

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA Pilar. *Metodología de la investigación*. 6.<sup>a</sup> ed. México: Interamericana editores, S.A., 2014. ISBN: 9781456223960.

HUERTA, Benjamín y REINOSO, Eduardo. *Espectros de energía de movimientos fuertes registrados en México*. Revista de Ingeniería Sísmica, México, (66): 45-72, 2002. ISSN: 0185-092X.

JESÚS, Horacio y TENA, Arturo. *Requisitos mínimos de detallado dúctil en marcos de concreto reforzado protegidos con disipadores histeréticos de energía*. Revista de Ingeniería Sísmica, México, (95): 1-32, 2016. ISSN: 0185-092X.

JURADO Guzmán, Max. *Análisis de la aplicación de disipadores de fricción para el mejoramiento del desempeño sísmico de estructuras de hormigón armado en la ciudad de Guayaquil*. Tesis título para Ingeniero Civil. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2015.

LAMPREA Pineda, Angie y GARZÓN Amórtegui, Luis. *Nonlinear viscous fluid damping devices in the seismic design of buildings*. Tesis magíster en Ingeniería Civil. Politecnico di Milano, Milano, 2018.

MCCORMAC, Jack y CSERNAK, Stephen. *Diseño de estructuras de acero*. 5 ed. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2013. ISBN: 9786077075592.

MEDINA, Ricardo y MUSIC, Juan. *Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena*. *Obras y Proyectos* [online]. 2018, n.23 [citado 2019-11-11]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl>. SSN 0718-2813.

MORALES Aimacaña, Alex y SINCHIGUANO Cela, Juan. *Análisis comparativo del comportamiento estructural entre una edificación destinada a una vivienda de ocho,*

doce y dieciséis pisos, con sistemas de aislación y disipación de energía sísmica. Tesis título para Ingeniero Civil. Universidad Central del Ecuador, Quito, 2018.

MOTA Páez, Santiago. *Reacondicionamiento sísmico de edificios de hormigón armado con el primer piso blando mediante disipadores de energía: aplicación a la Republica Dominicana*. Tesis master en Ingeniería Sísmica. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2017.

NAVARRO Viera, Franco. *Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro*. Tesis título para Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Piura, Piura, 2017.

LARA, Luis; BRITO, Jose y AVILA, Suzana. *Control de Vibraciones en una Gerber utilizando amortiguadores de masa sintonizados*. Medellín: Revista DYNA, 2010. ISSN: 2346-2183

OVIEDO, Juan y DUQUE, María. *Sistemas de control de respuesta sísmica en edificaciones*. Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia), (6):105-120, 2007. ISSN: 1794-1237.

OVIEDO, Juan y DUQUE, María. *Disipadores histeréticos metálicos como técnica de control de respuesta sísmica en edificaciones colombianas*. Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia), (11):51-63, 2009. ISSN: 1794-1237.

OVIEDO, Ricardo. *Diseño sismoresistente de edificaciones de concreto armado*. Lima: Servicios Gráficos Dakina, 2016. ISBN: 9786124716911.

PISCAL, Carlos y LÓPEZ, Francisco. *Proposal for the future design code for seismic isolation of buildings in Colombia*. Revista DYNA, Medellín (Colombia), (207): 306-315, 2018. ISSN 0012-7353.

RILEY, William y STURGES, Leroy. *Ingeniería mecánica dinámica*. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 2001. ISBN: 8429142568.

RIVERA Cano, Rodolfo. *Estudio numérico para evaluar la efectividad de disipadores energéticos para la protección de edificios patrimoniales religiosos ante una sollicitación sísmica*. Tesis magíster en Ingeniería Civil. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, 2016.

RUIZ, Daniel; BORRERO, Maria; LEÓN, María y VACCA, Hermes. *Estimación de los niveles de desempeño estructural y de la deriva inelástica de pórticos de concreto considerando la variabilidad de los materiales de Bogotá*. Ingeniería y Competitividad, Bogotá (Colombia), (1), 165-183, 2012. ISSN: 0123-3033.

SANTOS Flores, Johnny. *Diseño y evaluación del comportamiento estructural entre un sistema convencional y disipadores de energía fluido viscoso, en una edificación de siete niveles y un semisótano en el distrito de Huacho, 2018*. Tesis título para



Ingeniero Civil. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, 2018.

SHANSHAN Wang. *Enhancing Seismic Performance of Tall Buildings by Optimal Design of Supplemental Energy-Dissipation Devices*. Tesis doctor en Filosofía en Ingeniería Civil. University of California, Berkeley, 2017.

SUÁREZ, Luís; DÁVILA, Nazario; INGLESSIS, Pether y RIVERO, Pedro. *Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en la ciudad de Mérida*. Ciencia e Ingeniería, Mérida (Venezuela). (3), 269-278, 2009. ISSN: 1316-7081.

TAFUR Revilla, Emanuel. *Análisis sísmico comparativo del pabellón de aulas de la facultad de ingeniería civil y ambiental de la universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, con y sin disipadores de fluido viscoso, Chachapoyas – 2017*. Tesis título para Ingeniero Civil. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, 2018.

TERÁN, Amador y VIRTO, Neftalí. *Diseño basado en desplazamientos de edificaciones bajas rigidizadas con contravientos desadheridos*. Revista de Ingeniería Sísmica, México. 2009, (80), 1-29. ISSN: 0185-092X.

VIELMA, Juan; LOBO, William y RIVERO, Pedro. *Factores de reducción de respuesta por ductilidad de estructuras con comportamiento no lineal*. Revista INGENIERÍA UC, Valencia (Venezuela), (2): 14-22. ISSN: 1316-6832.

VILLAREAL, Genner y OVIEDO Ricardo. *Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía*. Lima: Editorial e imprenta grafica norte S.R.L., 2009. ISBN: 9789972339103.

VILLAREAL, Genner y DIAZ Marco. *Edificaciones con disipadores viscosos*. Lima: Editorial e imprenta grafica norte S.R.L., 2016. ISBN: 9786120024195.

VILLAREAL, Genner. *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas*. [en línea]. Perú: 2009 [fecha de consulta: 23 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.dropbox.com>.

WANG, Xi. *Performance Based Implementation of Seismic Protective Devices for Structures*. Tesis doctor en Filosofía en Ingeniería Civil. University of California, Los Angeles, 2014.

AISC Steel Construction. *American institute of Steel Construction*. EE.UU. 2005. ISBN: 156424055X.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR

Yo, **Poma Guadamur, Carlos Alberto**, alumno de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Filial Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al informe de investigación titulado **“Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019”**, son:

1. De mi autoría.
2. El presente informe de investigación no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El informe de investigación no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente informe de investigación son reales, 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 información aportada, por lo que me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 29 de Junio del 2020.

---

Poma Guadamur, Carlos Alberto

DNI 60459745

## Anexo 2

### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, **Pinto Barrantes, Raul Antonio** , docente de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Filial Lima Norte, revisor del informe de investigación titulado “**Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019**”, del estudiante Poma Guadamur, Carlos Alberto, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24% 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 consistencias detectadas no constituyen plagio. 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.

Lima, 29 de Junio del 2020.

---

Pinto Barrantes, Raul Antonio

DNI 07732471

**Anexo 3. Matriz de Operacionalización de variables**

“Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019”

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones	indicador	Escala de medición
<b>VARIABLE DEPENDIENTE(Y): Comportamiento sísmico</b>	Las edificaciones se crean como un sistema o conjunto de elementos y mecanismos que se ajustan proporcionalmente para garantizar su óptimo funcionamiento. Así mismo, se fija el desempeño de la estructura que se pretende alcanzar debido acciones externas que se ejercen sobre ella, además, se tiene que tener presente de las restricciones que se podría generar debido al ingreso de nueva información hacia la estructura (Oviedo, 2016, p. 1).	El comportamiento sísmico, es la forma como la estructura responde al verse sometida a fuerzas externas como es el caso de un movimiento sísmico, debido a ello se producen fuerzas internos y deformaciones en sus elementos.	Propiedades estructurales	- Desplazamientos. - Distorsiones. - Cortante basal. - Momento de volteo	De Razón
			Protección sísmica	- Nivel de desempeño.	Ordinal
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE(X): Disipadores de fluido viscoso</b>	Los disipadores de fluido son aparatos, como así mismo se mencionan, que disipan grandes cantidades de energía, protegiendo de forma tal, que no se exija demasiado a otras partes de la estructura, lo que podría causar notables daños en la edificación. Estos mecanismos absorben la fuerza sísmica por medio de la pérdida de energía en fluidos viscosos transitando por medio de aberturas que se encuentran en el interior, de esta forma impiden que la estructura tome todo el impacto, por lo que causa una reducción significativa en las distorsiones de la edificación (Villareal y Díaz, 2016, p. 8).	Los disipadores de fluido viscoso son mecanismos que disipan energía por medio del amortiguamiento, funcionan de forma tal que apaciguan el movimiento de la estructura, estos mecanismos guardan relación con la velocidad que causa la producción de calor interno por medio del fluido que se encuentran en sus cámaras, así ayudan a evitar daños a la estructurales.	Propiedades mecánicas	- Reducción de respuesta sísmica. - Amortiguamiento efectivo. - Amortiguamiento viscoso.	De Razón
			Configuración estructural	- Disposición del disipador.	Nominal
				- Cantidad de dispositivos.	De Razón
Diseño estructural	- Fuerza máxima. - Máxima velocidad. - coeficiente de amortiguamiento.	De Razón			

**Anexo 4. Matriz de consistencia.**

Título: “Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable dependiente (Y): comportamiento sísmico		Instrumento
			Dimensiones	Indicadores	
¿De qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019?	Analizar de qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019.	El uso de disipadores de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019.	Propiedades estructurales	- Desplazamientos. - Distorsiones. - Cortante basal. - Momento de volteo	- Programa ETABS 2016. - Formatos Excel. - Norma E-030.
			Protección sísmica	- Nivel de desempeño.	- Formatos Excel - Metodología Hazus 2010
Problema Especifica	Objetivo Especifica	Hipótesis Especifica	Variable independiente (X): disipadores de fluido viscoso		
- ¿De qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en las propiedades estructurales del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019? - ¿De qué forma la configuración estructural de los dispositivos de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019? - ¿De qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en la protección sísmica del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019?	- Determinar de qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en las propiedades estructurales del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. - Establecer de qué forma la configuración estructural de los dispositivos de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. - Determinar de qué manera el uso de disipadores de fluido viscoso influye en la protección sísmica del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019.	- El uso de disipadores de fluido viscoso influye en las propiedades estructurales del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. - La configuración estructural de los dispositivos de fluido viscoso influye en los indicadores del comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019. - El uso de disipadores de fluido viscoso influye en la protección sísmica del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019.	Propiedades mecánicas	- Reducción de respuesta sísmica. - Amortiguamiento efectivo. - Amortiguamiento viscoso.	- Formatos Excel
			Configuración estructural	- Disposición del disipador. - Cantidad de dispositivos.	-Formatos Excel
			Diseño estructural	- Fuerza máxima. - Máxima velocidad. - coeficiente de amortiguamiento.	-Formatos Excel - Programa ETABS 2016

**Anexo 5. Fichas de recolección de datos.**

<b>Ficha de recolección de datos</b>	
<b>Título:</b>	“Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019”
<b>Autor:</b>	Poma Guadamur, Carlos Alberto

<b>Propiedades estructurales (con disipador y sin disipador)</b>									
<b>Nivel</b>	<b>Sismo</b>	<b>Desplazamiento (m)</b>	<b>Deriva relativa (m)</b>	<b>Altura de entrepiso (m)</b>	<b>Deriva elástica</b>	<b>Deriva Inelástica</b>	<b>Norma E-030 <math>\leq 0.007</math></b>	<b>Fuerza cortante (Tnf)</b>	<b>Momento de volteo (Tnf.m)</b>
20									
19									
18									
17									
16									
15									
14									
13									
12									
11									
10									
9									
8									
7									
6									
5									
4									
3									
2									
1									

Anexo 2. Fichas de recolección de datos.

Ficha de recolección de datos	
<b>Título:</b>	"Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019"
<b>Autor:</b>	Poma Guadamur, Carlos Alberto

Propiedades estructurales (con disipador y sin disipador)									
Nivel	Sismo	Desplazamiento (m)	Deriva relativa (m)	Altura de entrepiso (m)	Deriva elástica	Deriva Inelástica	Norma E-030 ≤ 0.007	Fuerza cortante (Tnf)	Momento de volteo (Tnf.m)
20									
19									
18									
17									
16									
15									
14									
13									
12									
11									
10									
9									
8									
7									
6									
5									
4									
3									
2									
1									

*Carlos Alberto Poma Guadamur*  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 31798

Datos de experto	
<b>Apellidos y Nombres</b>	Bieberach Sanchez Carlos Humberto
<b>C.I.P. 31798</b>	31798
<b>Profesión</b>	Ingeniero civil

Anexo 2. Fichas de recolección de datos.

Ficha de recolección de datos	
<b>Título:</b>	"Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019"
<b>Autor:</b>	Poma Guadamur, Carlos Alberto

Propiedades estructurales (con disipador y sin disipador)									
Nivel	Sismo	Desplazamiento (m)	Deriva relativa (m)	Altura de entrepiso (m)	Deriva elástica	Deriva Inelástica	Norma E-030 ≤ 0.007	Fuerza cortante (Tnf)	Momento de volteo (Tnf.m)
20									
19									
18									
17									
16									
15									
14									
13									
12									
11									
10									
9									
8									
7									
6									
5									
4									
3									
2									
1									

*Margarita Boza Olaechea*  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP: 80500

Datos de experto	
<b>Apellidos y Nombres</b>	Boza Olaechea Margarita
<b>C.I.P. 31798</b>	80500
<b>Profesión</b>	Ingeniera civil



Anexo 2. Fichas de recolección de datos.

Ficha de recolección de datos	
<b>Título:</b>	"Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019"
<b>Autor:</b>	Poma Guadamur, Carlos Alberto

Propiedades estructurales (con disipador y sin disipador)									
Nivel	Sismo	Desplazamiento (m)	Deriva relativa (m)	Altura de entrepiso (m)	Deriva elástica	Deriva Inelástica	Norma E-030 ≤ 0.007	Fuerza cortante (Tnf)	Momento de volteo (Taf.m)
20									
19									
18									
17									
16									
15									
14									
13									
12									
11									
10									
9									
8									
7									
6									
5									
4									
3									
2									
1									

*Rodríguez Solís*  
 CARMEN BEATRIZ  
 RODRIGUEZ SOLIS  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 50202

Datos de experto	
<b>Apellidos y Nombres</b>	Rodríguez Solís Carmen Beatriz
<b>C.I.P. 31798</b>	50202
<b>Profesión</b>	Ingeniera civil

## Anexo 6. Solicitud para utilizar instalaciones.

### SOLICITUD DE PRÉSTAMO INSTALACIONES

**Sres. Mattings S.A.C**

Yo Carlos Alberto Poma Guadamur identificado con número de DNI 60459745 domiciliado en: Calle A Urb. Las Flores de Santa Rosa Mz. T Lt. 10 del distrito de San Martín de Porres Provincia y Departamento de Lima, ante Uds. Con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Que, deseando obtener el grado académico de Ingeniero Civil vengo realizando mi proyecto de investigación titulada "Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019", por lo que me veo en la necesidad de pedirles poder utilizar sus instalaciones de forma temporal con la finalidad de desarrollar el modelo analítico en el programa ETABS 2016, durante el desarrollo, me comprometo a utilizar exclusivamente las instalaciones con el fin ya antes señalado y de asegurar la protección de los bienes que se me otorgan, así como de tomar responsabilidad de daños que puedan ocurrir.

Lima, 18 de Noviembre del 2019



**Carlos Alberto Poma Guadamur**

DNI. N° 60459745

## **SOLICITUD DE PRÉSTAMO INSTALACIONES**

**Sres. Imagina**

Yo Carlos Alberto Poma Guadamur identificado con número de DNI 60459745 domiciliado en: Calle A Urb. Las Flores de Santa Rosa Mz. T Lt. 10 del distrito de San Martín de Porres Provincia y Departamento de Lima, ante Uds. Con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Que, deseando obtener el grado académico de Ingeniero Civil vengo realizando mi proyecto de investigación titulada "Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Concepto Premium Miraflores, Lima-2019", por lo que me veo en la necesidad de pedirles poder utilizar sus instalaciones de forma temporal con la finalidad de desarrollar el modelo analítico en el programa ETABS 2016, durante el desarrollo, me comprometo a utilizar exclusivamente las instalaciones con el fin ya antes señalado y de asegurar la protección de los bienes que se me otorgan, así como de tomar responsabilidad de daños que puedan ocurrir.

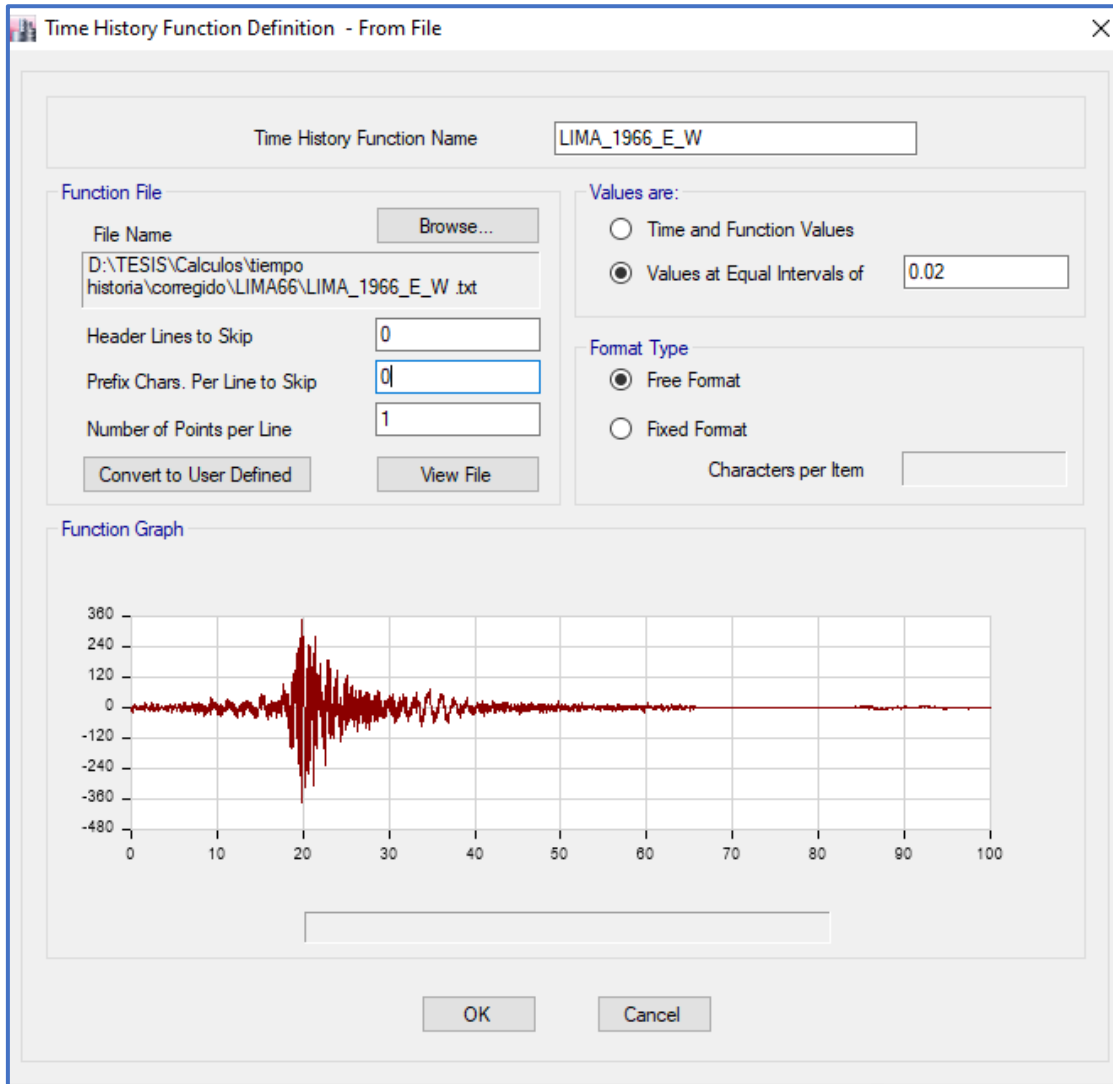
Lima, 18 de Noviembre del 2019



**Carlos Alberto Poma Guadamur**

DNI. N° 60459745

**Anexo 7. Definición tiempo-historia en programa Etabs 2016.**



**Anexo 8.** Definición de casos de carga tiempo-historia en programa Etabs 2016.

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: CASO 1 - LIMA1966

Load Case Type/Subtype: Time History / Linear Modal

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (100%CM+50%CV)

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E - W LIMA 1966 M...	0.01
Acceleration	U2	N - S LIMA 1966 MA...	0.01

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Time History Motion Type: Transient

Number of Output Time Steps: 9882

Output Time Step Size: 0.02 sec

Modal Damping: Constant at 0.05

Buttons: Design..., Notes..., Add, Delete, Advanced, OK, Cancel


**Anexo 9. Clasificación según tipo de estructura de acuerdo a Tethodology Hazus, 2010**

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame (≤ 5,000 sq. Ft.)		All	1	14
2	W2	Wood, Greater than 5,000 sq. Ft.		All	2	24
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1–3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4–7	5	60
5	S1H		Higt-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1.3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4.7	5	60
8	S2H		Higt-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1.3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4.7	5	60
12	S4H		Higt-Rise	8+	13	156
13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Wall	Low-Rise	1.3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4.3	5	60
15	S5H		Higt-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1.3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4.7	5	50
18	C1H		Higt-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1.3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4.7	5	50
21	C2H		Higt-Rise	8+	12	120
22	C3L	Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1.3	2	20
23	C3M		Mid-Rise	4.7	5	50
24	C3H		Higt-Rise	8+	12	120
25	PC1	Precast Concrete Tilt-Up Walls		All	1	15
26	PC2L	Precats Concrete Frames wits Concrete Shear Walls	Low-Rise	1.3	2	20
27	PC2M		Mid-Rise	4.7	5	50
28	PC2H		Higt-Rise	8+	12	120
29	RM1L	Reinforced Mansorry Bearing W alls with Wood or Metal Deck Diaphragms	Low-Rise	1.3	2	20
30	RM1M		Mid-Rise	4+	5	50
31	RM2L	Reinforced Mansorry Bearing W alls with Precast Concrete Diaphragms	Low-Rise	1.3	2	20
32	RM2M		Mid-Rise	4.7	5	50
33	RM2H		Higt-Rise	8+	12	120
34	URML	Unreinforced Masonry Bearing W alls Walls	Low-Rise	1.2	1	15
35	URM M		Mid-Rise	3+	3	35
36	MH	Mobile Homes		All	1	10

**Anexo 10. Deriva según clasificación de estructura de acuerdo a Tethodology Hazus, 2010**

Building Properties			Interstory Drift at			
Type	Height(unches)		Threshold of Damage State			
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
S5L						
S5M						
S5H						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300
C3L						
C3M						
C3H						
PC1	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
PC2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
PC2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
PC2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263
RM1L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
RM1M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
RM2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
RM2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
RM2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263
URML						
URMM						
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700

Anexo 11. Perfiles de acero de acuerdo a Steel Construction.



**Table 1-13**  
**Round HSS**  
**Dimensions and Properties**

HSS20.000-  
HSS10.000

Shape	Design Wall Thickness, <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		
									<i>J</i>	<i>C</i>	
	in.	lb/ft	in. <sup>2</sup>		in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>3</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	
HSS20.000×0.500	0.465	104.00	28.5	43.0	1360	136	6.91	177	2720	272	
	×0.375 <sup>†</sup>	0.349	78.67	21.5	57.3	1040	104	6.95	135	2080	208
HSS18.000×0.500	0.465	93.54	25.6	38.7	985	109	6.20	143	1970	219	
	×0.375 <sup>†</sup>	0.349	70.66	19.4	51.6	754	83.8	6.24	109	1510	168
HSS16.000×0.625	0.581	103.00	28.1	27.5	838	105	5.46	138	1680	209	
	×0.500	0.465	82.85	22.7	34.4	685	85.7	5.49	112	1370	171
	×0.438	0.407	72.87	19.9	39.3	606	75.8	5.51	99.0	1210	152
	×0.375	0.349	62.64	17.2	45.8	526	65.7	5.53	85.5	1050	131
	×0.312 <sup>†</sup>	0.291	52.32	14.4	55.0	443	55.4	5.55	71.8	896	111
	×0.250 <sup>†</sup>	0.233	42.09	11.5	68.7	359	44.8	5.58	57.9	717	89.7
HSS14.000×0.625	0.581	89.36	24.5	24.1	552	78.9	4.75	105	1100	158	
	×0.500	0.465	72.16	19.8	30.1	453	64.8	4.79	85.2	907	130
	×0.375	0.349	54.62	15.0	40.1	349	49.8	4.83	65.1	698	100
	×0.312	0.291	45.65	12.5	48.1	295	42.1	4.85	54.7	589	84.2
	×0.250 <sup>†</sup>	0.233	36.75	10.1	60.1	239	34.1	4.87	44.2	478	68.2
HSS12.750×0.500	0.465	65.48	17.9	27.4	339	53.2	4.35	70.2	678	106	
	×0.375	0.349	49.61	13.6	36.5	262	41.0	4.39	53.7	523	82.1
	×0.250 <sup>†</sup>	0.233	33.41	9.16	54.7	180	28.2	4.43	36.5	359	56.3
HSS10.750×0.500	0.465	54.79	15.0	23.1	199	37.0	3.64	49.2	398	74.1	
	×0.375	0.349	41.59	11.4	30.8	154	28.7	3.68	37.8	309	57.4
	×0.250	0.233	28.06	7.70	46.1	106	19.8	3.72	25.8	213	39.6
HSS10.000×0.625	0.581	62.64	17.2	17.2	191	38.3	3.34	51.6	383	78.6	
	×0.500	0.465	50.78	13.9	21.5	159	31.7	3.38	42.3	317	63.5
	×0.375	0.349	38.58	10.6	28.7	123	24.7	3.41	32.5	247	49.3
	×0.312	0.291	32.31	8.88	34.4	105	20.9	3.43	27.4	209	41.9
	×0.250	0.233	26.06	7.15	42.9	85.3	17.1	3.45	22.2	171	34.1
	×0.188 <sup>†</sup>	0.174	19.72	5.37	57.5	64.8	13.0	3.47	16.8	130	25.9

<sup>†</sup> Shape exceeds compact limit for flexure with  $F_y = 42$  ksi.





**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: "INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR CONCEPTO PREMIUM MIRAFLORES, LIMA-2019", cuyo autor es POMA GUADAMUR CARLOS ALBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, 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, 30 de Julio del 2020

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO <b>DNI:</b> 07732471 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9573-0182	Firmado electrónicamente por: RPINTOBA el 30-07- 2020 18:27:51

Código documento Trilce: TRI - 0056860