



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Desempeño estructural del bloque ‘A’ del hospital Edgardo Rebagliati  
Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal,  
Lima - 2018”

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Dávila Flores, Hauer Jhoel (ORCID: 0000-0001-6396-0162)

**ASESOR:**

Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio (ORCID: 0000-0002-9573-0182)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA-PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

A mis padres Lucila Sánchez Chules y Adriano Flores Sánchez por cuidarme, a mis familiares por apoyarme y a Dios por su bendición.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento de todo corazón a todos mis docentes de la universidad Cesar vallejo, por su adecuada formación y exigencia académica.

A mi asesor Mg. Ing. Raúl Antonio Pinto Barrantes, por guiarme a realizar el presente proyecto de investigación.

A mis compañeros por compartir sus conocimientos ante cualquier inquietud, que se ha presentado durante el presente proyecto de investigación.

## PÁGINA DEL JURADO

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a)

**Dávila Flores Hauer Jhoel**

Cuyo título es: "**Desempeño estructural del bloque "A" del hospital Edgardo**

**Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018"**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

.....15..... (número) .....QUINCE..... (letras).

Los Olivos, 19 de julio de 2019.

  
.....  
**PRESIDENTE**

Dr. Muñoz Paucarmayta, Abel Alberto

  
.....  
**SECRETARIO**

Mg. Villegas Martínez, Carlos Alberto

  
.....  
**VOCAL**

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

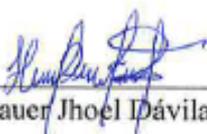
## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo Hauer Jhoel Dávila Flores a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniera Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

**Lima, 19 de julio del 2019**



---

Hauer Jhoel Dávila Flores

DNI: 47033433

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada “Desempeño estructural del bloque ‘A’ del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018” cuyo objetivo es conseguir un adecuado desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, respecto a su actual construcción frente a un sismo de gran magnitud, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo que comprende la parte introductoria, se explica y se detalla la realidad problemática, los trabajos previos, las teorías relacionadas al tema, la formulación del problema, la justificación, los objetivos y las hipótesis de la investigación; en el segundo capítulo que comprende al método, se describen las fases del proceso de investigación: tipo de estudio, diseño de investigación, las variables y su operacionalización, población, muestra, técnica de recolección de datos, validez, confiabilidad, procedimiento, método de análisis de datos y aspectos éticos; en el tercer capítulo comprende los resultados que contrastan las hipótesis planteadas en base a los datos obtenidos del modelo matemático para los diferentes análisis estructural de la edificación; en el cuarto capítulo se redacta las discusiones de los resultados obtenidos en función a los de los antecedentes; en el quinto capítulo se presentan las conclusiones; en el sexto capítulo se enuncian las recomendaciones; por último, se detallan las referencias utilizadas en la investigación; así también, se presentan los anexos.

El Autor

# ÍNDICE

CARÁTULA .....	I
DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
PÁGINA DEL JURADO .....	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	V
PRESENTACIÓN .....	VI
ÍNDICE.....	VII
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	X
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MÉTODO.....	37
2.1 Fases del proceso de investigación.....	37
2.3 Variables, operacionalización.....	38
2.4 Población y muestra .....	41
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	42
2.6 Procedimiento.....	46
2.6 Método de análisis de datos.....	112
2.7 Aspectos éticos .....	112

III.	RESULTADOS .....	114
3.1.	Derivas de entre piso .....	114
3.2.	Verificación de amortiguamiento de objetivo .....	116
3.3.	Energía sísmica absorbida por los disipadores .....	118
3.4.	Características comerciales de los disipadores .....	119
3.5.	Desplazamientos máximos de C.M .....	121
3.6.	Esfuerzos máximos en un elemento estructural .....	123
3.7.	Velocidades y aceleraciones máximas .....	125
IV.	DISCUSIÓN .....	128
V.	CONCLUSIONES .....	132
VI.	RECOMENDACIONES .....	134
	REFERENCIAS .....	135
	ANEXOS .....	143

## RESUMEN

La presente investigación, lleva por nombre “Desempeño estructural del bloque ‘A’ del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018”, realizada con la teoría de incrementar el amortiguamiento de la estructura, para tener una resistencia del movimiento libre de la edificación frente a solicitaciones sísmicas. Tiene como objetivo general conseguir un adecuado desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, respecto a su actual construcción frente a un sismo de gran magnitud.

El tipo de investigación es aplicada, con diseño de investigación no experimental, teniéndose una población conformada por todos los bloques del hospital Edgardo Rebagliati Martins y una muestra no probabilística conformada por el bloque A de dicho hospital.

Para el análisis y diseño de la edificación con disipadores de energía se utilizó a lo estipulado por la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 del 2018, (ASCE/SEI 7), (SEAOC) y el FEMA 273 – 274, así como también las recomendaciones que brinda el fabricante líder Taylor Devices.

Se llegó a la conclusión de que es posible conseguir un adecuado desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, respecto a su actual construcción, frente a un sismo de gran magnitud, debido a que el incremento de amortiguamiento de 27.20 % por parte del sistema de disipación de energía sísmica en X-X consigue deriva de entre piso máxima de 0.0062, y el incremento de amortiguamiento de 20.51 % en Y-Y consigue deriva de entre piso máxima de 0.0042, dichas derivas de entre piso corresponden a un nivel de desempeño operacional para la norma E.030 del 2018, así mismo, el sistema de disipación de energía absorbe la energía sísmica en un 52.78 % la cual es disipada al ambiente mediante energía de calor, por consiguiente se evitara que los elementos estructurales disipen el total de la energía mediante la formación de rótulas plásticas, además se comprobó que la edificación cumple con resistir el momento de volteo en sus dos direcciones, reduce desplazamientos máximos de centro masas, reduce esfuerzos en los elementos estructurales, reduce en su centro de masa velocidades y aceleraciones.

**Palabras Claves:** Desempeño estructural, Disipadores de energía, Incremento del amortiguamiento, Deriva de entre piso, momento de volteo.

## ABSTRACT

The present investigation, takes by name "structural Performance of the block 'To' of the hospital Edgardo Rebagliati Martins with the system of dissipation of the energy of the nonlinear viscous fluid, Lima - 2018", realized with the theory of evaluating the damping of the structure , to have a resistance of the free movement of the building in front of the seismic requests. Its general objective is to obtain an adequate structural performance of the Edgardo Rebagliati Martins block, with respect to its current construction in the face of a large-scale earthquake.

The type of research is the application, the design of the quasi-experimental research, having a population made up of all the blocks of the Edgardo Rebagliati Martins hospital and a sample conformed by block A of said hospital.

For the analysis and design of the building with energy dissipaters, the stipulations of the Peruvian standard for earthquake-resistant design E.030 of 2018, (ASCE / SEI 7), (SEAOC) and FEMA 273-274 are met, as well as the recommendations provided by the leading manufacturer of Taylor devices.

He concluded that it is possible that an adequate structure of the Edgardo Rebagliati Martins block, with respect to its current construction, is achieved in the face of a large earthquake, due to the 27.20% damping imperative by the seismic energy dissipation system in XX obtains drift of between maximum floor of 0.0062, and the increase of damping of 20.51% in YY obtains drift of between maximum floor of 0.0042, said drifts of between floor corresponds to a level of operational performance, likewise, the dissipation system of energy absorbs the seismic energy by 52.78% which is dissipated to the environment by heat energy, so it refers to the elements at the level of energy through structural damage, it was also found that the building complies with the resistance at the time of turning in both directions, reduce maximum displacements of center of masses, reduce stresses on structural elements tural, reduce in its center of mass speeds and accelerations.

**Keywords:** structural performance, energy dissipaters, increased damping, drift between floors, turning moment.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Por lo general los sismos de gran magnitud se encuentran en el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, el Perú forma parte de los países afectados, debido a que las placas tectónicas de nazca se introducen por debajo de la sudamericana. En el centro del Perú el sismo de mayor magnitud, fue dado en el año de 1746, por lo que se espera que nuevamente ocurra.

Según el INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) en su informe denominado: “Escenario Sísmico para Lima Metropolitano y Callao”, menciona que mediante estudios realizados se ha determinado que prevalecen tres puntos en donde se acumulan gran cantidad de energía sísmica, denominados asperezas, de liberarse dicha energía sísmica, ocurriría un gran sismo; una de estas asperezas se encuentra frente a la parte central de Perú, perjudicando a Lima, Callao, Ancash e Ica.

Las edificaciones de los hospitales en el Perú, que se han construido en décadas anteriores, tras la ocurrencia de un gran sismo, han interrumpido los servicios que brinda u operatividad, debido a los roturas o daños que se presentan en columnas, vigas, muros, ventanas de vidrio, puertas, entre otros; estas roturas o daños en ingeniería serían en elementos estructurales y no estructurales, existiendo pérdidas económicas y la probabilidad de producirse pérdida de vidas humanas.

El CISMID (Centro Peruano -Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres), en el año de 1997 ejecuto un programa encargado por el Ministerio de Salud, para evaluar la vulnerabilidad sísmica de algunos hospitales de la ciudad de Lima, en donde se determinó mediante modelos matemáticos que, ante la ocurrencia de un gran sismo, en la edificación del bloque “A” del hospital Edgardo Rebagliati Martins, las unidades de albañilería que sirven como tabiquería sufrirían daños o fallas importantes.

En la tesis denominada “Evaluación estructural de una de las edificaciones del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el método del espectro de capacidad”, presentada en el año 2012 se comprobó que, de producirse un sismo de gran magnitud, algunos pórticos en ambas direcciones formarían rótulas plásticas.

Dicho Hospital se encuentra ubicado en el distrito de Jesús María, en la esquina del Jr. Edgardo Rebagliati Martins y la cuadra 12 de la Av. Salaverry, Lima.

La norma peruana de diseño sismorresistente E. 030 del 2018, clasifica a las edificaciones según su categoría en: esenciales, importantes, comunes y temporales; dentro de las edificaciones esenciales encontramos a los hospitales; que según la norma ya mencionada no deben de interrumpir su funcionamiento, después de la ocurrencia de un sismo ya que serán los lugares a donde acudirán las personas afectadas, para tal cometido estas edificaciones deben de contar con sistemas de protección sísmica.

El sistema de disipación de energía, es un sistema de protección sísmica, que se incorpora a las edificaciones para protegerlas frente sismos, y para diseñarlos la norma peruana recomienda utilizar el documento de Diseño mínimo de Cargas para Edificios y otras estructuras de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, en la actualidad una de las empresas que domina el mercado mundial es Taylor Devices de Estados Unidos, teniendo como representante en nuestro país a la empresa CDV (ingeniería antisísmica).

Los disipadores de energía se clasifican en 3 categorías diferentes, los dependientes del desplazamiento son históricos, los dependientes de la velocidad y del desplazamiento son viscoelásticos, y por último los dependientes de la velocidad son de fluido viscoso.

Los disipadores de fluido viscoso pueden ser lineales o no lineales, la diferencia del segundo respecto al primero es que realizan una mayor fuerza de amortiguamiento frente a velocidades pequeñas, así como también controlan eficientemente las pulsaciones de velocidades elevadas.

La incorporación del sistema de disipación de energía de fluido viscoso a una edificación, mejora el desempeño estructural, ya que con ello se tiene una reducción de desplazamientos laterales, derivas de entre piso, esfuerzos menores en los elementos estructurales, reducción de velocidades y aceleración en los entre pisos, todo ello mediante el paso de un fluido viscoso en su interior, produciendo así una resistencia del movimiento libre de la edificación frente a solicitaciones sísmicas y viento.

Con el objetivo de tener un mejor entendimiento del tema de la presente investigación y a la vez tener referencias, se presentan los siguientes antecedentes nacionales.

Alarcón y Asto (2017) analizaron sísmicamente una edificación de 10 niveles , la cual era vulnerable sísmicamente, por lo que optaron por reforzarla mediante disipadores viscosos y con ello asegurar la continuidad de dicha edificación frente a un movimiento

telúrico, es por este motivo que denominaron a su tesis: “Proyecto de reforzamiento estructural del edificio multifamiliar Los Rosales de 10 niveles con disipadores de fluido viscoso”, en dicha tesis se tuvo como objetivo principal el realizar el reforzamiento estructural del edificio multifamiliar Los Rosales de 10 niveles con disipadores de fluido viscoso, empleando para ello las exigencias mínimas que establece la norma E.030 y cumplir a la vez con las exigencias que establece la FEMA al momento de calcular las propiedades de dicho mecanismo, quienes concluyeron que es posible lograr una reducción de desplazamientos máximos en su centro de masa de un 20% a un 38% en el eje X-X, y en el eje Y-Y una reducción del 41% al 48%, por otro lado, se logró un incremento de amortiguamiento interno en un 6.19 % en el eje X-X, y en el eje Y-Y en un 4.70 %.

Navarro (2017), comparo la respuesta sísmica de una edificación esencial de 5 niveles y azotea ubicada en el norte del país, con y sin la presencia de disipadores de configuración Chevron, es por ello que tiene la tesis denominada “Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro”, cuyo objetivo principal fue comparar la respuesta de la edificación ubicada en la zona 4, con y sin el sistema de disipadores pasivos, en donde se planteó conseguir un deriva objetivo de entre piso según los límites de la metodología HAZUS la cual fue descartada debido a las limitaciones de incremento de amortiguamiento por parte de los disipadores, por lo que se optó utilizar los límites que establece la norma E.030. Concluyendo que, mediante la participación de disipadores en la edificación de estudio las derivas de entre piso se reducen desde un 43% hasta un 45%, así mismo, su periodo de vibración no se vio modificado y se tuvo un porcentaje de energía sísmica absorbida de 64.4%.

Carranza y Calderón (2015), determinaron que según normatividad un mercado ubicado en la ciudad de Trujillo, presentaba un comportamiento inadecuado frente a una sollicitación de un movimiento telúrico y frente a ello se planteó un posible reforzamiento mediante la inclusión de sistemas de protección sísmica modernos pasivos, es por ello que tiene la tesis denominada “Reforzamiento de una estructura a porticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo”, quienes tuvieron como objetivo incorporar disipadores de energía de fluido viscoso y determinar las mejoras que presenta dicha estructura. En sus resultados contrastaron que frente un sismo raro la estructura presentaría un mejor comportamiento si a esta se le anexa disipadores viscosos. En donde se

concluyó que se tendrán menores daños en la edificación, cuando se le anexa disipadores viscosos, ya que estos absorben gran parte de la energía que ocasiona un sismo, además de que los elementos estructurales reducen la fuerza de corte o cizalla.

Corpus y Morales (2015), realizaron una comparación del comportamiento de una edificación universitaria, proponiendo un reforzamiento tradicional a base de muros de corte y un reforzamiento moderno a base de disipadores viscosos, con el objetivo de saber quién brinda mejores resultados, es por tal motivo que tienen la tesis denominada “Análisis sísmico comparativo entre un sistema dual y el sistema de reforzamiento con disipadores de fluido viscoso para un edificio en el Distrito de Víctor Larco Herrera aplicando ETABS 2013”, quienes tuvieron como objetivo principal el comparar el análisis sísmico entre un sistema de muros estructurales y disipadores de fluido viscoso para un edificio ubicado en el distrito de Víctor Larco Herrera. En donde se obtuvo resultados benéficos para ambas propuestas como por ejemplo en cuestión de reducción de desplazamientos los muros de corte presentaron mejores resultados, por otro lado, si de esfuerzos internos se trata los disipadores viscosos presentan una enorme reducción, así mismo, la rigidez de dicha estructura no se ve modificada por lo que el periodo de vibración se mantiene y fuerzas sísmicas de diseño no incrementan. En donde se concluye que la estructura incorporada con disipadores de energía tiene un mejor comportamiento sísmico, ya que los periodos y las frecuencias se mantienen constantes por lo que se entiende que estos mecanismos no modifican la rigidez de la estructura, así mismo, se reducen esfuerzos axiales y de cortante, así mismos momentos de flexión.

Chacón y Ramírez (2014), mediante modelos matemáticos y la ayuda computacional por parte de un software se analizó el comportamiento sísmico de una edificación de 4 pisos, luego de que se le añadió energía de amortiguamiento por parte del sistema de protección pasivo viscoso, es por tal circunstancia que llamaron a su tesis “Análisis de una edificación de 4 pisos con disipadores de fluido viscoso”, en donde se tuvo como objetivo principal el realizar el análisis estructural de una edificación con un sistema de disipación de energía de fluido viscoso. En donde se tuvo resultados positivos que ayudan a reducir su actual vulnerabilidad sísmica, ya que se tienen una reducción de desplazamientos máximos, distorsiones de entre piso, esfuerzos, así mismo se evita que los elementos estructurales presenten grandes fallas estructurales. En donde se concluyó que los resultados obtenidos se

pueden obtener en la realidad, ya que el amortiguamiento que adicionan estos mecanismos es económica y técnicamente viable.

Siguiendo el mismo objetivo de tener un mayor conocimiento del tema, en base a investigaciones realizadas es que, a continuación, se presentan los siguientes antecedentes internacionales.

Lamprea y Garzón (2018), se propuso implementar a una edificación hospitalaria, disipadores viscosos con el fin de que está presente daños leves o despreciables frente a una acción sísmica, es por tal motivo que denominaron su tesis “Dispositivos de amortiguadores líquidos no lineales en el diseño sísmico de edificios”, en donde se tuvo como objetivo general implementar disipadores de energía de fluido viscoso no lineal en un hospital de la ciudad de Bogotá. En donde los resultados obtenidos mostraban un mejor comportamiento sísmico, ya que se redujo la probabilidad de que se formen rótulas plásticas los cuales hubieran interrumpido su normal funcionamiento, algo que no es permitido por los reglamentos, se comprobó de que se reducen desplazamientos del centro de masa por ende las distorsiones de entre piso, así mismo el periodo de vibración no se vio modificado. Por lo que se concluyó, que al implementar disipadores viscosos no lineales a la edificación hospitalaria no se interrumpiría su normal funcionamiento frente a acciones sísmicas, así mismo se comprobó que se reducen los desplazamientos laterales, por ende las distorsiones o derivas de entre piso, y debido a que no se modifica su masa inercial, su periodo de vibración se mantiene constante, por lo que no será necesario reforzar las secciones de los elementos estructurales debido a que las fuerzas cortantes no se incrementan.

Gómez (2018), experimento sobre varios pórticos de concreto armado que contenían a disipadores o amortiguadores de energía, con el objetivo de saber qué porcentaje de energía sísmica absorbían, frente a diferentes fuerzas inducidas; es por tal motivo que denomino su tesis de “Pruebas experimentales en un marco de concreto reforzado equipado con disipadores de energía sísmica”, cuyo objetivo principal fue el describir de qué manera se comporta un dispositivo comercial de disipación de energía sísmica; en donde se tuvo resultados de que al incorporar disipadores viscosos el porcentaje de absorción sísmica era posible por parte de estos, pero se presentaban variaciones que estaban ligadas a la disposición y ubicación de estos, en un rango del del 21% al 63%. Por lo que se concluye que al no considerar en el pórtico disipadores viscosos, se tendría una menor disipación histerética, ya que será proporcionada únicamente por el amortiguamiento de sus materiales,

por otro lado, al incorporar disipadores viscosos la curva histerética incrementa considerablemente, ya que para diferentes pruebas realizadas estos absorben energía sísmica en un 63 % a un 21 %, motivo por el cual los elementos estructurales disiparan una menor energía sísmica, por lo que se tendrá una menor probabilidad de daños estructurales.

Danovis y Farfán (2016), realizaron una maqueta a escala o modelo didáctico en donde se simuló un posible comportamiento de una estructura frente a diferentes aceleraciones en su base, cuando esta se encuentra complementada por unos disipadores de energía, es por tal motivo que llamaron a su tesis “ Modelo didáctico de una estructura utilizando disipadores de energía de fluido viscoso”, en donde se tuvo como objetivo principal que mediante un modelo cualitativo, diferenciar el comportamiento de una estructura ante un evento diferentes aceleraciones en su base con la inclusión y no inclusión de disipadores viscosos. Teniéndose como resultados una disminución de desplazamientos laterales y sobre todo una reducción de aceleración de cada piso. En donde se concluye que la inclusión de disipadores viscosos a una edificación optimiza los esfuerzos de los elementos estructurales debido a que no son sobre exigidos a grandes desplazamientos laterales y con ello se reducen esfuerzos, así mismo, se protege a los contenidos, equipos de laboratorio o clínicos, entre otros, ya que al reducirse las aceleraciones se tendrá menores probabilidades de que estos se descalibren o presenten algunas averías.

Maruri (2015), diseñó un modelo a escala de un sistema estructural y disipadores de energía con el propósito de evaluar de qué manera se comportan frente a aceleraciones inducidas en su base, por medio de una mesa de sollicitación dinámica, la cual simula un movimiento sísmico, es por tal motivo que denominaron su tesis “Modelo estructural a escala utilizando amortiguadores viscosos como sistema de disipación de energía”, en donde se tuvo como objetivo principal de diseñar un modelo estructural a escala con amortiguadores viscosos que pueda ser acoplado a una mesa de excitación dinámica y además puede ser sometido a diferentes aceleraciones. De donde se obtuvo resultados referidos a una disminución de aceleraciones respecto a un modelo patrón sin disipadores, frente a diferentes sollicitaciones; Ante a lo expuesto y la obtención de otros valores, es que llegan a la conclusión de que el hecho de incorporar amortiguadores viscosos a una edificación, se tendrá una edificación protegida ante una excitación sísmica evitándose de esta manera daños en la estructura, consecuentemente se cuidará la integridad de sus

ocupantes y evitara pérdidas de vidas, ya que los elementos no serán sobre exigidos además de reducirse las aceleraciones en cada piso de manera considerable

Pinzón y Martínez (2014), diseñó un modelo a escala en el que busco comprender el comportamiento de una estructura frente a una acción sísmica con la inclusión de aisladores de base y disipadores de energía, es por tal motivo que denominaron su tesis “Estado del arte y modelo didáctico descriptivo de amortiguadores y aisladores sísmicos”, cuyo objetivo fue de evaluar modelos en donde se pueda observar el funcionamiento de disipadores y aisladores, en donde se tuvieron resultados referidos a que, el tema que más utilizado al momento de realizar una tesis para obtener diferentes grados académicos es el de disipadores de energía, por otro lado, se comprueba que ambas metodologías presentan resultados favorables, lo que con lleva a tener edificaciones con daños leves de fácil reparación. Por lo que concluyeron que tanto los aisladores de base y los disipadores de energía, presentan comportamientos anhelados, por lo que el tipo de estructura será quien determine cual de los dos sistemas se deben de utilizar o ambas en conjunto, ya que por ejemplo de tener una edificación de más de 20 niveles se tendrá un periodo de vibración cercano de los 3 segundos por lo que para esos periodos ya no son tan efectivos los aisladores de base, en ese sentido sí los disipadores de energía, ya que no solo controlaran los grandes desplazamientos laterales inducidas por un sismo sino que también controlaran fuerzas de viento.

Se prosigue a presentar las teorías relacionadas con el tema de interés, con el fin de tener bien definidos los conceptos y metodologías para que de esta manera se realice una correcta investigación.

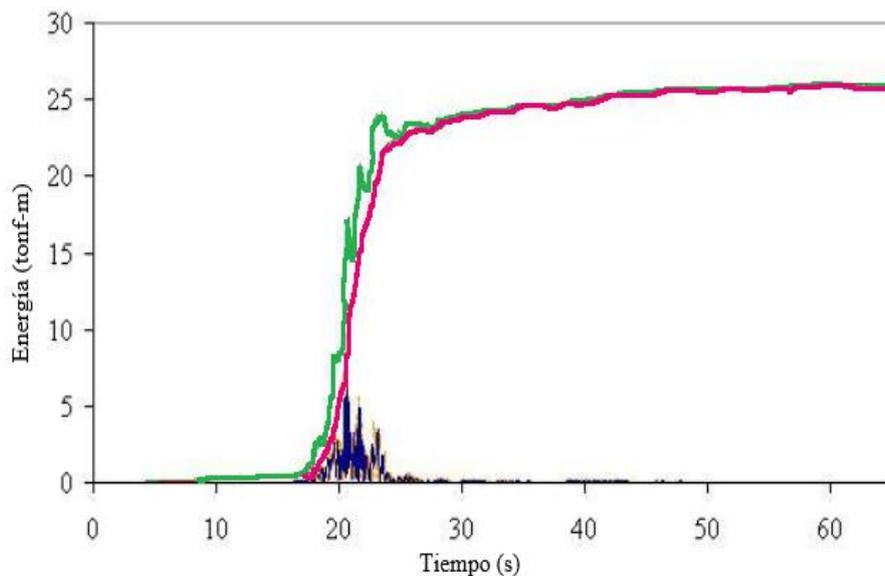
El estado de carga crítica de una edificación es un sismo, por lo que es menester conocer la ecuación que representa a dicho fenómeno.

La ecuación de balance de energía o energético, muestra el comportamiento de la edificación, frente a la energía sísmica que produce un movimiento telúrico y se expresa de la siguiente manera  $EL=Ek+Es+Ea+Ei$  (Navarro, 2017, p.8).

EL representa a la energía sísmica,  $Ek$  es la energía cinética o de movimiento,  $Es$  es la energía potencial de los elementos estructurales,  $Ea$  es la energía de amortiguamiento quien absorbe y disipa la energía sísmica y  $Ei$  energía inelástica quien origina la deformación irre recuperable de los elementos estructurales. (Navarro, 2017, p.8).

Con la ecuación de balance de energía se observa que el lado derecho debe soportar la sollicitación sísmica que se aprecia en el lado izquierdo, es por ello que, para la presente investigación, se ha considerado incrementar la energía de amortiguamiento ( $E_a$ ), mediante el incremento de la energía de amortiguamiento posible por parte de los disipadores de energía de fluido viscoso, para el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins por lo que se estaría en concordancia con la norma E. 030 del 2018, la cual expresa que los hospitales deben contar con sistemas de protección sísmica.

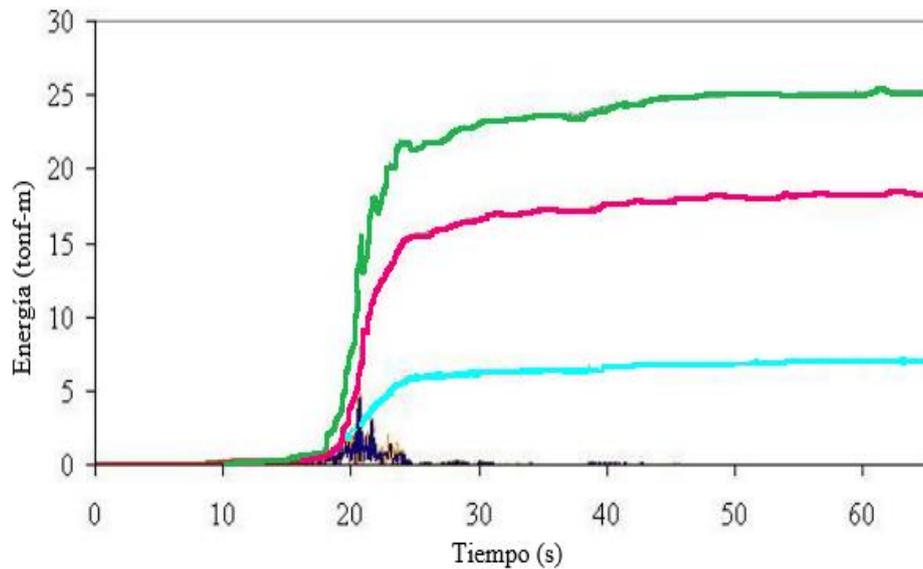
En la Figura 1 se muestra a la gráfica del balance energético de una edificación sin disipadores de energía, en donde se aprecia que la energía de entrada del sismo cuyo color es verde, es absorbida por la energía de amortiguamiento de los elementos estructurales cuyo color es magenta, además se aprecia a las energías cinética y potencial cuyos colores son amarillo y azul respectivamente.



*Figura 1.* Distribución de energía sin disipadores

Fuente: Villareal & Oviedo, 2009

En la Figura 2 se muestra a la gráfica del balance energético de una edificación con disipadores, en donde se aprecia que la energía de entrada del sismo cuyo color es verde es absorbida por los elementos estructurales y los disipadores cuyos colores son magenta y cian respectivamente, además se aprecia a las energías cinética y potencial cuyos colores son amarillo y azul respectivamente.



*Figura 2.* Distribución de energía con disipadores

Fuente: Villareal & Oviedo, 2009

Con el fin de profundizar el conocimiento sobre disipadores de energía, es que se presenta de qué manera se clasifican los sistemas de protección sísmica.

Estos sistemas tienen como objetivo proteger a los elementos estructurales frente a una sollicitación sísmica mediante desplazamientos deseados, estos se clasifican de acuerdo a la energía eléctrica que precisan para poder responder frente a tal sollicitud. los cuales se presentan a continuación (Navarro, 2017, p.10).

- Sistemas de control pasivo
- Sistemas de control activo
- Sistemas de control semiactivo
- Sistemas de control híbrido

Los sistemas de control pasivos se clasifican en cuatro categorías: viscoelásticos, fluencia, viscosos y de fricción. Generalmente, se ubican entre los pórticos de una estructura o a manera de aislamiento en la base entre la estructura y el suelo de fundación (Oviedo y Duque, 2006, p.6).

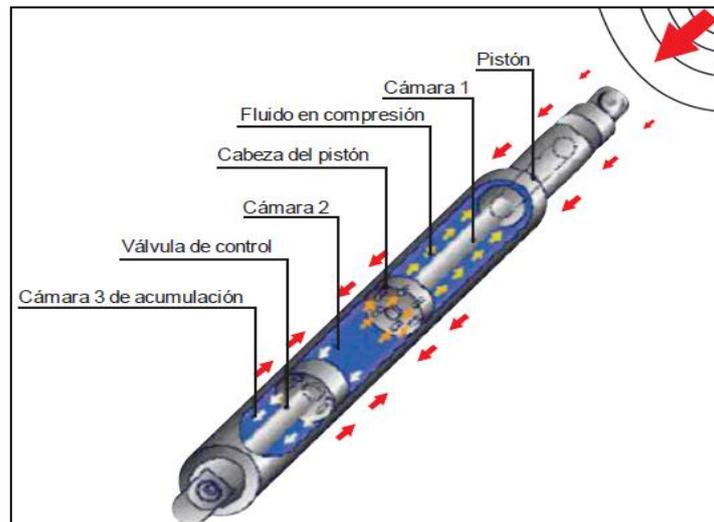
En la actualidad de los sistemas protección sísmica más conocidos y utilizados en nuestro medio es el sistema de control pasivo, en donde se encuentran a los aisladores de base, disipadores (Navarro, 2017, p.10).

A continuación, se presenta la definición de las características de un disipador de energía viscoso.

Son mecanismos de geometría cilíndrica de acero inoxidable, cuyo interior es hueca y dividido en tres cámaras, en donde alberga a un fluido de baja viscosidad (silicona) y dos pistones, que se disponen en los extremos de dicho cilindro (Villareal y Díaz, 2016, p.9).

Dicho fluido es perdurable en el tiempo, inerte, no combustible, no inflamable, no tóxico. Al producirse un sismo, dicho pistón se va a desplazar, originado que el fluido pase de una cámara a otra, lo que ocasiona una presión diferencial, así como también origina una fuerza de amortiguamiento (Villareal y Díaz, 2016, p.9).

*Figura 3. Funcionamiento de los disipadores*



Fuente: Taylor, 2004

Así mismo, un disipador viscoso presenta diversas configuraciones, pero sobre todo las que más se ha utilizado e investigado en numerosas tesis son las configuraciones del tipo Chevron y diagonal (Carranza y Calderon , 2015, p. 27).

La configuración del tipo Chevron se caracteriza porque la disposición del dispositivo se instala de manera paralela al plano techo, es decir de manera horizontal por lo que se tendrá una eficiencia del 100 % frente a un sismo (Villareal y Díaz, 2016, p.20).

La principal desventaja es que se origina sobreesfuerzos en la viga donde se dispone, por lo que se debe de utilizar planchas metálicas para reforzar a dicha viga (Villareal y Díaz, 2016, p.20).



*Figura 4. Configuración Chevron*

Fuente: Taylor, 2004

La configuración diagonal, se caracteriza porque forma un ángulo respecto a la horizontal del pórtico en donde se anexará, la principal ventaja que presenta es que no necesita refuerzos adicionales ya que en el lugar en donde se anexará ya sea columnas o vigas no necesitan ser reforzadas, por lo que se recomienda ser utilizados en estructuras existentes (Navarro, 2017, p.32).



*Figura 5. Configuración Diagonal*

Fuente: Taylor 2004

Para la presente investigación se va a emplear el de configuración diagonal del fabricante líder (Taylor Devices), quien tiene como representante en nuestro país a la empresa CDV (Ingeniería Antisísmica).

A continuación, se presentan las normas que se deben de utilizar, a la hora de elaborar los modelos matemáticos tanto de la estructura, como del sistema de disipación de energía.

Para el análisis y diseño de la edificación con disipadores de energía se utilizó a la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 del 2018, Cargas de diseño mínimas para edificios y otras estructuras (ASCE/SEI 7), la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) mediante el Comité VISION 2000, y el FEMA 273 – 274, así como también las recomendaciones que brindan el fabricante Taylor Devices y los especialistas de la empresa CDV (Ingeniería Antisísmica).

Los disipadores viscosos se rigen bajo una ecuación general, que relaciona a su fuerza con su velocidad elevada a un exponente y un coeficiente C, a continuación, se expresa de qué manera interactúan estas variables.

Al ocurrir un sismo el disipador va a generar una fuerza, la cual es igual, al coeficiente de amortiguamiento (C) y a la velocidad (V), dicha velocidad se encuentra elevada a un exponente  $\alpha$ ; tal ecuación se manifiesta de la siguiente manera  $F=CV^\alpha$ ; la fuerza del disipador sufriría variaciones cuando la velocidad cambie (Villareal y Díaz, 2016, p.12).

El coeficiente de amortiguamiento, para sistemas de disipación no lineales, se obtendrá mediante la siguiente ecuación que brinda el FEMA 274 y 273 (Villareal y Díaz, 2016, p.12).

$$\sum C_j = \frac{\beta_H * 2\pi A^{1-\alpha} * \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \Phi_i^2)}{\lambda (\sum \Phi_r j^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} * \theta_j)}$$

Dónde:

$C_j$  = coeficiente de amortiguamiento del disipador j

$\beta_H$  = amortiguamiento viscoso de la estructura. El cuál se calcula de  $\beta_H = \beta_{eff} - \beta_0$ , en donde

$\beta_0 = 5 \%$  estructuras de concreto armado ;  $\beta_{eff}$  se calcula al despejar la siguiente ecuación:

$$B = \frac{2.31-0.41 \ln(\beta_0)}{2.31-0.41 \ln(\beta_{eff})}, \text{ y el valor B se calcula mediante la siguiente formula } B = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}}$$

$\lambda$  = parámetro lambda (está en función del valor de  $\alpha$ )

$\Phi_i$  = desplazamiento del nivel i (con el sismo de diseño)

$\Phi_r j$  = desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador j (con el sismo de diseño)

$\Theta_j$  = ángulo de inclinación del dissipador  $j$

$A$  = Desplazamiento modal de la losa del último nivel

$\omega$  = frecuencia angular ( $2\pi * 1/T$ ), siendo  $T$  el periodo fundamental de vibración

$\alpha$  = exponente de velocidad

$m_i$  = masa del nivel  $i$

El exponente  $\alpha$  o exponente de velocidad, establece el comportamiento histerético de los dissipadores y la reacción de los dissipadores frente a los impactos de velocidad (Villareal y Díaz, 2016, p.14).

Si  $\alpha < 1$  los dissipadores serán no lineales estos se caracterizan por ser efectivos para minimizar los pulsos de elevadas velocidades se recomienda utilizar en edificaciones; por otro lado, si  $\alpha = 1$  los dissipadores serán lineales estos se caracterizan porque necesitan de elevadas velocidades para incrementar la fuerza del dissipador por lo que no es recomendable en edificaciones (Villareal y Díaz, 2016, p.14).

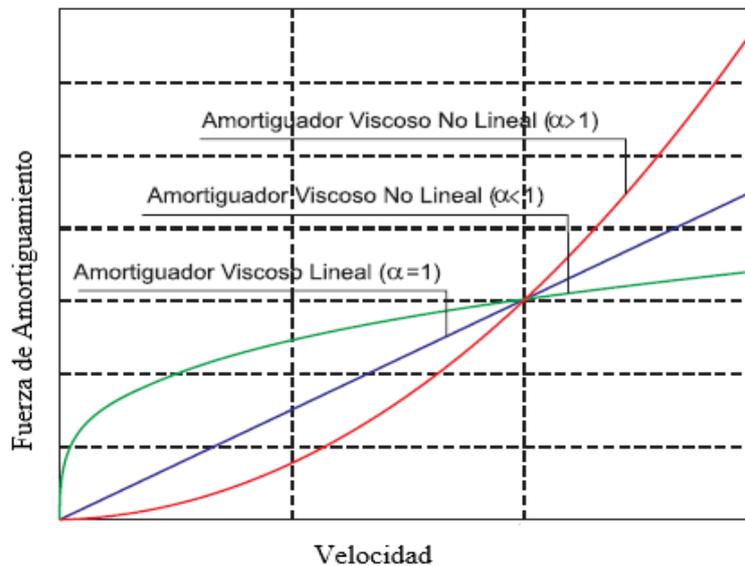


Figura 6. Fuerza de amortiguamiento vs Velocidad

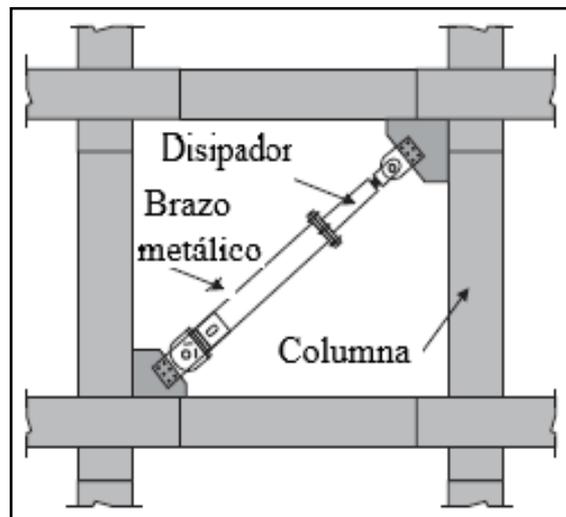
Fuente: Cudumi, 2005

Frente a lo expuesto en la presente investigación el valor de  $\alpha$  será inferior a 1 ( $\alpha < 1$ ) ya que es recomendado cuando se trata de edificaciones, por lo tanto, al tener valores inferiores a 1 se estará utilizando dissipadores no lineales.

Los disipadores de configuración diagonal se componen por el propio disipador más un brazo metálico o extensor.

Los cálculos que se deben de realizar es de rigidez el cual se muestra mediante la siguiente formula  $K = \frac{EA}{L}$ , para ello se debe de realizar procesos iterativos con los siguientes perfiles que recomienda la empresa Taylor Devices: HSS, PIPE o STD (Villareal y Díaz, 2016, p.22).

*Figura 7. Brazo metálico o extensor*



Fuente: Villareal & Diaz, 2016

Existe una gráfica que describe el comportamiento de un disipador frente a una acción sísmica, dicha gráfica recibe el nombre de curva desplazamiento vs fuerza del disipador o curva histerética, que por lo general debe tener una forma elíptica, y muestra si los disipadores aportan el incremento del amortiguamiento para reducir desplazamientos y el área bajo la forma elíptica representa la energía disipada (Villareal y Díaz, 2016, p.18).

Se grafican analizando 4 tiempos los cuales presentan diversas fuerzas, es decir, para un tiempo  $t=1$  el disipador sale del equilibrio  $t=0$ , para experimentar una fuerza máxima de tracción, luego para un  $t=2$  regresa a su estado inicial de equilibrio en donde la deformación es nula, para que acto seguido se desplace en sentido contrario para un tiempo  $t=3$  en donde se presentará la mayor fuerza de compresión y acto final para un tiempo  $t=4$  vuelve a su estado inicial (Villareal y Diaz, 2016, p.18).

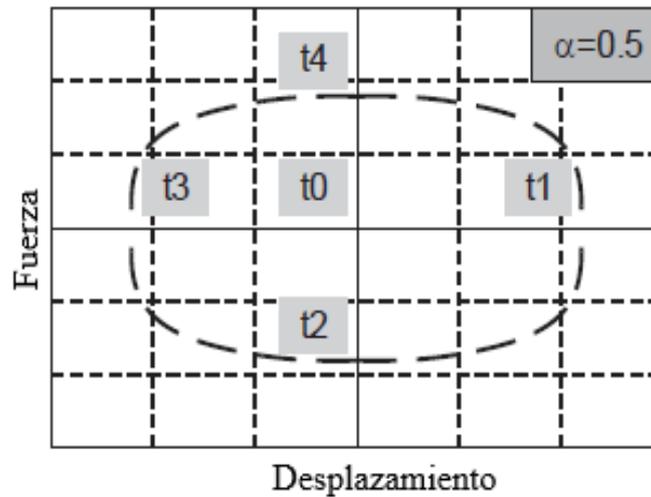


Figura 8. Relación Fuerza – Desplazamiento

Fuente: Villareal & Diaz, 2016

Para la presente investigación la forma con la que se evaluará el comportamiento histérico de los disipadores de energía de fluido viscoso no lineal, será mediante la figura 8, de tener un resultado adverso se cambiará la disposición en cuanto a sentido y dirección del disipador.

Es importante tener en cuenta los criterios de ubicación, para ello es necesario seguir las recomendaciones que brinda el ASCE/SEI 7-10 en el capítulo 18, los cuales son: dos disipadores como mínimo en cada nivel y en cada dirección, para no generar torsión en la estructura (Carranza y Calderon , 2015, p. 33).

Es de suma importancia señalar que el requisito primordial es tener una estructura lo más regular posible, es decir no tener irregularidades tanto en planta como en elevación (Carranza y Calderon , 2015, p. 33).

Este concepto se refuerza ante lo argumentado por (Aguilar, 2016, p.75), quien menciona que los disipadores deben ubicarse en lugares en donde no se interrumpa el paso de sus habitantes o no interrumpa la normal actividad que se realice.

Los especialistas mencionan que luego de incorporar el sistema de disipación de energía de fluido viscoso a la estructura, esta pasara de ser solamente un sistema estructural, para convertirse en dos sistemas estructurales interdependientes (Navarro, 2017, p.11).

- El sistema estructural, en donde se encuentran los elementos estructurales de acero o concreto armado.
- El sistema de amortiguamiento, en donde se encuentran los disipadores de energía y aquellos elementos estructurales que se encuentren conectados a estos

Como se ha mencionado, los disipadores de energía serán diseñados considerando los límites y características que presenta la empresa líder, que a continuación se describe.

Según Corpus y Morales 2015 (como se citó en Tafur, 2018, p. 24), “el fabricante líder es la empresa TAYLOR DEVICES INC, menciona que ventaja de estos dispositivos es el no necesitar mantenimiento después de haber sido solicitados por un movimiento telúrico”.

Según Corpus y Morales 2015 (como se citó en Tafur, 2018, p. 24), “estos dispositivos son ensayados antes de salir de fábrica en su máxima capacidad de velocidad para soportar las fuerzas pico de diseño; dichos dispositivos varían su precio según las propiedades que requiera el proyectista, pero inicialmente se puede tener un valor de US\$ 8,000.00”.

Teniéndose como palabras de título “desempeño estructural”, se presentan las teorías que definen estas palabras.

Los objetivos de desempeño estructural y no estructural de una edificación frente a un movimiento sísmico, corresponden a expresiones ensambladas de niveles de amenaza sísmica y niveles de desempeño esperados, para seleccionar tales objetivos es necesario considerar temas económicos referidos al costo de reparación e interrupción de su normal actividad, así como también conocer la importancia de los servicios que brinda (Navarro, 2017, p.53).

La Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) mediante el Comité VISION 2000, considera cuatro niveles de amenaza sísmica que están en función del periodo retorno y su probabilidad de excedencia en 50 años de exposición, los cuales se expresan mediante tabla la N° 1.

Tabla N° 1: *Niveles de amenaza sísmica*

<b>NIVELES DE AMENAZA SÍSMICA</b>		
Sismo de diseño	Probabilidad de excedencia en 50 años de exposición	Periodo de retorno
Sismos frecuentes	69%	43 años
Sismos ocasionales	50%	72 años
Sismos raros	10%	475 años
Sismos muy raros	5%	970 años

Fuente: Adaptado de la SEAOC

Frente a lo expuesto se menciona que el concepto de periodo de retorno se refiere a la relación de vida útil de la estructura y la variación o excedencia de un parámetro considerado para su diseño como es la aceleración.

La SEAOC, clasifica a las edificaciones según el grado de importancia, los cuales deben presentar ciertos comportamientos durante y después de un sismo, los cuales son:

- Edificaciones esenciales. Las funciones no deben de interrumpirse luego de un sismo, teniéndose en este grupo a: Hospitales, policía, cuarteles de bomberos.
- Edificaciones de seguridad crítica. Estas albergan materiales peligrosos teniéndose en este grupo: Centrales nucleares y plantas industriales.
- Edificaciones comunes. Se consideran a todas las edificaciones no mencionadas anteriormente los cuales son: Hoteles, oficinas y viviendas.

Según la propuesta de la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) mediante el Comité VISION 2000, 1995, el desempeño esperado de una edificación luego de la ocurrencia de un sismo se ve reflejado en los siguientes aspectos fundamentales.

- Daño sufrido por los elementos estructurales y no estructurales
- Funcionalidad de la edificación luego de una solicitud sísmica
- Amenaza de la seguridad de los ocupantes posterior a la ocurrencia del sismo

Mediante la tabla N°2 se presenta los cinco niveles de desempeño propuestos relacionados con el daño que presenta una edificación.

Tabla N° 2: Nivel de desempeño

<b>NIVEL DE DESEMPEÑO</b>		
Estado de daño	Nivel de desempeño	Características principales
Despreciable	Totalmente	Las edificaciones esenciales el daño estructural y no estructural es despreciable o nulo.
Leve	Operacional	Las edificaciones esenciales presentan daños leves, y otras edificaciones se recuperan inmediatamente.
Moderado	Seguridad de vidas	La edificación sufre daños moderados, pero permanece estable.
Severo	Pre-Colapso	La edificación sufre daño estructural severo
Completo	Colapso	Colapso estructural

Fuente: Adaptado de la SEAOC

La edificación en estudio de acuerdo a la SEAOC es esencial el cual tendrá un daño leve frente a un sismo de gran magnitud y un nivel de desempeño operacional, dichos parámetros coinciden con lo que estipula la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 del 2018.

La Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) mediante el Comité VISION 2000, 1995, menciona lo siguiente:

“Los objetivos del desempeño estructural de una edificación frente a un movimiento telúrico, se definen por la mezcla entre los niveles de amenaza sísmica esperada y los niveles de desempeño deseados acuerdo a la importancia de la edificación.”, dicho objetivo de desempeño se muestra a continuación mediante la tabla N° 3.

Tabla N° 3: *Objetivo de desempeño*

		NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA EDIFICACIÓN			
		Totalmente operacional	Operacional	Resguardo de vida	Cerca del colapso
NIVEL DE DEMANDA SÍSMICA	Sismo Frecuentes (43 años)				
	Sismos ocasionales (72 años)				
	Sismos raros (475 años)				
	Sismos muy raros (970 años)				

	Edif. de seguridad crítica
	Edificaciones esenciales
	Edificaciones comunes

Fuente: Adaptado de la SEAOC

Los sismos que se muestran en la tabla N° 3 sirven para analizar o verificar de qué manera se comportan las diferentes edificaciones, tales análisis o verificaciones se realizan mediante las derivas de entre piso y en base a los daños que presente (Navarro, 2017, p.57).

De la tabla N° 3 se extrae que siendo el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins una edificación esencial, se debe de encontrar operacional frente a un nivel de demanda sísmica con un sismo raro de 475 años.

Según (Navarro, 2017, p.58), “los acontecimientos sísmicos han demostrado que el desplazamiento es función principal del daño en una estructura en vez de la fuerza, si estos desplazamientos se incrementan durante un movimiento sísmico la estructura ingresaría al rango inelástico por lo que el daño aumenta existiendo una posibilidad de colapso, aun cuando la fuerza que actué en ella se mantenga constante.”

Según el FEMA (Agencia Federal de Manejo de Emergencias) de EE.UU en su documento “Metodología de estimación de pérdidas multirriesgo HAZUS” ha cuantificado y estudiado la relación de daño y deriva en edificaciones en función del sistema estructural que lo conforma y la altura mediante tabla N°4 la cual se encuentra resumida se muestra como clasificar una edificación según su tipo de estructura y mediante la tabla N°5 se muestra de forma resumida cual es la relación daño deriva según el tipo de estructura.

Tabla N° 4: Designación del Tipo de estructura mediante (HAZUS)

<b>DESIGNACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA MEDIANTE (HAZUS)</b>			
Descripción	Nombre	Números de pisos	Designación
Pórticos de concreto armado (C1)	Bajos	1 a 3	C1L
	Medianos	4 a 7	C1M
	Altos	8+	C1H
Muros de corte de concreto (C2)	Bajos	1 a 3	C2L
	Medianos	4 a 7	C2M
	Altos	8+	C2H
Pórticos de concreto armado (C3)	Bajos	1 a 3	C3L
	Medianos	4 a 7	C3M
	Altos	8+	C3H

Fuente: Adaptado de la FEMA

Tabla N° 5: Relación daño deriva según el tipo de estructura (HAZUS)

<b>RELACIÓN DE DAÑO DERIVA – HAZUS</b>				
Tipo	Daño Leve	Daño moderado	Daño severo	Daño completo
C1L	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1H	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2H	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300

Fuente: Adaptado de la FEMA

Por otro lado, la norma peruana E.030 del 2018 en cuanto a derivas de entre piso presenta límites según el material predominante con el que está conformado una edificación, dichos límites se muestran mediante la tabla N° 6.

Tabla N° 6: Límites de deriva de entre piso

<b>LÍMITES DE DERIVA DE ENTRE PISO</b>	
Material predominante	Deriva ( $\Delta i/h$ )
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Norma E .030 (SENCICO, 2018, p.11)

Según las tablas N°4, 5 y 6 manifiestan que para la presente investigación la edificación en estudio en una dirección es del tipo C1H por ser de pórticos de concreto armado y tener más de 8 niveles para dicho tipo de edificación se tiene una deriva de entre piso inelástica límite de 0.0025 para un estado de daño leve, por otro lado la norma peruana E.030 del 2018 manifiesta que por tener la edificación en estudio un material predominante de concreto armado su deriva de entre piso límite será 0.007.

La deriva de entre piso es el resultado de dividir la diferencia de desplazamientos laterales de dos niveles y la altura del entre piso involucrado, por lo tanto, la deriva de entre piso a considerar para tener un desempeño estructural deseado frente a un sismo raro tendrá que cumplir con los parámetros que mencionan los fabricantes de los disipadores de energía, el cual está relacionado al porcentaje posible de incremento del amortiguamiento (20% a 40%).

A continuación, mediante la fórmula de Newmark, se presenta el cálculo del amortiguamiento viscoso que proveen los disipadores de energía, el cual se encuentra en función del amortiguamiento inherente y el amortiguamiento objetivo.

El amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ ) es el amortiguamiento añadido por los disipadores y el amortiguamiento inherente de los materiales, para poder calcularlo es necesario determinar la deriva objetivo de entre piso que se desea alcanzar (Villareal y Díaz, 2016, p.13-14).

Para calcular el valor del amortiguamiento efectivo, se proceden a realizar los siguientes procedimientos

Se tiene como paso inicial el cálculo del factor de reducción de respuesta (B), el cual se obtiene de la siguiente manera.

$$B = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}}$$

El valor de la deriva máxima ( $D_{max}$ ) se obtiene del análisis tiempo historia del sismo de diseño que se ha considerado, y el valor de  $D_{objetivo}$  se obtiene de los límites que brinda la metodología HAZUS o la norma peruana sismorresistente E.030 del 2018.

Posteriormente se procede a calcular el amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ ), mediante la siguiente fórmula propuesta por Newmark, donde  $\beta_0$  es el amortiguamiento inherente (5%).

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

Al conocer el amortiguamiento efectivo se puede conocer el amortiguamiento viscoso que pueden aportar los disipadores de energía, mediante la siguiente ecuación.

$$\beta_H = \beta_{eff} - \beta_0$$

El amortiguamiento viscoso, que se calculo anteriormente se puede comprobar mediante un pulso de vibración libre mediante la ecuación de decremento logarítmico.

A continuación, se presenta las teorías de relacionadas con la verificación del amortiguamiento que presenta una estructura o sistema.

Al someter una estructura a un desplazamiento está quedará vibrando con cierta amplitud la cual se reducirá en el tiempo, los ingenieros estructurales históricamente, han asumido que esta reducción se debe al amortiguamiento viscoso de los materiales, a este tipo de amortiguamiento se le llama al amortiguamiento natural o inherente, lo cual representa la energía disipada por los elementos estructurales como: muros, columnas, entre otros, (Navarro, 2017, p.15).

Para (Navarro, 2017, p.15), “la ecuación de decremento logarítmico se usa para determinar experimentalmente el coeficiente de amortiguamiento de una estructura, midiendo la proporción en que decrece la amplitud del movimiento, de dos amplitudes máximas conocidas, para ello se solicita la edificación a una prueba de vibración libre mediante una función pulso.”

A continuación, mediante la figura 9 se muestra la gráfica de decremento logarítmico de una estructura con amortiguación.

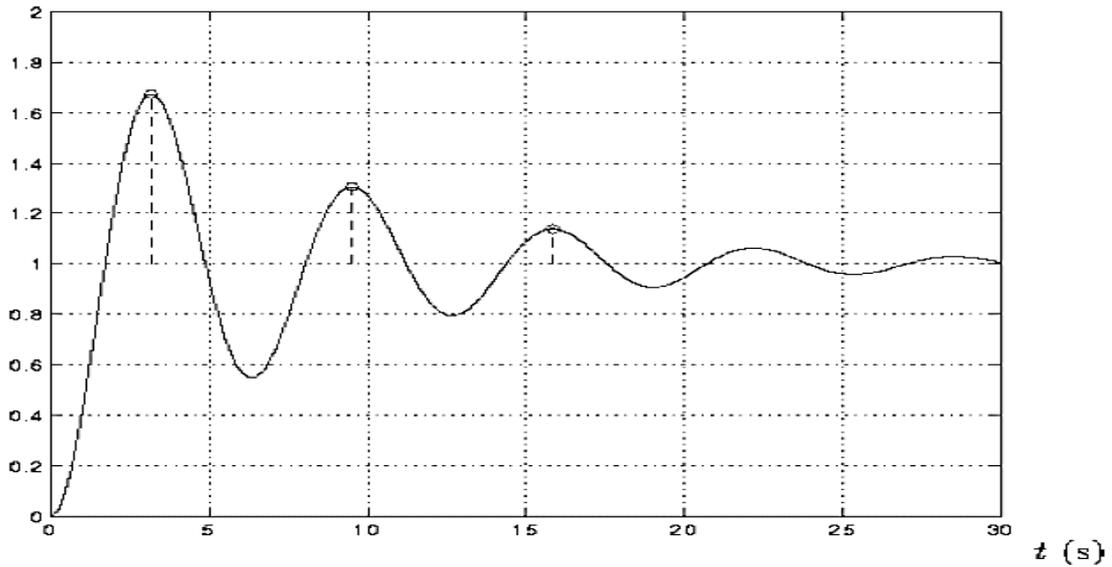


Figura 9: Decremento logarítmico de una estructura con amortiguación

Fuente: Navarro, 2017

La ecuación del decremento logarítmico es la siguiente:

$$\ln \left( \frac{x_t}{x_{(t+nT)}} \right) \cong \frac{2n\pi\beta_{eff}}{\sqrt{1 - \beta_{eff}^2}}$$

Donde:

$\beta_{eff}$ : Amortiguamiento efectivo de la estructutara (amortiguamiento añadido más amortiguamiento el inherente)

$x_t$ : Desplazamiento en el tiempo “t” de vibración.

$x_{(t+nT)}$ : Desplazamiento en el tiempo “t + nT” de vibración.

n: Número de ciclos.

En la presente investigación se realizará un modelo matemático de la edificación hospitalaria, manteniendo la esencia de sus elementos estructurales.

La norma E.030 del 2018 meciona que para realizar el análisis estructural de una edificación se pueden utilizar un análisis dinámico o estático, con los cuales se obtienen desplazaminetos, velocidades, fuerzas en los entre pisos y la fuerza cortante basal, considerando para ello parametros sísmicos tales como: Zona (Z), Uso (U), C (factor de amplificación sísmica) , Suelo (S) el factor de reducción (R) y Peso (P).

El espectro de pseudoaceleraciones, es un supuesto sismo que se necesita para realizar un análisis dinámico y diseño de edificaciones (Chopra, 2014, p.208).

En nuestra norma técnica peruana de diseño sismorresistente vigente E. 030 del 2018 el espectro de pseudoaceleraciones se representa mediante la siguiente ecuación:

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

A continuación, se presentan los conceptos de los parámetros sísmicos ya presentados.

Para el factor Zona (Z), la norma vigente E. 030 del 2018, estipula cuatro zonas sísmicas, las cuales representan un porcentaje de la gravedad, determinando para cada ciudad su zona sísmica.

Para la presente investigación, la edificación en estudio se ubica en la ciudad de Lima por lo que se considerará una Zona 4 cuyo valor es de 0.45 ( $Z_4 = 0.45$ ).

Para el factor suelo (S), la norma vigente E 0.30 del 2018, ha determinado 5 perfiles de suelo los cuales se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de ondas de corte ( $\tilde{V}_s$ ) los cuales son: Roca Dura ( $S_0$ ), suelos muy rígidos ( $S_1$ ), suelos intermedios ( $S_2$ ), suelos blandos ( $S_3$ ) y condiciones excepcionales ( $S_4$ ), los cuales brindan información de los posibles cambios de la acción sísmica y otros fenómenos naturales.

En la presente investigación no se ha realizado ensayos de suelo, es por tal motivo que se ha recurrido al mapa de microzonificación que brinda el CISMID (Anexo 5), obteniéndose para la edificación en estudio un suelo muy rígido ( $S_1=1$ ), dicho valor se confirma con los datos obtenidos de velocidad de ondas de corte y sondajes recopilados de pozo perforado, perforación diamantina del lugar de estudio, de la tesis denominada “Evaluación de espectros de respuesta mediante el análisis de respuesta de sitio unidimensional en siete distritos de Lima” (Anexos 6, 7 y 8).

Adicionalmente la norma E.030 determina periodos  $T_p$  y  $T_L$ , según el factor de suelo de la edificación involucrada, los cuales se muestran a continuación:

Tabla N° 7: *Parámetros de suelo Tp y Tl*

PARÁMETROS DE SUELO (Tp y TL)				
Periodos de suelo	Perfil de suelo			
	So	S1	S2	S3
Tp (S)	0.3	0.4	0.6	1
TL (S)	3	2.5	2	1.6

Fuente: Norma E .030 (SENCICO, 2018, p.6)

Para el factor de amplificación sísmica (C), la norma vigente E. 030 del 2018, expresa que este valor sirve para amplificar a la aceleración del suelo, respecto a la edificación en estudio, este valor está en función del periodo de vibración de la estructura y los perfiles de suelo, el valor que tome el valor de (C) se expresa en las siguientes ecuaciones.

Si  $T < T_p$ , entonces  $C = 2.5$

Si  $T_p < T < T_L$ , entonces  $C = 2.5 * \frac{T_p}{T}$

Si  $T > T_L$ , entonces  $C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)$

En donde T es el periodo de vibración de la estructura, Tp y TL son parámetros asociados al factor del suelo (S).

Para el factor de uso (U), la norma vigente E. 030 del 2018, cada estructura es clasificada según su uso o importancia. Para el caso de edificaciones esenciales A1 como es el caso de hospitales se tendrá un valor de U=1.5, para viviendas unifamiliares se tendrá un valor de U=1.

Los diferentes valores de U están relacionados con el periodo de retorno o sismo de diseño el cual es una ilustración estadística que involucra la vida útil de la estructura, y la probabilidad de excedencia de un parámetro del espectro de pseudoaceleraciones, el cual está relacionado con la aceleración máxima. (Aguiar, Zevallos, Palacios, García y Menéndez, 2016, p.2).

Para el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R), la norma vigente E. 030 del 2018 menciona que si los elementos estructurales como es el caso de columnas, vigas, muros de corte, entre otros, disipan la energía sísmica que ingresa a la edificación, y se hace un

análisis lineal elástico se deberá de utilizar el factor de reducción (R) cuyo valor va a depender del elemento estructural a utilizar.

Tabla N° 8: *Factor de reducción según el sistema estructural*

<b>FACTOR DE REDUCCIÓN SEGÚN EL SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	
Concreto armado	Coefficiente básico de reducción $R_o$
Pórticos	8
Dual	7
Muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

Fuente: Norma E .030 (SENCICO, 2018, p.7)

Finalmente, el valor de R será  $R = R_o * I_p * I_a$ , donde  $I_a$  y  $I_p$  son irregularidades tanto en planta como en altura.

Para las irregularidades en altura ( $I_a$ ) la norma E.030 menciona que se tendrán que evaluar las siguientes irregularidades: irregularidades de piso blando y débil en donde  $I_a = 0.75$ , irregularidad extrema de rigidez y resistencia en donde  $I_a = 0.50$ , irregularidad de masa o peso en donde  $I_a = 0.90$ , irregularidad de geometría vertical donde  $I_a = 0.90$ , irregularidad de discontinuidad en los sistemas resistentes en donde  $I_a = 0.80$  e irregularidad de discontinuidad extrema de los sistemas resistentes en donde  $I_a = 0.60$ ; si la edificación al ser evaluada no presenta ninguna irregularidad en altura se tendrá que  $I_a = 1$ .

Para las irregularidades en planta ( $I_p$ ) la norma E.030 menciona que se tendrán que evaluar las siguientes irregularidades: irregularidades torsional en donde  $I_p = 0.75$ , irregularidad torsional extrema en donde  $I_p = 0.60$ , irregularidad de esquinas entrantes en donde  $I_p = 0.90$ , irregularidad de discontinuidad de diafragma en donde  $I_p = 0.85$ , irregularidad de geometría vertical donde  $I_p = 0.90$  e irregularidad de sistemas no paralelos en donde  $I_p = 0.90$ ; si la edificación al ser evaluada no presenta ninguna irregularidad en planta se tendrá que  $I_p = 1$ .

Así también la norma menciona que también existe un análisis sísmico tiempo historia, y que se deben de cumplir las siguientes recomendaciones.

Se deben de utilizar tres registros sísmicos o acelerogramas, los cuales se deben encontrar regularizados a la aceleración máxima esperada en el sitio, en donde se consideraran dos componentes para cada registro sísmico como son: N-S en la dirección

ortogonal X-X y los registros E-W en la dirección ortogonal Y-Y, la misma recomendación emplean los especialistas de la empresa CDV (Ingeniería Antisísmica) para poder realizar el diseño de disipadores de energía de fluido viscoso.

Siguiendo las recomendaciones ya mencionadas para la presente investigación se utilizarán los registros sísmicos o acelerogramas que se muestran en la tabla N° 9, que son brindados por el CISMID por parte del Centro de Monitoreo Sísmico - CEMOS.

Tabla N° 9: *Registros sísmicos*

<b>REGISTROS SÍSMICOS</b>			
Sismo	Ubicación de la estación	Tipo de suelo	Magnitud
17 de octubre de 1966	Parque de la Reserva (Lima)	Grava Gruesa (S1)	8.1 Mw
31 de mayo de 1970	Parque de la Reserva (Lima)	Grava Gruesa (S1)	6.6 Mb
03 de octubre de 1974	Parque de la Reserva (Lima)	Grava Gruesa (S1)	6.6 Mb

Fuente: CISMID

Según (Mora, Villalba y Maldonado, 2006, p.54). “el análisis sísmico más exacto y completo que existe es el análisis tiempo historia no lineal, puesto que se puede saber la variación en el tiempo de diferentes respuestas de la estructura, como: desplazamientos, derivas, aceleraciones entre otros.”

La norma sismorresistente E.030 del 2018 manifiesta que de realizarse un análisis tiempo historia, los registros sísmicos o acelerogramas serán escalados a un espectro de pseudoaceleraciones (Espectro de diseño) con la única variación de realizarlo con un factor de reducción de  $R=1$ .

El valor de  $R=1$  se realiza con el propósito de que la edificación ingrese en el rango inelástico frente a un sismo severo, así como también de que los desplazamientos laterales que se obtengan se multipliquen por 1, dichos desplazamientos nos brindarán las derivas inelásticas o distorsión de entre piso en las dos direcciones de análisis.

Para realizar dicho escalamiento la norma sismorresistente E.030 del 2018 expresa que en primera instancia se debe de tener un espectro de diseño con  $R=1$  para poder escalar los acelerogramas o registros sísmicos a dicho espectro, estos registros deberán de encontrarse entre los valores de  $0.2T$  y  $1.5T$  en donde  $T$  es el periodo predominante de la edificación,

debiéndose de tener en cuenta de que la ordenada que le pertenece al espectro de diseño no sea menor que el promedio de los valores espectrales SRSS que se han conseguido de los diferentes registros sísmicos.

Cabe precisar que en los casos en donde se realizará un análisis tiempo historia, los acelerogramas o registros sísmicos deberán ser concordantes en cuanto a series de tiempo de aceleración a un espectro de diseño o espectro normativo (Villareal y Díaz, 2016, p. 21).

Para la presente investigación, tal concordancia se realizará mediante un ajuste espectral o escalamiento, utilizando el programa SEISMOMATCH 2018.

Antes de iniciar dicho escalamiento los acelerogramas o registros sísmicos se deben corregir por desplazamiento de línea base y ruido, con el objetivo de que dichos valores de aceleración sean lo más exacto posible.

La corrección por línea base se debe de realizar porque los acelerogramas por lo general se encuentran desplazados respecto a la línea cero de aceleración, debido a que el acelerógrafo no está perfectamente nivelado en su emplazamiento (Casana, 2018, p. 108).

Una vez que se tiene el acelerograma corregido por línea base, se tiene que corregir por los ruidos originados por fenómenos naturales y tratamiento de datos (Casana, 2018, p. 108).

En la presente investigación para dichas correcciones se utilizará el software SEISMOSIGNAL.

Finalmente de dichas correcciones y escalamientos se tendrá solamente un acelerograma o sismo de diseño con el que se calcularan las propiedades del disipador y realizar un control de las derivas de entre piso, según la metodología o norma utilizada (Villareal y Díaz, 2016, p.47).

El sismo de diseño será aquel que presente diferencias mínimas de derivas inelásticas entre el registro sísmico escalado y el espectro de diseño, teniendo que descartar aquellos registros sísmicos que se encuentren por debajo del 80 % o aquellos que lo superen en un 50 % (Casana, 2018, p. 121).

Se vio pertinente conocer los conceptos relacionados, con los sismos lo cuales se presentan a continuación.

Los sismos se producen en el interior de la tierra y dan origen a movimientos o vibraciones del suelo (Morales y Zavala, 2008, p.2).

La causa de que en nuestro país se originen sismos, se debe a que la placa de nazca subyace debajo de la placa Sudamericana; por otro lado, formamos parte del cinturón del fuego del pacífico lugar en donde se producen el 80 % de sismos del planeta (Morales y Zavala, 2008, p.2).

Es importante conocer dos puntos imaginarios los cuales son el hipocentro y el epicentro, para el estudio de propagación de ondas. El centro de propagación de ondas está referido al foco o hipocentro, y la proyección de dicha onda en la superficie es el epicentro, por lo expuesto se entiende que existen ondas externas y ondas internas (Santana, 2013, p. 35)

En las ondas internas tenemos a las ondas P y S

Las ondas P, se transmiten cuando las ondas se transmiten en un sentido de propagación, produciendo compresión y dilatación en su entorno. Es la onda más veloz entre las ondas sísmicas, puede llegar a 5km/h en roca y a 11 km/h en tierra, por lo que es la primera onda en llegar a cualquier localidad, ser sentida y registrada (Santana, 2013, p. 36)

En las ondas S, las partículas se desplazan de manera perpendicular a la dirección en que se propagan, por lo que se deduce su movimiento de cizalladura. Se puede mencionar que esta onda es más lenta que la onda P, pues incluye la particularidad de no dispersarse por medios líquidos, los cuales no soportan el efecto de corte (Santana, 2013, p. 36).

En las ondas externas tenemos a las ondas R y L

Las ondas externas se desarrollan en la superficie terrestre, y es aquí en donde obtiene su mayor amplitud, siendo menor conforme se adentra en el terreno. Se conocen 2 tipos de ondas en esta categoría, Las ondas Rayleigh y las ondas Love, sus nombres derivan de los científicos que las demostraron respectivamente (Santana, 2013, p. 38).

Las ondas Rayleigh (R), son de un largo periodo de duración y se producen por la interacción entre ondas P y ondas S, donde el movimiento de las partículas se torna en forma de elipse retrógrada. La velocidad de estas ondas es de las más lentas, están en un rango de 1 a 4 km/h, lo cual denota de sus largos periodos (Santana, 2013, p. 38).

Las ondas Love (L), son de efecto de cizalla pura y oscilan en el plano horizontal, debido a este efecto también se les denomina efecto de cizalla horizontal polarizada (Santana, 2013, p. 38).

Se vio, pertinente conocer el concepto de magnitud de un sismo.

La magnitud de un sismo refleja la cantidad de energía sísmica que se libera en un evento sísmico en forma de ondas, siendo las más comunes: Mw (magnitud momento), mb (magnitud de ondas de cuerpo) y ML (escala de Richter) (Santana, 2013, p.30).

Para la presente investigación, sismo de gran magnitud será aquel que se encuentre entre en el rango de los siguientes valores, de 8 a 8.8 para magnitud momento (Mw), de 6.5 a 6.8 para magnitud de ondas de cuerpo y por último a valores de 6.0 a 7.9 para la escala de Richter.

Continuando con las teorías relacionadas al tema, a continuación, se presenta datos de la edificación en estudio.

El hospital Edgardo Rebagliati Martins se inauguró en 1958, se encuentra conformado por 6 edificios principales, dentro de estos el edificio principal cuenta con 3 bloques A, B, C, todos con 14 pisos (Fajardo, 2012, p. 35).

Para su ejecución se utilizó acero de refuerzo en una cantidad de 7 millones de Kilos, y de concreto 45 mil m<sup>3</sup>. En el año de 1973 se le asigna el nombre de “Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins” (Fajardo, 2012, p. 35).

La edificación que se tendrá en consideración para la presente investigación corresponde al bloque “A”, el cual es rectangular, consta de 14 pisos, sin irregularidades en su dirección vertical, con una altura total de 45.60 m y un área en planta aproximadamente 1,168 m<sup>2</sup>.

Con el fin de mostrar la vulnerabilidad del bloque A de la frente a acciones sísmicas es que se presenta de manera resumida, los resultados obtenidos de una evaluación por parte del CISMID.

El ministerio de Salud y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en el año de 1997, acordaron determinar la vulnerabilidad sísmica en 10 hospitales del Perú, siendo uno de ellos el hospital Edgardo Rebagliati Martins. La institución encargada de determinar su

vulnerabilidad fue el CISMID, quien determino que el bloque A del hospital ya mencionado presentaría daños en las unidades albañilería que se alojan en los pórticos de la estructura.

Por otro lado, en el año 2012 se realizó una tesis con el objetivo de evaluar el comportamiento de las estructuras frente a una acción sísmica de gran magnitud, en donde se concluyó que algunos pórticos estructurales presentarían rótulas plásticas.

En la presente investigación se optó por utilizar un software que resuelve por elementos finitos, por lo que es pertinente definirlo.

El método de elementos finitos permite tener una solución numérica aproximada de desplazamientos, esfuerzos internos, entre otros, de una estructura o dominio, sobre el que están definidas ciertas ecuaciones diferenciales, dividiéndolo en un gran número de subdominios no intersectantes entre sí el cual se denomina discretización (Sadeghi, Hedayati y Mousavi-Fard, 2019, p.41)

La ayuda computacional que se tendrá para esta investigación será brindada por el software Etabs V.16 que resuelve mediante elementos finitos; este programa realiza análisis y diseño para edificaciones.

La interacción de los disipadores de energía con la edificación en estudio será mediante modelos matemáticos.

Se determina el comportamiento dinámico de las edificaciones mediante modelos matemáticos, cuyos parámetros normativos son resultado de experimentos o por los datos obtenidos de acontecimientos naturales en este caso un sismo (Domínguez, López y Benavent, 2014, p.2).

El modelo matemático de la edificación será del tipo lineal, considerando para ello secciones brutas, ignorando el refuerzo y la fisuración tanto para columnas y vigas, considerando un empotramiento en la base y un diafragma rígido en la losa de los entre pisos, tal como lo estipula la norma de diseño sismorresistente E.030 del 2018.

Al modelo matemático del sistema de disipación de energía viscoso se le asignará elementos no lineales, cuyas propiedades como: el coeficiente de amortiguamiento (C),

exponente de velocidad ( $\alpha$ ) y rigidez del brazo metálico (K), serán las que se ingresarán en el software Etabs V.16.

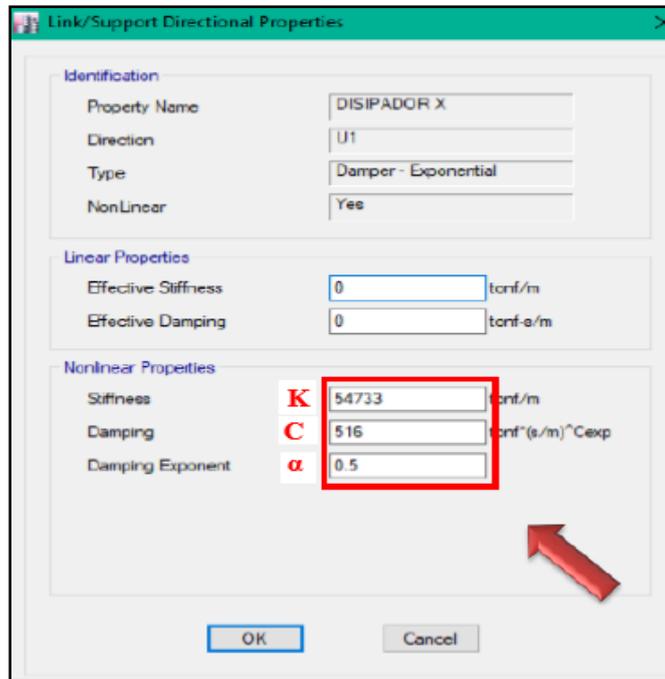


Figura 9. Propiedades del disipador en el software Etabs V.16

Fuente: Casana, 2018

Adicionalmente, es menester mostrar las propiedades del disipador viscoso – Taylor.

Tabla N° 10 : *Propiedades del disipador viscoso – Taylor*

PROPIEDADES DEL DISIPADOR VISCOSO - TAYLOR								
Fuerza (Kip)	Área (pulg)	L (pulg)	Stroke (pulg)	B (pulg)	C (pulg)	D (pulg)	$\phi$ (pulg)	Peso (lb)
55 kip	1.50	34.13	3	1.63	4.00	4.00	4.50	90
110 kip	2.00	42.00	4	2.13	4.75	4.75	5.75	185
165 kip	2.25	47.00	4	2.25	6.00	6.00	7.25	300
220 kip	2.75	48.75	4	2.75	7.50	7.50	8.25	425
330 kip	3.00	51.75	4	3.00	8.00	8.00	9.50	600
440 kip	3.50	62.00	5	3.50	9.00	9.00	11.25	900
675 kip	4.00	62.00	5	4.50	12.75	12.75	13.75	1300
900 kip	5.00	74.00	5	5.50	12.75	12.75	16.75	2650
1450 kip	6.00	84.00	5	6.00	13.74	13.74	20.25	4100
1800 kip	7.00	88.25	5	7.00	16.25	16.25	22.25	5500

Fuente: Taylor Devices

Habiendo presentado las teorías relacionadas al tema de investigación, pasaremos a presentar los problemas formulados.

Para Wolverton (2009, p. 1), el problema se realiza en forma de pregunta, considerando para ello valoraciones importantes de la investigación, cuya respuesta será contrastada con la hipótesis formulada.

- ¿Emplear el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal en el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, da un adecuado desempeño estructural frente a un sismo de gran magnitud?

Además, es de suma importancia utilizar problemas específicos que manifiesten términos precisos de la investigación, con el fin de brindar una respuesta al problema general (Kross y Giust, 2019, p. 24). Por tal motivo la presente investigación brindara respuesta a los siguientes problemas específicos.

- ¿Cuál será la máxima deriva de entre piso del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, según la norma técnica peruana de diseño sismorresistente vigente E. 030 del 2018?
- ¿Se justifica el uso del sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal en del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, a través de los límites de amortiguamiento añadido propuestos por la empresa líder?
- ¿Es posible cuantificar la energía sísmica absorbida por el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins?
- ¿Se puede determinar las propiedades del disipador de energía de fluido viscoso que aporten un desempeño deseado para el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, acorde a valores comerciales?

La justificación de una investigación debe de sustentar de manera adecuada los motivos y razones por el que se está realizando dicha investigación (Borja, 2012, p. 19).

Desde el punto de vista económico, la presente investigación se justifica, ya que se tendrá un gran ahorro económico, ya que la edificación en estudio, al ser anexada con el

sistema de disipadores de energía viscosos, evitará costos innecesarios debido a reparaciones o reconstrucciones de elementos estructurales y no estructurales, así como también se protegerá a los equipos médicos, ya que estos no se van a averiar o descalibrar.

Así también, se justifica académicamente debido a que se tendrá un mayor conocimiento sobre los sistemas de protección sísmica modernas, que se deben de utilizar para una edificación esencial A1, como es el caso del bloque “A” del hospital Edgardo Rebagliati Martins para que de esta manera nos encontremos en concordancia con los requerimientos de la norma s E.030 del 2018, del mismo modo se tendrá conocimientos referidos a la metodología que se van a utilizar según el tipo de edificación, clasificación propia de los sistemas de protección sísmica, configuración, el funcionamiento, así como también cuales son las principales empresas que dominan el mercado mundial.

Desde el punto de vista práctico se justifica debido a que la edificación hospitalaria se puede rediseñar, para cumplir con el desempeño esperado que estipula la normatividad. Esto es posible debido a que en la actualidad existen una diversidad de software que ayudan mediante modelos matemáticos a modelar las edificaciones y los sistemas de protección sísmica, lo que conlleva a tener resultados esperados, debido a los varios procesos iterativos que se pueden realizar.

Además, se justifica teóricamente debido a que la implementación de disipadores viscosos en la edificación hospitalaria implica una nueva opción, para la protección de edificaciones esenciales frente a un sismo de gran magnitud, cuya finalidad es que los servicios que brindan no se vean afectados, por consiguiente, es posible tener un mayor conocimiento respecto a la decisión que se tome al momento de pensar en proteger ante acciones sísmicas dichas edificaciones.

Las hipótesis, en base a la investigación planteada presentan una posible conclusión la cual es tentativa, (Shardlow et al., 2018, p. 4); según lo expuesto el presente trabajo de investigación se plantea la siguiente hipótesis general:

- Emplear el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal en el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins da un adecuado desempeño estructural frente a un sismo de gran magnitud.

Por consiguiente, teniendo claro el concepto de Shardlow et al., (2018, p. 4); es que se plantea las siguientes hipótesis específicas.

- Es posible hallar la máxima deriva de entre piso del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, según la norma técnica peruana de diseño sismorresistente vigente E. 030 del 2018.
- Se puede justificar el uso del sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal en del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, a través de los límites de amortiguamiento añadido propuestos por la empresa líder.
- Se puede cuantificar la energía sísmica absorbida por el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins.
- Es posible determinar las propiedades del disipador de energía de fluido viscoso que aporten un desempeño deseado para el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, acorde a valores comerciales.

De acuerdo a Farrugia, Petrisor, Farrokhyar y Bhandari (2009, p. 3), los objetivos tienen como propósito de dar la solución o respuesta al problema planteado, así como también muestran aquello que se pretende investigar, en este sentido, el presente trabajo de investigación tendrá el siguiente objetivo general:

- Conseguir un adecuado desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, respecto a la actual construcción, frente a un sismo de gran magnitud.

Del mismo modo, según los argumentos expuestos por Farrugia et al., (2009, p. 3); se considerarán los siguientes objetivos específicos.

- Hallar la máxima deriva de entre piso del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, según la norma técnica peruana de diseño sismorresistente vigente E. 030 del 2018.

- Justificar el uso del sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal en del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, a través de los límites de amortiguamiento añadido propuestos por la empresa líder.
- Cuantificar la energía sísmica absorbida por el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins.
- Determinar las propiedades del disipador de energía de fluido viscoso que aporten un desempeño deseado para el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, acorde a valores comerciales.

## **II. MÉTODO**

Para (Aguilera, 2013, p.88), el método científico tiene como propósito responder los problemas de la investigación, mediante una búsqueda constante, siguiendo para ello una secuencia lógica y razonamientos acertados.

El presente proyecto de investigación se ve reflejado en el concepto el método científico ya que tiene como objetivo contestar o responder los problemas de la investigación, siguiendo para ello secuencias lógicas y razonamientos acertados; todo ello para incorporar o anexar disipadores de energía viscosos en la edificación de estudio, con el objetivo conseguir un adecuado desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, respecto a la actual construcción, frente a un sismo de gran magnitud.

### **2.1 FASES DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**

#### **ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN**

Según (Corona, 2016, p. 82), se identifica el enfoque cuantitativo por medir numéricamente las variables, en función a objetivos definidos y delimitados, a través de un procesamiento estadístico que permita discrepar las hipótesis de estudio.

Las variables que se tienen en el presente proyecto de investigación van a ser medidas por medio de información cuantificada, ya que se buscan comprobar las hipótesis planteadas, del mismo modo se busca determinar los patrones de comportamiento esperados; por consiguiente, ante lo expuesto se sustenta que el presente proyecto se ve reflejado en el enfoque cuantitativo.

#### **TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación de tipo aplicada busca hacer uso de un conocimiento existente dentro de una realidad específica, con el objetivo de permitir la toma de decisiones ante cualquier fenómeno encontrado (Mirón, Alonso e Iglesias, 2010, p. 4).

La edificación en estudio es un caso real, la cual ha sido construida en décadas pasadas respecto a la primera norma de diseño sismorresistente que fue promulgada en el año de 1970, además de que en actualidad se estipula que las edificaciones hospitalarias o esenciales deben contar con sistemas de protección sísmica; frente a lo argumentado es que la presente

investigación va a ser de tipo aplicada debido a que va a poner en práctica conocimientos previos y con ello buscar una posible solución.

## **NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Para (Díaz y Calzadilla, 2016, p. 118), los estudios explicativos tienen como premisa determinar aquello que origina un fenómeno, para ello acopia datos, los analiza e interpreta.

Acorde a Díaz y Calzadilla, se define que el actual proyecto de investigación es explicativo, ya que va responder a la variación del desempeño estructural de la edificación del bloque “A” del hospital Edgardo Rebagliati Martins mediante la incorporación y no incorporación el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal.

## **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Para definir el diseño de investigación, (Borja, 2012, p. 29) sostiene que en un diseño de investigación no experimental no se manipulan los valores de las variables para la obtención de información.

Frente a lo argumentado la presente investigación será no experimental, debido a que no se modificó las variables como el desempeño estructural del bloque A y el sistema de disipación de energía de fluido viscoso, para la obtención de información.

### **2.3 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN**

#### **a. VARIABLE DEPENDIENTE**

##### **Desempeño estructural**

Para Navarro (2017, p.16), el “desempeño estructural de una edificación frente a un sismo raro o de gran magnitud es la relación del estado del daño de los elementos estructurales como pueden ser: despreciable (totalmente operacional), leve (operacional), moderado (resguardo de vidas), severo (Precolapso) y completo (Colapso)”.

Para Villareal y Díaz (2016, p.6), el “desempeño estructural puede ser mejorado [...] incrementando el amortiguamiento interno o inherente, mediante la incorporación de dispositivos suplementarios [...] con ello la energía de amortiguamiento aumenta [...] y se controla desplazamientos de la estructura, por ende, derivas de entre piso”.

Ante lo expuesto para la presente investigación, el desempeño estructural de la edificación en estudio, se definirá mediante el estado de daño que reciba los elementos estructurales ya sea despreciable, ligero, moderado, severo o completo, los cuales están relacionados con el amortiguamiento estructural que presente la estructura, y las derivas de entre piso, frente a un sismo de gran magnitud.

## **b. VARIABLE INDEPENDIENTE**

### **Sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal**

Para Tafur (2018, p.9), el “sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, tiene como propósito mejorar el desempeño estructural frente a un evento sísmico, asegurando que esta se comporte en el rango lineal y así poder limitar las deformaciones inelásticas y la formación de rótulas plásticas”.

Para Carranza y Calderón (2015, p.27), son “cilindros huecos que se encuentran divididos en cámaras, en su interior tiene un fluido que es de baja viscosidad, inerte, no combustible, no inflamable y no se degrada con el paso del tiempo”.

Para Villareal y Díaz (2016, p.6), mediante “el balance energético se conoce el porcentaje de la energía sísmica tomada y disipada mediante energía de calor por los disipadores viscosos [...], con la curva histerética se observa si los disipadores incrementan el amortiguamiento para reducir desplazamientos.”

El desempeño estructural de una edificación se puede mejorar incorporando el sistema de disipación de energía de fluido viscoso, ya que evita que la estructura trabaje en el rango inelástico frente a un movimiento telúrico, evitándose de esta manera la formación de rótulas plásticas, así mismo el balance energético muestra la energía sísmica disipada por estos y con la curva histerética se observa la eficiencia de reducir desplazamientos mediante el incremento del amortiguamiento interno.

## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 11: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
Desempeño estructural	<p>Para Navarro (2017, p.16), el “desempeño estructural de una edificación frente a un sismo raro o de gran magnitud es la relación del estado del daño de los elementos estructurales como pueden ser: despreciable (totalmente operacional), leve (operacional), moderado (resguardo de vidas), severo (Precolapso) y completo (Colapso)”.</p> <p>Para Villareal y Díaz (2016, p.6), el “desempeño estructural puede ser mejorado [...] incrementando el amortiguamiento interno o inherente, mediante la incorporación de dispositivos suplementarios [...] con ello la energía de amortiguamiento aumenta [...] y se controla desplazamientos de la estructura, por ende, derivas de entre piso”.</p>	<p>Para la presente investigación, el desempeño estructural del bloque “A” del hospital Edgardo Rebagliati Martins, se definirá mediante el daño que reciba los elementos estructurales ya sea despreciable, ligero, moderado, severo o completo, los cuales están relacionados con el amortiguamiento estructural que presente la estructura, y las deriva de entre piso, frente a un sismo de gran magnitud.</p>	Estado de daño	Desplazamientos máximos	<b>Método:</b> científico	
				Derivas de entre piso		<b>Enfoque:</b> cuantitativo
				Momento de volteo		
			Amortiguamiento añadido	Amortiguamiento efectivo	<b>Tipo:</b> aplicada	
	Amortiguamiento inherente					
Sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal	<p>Para Tafur (2018, p.9), el “sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, tiene como propósito mejorar el desempeño estructural frente a un evento sísmico, asegurando que esta se comporte en el rango lineal y así poder limitar las deformaciones inelásticas y la formación de rótulas plásticas”.</p> <p>Para Carranza y Calderón (2015, p.27), son “cilindros huecos que se encuentran divididos en cámaras, en su interior tiene un fluido que es de baja viscosidad, inerte, no combustible, no inflamable y no se degrada con el paso del tiempo”.</p> <p>Para Villareal y Díaz (2016, p.6), mediante “el balance energético se conoce el porcentaje de la energía sísmica tomada y disipada mediante energía de calor por los disipadores viscosos [...], con la curva histerética se observa si los disipadores incrementan el amortiguamiento para reducir desplazamientos.”</p>	<p>El desempeño estructural de una edificación se puede mejorar incorporando el sistema de disipación de energía de fluido viscoso, ya que evita que la estructura trabaje en el rango inelástico frente a un movimiento telúrico, evitándose de esta manera la formación de rotulas plásticas, así mismo el balance energético muestra la energía disipada por estos y con la curva histerética se observa la eficiencia de reducir desplazamientos mediante el incremento del amortiguamiento interno.</p>	Curva histerética	Amortiguamiento efectivo	<b>Nivel:</b> explicativo	
				Amortiguamiento inherente		
			Balance energético	Disipación de energía de los dispositivos viscosos	<b>Diseño:</b> experimental	
			Propiedades del sistema de disipación	Fuerzas de diseño de los disipadores		
				Constante de amortiguamiento (C)		
				Exponente de velocidad ( $\alpha$ )		
				Máxima deformación axial o stroke		
			Configuración			
			Cantidad de dispositivos			

Fuente: Elaboración propia

## **2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **POBLACIÓN**

De acuerdo a López (2004, p. 1) la población es el conjunto total de objetos posibles para el estudio de una investigación.

De acuerdo a lo mencionado por López la presente de investigación, tiene como población a todos los bloques del hospital Edgardo Rebagliati Martins.

### **MUESTRA**

De acuerdo a (Argibay, 2009, p. 15) la muestra es una porción de la población, la cual se caracteriza por representar a la población en sus características, con dimensiones conocidas y justificado mediante un método de análisis y proceso de selección. así mismo, según (Acharya, Prakash, Saxena y Nigam, 2013, p. 1) su toma es necesaria debido a la imposibilidad de estudiar toda la población.

Frente a lo argumentado el presente proyecto de investigación, tiene como muestra a la edificación del bloque “A” del hospital Edgardo Rebagliati Martins.

### **MUESTREO**

De acuerdo a (Bustamante, 2011, p. 2), en el muestreo no probabilístico el investigador elige los elementos de la muestra en base a criterios de selección.

En la presente investigación, se ha considerado a la edificación del bloque “A” del hospital Edgardo Rebagliati Martins, debido a la consulta de investigaciones realizadas con anterioridad de otros autores, en donde se determina que dicha edificación presentaría deficiencias estructurales frente a una solicitud sísmica.

## **2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

### **TÉCNICAS**

La observación es una técnica confiable que permite registrar datos a partir de situaciones observables (Aigner, 2002, p. 8).

Además, la técnica de observación indirecta se basa en el registro de datos con los cuales se puede elaborar un informe, que ofrezca el resultado de lo que se deseaba evaluar (Anguera, 1986, p. 31).

Frente a lo argumentado, en la presente investigación la técnica de recolección de datos será mediante la observación indirecta, ya que se registraron datos a partir de los resultados del modelo matemático, que a través fórmulas matemáticas y cálculos estadísticos permitan obtener los resultados que se busca encontrar para la investigación.

### **INSTRUMENTO**

Según (Zohrabi, 2013, p. 254), “el instrumento de recolección de datos es cualquier recurso del que pueda aferrarse el investigador para estudiar los fenómenos y extraer información de ellos”.

En este sentido, el instrumento que se utilizó para la recolección de datos de la presente investigación es el de una ficha de recolección de datos, la cual se observa en el anexo 3, en donde se presentan a las variables, dimensiones e indicadores con el objetivo de que tenga validez y confiabilidad.

Así mismo, en la presente investigación el instrumento de apoyo para la obtención de los indicadores estará a cargo del software Etabs V.16, SEISMOMATCH 2018 y SEISMOSIGNAL.

### **VALIDEZ**

La validez es la es la seguridad de medir debidamente lo que se pretende, dar fe de que la técnica utilizada mide aquello que se busca o que el investigador logre asegurar un grado de veracidad sobre el estudio que se encuentre realizando (Martínez, 2006, p. 4).

Además, (Argibay, 2006, p. 26) sostiene que la validez de contenido de un instrumento consta en la evaluación de los ítems del instrumento, bajo el criterio de que dichos ítems deben cubrir el rango de interés de lo que se pretende medir.

Así mismo, (Escobar y Cuervo, 2008, p. 28) mencionan que la validez de contenido se realiza mediante un juicio de expertos, el cual se define como una opinión de personas experimentadas en el tema, que, mediante juicio propio, brindan una valoración al instrumento evaluado.

En la presente investigación, para calcular validez por contenido de todos los ítems de la ficha de recolección de datos se hizo uso del juicio de 3 expertos que debían calificar en una escala del 0 a 1 (Ver Anexo N.º 3), dichos ítems están en función de los 15 indicadores: desplazamientos máximos, derivas de entre piso, momento de volteo, amortiguamiento efectivo, amortiguamiento inherente, fuerzas máximas del disipador, desplazamientos máximos en el disipador, energía disipada por los disipadores, fuerzas de diseño de los disipadores, constante de amortiguamiento (C), exponente de velocidad ( $\alpha$ ), máxima deformación axial del disipador, máxima velocidad del disipador, configuración del disipador y cantidad de dispositivos.

Finalmente, mediante la tabla N.º 12, se muestra el puntaje de validez de contenido de los expertos, tomados de la ficha de validación del instrumento.

Tabla N.º 12: *Validez de contenido del instrumento*

<b>VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO</b>		
Experto	Mención al grado académico	Calificación de instrumento
M.Sc. Lucas Ludeña Gutiérrez	Ingeniería Civil	0.85
Mg. Manuel Laurencio Luna	Ingeniería Civil	1.00
Mg. Raúl A. Pinto Barrantes	Ingeniería Civil	0.90
<b>Promedio</b>		0.92

Fuente: Elaboración propia

Los promedios obtenidos, por parte de los expertos fueron comparados con el cuadro de valores para validez de Chenet, 2017, p.88, el cual se muestra a continuación.

Tabla N° 13: *Criterios de validez*

<b>CRITERIOS DE VALIDEZ</b>	
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Estrategia de internacionalización considerando la marca y su influencia en la complacencia de los estudiantes de las escuelas de negocio de lima. (Chenet, 2017, p. 88).

De la tabla N° 13 se puede apreciar, que el promedio de 0.92 se encuentra en el rango de excelente validez, para los indicadores del instrumento.

Así mismo, la validez de los resultados obtenidos del software Etabs V.16 se sustenta en la certificación ISO 9001 CSI – COMPUTERS AND STRUCTURES. INC, dicha certificación se encuentra en el anexo 4.

## **CONFIABILIDAD**

La confiabilidad significa que es posible obtener resultados similares si el procedimiento realizado para el estudio se replica (Cortés, 1997, p. 78).

El procedimiento de la metodología realizada en la presente investigación es confiable, ya que se replica lo estipulado por la norma peruana de diseño sismorresistente E.030, y el documento de Diseño mínimo de Cargas para Edificios y otras estructuras de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, las cuales se encuentran estandarizadas.

Así mismo, con el fin de sustentar la confiabilidad del instrumento de recolección de datos, diseñados en la presente investigación, es que se le sometió a una evaluación de 3 ingenieros expertos en el tema (Ver Anexo N.º 3), en base a la siguiente tabla.

Tabla N° 14: *Criterios de confiabilidad*

<b>CRITERIOS DE CONFIABILIDAD</b>	
Baja confiabilidad (No aplicable)	0.01 a 0.60
Moderada confiabilidad	0.61 a 0.75
Alta confiabilidad	0.76 a 0.89
Muy alta confiabilidad	0.90 a 1.00

Fuente: Estrategia de internacionalización considerando la marca y su influencia en la complacencia de los estudiantes de las escuelas de negocio de lima. (Chenet, 2017, p. 94).

De esta manera se tiene, que la evaluación de los expertos se encuentra en el rango de 0.76 a 0.89 (Ver Anexo N.º 3), por lo que se tiene una confiabilidad alta.

## 2.6 PROCEDIMIENTO

En la presente investigación el procedimiento se esquematiza en 5 etapas:

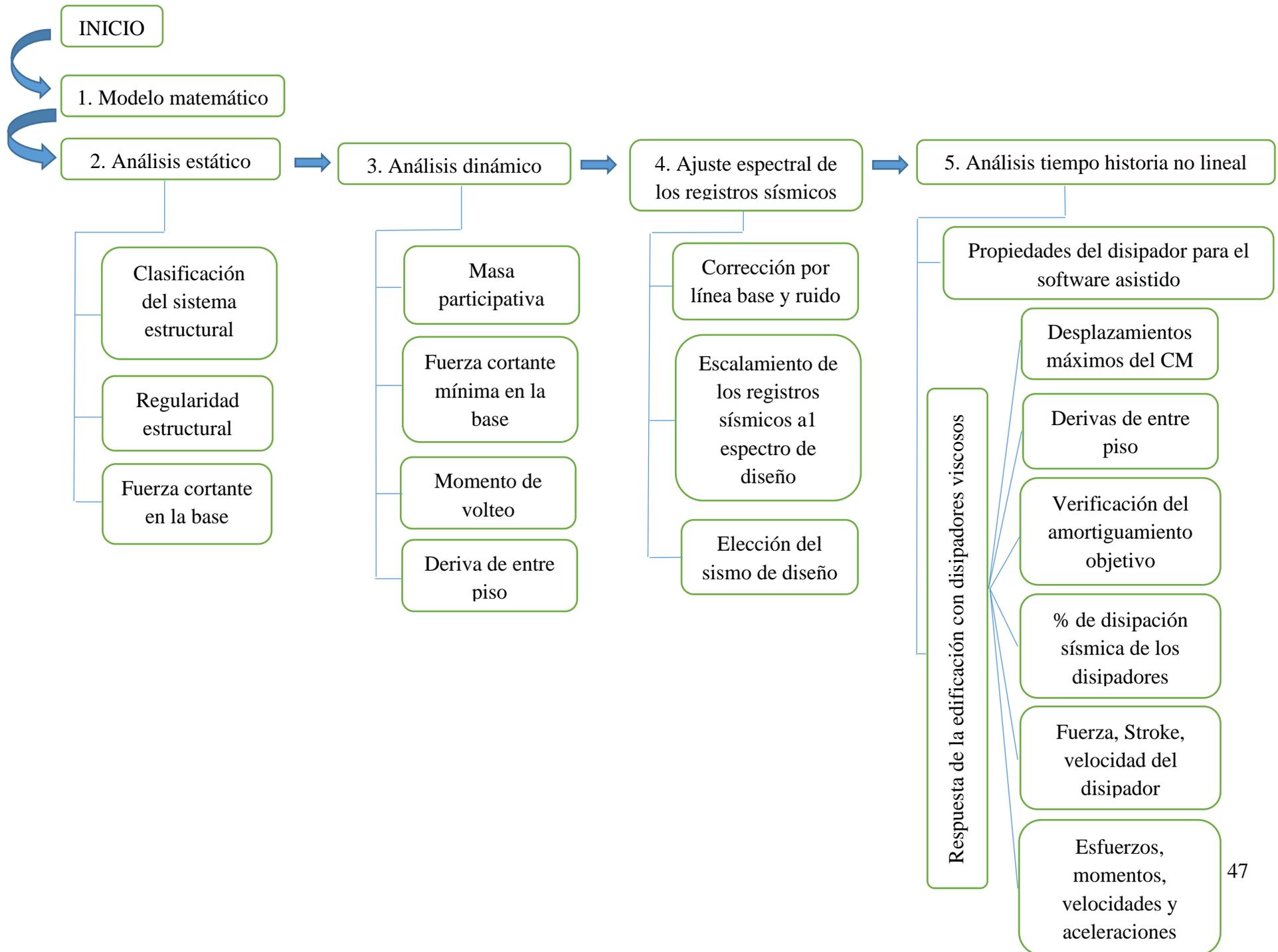
- Modelo matemático
- Análisis estático
- Análisis dinámico
- Ajuste espectral
- Análisis tiempo historia

La norma peruana de diseño sismorresistente E.030 del 2018, estipula que el análisis estructural a realizar para una edificación ubicado en la zona 4 será el análisis dinámico modal espectral, dejando al análisis tiempo historia como un procedimiento complementario al análisis estático y dinámico espectral, sin embargo, si en un proyecto se considera la incorporación de disipadores, aisladores de base; se deberá realizar un análisis tiempo historia no lineal.

En la presente investigación se realizó un análisis estático con el objetivo de conocer: la clasificación del sistema estructural en función de la fuerza cortante que toman los elementos estructurales, conocer la regularidad estructural ya sea en altura y planta, finalmente conocer la fuerza cortante basal.

Posteriormente se realizó un análisis dinámico espectral con el objetivo de verificar: el porcentaje masa participativa, cortante mínima en la base (90 % de la cortante basal estática si la estructura es irregular, y 80 % de la cortante basal si la estructura es regular); derivas de entre piso y realizar el control del momento de volteo que produce un sismo.

Finalmente se realizó un análisis tiempo historia para el cálculo de las propiedades del sistema de disipación de energía de fluido viscoso, verificar las derivas de entre piso, conocer el porcentaje de disipación de energía de los disipadores, además de conocer si es posible tener una reducción de: esfuerzos, momentos, velocidades y aceleraciones.



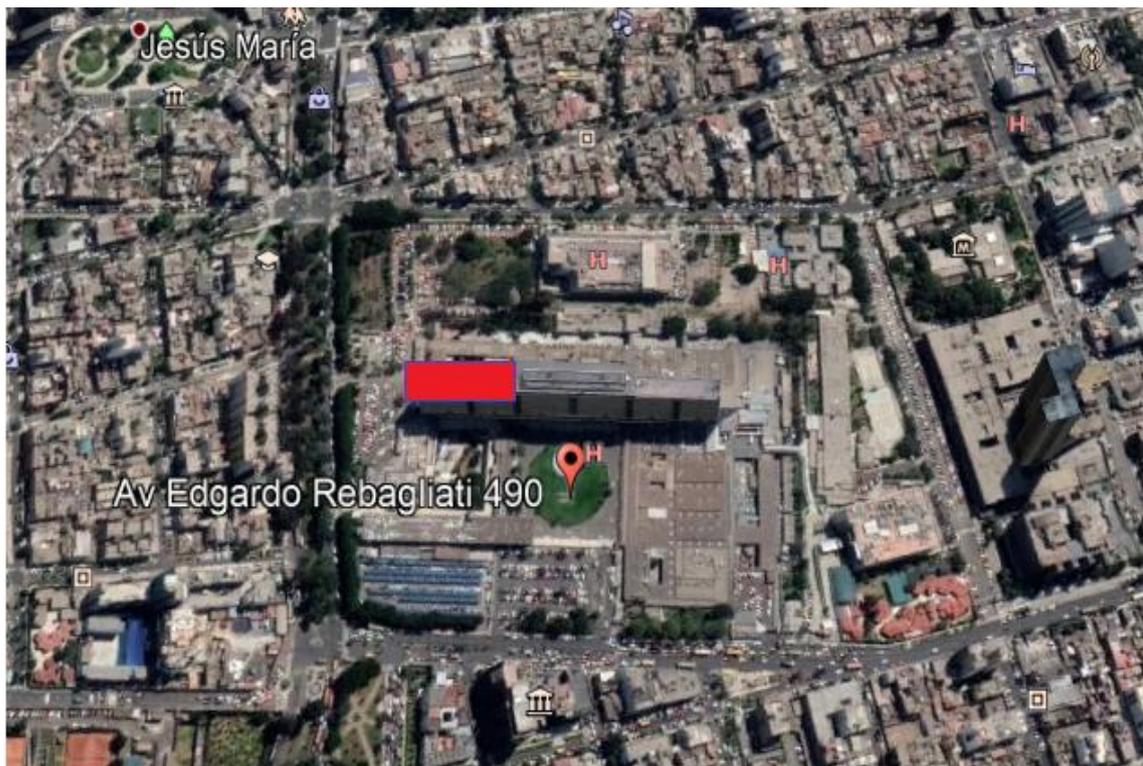
## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La edificación en estudio corresponde al bloque A del hospital “Edgardo Rebagliati Martins”.

Dicha edificación tiene 14 pisos, con una altura total de 45.60 m y un área en planta aproximadamente 1,168 m<sup>2</sup>, posee los siguientes linderos: por el frente con el Jr. Rebagliati, por la derecha con la Av. Salaverry, por la izquierda con la Av. Mariscal Miller.

## UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La edificación hospitalaria en estudio, se ubica en el departamento de Lima, provincia de Lima y distrito de Jesús María, teniéndose una entrada principal por la Av. Edgardo Rebagliati 490.



*Figura 10.* Ubicación de la edificación hospitalaria en estudio

Fuente: Google Heart Pro

## DETALLE DE LOS NIVELES

La edificación en estudio actualmente cuenta con tabiquería de albañilería la cual afecta en su comportamiento; sin embargo, al momento de su concepción solamente se consideró un sistema aporticado, frente a ello la presente investigación fue realizada considerando que dicha albañilería fuera separada del sistema estructural original, además de incorporarle muros de corte en la dirección corta con el objetivo proveerle rigidez, para controlar su excesiva flexibilidad y mitigar su vulnerabilidad al volteo frente a la solicitud de un gran sismo.

La dirección X-X está conformada por once ejes, cuyas distancias de eje a eje miden 7.30 m y cuatro ejes en la dirección Y-Y cuyas dimensiones miden 5.30 m de eje a eje los cuales se aprecian mediante la figura 15; en cuanto a la altura de la edificación se menciona que consta de 14 niveles, en donde la altura del primer piso mide 5.30 m y el resto de niveles tienen una altura típica de 3.10 m los cuales se aprecian mediante la figura 16.

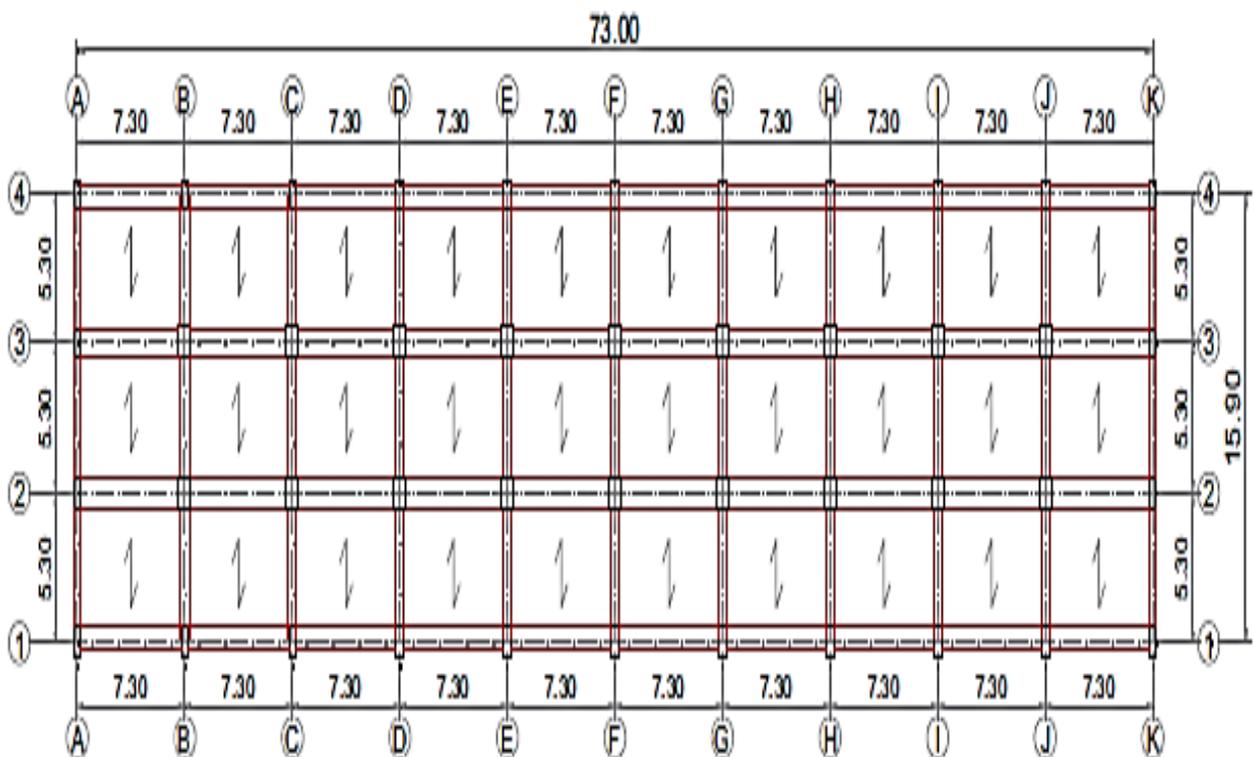


Figura 11: Planta típica de la edificación en estudio

Fuente: Fajardo, 2012

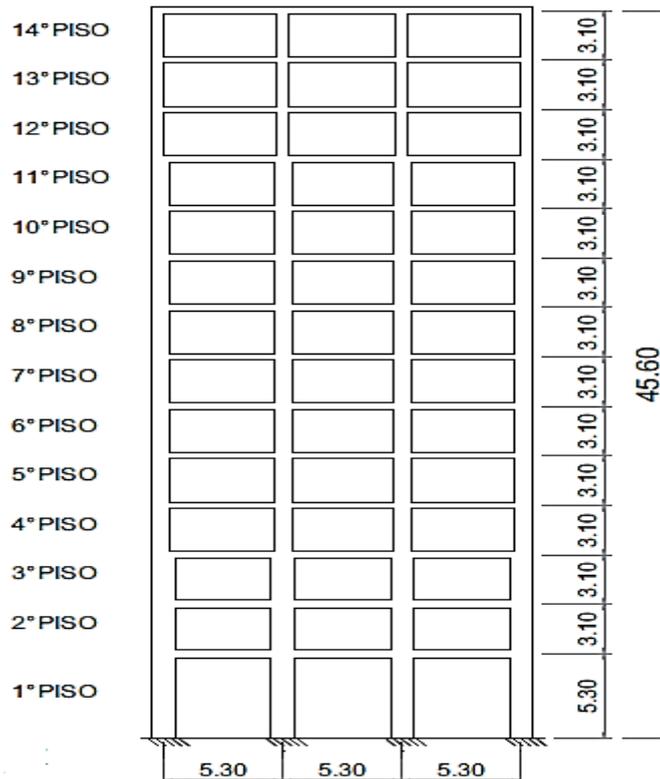


Figura 12: Elevación de la edificación en estudio

Fuente: Fajardo, 2012

## CONSIDERACIONES PARA EL MODELAMIENTO

A continuación, mediante la tabla N°15 se presentan las características de los materiales que se usó en el modelo matemático.

Tabla N° 15: *Propiedades de los materiales en la edificación en estudio*

<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO</b>		
Resistencia promedio a la compresión en todos los elementos	$f'c$	250 Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto	$E_c$	237170.8 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del concreto	$\gamma$	2400 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de Poisson del concreto	$\nu$	0.2
<b>PROPIEDADES DEL ACERO</b>		
Esfuerzo de fluencia del acero	$f_y$	2800 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del acero	$E_s$	2000000 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: CISMID

## **CARGAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS**

La edificación en estudio presenta diferentes ambientes por lo que tendrá diferentes cargas aplicadas en dichos ambientes, los cuales se muestran a continuación.

### **a. Carga Viva o Sobrecarga**

Para asignar la carga viva o sobrecarga en cada nivel en el modelamiento se utilizó los datos que se brindan en la norma E.020 de cargas, referidas al tipo de edificación involucrada, los cuales se muestran a continuación.

Sobre carga en pasillos: 400 Kg/cm<sup>2</sup> (desde el nivel 1 hasta el nivel 13)

Sobre carga en habitaciones: 200 Kg/cm<sup>2</sup> (desde el nivel 1 hasta el nivel 13)

Sobre carga considerada en la azotea o último nivel: 100 kg/cm<sup>2</sup>

### **b. Carga Muerta o Permanente**

Esta carga está conformada por el peso de la tabiquería, peso de los acabados y peso de la losa aligerada, los cuales se detallan a continuación:

Peso de los acabados: 100 Kg/cm<sup>2</sup>

Peso de la tabiquería: 100 Kg/cm<sup>2</sup>

Peso de losa aligerada (h=0.35m): 500 kg/cm<sup>2</sup>

### **c. Peso Propio**

El modelamiento de la edificación en estudio se encuentra detallado manteniendo la esencia de los elementos estructurales en donde se tiene a columnas, vigas y losas aligeradas, los cuales están compuestas por concreto armado; el peso propio de estos elementos de concreto armado son cálculos por el software asistido considerando para ello el peso específico del concreto de 2400 Kg/m<sup>3</sup>.

### **d. Peso Sísmico de la edificación**

Para determinar el peso sísmico de la edificación se recurrió a la norma E.030, en donde se determinó que el peso sísmico de cada nivel será el 100 % de la carga muerta y peso propio, el 50 % de carga viva ya que la edificación es esencial y el 25 % de carga viva para el último nivel o azotea.

## **CONSIDERACIONES PARA EL MODELAMIENTO**

La norma E. 030 menciona que de realizarse modelos matemáticos para el análisis se debe ignorar el refuerzo y fisuración, se debe considerar las inercias de las secciones brutas, las losas serán considerados como diafragmas rígidos, se puede utilizar un modelo de masas concentradas y tres grados de libertad una rotacional y dos traslacionales, en donde la base puede considerarse de manera empotrada.

## **ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN**

En la presente investigación inicialmente se realizará un análisis estático con el fin de saber el sistema estructural que se tiene en ambas direcciones en función de la fuerza cortante que toman, la regularidad tanto en planta como en elevación y la cortante basal; para posteriormente realizar un análisis dinámico modal espectral para verificar la masa participativa, determinar la cortante mínima en la base, el momento de volteo y las derivas de entre piso, y finalmente se realizará un análisis tiempo historia cuando se incorpore a la edificación los disipadores viscosos.

## **ANÁLISIS ESTÁTICO**

A continuación, se presenta el procedimiento que se utilizó para la elaboración del análisis estático; considerando los siguientes parámetros.

### **a. Factor Zona (Z)**

El bloque A del hospital Rebagliati se encuentra ubicado en la ciudad de Lima, y según la norma E.030 vigente, le corresponde un valor de 0.45 debido a que Lima pertenece a la zona sísmica 4.

### **b. Parámetros de suelo (S), (Tp) y (TL)**

Según el mapa de microzonificación que brinda el CISMID, la edificación en estudio se encuentra en suelo S1 cuya característica es de suelo muy rígido, a dicha denominación la norma E.030 según una zona 4, le asigna un valor de 1.00 ( $S1 = 1.00$ ) y un valor de  $T_p = 0.4$  (s) y un  $TL = 2.5$  (s).

### **c. Categoría de la edificación (U)**

La edificación en estudio al ser un hospital la norma E.030 le asigna la categoría de esencial A1, y con ello un valor de  $U = 1.5$ .

#### d. Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)

El modelo matemático de la edificación en estudio en el software Etabs V.16, ayudo a calcular la fuerza cortante que toman los elementos estructurales, a continuación, se presentan los valores obtenidos.

Tabla N° 16: *Comportamiento del sistema estructural en X-X*

<b>COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL X-X</b>			
Elementos	Vx estática (ton)	Participación (%)	Sistema Estructural
Muros de corte	41.63	1.85%	Pórticos de concreto armado
Columnas	2208.70	98.15%	
<b>SUMA</b>	<b>2250.33</b>	<b>100.00%</b>	Ro = 8

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 17: *Comportamiento del sistema estructural en Y-Y*

<b>COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL Y-Y</b>			
Elementos	Vy estática (ton)	Participación (%)	Sistema Estructural
Muros de corte	3045.05	68.54%	Dual
Columnas	1397.51	31.46%	
<b>SUMA</b>	<b>4442.56</b>	<b>100.00%</b>	Ro = 7

Fuente: Elaboración propia

De las tablas mostradas se entiende que en la dirección X-X el coeficiente  $R_o = 8$ , debido a que los pórticos de concreto armado toman más del 80 % de cortante en la base tal y como se menciona en la norma E.030, por otro lado en la dirección Y-Y el coeficiente  $R_o = 7$  debido a que los muros estructurales toman más del 20 % y menos que el 70 % de la cortante en la base, tal y como lo menciona la norma E.030.

#### e. Irregularidades estructurales en altura (Ia)

- **Irregularidad de Rigidez**

En la norma vigente E.030 se menciona que existe irregularidad extrema de rigidez, cuando en la dirección de análisis, en un entre piso la rigidez lateral de entre piso es menor que el 60 % de la rigidez lateral inmediato superior, o es menor que el 70 % de la rigidez lateral de los tres niveles superiores. Dicha rigidez lateral se calcula con la razón

de la fuerza cortante del entre piso y el respectivo desplazamiento relativo del centro de masas.

Tabla N° 18: *Análisis de regularidad en X-X*

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ X-X					
Nivel	Vix (ton)	D. Relativo C.M (m)	Rigidez lateral (ton/m)	Control	Control
				$(R_i / R_{i+1}) < 0.60$	$(R_i / (R_{i+1} + (i+2) + (i+3))) / 3 < 0.70$
14	292.47	0.003	116430.65		
13	623.27	0.005	132300.11	1.14	
12	916.57	0.007	134158.67	1.01	
11	1176.63	0.007	163853.18	1.22	1.28
10	1405.80	0.008	167456.76	1.02	1.17
9	1602.29	0.009	170783.22	1.02	1.10
8	1768.05	0.010	171722.23	1.01	1.03
7	1904.88	0.011	174040.70	1.01	1.02
6	2015.41	0.011	177930.16	1.02	1.03
5	2101.62	0.012	180350.54	1.01	1.03
4	2165.12	0.011	190139.99	1.05	1.07
3	2208.77	0.009	238966.84	1.26	1.31
2	2236.03	0.008	292673.78	1.22	1.44
1	2250.33	0.015	150755.66	<b>0.52</b>	0.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19: *Análisis de regularidad en Y-Y*

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ Y-Y					
Nivel	Viy (ton)	D. Relativo C.M (m)	Rigidez lateral (ton/m)	Control	Control
				$(R_i / R_{i+1}) < 0.60$	$(R_i / (R_{i+1} + (i+2) + (i+3))) / 3 < 0.70$
14	501.73	0.0073	68337.10		
13	1083.48	0.0077	141095.87	2.06	
12	1613.27	0.0079	204626.12	1.45	
11	2096.80	0.0080	263317.82	1.29	1.91
10	2536.54	0.0080	315293.71	1.20	1.55
9	2926.84	0.0080	366038.16	1.16	1.40
8	3268.99	0.0079	415796.41	1.14	1.32
7	3563.83	0.0076	468740.00	1.13	1.28
6	3814.00	0.0072	530459.30	1.13	1.27
5	4020.55	0.0067	600261.35	1.13	1.27
4	4183.39	0.0060	693417.29	1.16	1.30
3	4305.15	0.0051	836114.02	1.21	1.38
2	4390.11	0.0042	1049763.30	1.26	1.48
1	4442.56	0.0044	1008068.41	0.96	1.17

Fuente: Elaboración propia

De las tablas mostradas se observa que se tiene una irregularidad extrema de rigidez, ya que la rigidez lateral del primer entre piso es menor que el 60% que la rigidez del piso superior.

- **Irregularidad de Resistencia**

En la norma vigente E.030 se menciona que existe irregularidad de resistencia, cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entre piso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entre piso inmediato superior.

Tabla N° 20: *Análisis de fuerzas de corte en X-X*

<b>IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA X-X</b>		
Nivel	V <sub>x</sub> (ton)	Control
		$(V_{x i} / V_{x i+1}) < 0.80$
14	292.47	
13	623.27	2.13
12	916.57	1.47
11	1176.63	1.28
10	1405.80	1.19
9	1602.29	1.14
8	1768.05	1.10
7	1904.88	1.08
6	2015.41	1.06
5	2101.62	1.04
4	2165.12	1.03
3	2208.77	1.02
2	2236.03	1.01
1	2250.33	1.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21: *Análisis de fuerzas de corte en Y-Y*

<b>IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA Y-Y</b>		
Nivel	V <sub>x</sub> (ton)	Control
		$(V_{x i} / V_{x i+1}) < 0.65$
14	501.73	
13	1083.48	2.16
12	1613.27	1.49
11	2096.80	1.30
10	2536.54	1.21
9	2926.84	1.15
8	3268.99	1.12
7	3563.83	1.09
6	3814.00	1.07
5	4020.55	1.05
4	4183.39	1.04
3	4305.15	1.03
2	4390.11	1.02
1	4442.56	1.01

Fuente: Elaboración propia

De las tablas N° 20 y 21 se observa, que no se tiene irregularidad de resistencia en ambas direcciones.

Del control de irregularidad en altura, la edificación en estudio solamente presenta irregularidad extrema de rigidez, por lo que  $I_a = 0.5$

#### **f. Irregularidades en planta ( $I_p$ )**

- **Irregularidad Torsional en planta**

En la norma vigente E.030 se menciona que la irregularidad torsional se debe considerar cuando el desplazamiento relativo de entre piso es mayor que 1.3 el desplazamiento promedio de los extremos del mismo entre piso, previamente debe de cumplirse que la máxima deriva de entre piso sea mayor que el 50% del límite.

Evaluar la irregularidad en torsional en planta es de suma importancia ya que es un factor o causa de que las estructuras colapsen (Medina. C y Medina. S, 2017, p.51).

Tabla N° 22: *Análisis torsional con sismo estático en X-X*

<b>ANÁLISIS TORSIONAL CON SISMO ESTÁTICO (SX) X-X</b>							
Nivel	Diafragma	Sismo	Desplaza (m)	D. Relativo (m)	h. entrepiso (m)	Derivas	50 % de Deriva Admisible
14	D14	SX Max	0.093	0.002	3.10	0.004	0.0035
13	D13	SX Max	0.092	0.003	3.10	0.007	0.0035
12	D12	SX Max	0.088	0.005	3.10	0.010	0.0035
11	D11	SX Max	0.083	0.005	3.10	0.010	0.0035
10	D10	SX Max	0.078	0.006	3.10	0.012	0.0035
9	D9	SX Max	0.072	0.007	3.10	0.013	0.0035
8	D8	SX Max	0.065	0.008	3.10	0.015	0.0035
7	D7	SX Max	0.057	0.008	3.10	0.016	0.0035
6	D6	SX Max	0.049	0.008	3.10	0.016	0.0035
5	D5	SX Max	0.041	0.009	3.10	0.017	0.0035
4	D4	SX Max	0.032	0.008	3.10	0.016	0.0035
3	D3	SX Max	0.023	0.007	3.10	0.013	0.0035
2	D2	SX Max	0.017	0.006	3.10	0.011	0.0035
1	D1	SX Max	0.011	0.011	5.30	0.012	0.0035

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23: *Análisis torsional con sismo estático en Y-Y*

<b>ANÁLISIS TORSIONAL CON SISMO ESTÁTICO (SY) X-X</b>							
Nivel	Diafragma	Sismo	Desplaza (m)	D. Relativo (m)	h. entrepiso (m)	Derivas	50 % de Deriva Admisible
14	D14	SY Max	0.053	0.004	3.10	0.007	0.0035
13	D13	SY Max	0.049	0.004	3.10	0.007	0.0035
12	D12	SY Max	0.045	0.004	3.10	0.007	0.0035
11	D11	SY Max	0.041	0.004	3.10	0.008	0.0035
10	D10	SY Max	0.036	0.004	3.10	0.008	0.0035
9	D9	SY Max	0.032	0.004	3.10	0.008	0.0035
8	D8	SY Max	0.027	0.004	3.10	0.007	0.0035
7	D7	SY Max	0.023	0.004	3.10	0.007	0.0035
6	D6	SY Max	0.019	0.004	3.10	0.007	0.0035
5	D5	SY Max	0.015	0.004	3.10	0.006	0.0035
4	D4	SY Max	0.011	0.003	3.10	0.006	0.0035
3	D3	SY Max	0.008	0.003	3.10	0.005	0.0035
2	D2	SY Max	0.005	0.002	3.10	0.004	0.0035
1	D1	SY Max	0.002	0.002	5.30	0.002	0.0035

Fuente: Elaboración propia

Las tablas muestran que en ambas direcciones, la máxima deriva de entre piso es mayor en 50% a la deriva admisible, por lo tanto es pertinente evaluar una posible irregularidad torsional, tal y como lo menciona la norma E.030.

Tabla N° 24: *Evaluación de irregularidad estructural en planta X-X*

<b>EVALUACIÓN DE IRREGULARIDAD TORSIONAL EN X-X</b>						
Nivel	Diafrag	Sismo	D. R máximo (m)	D. R promedio (m)	Dmax/Dpr	Configuración
14	D14	SX Max	0.0006	0.0006	1.010	Regular
13	D13	SX Max	0.0011	0.0011	1.005	Regular
12	D12	SX Max	0.0016	0.0016	1.004	Regular
11	D11	SX Max	0.0017	0.0017	1.004	Regular
10	D10	SX Max	0.0020	0.0020	1.003	Regular
9	D9	SX Max	0.0022	0.0022	1.003	Regular
8	D8	SX Max	0.0025	0.0025	1.002	Regular
7	D7	SX Max	0.0026	0.0026	1.002	Regular
6	D6	SX Max	0.0027	0.0027	1.002	Regular
5	D5	SX Max	0.0028	0.0028	1.001	Regular
4	D4	SX Max	0.0027	0.0027	1.001	Regular
3	D3	SX Max	0.0022	0.0022	1.001	Regular
2	D2	SX Max	0.0018	0.0018	1.001	Regular
1	D1	SX Max	0.0021	0.0021	1.001	Regular

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: *Evaluación de irregularidad estructural en planta Y-Y*

<b>EVALUACIÓN DE IRREGULARIDAD TORSIONAL EN Y-Y</b>						
Nivel	Diafrag	Sismo	D. R máximo (m)	D. R promedio (m)	Dmax/Dpr	Configuración
14	D14	SY Max	0.0006	0.0012	1.115	Regular
13	D13	SY Max	0.0011	0.0012	1.113	Regular
12	D12	SY Max	0.0016	0.0013	1.113	Regular
11	D11	SY Max	0.0017	0.0013	1.113	Regular
10	D10	SY Max	0.0020	0.0013	1.112	Regular
9	D9	SY Max	0.0022	0.0013	1.112	Regular
8	D8	SY Max	0.0025	0.0013	1.111	Regular
7	D7	SY Max	0.0026	0.0012	1.111	Regular
6	D6	SY Max	0.0027	0.0012	1.110	Regular
5	D5	SY Max	0.0028	0.0011	1.110	Regular
4	D4	SY Max	0.0027	0.0010	1.109	Regular
3	D3	SY Max	0.0022	0.0008	1.108	Regular
2	D2	SY Max	0.0018	0.0007	1.108	Regular
1	D1	SY Max	0.0021	0.0004	1.108	Regular

De las tablas N° 24 y 25 se concluye que la edificación en estudio no presenta irregularidad torsional, ya que el valor en ambos casos de  $D_{max}/D_{pr}$  son menores a 1.3.

Además del cálculo de irregularidad por torsión y las irregularidad de esquinas entrantes, de discontinuidad de diafragmas y sistemas no paralelos se observo que no existe irregularidad en planta, por lo tanto  $I_p = 1$

**a. Coeficiente básico de reducción sísmico (R)**

Al haber determinado los sistemas estructurales en ambas direcciones y las irregularidades tanto en planta, como en elevación se tiene que.

**Dirección X-X**

$$R_x = R_{ox} * I_a * I_p$$

$$R_x = 8 * 0.5 * 1$$

$$R_x = 4$$

**Dirección Y-Y**

$$R_y = R_{oy} * I_a * I_p$$

$$R_y = 7 * 0.5 * 1$$

$$R_y = 3.5$$

**b. Factor de Amplificación (C)**

Este valor se calcula según las siguientes condicionales:

$$\text{Sí } T < T_p, \text{ entonces } C = 2.5$$

$$\text{Sí } T_p < T < T_L, \text{ entonces } C = 2.5 * T_p/T$$

$$\text{Sí } T > T_p, \text{ entonces } C = 2.5 * (T_p * T_L / T^2)$$

Donde T representa al periodo de vibración de la estructura.

$$T_x = 1.676 \text{ (s)}, \text{ entonces } C = 0.60$$

$$T_y = 0.97 \text{ (s)}, \text{ entonces } C = 1.03$$

### Fuerza cortante en la base

Con los valores obtenidos más el peso total de la edificación (P), se procede a determinar la fuerza cortante en la base para ambas direcciones.

$$V_x = \frac{ZxUxCxS}{R}xP = 2250.33 \text{ ton}$$

$$V_y = \frac{ZxUxCxS}{R}xP = 4442.56 \text{ ton}$$

A continuación mediante la tabla N° 26, se muestra los valores que se consideraron para calcular la cortante en la base

Tabla N° 26: *Resumen de parámetros sísmicos*

RESUMEN DE PARÁMETROS SÍSMICOS		
PARÁMETRO	DIRECCIÓN X-X	DIRECCIÓN Y-Y
Z	0.45	0.45
U	1.5	1.5
S	1.0	1.0
Tp	0.4	0.4
TL	2.5	2.5
T	1.676	0.97
C diseño	0.600	1.30
Ia	0.5	0.5
Ip	1.0	1.0
Ro	8.0	7.0
Sistema	Irregular	Irregular
R	4.0	3.5
ZUCS/R	0.1007	0.1988
P (ton)	22354.98405	22354.98405
Vest (ton)	2250.33	4442.56

Fuente: Elaboración propia

## Resultados del análisis estático

Del análisis estático de la edificación en estudio se obtiene que:

- Se tiene a un sistema estructural en la dirección X-X de pórticos de concreto armado debido a que la cortante que toman las columnas es mayor al 80 % de la cortante basa1, por lo que el coeficiente básico de reducción sísmica es  $R_{ox} = 8$ .
- Se tiene a un sistema estructural en la dirección Y-Y dual (pórticos y muros de corte) debido a que la cortante que toman los muros de corte es mayor al 40 % de la cortante basa1, por lo que el coeficiente básico de reducción sísmica es  $R_{oy} = 7$ .
- La edificación presenta irregularidad estructural en altura, pero en planta no se tiene irregularidad alguna, por lo que ( $I_a = 0.5$ ) e ( $I_p = 1$ ).
- Se tiene un coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas de  $R_x = 4$  en X-X y en Y-Y se tiene un coeficiente de reducción de fuerzas sísmica de  $R_y = 3.5$ .
- Se tiene una cortante basa1 en la dirección X-X de 2250.33 ton y una cortante basa1 en la dirección Y-Y de 4442.56 ton.

## ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

Inicialmente se presenta la aceleración espectral y mediante calculos se realizó un espectro de respuesta de pseudoaceleraciones, la cual se aprecia mediante la tabla N° 28.

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

Los parámetros de la aceleración espectral se muestran continuación.

Tabla N° 27: *Parámetros para realizar un espectro de pseudoaceleraciones*

PARÁMETRO	DIRECCIÓN X-X	DIRECCIÓN Y-Y
Z	0.45	0.45
U	1.5	1.5
C (inicial)	2.5	2.5
S	1.0	1.0
R	4.00	3.5
g (m/s <sup>2</sup> )	9.806	9.806

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 28: Aceleración espectral en ambas direcciones

C	T(s)	Sax = ZUCSg/Rx	Say = ZUCSg/Ry
2.50	0.00	4.14	4.73
2.50	0.10	4.14	4.73
2.50	0.20	4.14	4.73
2.50	0.30	4.14	4.73
2.50	0.40	4.14	4.73
2.00	0.50	3.31	3.78
1.67	0.60	2.76	3.15
1.43	0.70	2.36	2.70
1.25	0.80	2.07	2.36
1.11	0.90	1.84	2.10
1.00	1.00	1.66	1.89
0.91	1.10	1.50	1.72
0.83	1.20	1.38	1.58
0.77	1.30	1.27	1.46
0.71	1.40	1.18	1.35
0.67	1.50	1.10	1.26
0.63	1.60	1.03	1.18
0.59	1.70	0.97	1.11
0.56	1.80	0.92	1.05
0.53	1.90	0.87	1.00

Fuente: Elaboración propio

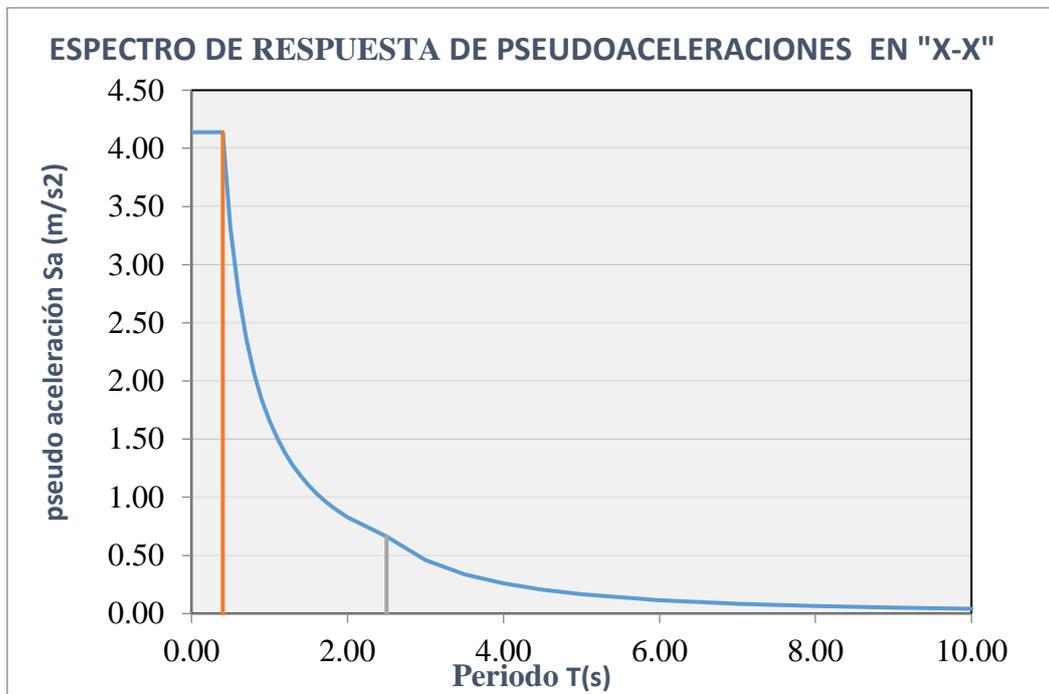


Figura 13: Espectro de respuesta de pseudoaceleraciones en X-X

Fuente: Elaboración propia

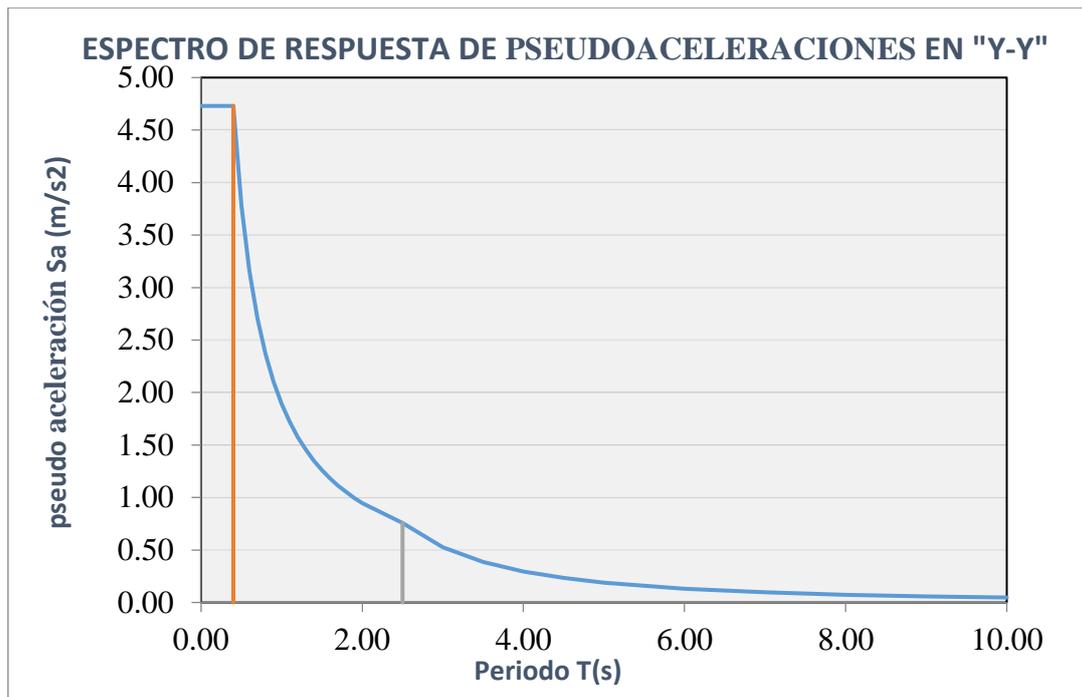


Figura 14: Espectro de respuesta de pseudoaceleraciones en Y-Y

Fuente: Elaboración propia

### Verificación de la masa participativa

La norma E.030 menciona que para el análisis de una edificación se debe de considerar el número de modos necesarios para que la suma de masas efectivas sea mayor al 90% de la masa de la estructura, se menciona además que se trabajan por 3 modos por piso dos traslacionales y uno rotacional, por lo que en nuestro caso se tendrán  $14 \times 3 = 42$  modos.

De la tabla que se muestra a continuación, se observa que se cumple con lo estipulado en la norma E.030 ya que la masa participativa tanto para la dirección X-X y Y-Y es mayor al 90 %, así también los tres primeros modos tienen la suma de un porcentaje predominante.

Teniéndose un comportamiento ideal, ya que la edificación presenta en el primer modo de vibración una traslacional en X-X, en el segundo modo una traslación en Y-Y y un tercer modo rotacional.

Tabla N° 29: Masa participativa según los periodos de vibración

MODO	PERIODO (s)	MASA PARTICIPATIVA	
		Masa X-X %	Masa Y-Y %
1	<b>1.676</b>	<b>81.65</b>	0.00
2	<b>0.97</b>	0.00	<b>70.48</b>
3	0.638	0.00	0.00
4	0.578	11.23	0.00
5	0.349	4.26	0.00
6	0.243	0.00	20.68
7	0.242	1.63	0.00
8	0.178	0.59	0.00
9	0.155	0.00	0.00
10	0.137	0.25	0.00
11	0.117	0.00	5.29
12	0.11	0.14	0.00
13	0.09	0.10	0.00
14	0.077	0.00	1.94
15	0.076	0.05	0.00
16	0.074	0.00	0.00
17	0.067	0.04	0.00
18	0.057	0.03	0.00
19	0.057	0.00	0.81
20	0.049	0.02	0.00
21	0.049	0.00	0.00
22	0.046	0.00	0.38
23	0.044	0.01	0.00
24	0.04	0.01	0.00
25	0.039	0.00	0.19
26	0.037	0.00	0.00
27	0.034	0.00	0.10
28	0.03	0.00	0.06
29	0.03	0.00	0.00
30	0.027	0.00	0.03
31	0.025	0.00	0.02
32	0.025	0.00	0.00
33	0.024	0.00	0.01
34	0.022	0.00	0.01
35	0.022	0.00	0.00
36	0.021	0.00	0.01
37	0.02	0.00	0.00
38	0.018	0.00	0.00
39	0.017	0.00	0.00
40	0.016	0.00	0.00
41	0.015	0.00	0.00
42	0.015	0.00	0.00
	<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

## Verificación de la fuerza cortante mínima en la base

Esta verificación se realiza con el fin de cumplir con lo que la norma E.030 recomienda, el cual consiste en que la cortante basal dinámica no debe ser menor al 90% de la cortante basal estática, cuando la edificación es irregular.

Si este caso ideal no se cumpliera para la edificación en estudio, se deberá de escalar o incrementar la cortante basal dinámica hasta cumplir con lo estipulado en la norma de la siguiente manera.

$$\text{Factor de escala} = \frac{0.90 \text{ V estática}}{\text{V dinámica}}$$

Tabla N° 30: *Cortante dinámica escalado al 90% de la cortante estática*

<b>CORTANTE DINÁMICO ESCALADO AL 90 % DE LA CORTANTE ESTÁTICA</b>				
Dirección	V Estática (ton)	90% V Estática (ton)	V Dinámica (ton)	Factor de escala
X-X	2250.33	2025.297	2035.9621	No necesita
Y-Y	4442.56	3998.304	3913.1258	1.0217

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se tiene que modificar el factor de escala en el software Etabs V.16, con el propósito de alcanzar lo estipulado en la E.030, en donde la cortante dinámica debe ser como mínimo el 90% de la cortante estática, para una estructura irregular.

A continuación, se presenta procedimiento para remplazar el factor de escala en el software Etabs V.16, que solamente aplica al valor de las cortantes dinámicas.

### **Factor de escala en el software Etabs V.16**

Para poder aplicar el factor de escala en el software asistido, previamente se debió haber cargado el espectro de respuesta de pseudoaceleraciones, el cual se aprecia mediante la figura 19 y 20 para la dirección X-X.

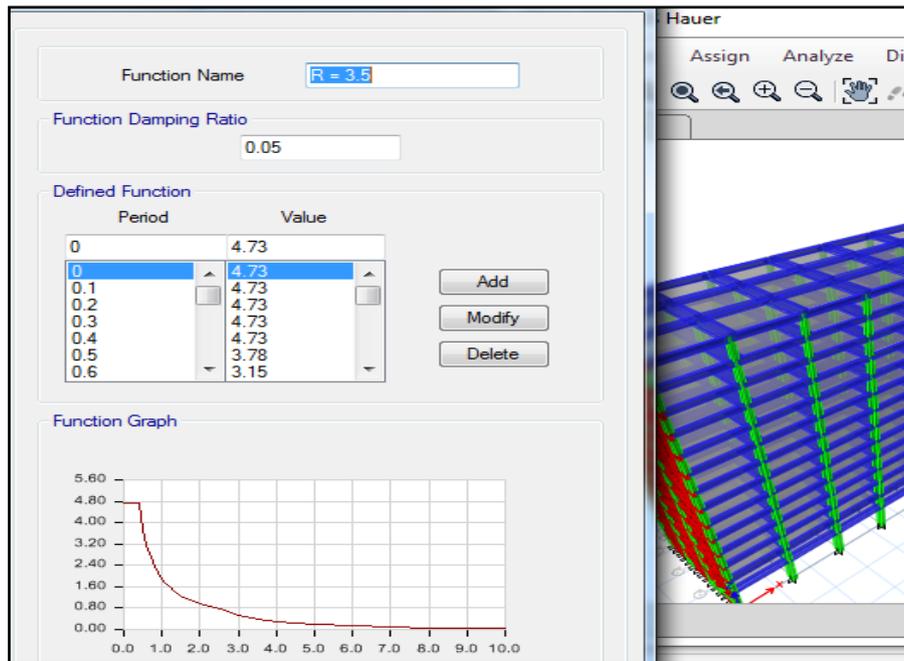


Figura 15: Espectro de pseudoaceleración en Etabs V.16

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el factor de escala aplicado al espectro dinámico, en el software Etabs V.16.

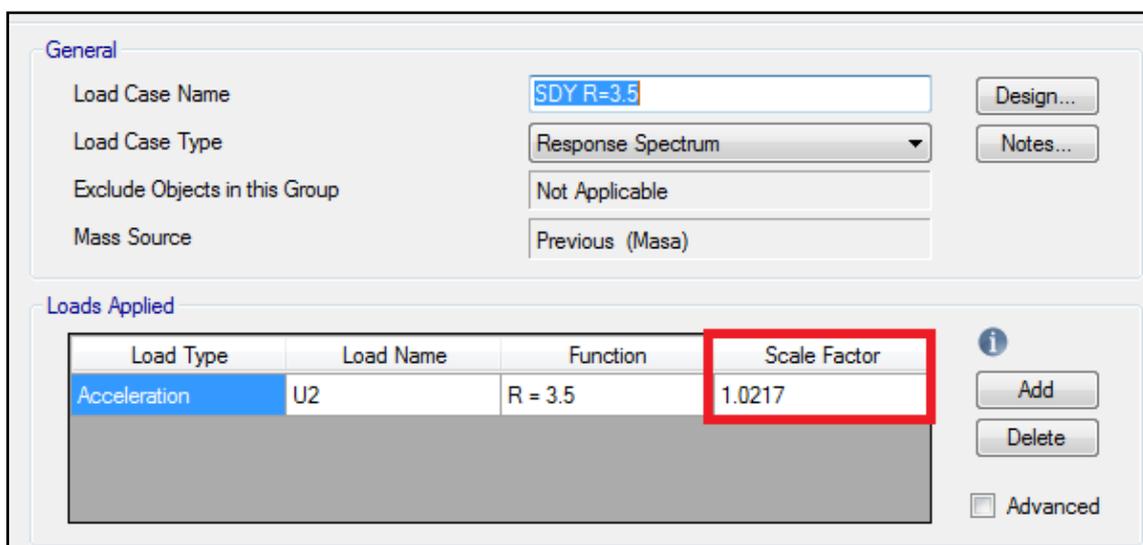


Figura 16: Espectro de respuesta en Etabs V.16

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el valor de la cortante dinámica ya una vez escalada.

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story1	SDY R=3.5 Max	Bottom	0	0.0026	3998.4319	145777.4075	106062.0437	0.0121

Figura 17: Cortante dinámica escalada

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se concluye que el proceso de escalar la cortante dinámica al 90 % de la cortante estática fue correcta.

$$V \text{ dinámica escalada} = 90\% V \text{ estática}$$

$$3998.43 \approx 0.9 \cdot (4442.56) = 3998.304 \text{ OK!!}$$

### Control de momento de volteo

Toda estructura debe soportar el momento de volteo que produce un movimiento sísmico y la norma E.030, menciona en su artículo 46 que la relación existente, entre momento actuante sísmico ( $M_a$ ) y el momento resistente ( $M_r$ ) será mayor o igual a 1.2, es decir:

$$\frac{M_a}{M_r} \geq 1.2$$

El momento actuante sísmico según normatividad puede ser tomada ya sea del análisis estático o dinámico, por lo que en la presente investigación se tomó el que produce el análisis dinámico.

El momento resistente se tomará el momento que produce el peso sísmico de la edificación y la distancia del centro de masa a un extremo de la edificación, considerándose en el peso sísmico el 100 % C.M. + 50% C.V + 25% C.V de azotea.

Tabla N° 31: Control de momento de volteo en ambas direcciones

CONTROL DE MOMENTO DE VOLTEO				
Dirección	$M_a$ (ton*m)	$M_r$ (ton*m)	$M_r / M_a$	CONTROL E.030
X-X	56027.0973	823897.8086	14.71	<b>SÍ CUMPLE</b>
Y-Y	106705.5989	179591.1532	1.68	<b>SÍ CUMPLE</b>

Fuente: Elaboración propia

## Control de derivas de entre piso

Las derivas elásticas para la dirección en X-X se multiplicaron por 0.85 R (0.85 \*4= 3.4), para la dirección Y-Y se multiplicaron por 0.85 R (0.85\*3.5 =2.98).

Tabla N° 32: Control de derivas en X-X

CONTROL DE DERIVAS EN X-X con R=8								
Nivel	Diafrag	Sismo	Desplaz (m)	D. R (m)	Altura (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
14	D14	SDX	0.093	0.002	3.10	0.001	0.002	SÍ CUMPLE
13	D13	SDX	0.092	0.003	3.10	0.001	0.003	SÍ CUMPLE
12	D12	SDX	0.089	0.004	3.10	0.001	0.005	SÍ CUMPLE
11	D11	SDX	0.084	0.005	3.10	0.002	0.005	SÍ CUMPLE
10	D10	SDX	0.079	0.006	3.10	0.002	0.006	SÍ CUMPLE
9	D9	SDX	0.074	0.006	3.10	0.002	0.007	SÍ CUMPLE
8	D8	SDX	0.068	0.007	3.10	0.002	0.008	NO CUMPLE
7	D7	SDX	0.061	0.008	3.10	0.002	0.008	NO CUMPLE
6	D6	SDX	0.053	0.008	3.10	0.003	0.009	NO CUMPLE
5	D5	SDX	0.045	0.009	3.10	0.003	0.010	NO CUMPLE
4	D4	SDX	0.036	0.009	3.10	0.003	0.010	NO CUMPLE
3	D3	SDX	0.027	0.007	3.10	0.002	0.008	NO CUMPLE
2	D2	SDX	0.020	0.007	3.10	0.002	0.007	NO CUMPLE
1	D1	SDX	0.013	0.013	5.30	0.003	0.009	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33: Control de derivas en Y-Y

CONTROL DE DERIVAS EN Y-Y con R=7								
Nivel	Diafrag	Sismo	Desplaza (m)	D. Relativo (m)	h. entrepiso (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Control E-030 $\leq 0.007$
14	D14	SDY	0.070	0.005	3.10	0.002	0.005	SÍ CUMPLE
13	D13	SDY	0.064	0.006	3.10	0.002	0.005	SÍ CUMPLE
12	D12	SDY	0.059	0.006	3.10	0.002	0.006	SÍ CUMPLE
11	D11	SDY	0.053	0.006	3.10	0.002	0.006	SÍ CUMPLE
10	D10	SDY	0.047	0.006	3.10	0.002	0.006	SÍ CUMPLE
9	D9	SDY	0.041	0.006	3.10	0.002	0.006	SÍ CUMPLE
8	D8	SDY	0.036	0.006	3.10	0.002	0.005	SÍ CUMPLE
7	D7	SDY	0.030	0.005	3.10	0.002	0.005	SÍ CUMPLE
6	D6	SDY	0.025	0.005	3.10	0.002	0.005	SÍ CUMPLE
5	D5	SDY	0.020	0.005	3.10	0.002	0.005	SÍ CUMPLE
4	D4	SDY	0.015	0.004	3.10	0.001	0.004	SÍ CUMPLE
3	D3	SDY	0.010	0.004	3.10	0.001	0.004	SÍ CUMPLE
2	D2	SDY	0.007	0.003	3.10	0.001	0.003	SÍ CUMPLE
1	D1	SDY	0.003	0.003	5.30	0.001	0.002	SÍ CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO

Del análisis dinámico de la edificación en estudio se obtiene que:

- Se cumple con lo estipulado en la norma E.030 ya que la masa participativa tanto para la dirección X-X y Y-Y es mayor al 90 %, así también los tres primeros modos tienen la suma de un porcentaje predominante, teniéndose en el primer modo vibración una traslación en X-X, en el segundo modo una traslación Y-Y y en el tercer modo una rotación.
- Se tuvo un factor de escala en la dirección Y-Y de 1.0217, con el objetivo de no tener una cortante dinámica inferior al 90 % de la cortante estática, tal como lo estipula la norma de diseño sismorresistente E.030.
- La edificación fue evaluada con el objetivo de ver si puede resistir al momento de volteo que ocasiona una sollicitación sísmica, teniéndose resultados positivos ya que en la dirección X-X se tuvo un valor de 14.71 siendo muy superior al 1.2 que estipula la norma dicho valor tiene sentido, ya que en dicha dirección la edificación mide 73.00 m; por otro lado, también en la dirección Y-Y se tuvo un resultado positivo de 1.68 valor superior al valor de 1.2 de la norma, dicho valor refleja que los muros de corte incorporados han controlado la vulnerabilidad de volteo inicial que presentaba en esta dirección.
- Se tuvo en la dirección X-X una deriva máxima de 0.010 cuyo valor es mayor al límite de 0.007 que estipula la norma E.030, por otro lado, en la dirección Y-Y se tiene una deriva de entre piso máxima de 0.006 la cual es inferior al límite de 0.007 de dicha norma.

## INCORPORACIÓN DE DISIPADORES DE ENERGÍA VISCOSOS

Al producirse un sismo severo o raro el sistema estructural va a presentar grandes desplazamientos laterales, lo que ocasiona que los elementos estructurales trabajen en el rango inelástico lo que puede originar deformaciones plásticas (por la disipación de la energía sísmica de todos los elementos estructurales), por lo que estas sufrirían daños importantes.

Mediante las teorías presentadas, el desempeño estructural de una edificación se puede mejorar incrementando el amortiguamiento interno mediante disipadores de energía, es por tal motivo que a la edificación en estudio se le incorporo disipadores de energía de fluido viscoso no lineal, evitando de esta manera posibles daños estructurales ante un sismo severo o raro, para lo cual se emplearon las siguientes normativas.

- Realizar el análisis estructural de la edificación (ASCE-10)
- Calcular las propiedades del disipador (FEMA 273 - 274)
- Realizar el análisis por desempeño (SEAOC – Visión 2000 – HAZUS)

En primer lugar, se realizará un análisis dinámico modal espectral usando  $R = 1$  (espectro de diseño), cuyos valores serán comparados con los análisis tiempo - historia lineal de los registros sísmicos elegidos, que previamente han sido tratados mediante un ajuste espectral, dichas comparaciones se realizan con el propósito de saber cuál es aquel registro sísmico que presenta menores variaciones respecto del espectro de diseño, ya que será con este registro sísmico con el que se calculara las propiedades del disipador de energía viscoso; finalmente se realizará un análisis tiempo - historia no lineal con el que se determinará el desempeño de la edificación con el mismo registro sísmico que se utilizó para el cálculo de las propiedades del disipador.

La norma E.030 vigente menciona que el valor de  $R = 1$  es para que la edificación presente un comportamiento en el rango inelástico, además se menciona que los desplazamientos relativos se multiplicaran por 1.

A continuación, se muestra el proceso de los objetivos establecidos, líneas arriba, buscando de esta manera mejorar el desempeño estructural de la edificación en estudio.

## Espectro de diseño

Para realizar un espectro de diseño con  $R=1$  en función de la edificación en estudio se deben considerar los siguientes parámetros.

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

Tabla N° 34: *Parámetros para realizar un espectro de diseño*

PARÁMETRO	DIRECCIÓN X-X	DIRECCIÓN Y-Y
Z	0.5	0.5
U	1.5	1.5
C (inicial)	2.5	2.5
S	1.0	1.0
R	1	1
g (m/s <sup>2</sup> )	9.806	9.806

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 35: *Aceleración espectral con  $R=1$  en ambas direcciones*

C	T(s)	S <sub>ax</sub> = ZUCSg/R <sub>x</sub>	S <sub>ax</sub> = ZUCSg/R <sub>y</sub>
2.50	0.00	16.55	16.55
2.50	0.10	16.55	16.55
2.50	0.20	16.55	16.55
2.50	0.30	16.55	16.55
2.50	0.40	16.55	16.55
2.00	0.50	13.24	13.24
1.67	0.60	11.04	11.04
1.43	0.70	9.46	9.46
1.25	0.80	8.28	8.28
1.11	0.90	7.36	7.36
1.00	1.00	6.62	6.62
0.91	1.10	6.02	6.02
0.83	1.20	5.52	5.52
0.77	1.30	5.09	5.09
0.71	1.40	4.73	4.73
0.67	1.50	4.41	4.41
0.63	1.60	4.14	4.14
0.59	1.70	3.90	3.90
0.56	1.80	3.68	3.68
0.53	1.90	3.49	3.49
0.50	2.00	3.31	3.31
0.40	2.50	2.65	2.65

Fuente: Elaboración propia

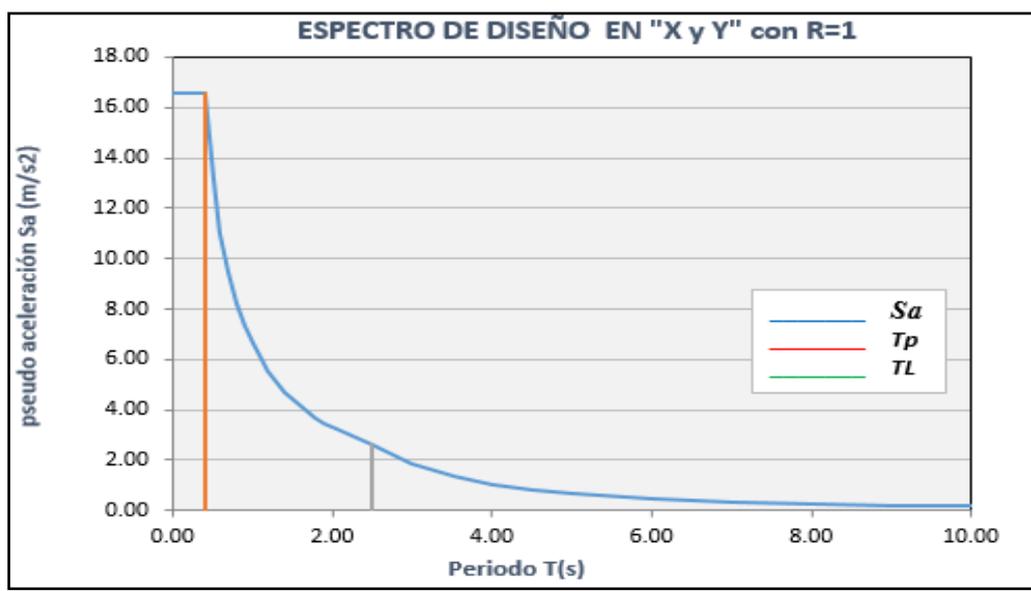


Figura 18: Espectro de diseño con R=1

Fuente: Elaboración propia

Mediante las tablas N° 36 y 37 se procede a mostrar las derivas de entre piso obtenidas del espectro de diseño, las cuales servirán para determinar el sismo de diseño.

Tabla N° 36: Derivas inelásticas del espectro de diseño en X-X

CONTROL DE DERIVAS EN X-X con R=1								
Nivel	Diafrag	Sismo	Desplaza (m)	D. Relativo (m)	h. entrepis (m)	Derivas Elástica	Derivas Inelást	Control E-030 $\leq 0.007$
14	D14	SDX R=1	0.3759	0.007	3.10	0.0022	0.0022	SÍ CUMPLE
13	D13	SDX R=1	0.3692	0.013	3.10	0.0041	0.0041	SÍ CUMPLE
12	D12	SDX R=1	0.3566	0.019	3.10	0.0058	0.0058	SÍ CUMPLE
11	D11	SDX R=1	0.3386	0.020	3.10	0.0061	0.0061	SÍ CUMPLE
10	D10	SDX R=1	0.3197	0.023	3.10	0.0072	0.0072	NO CUMPLE
9	D9	SDX R=1	0.2975	0.026	3.10	0.0081	0.0081	NO CUMPLE
8	D8	SDX R=1	0.2723	0.029	3.10	0.0091	0.0091	NO CUMPLE
7	D7	SDX R=1	0.2441	0.031	3.10	0.0099	0.0099	NO CUMPLE
6	D6	SDX R=1	0.2133	0.033	3.10	0.0106	0.0106	NO CUMPLE
5	D5	SDX R=1	0.1805	0.035	3.10	0.0113	0.0113	NO CUMPLE
4	D4	SDX R=1	0.1455	0.036	3.10	0.0114	0.0114	NO CUMPLE
3	D3	SDX R=1	0.1100	0.030	3.10	0.0097	0.0097	NO CUMPLE
2	D2	SDX R=1	0.0800	0.026	3.10	0.0085	0.0085	NO CUMPLE
1	D1	SDX R=1	0.0537	0.054	5.30	0.0101	0.0101	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 37: Derivas inelásticas del espectro de diseño en Y-Y

CONTROL DE DERIVAS EN Y-Y con R=1								
Nivel	Diafrag	Sismo	Desplaz (m)	D. Relativo (m)	h. entrepiso (m)	Derivas Elástica	Derivas Inelást	Control E-030 $\leq 0.007$
14	D14	SDY R=1	0.2769	0.022	3.10	0.0070	0.0070	SÍ CUMPLE
13	D13	SDY R=1	0.2552	0.023	3.10	0.0073	0.0073	NO CUMPLE
12	D12	SDY R=1	0.2327	0.023	3.10	0.0074	0.0074	NO CUMPLE
11	D11	SDY R=1	0.2097	0.023	3.10	0.0074	0.0074	NO CUMPLE
10	D10	SDY R=1	0.1866	0.023	3.10	0.0074	0.0074	NO CUMPLE
9	D9	SDY R=1	0.1636	0.023	3.10	0.0073	0.0073	NO CUMPLE
8	D8	SDY R=1	0.1408	0.022	3.10	0.0072	0.0072	NO CUMPLE
7	D7	SDY R=1	0.1186	0.021	3.10	0.0069	0.0069	SÍ CUMPLE
6	D6	SDY R=1	0.0973	0.020	3.10	0.0065	0.0065	SÍ CUMPLE
5	D5	SDY R=1	0.0770	0.019	3.10	0.0061	0.0061	SÍ CUMPLE
4	D4	SDY R=1	0.0581	0.017	3.10	0.0055	0.0055	SÍ CUMPLE
3	D3	SDY R=1	0.0410	0.015	3.10	0.0048	0.0048	SÍ CUMPLE
2	D2	SDY R=1	0.0261	0.012	3.10	0.0040	0.0040	SÍ CUMPLE
1	D1	SDY R=1	0.0137	0.014	5.30	0.0026	0.0026	SÍ CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

### Resultados del espectro de diseño R=1

Del análisis con el espectro de diseño de la edificación en estudio se obtiene que:

- Se tuvo derivas de entre piso máximas en X-X de 0.0114, y en Y-Y de 0.0074.

### Ajuste espectral

Los acelerogramas, que se muestran a continuación se presentaron en las teorías relacionadas al tema, y sus características son:

Tabla N° 38: Características de los registros sísmicos

CARACTERÍSTICAS DE LOS REGISTROS SÍSMICOS				
Lugar Estación	Fecha	Componentes	Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )	Duración (s)
Lima	17 de octubre de 1966	E-W	-180.6	65.64
		N-S	-269.3	
Lima	31 de mayo de 1970	E-W	-104.8	45.16
		N-S	-97.7	
Lima	3 de octubre de 1974	E-W	-192.5	97.96
		N-S	179	

Fuente: CISMID

Los fabricantes y especialistas recomiendan el uso de un software especializado para poder escalar dichos registros sísmicos al espectro de diseño con  $R = 1$ , en la presente investigación, los acelerogramas inicialmente son corregidos por línea base y ruido, mediante el software SEISMOSIGNAL el motivo de este proceso ha sido mencionado en las teorías relacionadas al tema y para el escalamiento de dichos acelerogramas al espectro de diseño mediante el software SEISMOMATCH 2018, dicho proceso se muestra a continuación.

### Correcciones de acelerogramas o registros sísmicos

El objetivo de las correcciones de línea base y ruido se han fundamentado en las teorías relacionadas al tema, a continuación, mediante la figura 23 se muestra al registro sísmico o acelerograma inicial del año 1974, por otro lado mediante la figura 24, se muestra al registro sísmico o acelerograma corregido por línea base y ruido, en el software SEISMOSIGNAL.

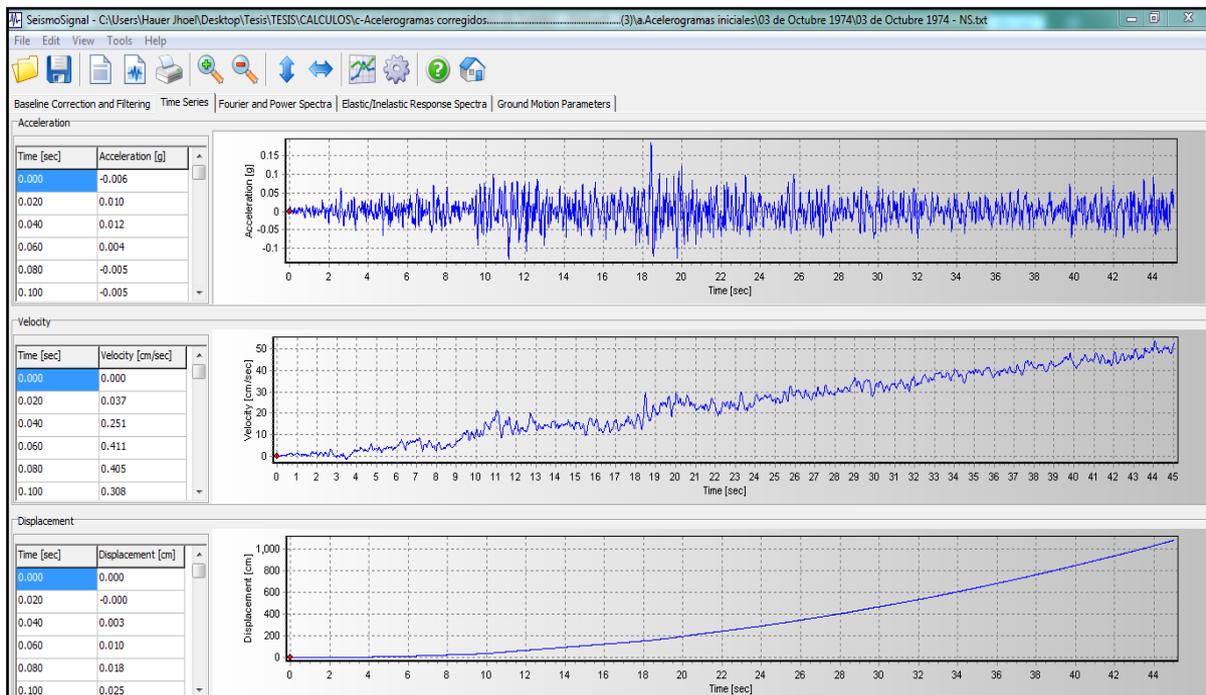


Figura 19: Acelerograma inicial del año 1974 en SEISMOSIGNAL

Fuente: Elaboración propia

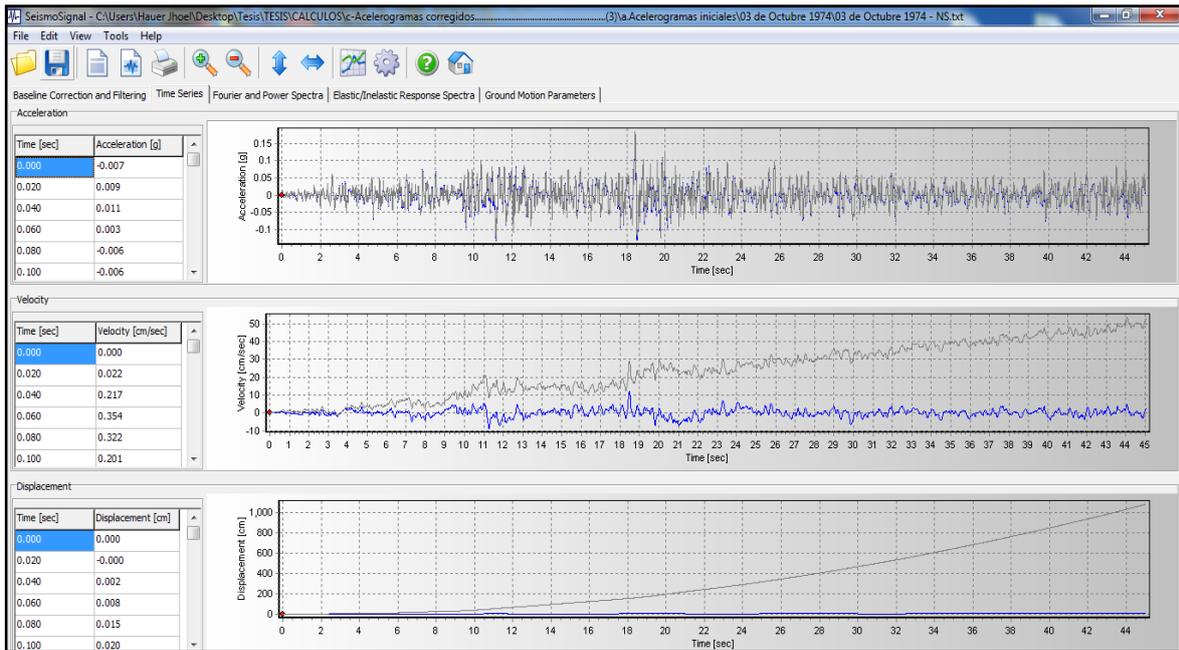


Figura 20: Acelerograma corregido del año 1974 en SEISMOSIGNAL

Fuente: Elaboración propia

## ESCALAMIENTO DE ACELEROGRAMAS

A continuación, se muestra el escalamiento de un acelerograma corregido al espectro de diseño con  $R=1$ , con el software SEISMOMATCH 2018; la línea de color rojo representa al **espectro de diseño con  $R=1$** , la línea azul es el **espectro del sismo del 3 de octubre de 1974 ya corregido**, y la línea verde representa **espectro ya escalado del sismo octubre de 1974**.

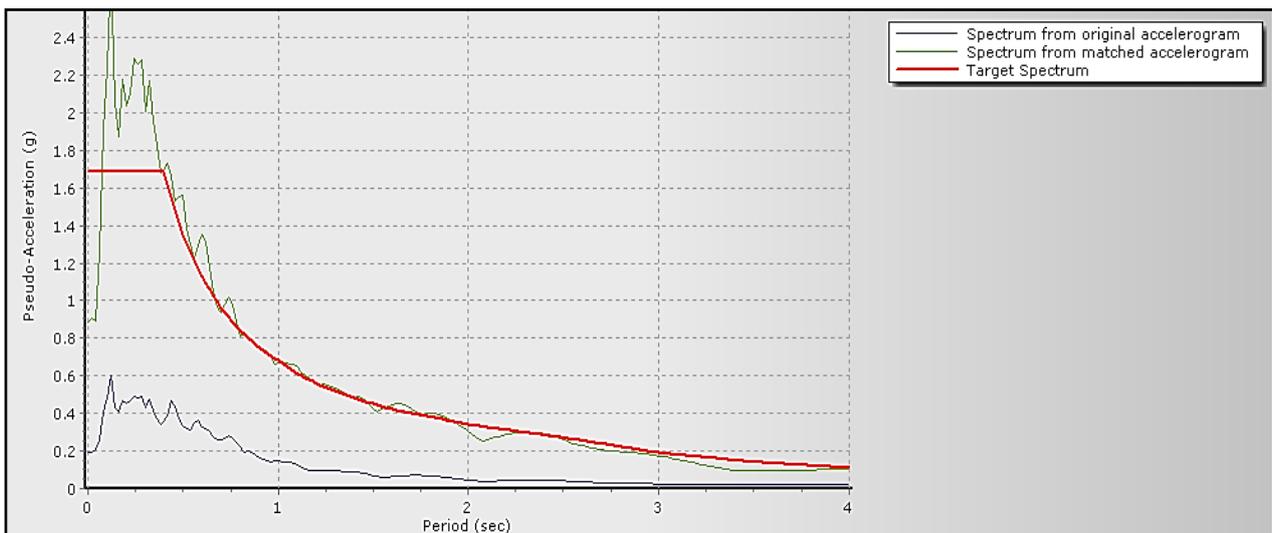
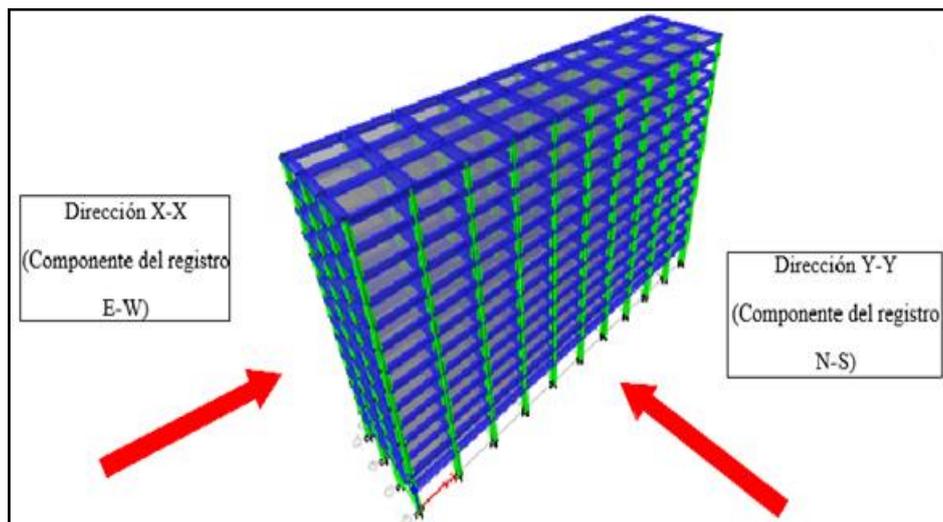


Figura 21: Escalamiento de espectro del sismo de 1974 al espectro de diseño

Fuente: Elaboración propia

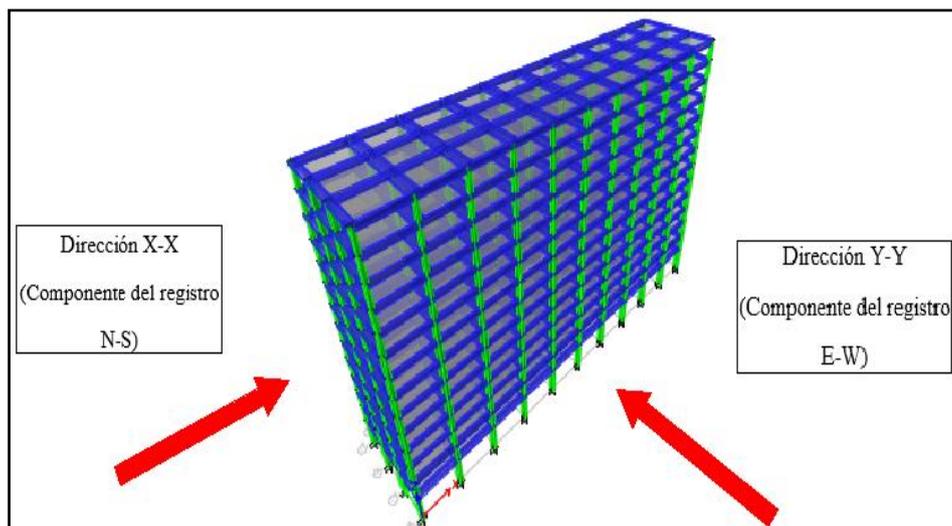
## ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL – TIEMPO HISTORIA PARA ELEGIR EL SISMO DE DISEÑO

Una vez que se ha escalado todos los acelerogramas al espectro de diseño se procede a ejecutar un análisis dinámico modal – tiempo historia lineal, siguiendo lo estipulado en la norma E.030 vigente que consiste en que cada conjunto de registro sísmico consistirá en dos casos de aceleración ortogonal, tal y como se muestra a continuación.



*Figura 22: Primer caso de análisis*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 23: Segundo caso de análisis*

Fuente: Elaboración propia

Mediante las figuras 28 y 29 se procede a mostrar los pasos en el software Etabs V.16 con aquellos pares de registros sísmicos ya escalados

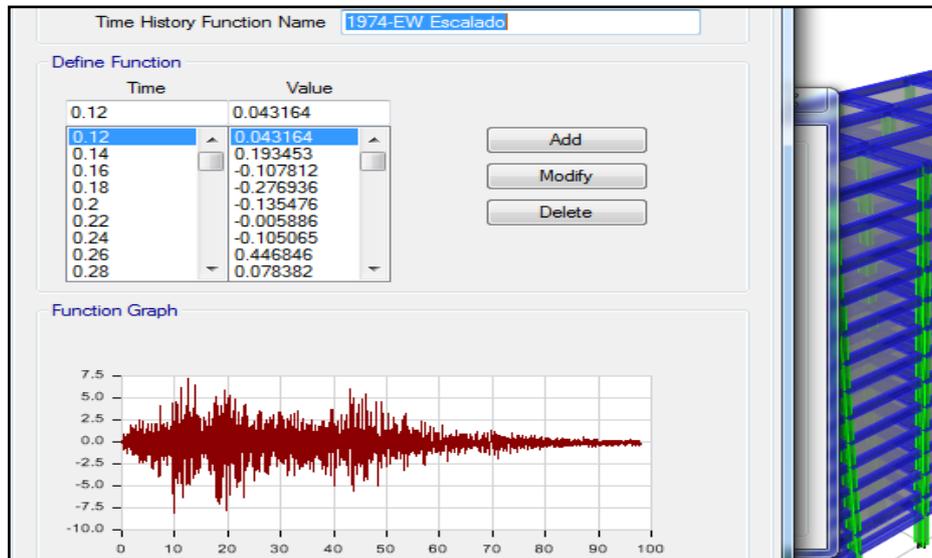


Figura 24: Análisis lineal – tiempo historia 1974 - EW

Fuente: Elaboración propia

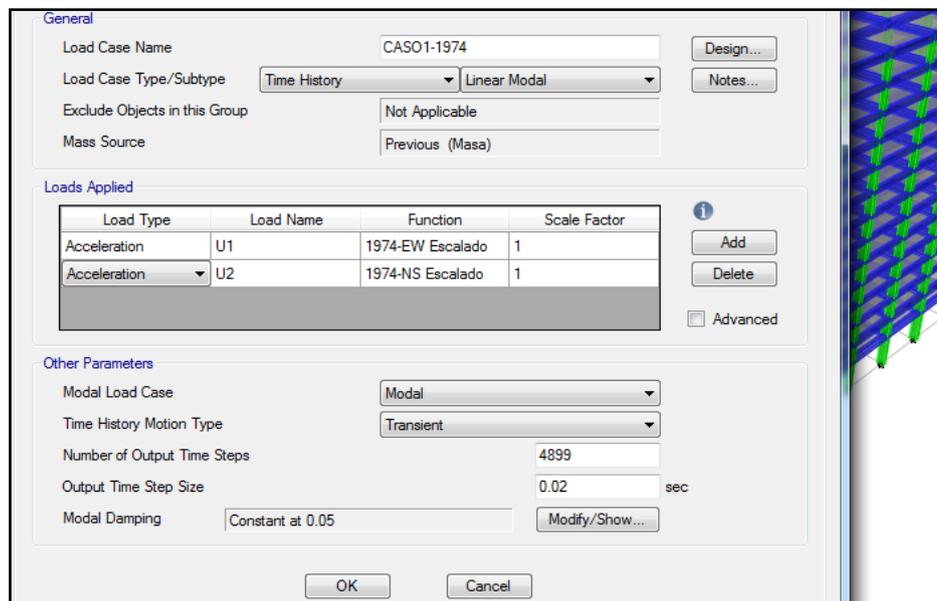


Figura 25: Caso de análisis lineal – tiempo historia

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede a presentar las derivas de entre piso de los registros sísmicos escalados.

Tabla N° 39: *Derivas inelásticas de los registros sísmicos en X-X*

<b>DERIVAS DEL ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN X-X</b>						
Nivel	1966		1970		1974	
	Caso1	Caso2	Caso1	Caso2	Caso1	Caso2
14	0.0052	0.0018	0.0025	0.0016	0.0049	0.0016
13	0.0068	0.0036	0.0048	0.0035	0.0082	0.0035
12	0.0042	0.0055	0.0071	0.0058	0.0101	0.0058
11	0.0045	0.0061	0.0070	0.0068	0.0093	0.0068
10	0.0054	0.0075	0.0078	0.0085	0.0109	0.0085
9	0.0063	0.0086	0.0076	0.0099	0.0122	0.0099
8	0.0073	0.0097	0.0084	0.0111	0.0127	0.0111
7	0.0081	0.0105	0.0096	0.0113	0.0119	0.0113
6	0.0051	0.0111	0.0107	0.0109	0.0110	0.0109
5	0.0078	0.0115	0.0117	0.0115	0.0120	0.0115
4	0.0096	0.0113	0.0118	0.0099	0.0124	0.0099
3	0.0090	0.0092	0.0099	0.0085	0.0111	0.0085
2	0.0079	0.0076	0.0084	0.0076	0.0098	0.0076
1	0.0096	0.0087	0.0099	0.0090	0.0117	0.0090

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 40: *Derivas inelásticas de los registros sísmicos en Y-Y*

<b>DERIVAS DEL ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN Y-Y</b>						
Nivel	1966		1970		1974	
	Caso1	Caso2	Caso1	Caso2	Caso1	Caso2
14	0.0072	0.0075	0.0065	0.0074	0.0059	0.0074
13	0.0073	0.0076	0.0068	0.0058	0.0059	0.0058
12	0.0075	0.0078	0.0069	0.0058	0.0060	0.0058
11	0.0076	0.0055	0.0069	0.0059	0.0060	0.0059
10	0.0069	0.0043	0.0070	0.0058	0.0061	0.0058
9	0.0065	0.0042	0.0069	0.0057	0.0061	0.0057
8	0.0059	0.0048	0.0068	0.0057	0.0059	0.0057
7	0.0056	0.0054	0.0065	0.0056	0.0057	0.0056
6	0.0053	0.0059	0.0062	0.0054	0.0055	0.0054
5	0.0052	0.0063	0.0055	0.0051	0.0051	0.0051
4	0.0050	0.0063	0.0049	0.0038	0.0046	0.0038
3	0.0045	0.0060	0.0042	0.0037	0.0039	0.0037
2	0.0038	0.0053	0.0035	0.0037	0.0032	0.0037
1	0.0027	0.0037	0.0023	0.0029	0.0021	0.0029

Fuente: Elaboración propia

## Determinación del sismo de diseño

Ya habiendo solicitado a la edificación con los tres registros sísmicos corregidos y escalados y obtenido las derivas inelásticas de entre piso de cada uno, se procede a determinar el registro sísmico que servirá para calcular las propiedades del disipador.

Se elegirá aquel registro que se acerque a 1.00 y descartando aquellos valores que se encuentren debajo del 0.80 y por encima de 1.50 tal y como se mencionó en las teorías relacionadas al tema.

A continuación, se muestra las variaciones de las derivas inelásticas de los registros sísmicos y las derivas inelásticas del espectro de diseño con el fin de tener un solo registro sísmico (derivadas de entre piso), que servirá para el cálculo de las propiedades del disipador.

Tabla N° 41: Variaciones de las derivas de entre piso obtenidas en X-X

VARIACIONES DE LAS DERIVAS INELÁSTICAS OBTENIDAS EN X-X						
Nivel	1966		1970		1974	
	CASO1	CASO2	CASO1	CASO2	CASO1	CASO2
14	2.40	0.83	1.14	0.73	2.25	0.73
13	1.67	0.89	1.18	0.85	2.02	0.85
12	0.72	0.95	1.22	1.00	1.75	1.00
11	0.73	1.00	1.15	1.11	1.53	1.11
10	0.75	1.04	1.09	1.19	1.52	1.19
9	0.78	1.06	0.94	1.22	1.50	1.22
8	0.81	1.07	0.93	1.22	1.40	1.22
7	0.82	1.06	0.97	1.14	1.19	1.14
6	0.48	1.04	1.01	1.03	1.04	1.03
5	0.69	1.02	1.03	1.02	1.06	1.02
4	0.84	0.98	1.03	0.86	1.09	0.86
3	0.93	0.95	1.02	0.88	1.14	0.88
2	0.93	0.90	0.99	0.90	1.16	0.90
1	0.95	0.86	0.97	0.89	1.16	0.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 42: Variaciones de las derivas de entre piso obtenidas en Y-Y

<b>VARIACIONES EN LAS DERIVAS INELÁSTICAS OBTENIDAS EN Y-Y</b>						
Nivel	1966		1970		1974	
	CASO1	CASO2	CASO1	CASO2	CASO1	CASO2
14	1.03	1.07	0.92	1.05	0.85	1.05
13	1.01	1.05	0.93	0.80	0.82	0.80
12	1.01	1.05	0.93	0.79	0.81	0.79
11	1.02	0.75	0.93	0.79	0.81	0.79
10	0.92	0.57	0.94	0.78	0.82	0.78
9	0.88	0.57	0.94	0.78	0.83	0.78
8	0.82	0.66	0.95	0.80	0.83	0.80
7	0.81	0.78	0.95	0.81	0.83	0.81
6	0.81	0.91	0.95	0.83	0.84	0.83
5	0.86	1.03	0.89	0.84	0.84	0.84
4	0.90	1.14	0.88	0.69	0.84	0.69
3	0.93	1.24	0.88	0.77	0.81	0.77
2	0.96	1.33	0.89	0.92	0.81	0.92
1	1.03	1.45	0.88	1.14	0.80	1.14

Fuente: Elaboración propia

Se descartan los sismos de 1966 y 1974 en sus dos casos o componentes y el caso 2 del sismo de 1970 debido a que su variación es superior a 1.5 % y menores al 0.8 %; por otro lado, el caso 1 del sismo 1970 se aproxima a 1 %, por lo que será el registro sísmico con el que se calcularán las propiedades del disipador de energía.

### **Resultados del tratamiento de registros sísmicos o ajuste espectral**

De los registros sísmicos utilizados en la presente investigación se tiene que:

- Las derivas de entre piso en ambas direcciones son parecidas a las derivas de entre piso de ambas direcciones del espectro de diseño con  $R=1$ , por lo que se entiende que el proceso de escalar dichos registros sísmico ha sido correcto.
- Se tiene como sismo o registro sísmico de diseño al producido en el 31 de mayo de 1970, en el caso 1 de análisis.
- La deriva de entre piso máxima con el sismo de diseño en la dirección X-X es de 0.0118, y en la dirección Y-Y es de 0.007.

## **ELECCIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESEMPEÑO**

La Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC), califica a la edificación en estudio como esencial según las teorías mencionadas líneas arriba, el cual coincide con nuestra norma E.030.

Así mismo por calificar como esencial el nivel de desempeño será operacional teniendo un estado de daño leve, para un sismo raro de 475 años (tabla N° 3).

### **Amortiguamiento objetivo**

Según la “Metodología de estimación de pérdidas multirriesgo HAZUS” en la dirección X-X, clasifica a la edificación en estudio con la abreviatura C1H el cuál es para “Edificio aporticado de concreto armado alto”, recomendando una deriva máxima de 0.0025 para tener un desempeño operacional por parte de una edificación esencial (tabla N° 5).

La dirección Y-Y está compuesta por pórticos de concreto armado y muros de corte, en ese sentido “HAZUS”, recomienda derivas máximas para los sistemas estructurales ya mencionados de forma independiente, para la presente investigación se optó por elegir la deriva máxima más conservadora el cual está referido a muros de concreto altos (C2H) cuyo valor es de 0.002 para un desempeño operacional de una edificación esencial (tabla N° 5).

Para el cálculo del amortiguamiento viscoso objetivo ( $\beta_H$ ) se presentó el procedimiento en las teorías relacionadas al tema.

A continuación, se presenta el cálculo del amortiguamiento viscoso objetivo ( $\beta_H$ ) de los disipadores de energía, para las derivas de entre piso máximas de nuestro sismo de diseño (Caso 1 - 1970), con el objetivo de lograr el desempeño operacional (daño leve) según HAZUS, así mismo se realizó el cálculo según la deriva máxima de 0.007 que estipula la norma E.030.

Tabla N° 43: *Amortiguamiento objetivo por los disipadores en X-X*

<b>AMORTIGUAMIENTO OBJETIVO EN X-X</b>				
Nivel de daño aceptado	Deriva Objetivo	Factor de reducción (B)	Amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ ) %	Amortiguamiento viscoso ( $\beta_H$ ) %
Leve	0.0025	4.72	119.29	114.29
Norma E.030	0.007	1.686	25.71	20.71

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 44: *Amortiguamiento objetivo por los disipadores en Y-Y*

<b>AMORTIGUAMIENTO OBJETIVO Y-Y</b>				
Nivel de daño aceptado	Deriva Objetivo	Factor de reducción (B)	Amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ ) %	Amortiguamiento viscoso ( $\beta_H$ ) %
Leve	0.002	3.5	88.62	83.62
Norma E.030	0.007	1.00	5.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

De las tablas mostradas, según “HAZUS” se tiene que para la dirección X-X los disipadores tendrían que añadir un amortiguamiento viscoso del 114.29 % y para la dirección Y-Y los disipadores tendrían que añadir un amortiguamiento viscoso del 83.62 %, estos valores en términos de diseño no es técnica ni económicamente factible, por lo que se eligió el amortiguamiento viscoso por añadir según la norma E.030 teniéndose en la dirección X-X un valor redondeado del 25.00 % y en la dirección Y-Y se vio pertinente añadirle un amortiguamiento viscoso del 20.00 % con el propósito de que los disipadores tomen energía sísmica y la disipen mediante energía de calor al ambiente, reduciendo la posibilidad de formación de rótulas plásticas.

Cabe mencionar que el descarte fue realizado debido a que el fabricante líder (Taylor) menciona que los disipadores de energía de fluido viscoso solamente son diseñados para añadir un amortiguamiento viscoso ( $\beta_H$ ) de un 20.00% a 40.00 %.

A continuación, se muestra el cálculo del porcentaje de amortiguamiento viscoso que deben aportar los disipadores ( $\beta_H$ ), para una deriva objetivo inferior a 1 de la norma E.030 en la dirección X-X.

Como paso inicial se calcula el factor de reducción de respuesta (B), el cual se obtiene de la siguiente manera.

$$B = \frac{D_{\max}}{D_{\text{objetivo}}} = \frac{0.0118}{0.0063} = 1.802$$

Donde:

$D_{\max} = 0.0118$ , del sismo de diseño (1970 – caso 1 de análisis).

$D_{\text{objetivo}} = 0.0063$  deriva objetivo inferior propuesta por la norma E.030.

Como segundo paso se tiene el cálculo del amortiguamiento efectivo ( $\beta_{\text{eff}}$ ), mediante la siguiente fórmula propuesta por Newmark:

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

Donde:

$B = 1.802$ , es el factor de reducción de respuesta.

$\beta_0 = 5 \%$ , es el amortiguamiento inherente.

$$1.802 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{\text{eff}})}$$

$$\beta_{\text{eff}} = 30.00 \%$$

Como paso final se calcula el valor del amortiguamiento viscoso ( $\beta_H$ ) en la dirección X-X, mediante la siguiente expresión.

$$\beta_H = \beta_{\text{eff}} - \beta_0$$

$$\beta_H = 30.00 \% - 5 \%$$

$$\beta_{Hx} = 25.00 \%$$

Por lo tanto, si el sistema de protección sísmica incrementa el amortiguamiento interno en 25.00%, la edificación tendría que tener una deriva de entre piso similar a 1 de 0.0063.

A continuación, se muestra el cálculo del porcentaje de amortiguamiento viscoso que deben aportar los disipadores ( $\beta_{Hy}$ ), para una deriva objetivo inferior a 1 de la norma E.030 en la dirección Y-Y.

Como paso inicial el cálculo del factor de reducción de respuesta (B), el cual se obtiene de la siguiente manera.

$$B = \frac{D_{\max}}{D_{\text{objetivo}}} = \frac{0.0070}{0.0042} = 1.667$$

Donde:

D max = 0.007, del sismo de diseño (1970 – caso 1 de análisis).

D objetivo = 0.0042 deriva objetivo inferior propuesta por la norma E.030.

Como segundo paso se tiene el cálculo del amortiguamiento efectivo ( $\beta_{\text{eff}}$ ), mediante la siguiente fórmula propuesta por Newmark:

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

Donde:

B = 1.667, es el factor de reducción de respuesta.

$\beta_0 = 5 \%$ , es el amortiguamiento inherente.

$$1.667 = \frac{2.31 - 0.41 \ln (5)}{2.31 - 0.41 \ln (\beta_{\text{eff}})}$$

$$\beta_{\text{eff}} = 25.02 \%$$

Como paso final se calcula el valor del amortiguamiento viscoso ( $\beta_H$ ) en la dirección X-X, mediante la siguiente expresión.

$$\beta_H = \beta_{\text{eff}} - \beta_0$$

$$\beta_H = 25.02 \% - 5 \%$$

$$\beta_{Hx} = 20.02 \%$$

Por lo tanto, si el sistema de protección sísmica incrementa el amortiguamiento interno en 20.02%, la edificación tendría tener una deriva de entre piso similar a1 de 0.0042.

## Resultados del cálculo del amortiguamiento objetivo

En el cálculo del amortiguamiento viscoso objetivo  $\beta_H$  se tiene que:

- Se descartan las derivas objetivo de HAZUS, debido a que los disipadores viscosos no pueden aportar amortiguamientos viscosos mayores al 40 %.
- Con el fin de tener derivas inferiores de 0.007, el porcentaje de amortiguamiento que deberán de añadir los disipadores en la dirección X-X será en un 25.00 % y para la dirección Y-Y será en un 20.02 %.

## CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES DEL DISIPADOR PARA INGRESAR AL SOFTWARE ETABS V.16

Inicialmente se plantea una disposición inicial en el modelo matemático, considerando 6 disipadores por nivel en la dirección X-X; y en la dirección Y-Y 3 disipadores por nivel.

A continuación, mediante la figura 30 se muestra dicha disposición inicial.

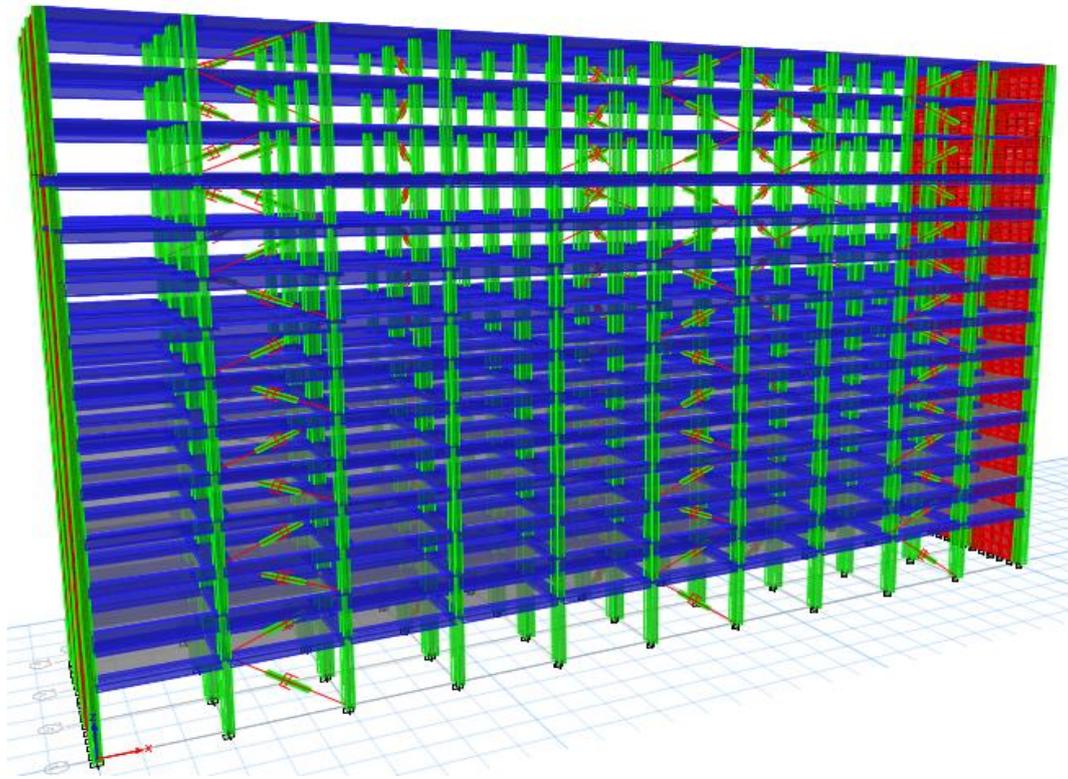


Figura 26: Ubicación de los disipadores viscosos (Vista 3D)

Fuente: Propia

## Cálculo de la rigidez del brazo metálico

Ya teniendo una disposición inicial, se procede a calcular la rigidez del brazo metálico tal y como se mencionó en las teorías relacionadas al tema.

Inicialmente se considera un perfil HSS 8.625 x 0.625 cuyas propiedades se muestran a continuación.

Tabla N° 45: *Propiedades del perfil HSS*

PROPIEDADES DEL PERFIL HSS 8.625 X 0.625					
Diám.ext (m)	Diam. int (m)	e (m)	Área (m <sup>2</sup> )	In (m <sup>4</sup> )	E (ton/m <sup>2</sup> )
0.219	0.204	0.01	0.009483	0.000050	20400000

Fuente: Adaptado de Villareal y Diaz, 2016.

Con los datos de la tabla N° 39, se procede a calcular la rigidez del brazo metálico.

$$K = \frac{EA}{L}$$

Dónde:

E acero = 20400000 ton/ m<sup>2</sup>, Área = 0.009483 m<sup>2</sup>

L es la longitud del brazo metálico, mediante las figuras 31, 32, 33 y 34 se muestran los valores para cada nivel y dirección, considerando para los disipadores su longitud mínima de 0.79 m.

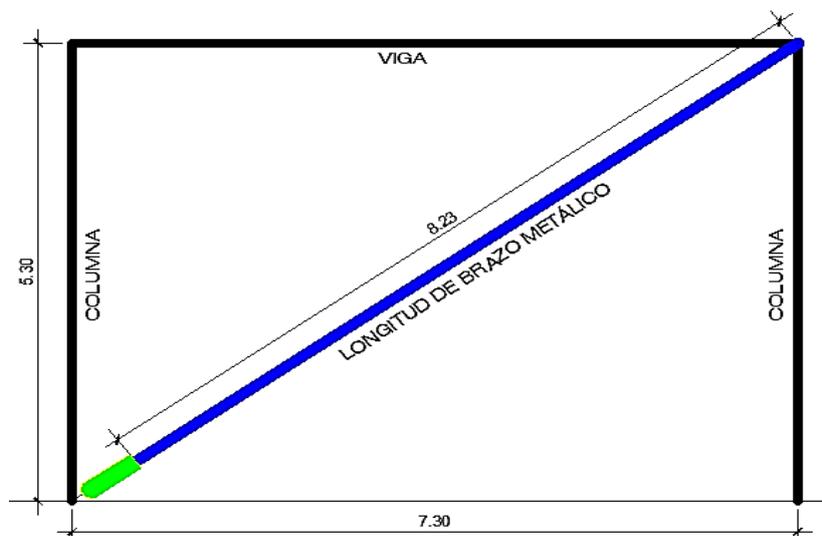


Figura 27: Longitud de brazo metálico en X-X (1er piso)

Fuente: Propia

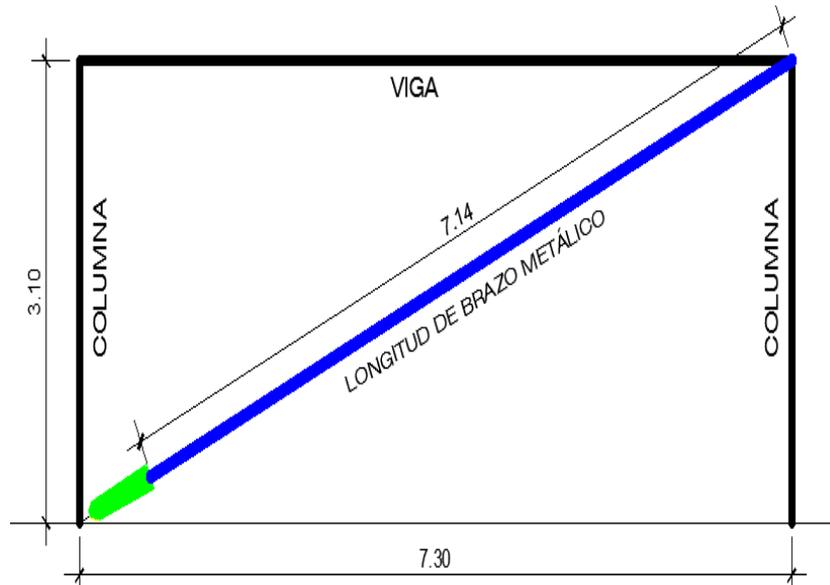


Figura 28: Longitud de brazo metálico en X-X (2do a 14vo Piso)

Fuente: Propia

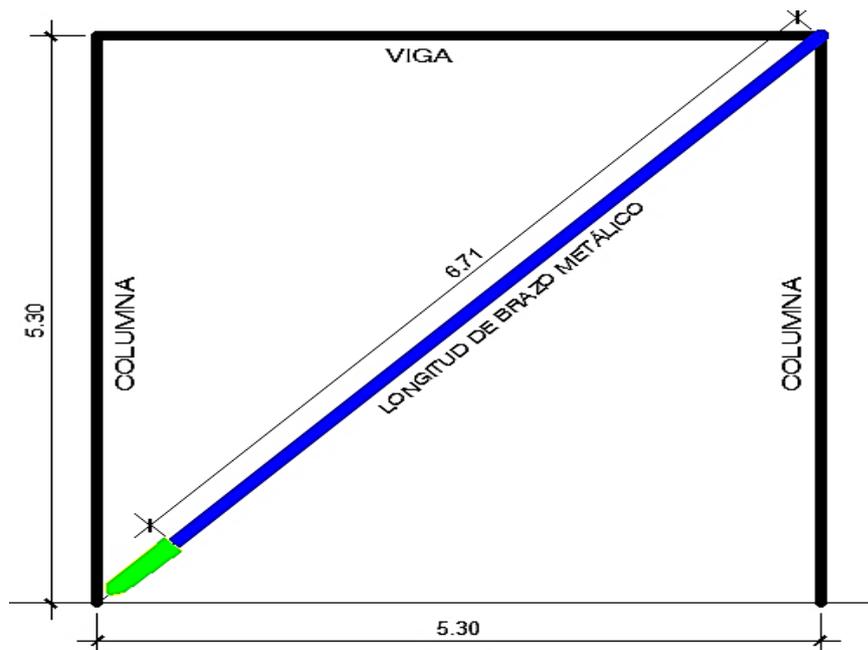


Figura 29: Longitud de brazo metálico en Y-Y (1er Piso)

Fuente: Propia

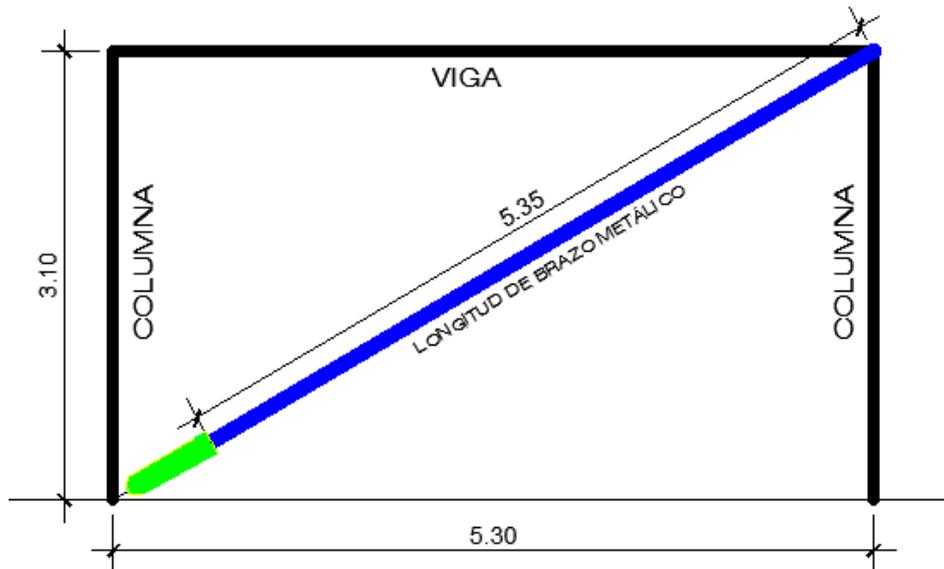


Figura 30: Longitud de brazo metálico en Y-Y (2do a 14vo Piso)

Fuente: Propia

Por lo tanto, para la dirección X-X se tiene:

Para, el 1er piso

$$K_{x1} = \frac{20400000 \times 0.009483}{8.23}$$

$$K_{x1} = 23504.9 \text{ ton/m}$$

Para, el 2do a 14vo piso

$$K_x (\text{típico}) = \frac{20400000 \times 0.009483}{7.14}$$

$$K_x (\text{típico}) = 27093.1 \text{ ton/m}$$

Por lo tanto, para la dirección Y-Y se tiene:

Para, el 1er piso

$$K_{y1} = \frac{20400000 \times 0.009483}{6.71}$$

$$K_{y1} = 28853.24 \text{ ton/m}$$

Para, el 2do a 14vo piso

$$K_y (\text{típico}) = \frac{20400000 \times 0.009483}{5.35}$$

$$K_y (\text{típico}) = 36162.51 \text{ ton/m}$$

Mediante la siguiente tabla se muestra el resumen del cálculo de la rigidez.

Tabla N° 46: Rigidez del brazo metálico para cada dirección y nivel

<b>RIGIDEZ DEL BRAZO METÁLICO (K)</b>			
<b>DIRECCIÓN X-X</b>		<b>DIRECCIÓN Y-Y</b>	
Kx 1er piso (ton/m)	23504.9	Ky 1er piso (ton/m)	28853.24
Kx típica piso (ton/m)	27093.1	Ky típica piso (ton/m)	36162.51

Fuente: Elaboración propia

### **CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO**

Inicialmente se definió el valor de  $\alpha = 6$  (exponente de velocidad) para ambas direcciones, cuyo valor es menor a 1 ya que el dispositivo es no lineal, una vez definido se procede a calcular el valor del coeficiente de amortiguamiento ( $C_j$ ).

$$\sum C_j = \frac{\beta_H * 2\pi A^{1-\alpha} * \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi r_j^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} * \theta_j)}$$

Las variables de la ecuación han sido descritas en líneas arriba en las teorías relacionadas al tema.

#### **a. Coeficiente de amortiguamiento ( $C_j$ ) no lineal en la dirección X-X**

A continuación, se muestra el cálculo de las variables de la ecuación.

- $\beta_H$ : Amortiguamiento viscoso objetivo

El valor de  $\beta_H$  ha sido calculado anteriormente mediante la fórmula de Newmark y es  $\beta_{Hx} = 25.00\%$ .

- $m_i$ : Masa del nivel i

Tabla N° 47: Pesos por piso

<b>MASA DEL NIVEL i</b>	
Nivel	Mi (tn*s2/m)
14	125.45
13	158.67
12	158.67
11	160.24
10	162.71
9	163.00
8	163.42
7	163.71
6	164.91
5	166.19
4	166.19
3	166.87
2	171.61
1	187.10

Fuente: Elaboración propia

➤  $\omega$ : Frecuencia angular

Previamente se debe de tener el periodo fundamental de vibración.

Tabla N° 48: Periodos predominantes de vibración

MODO	PERIODO (s)	MASA PARTICIPATIVA	
		Masa X-X %	Masa Y-Y %
1	<b>1.676</b>	<b>81.65</b>	0.00
2	0.97	0.00	70.48
3	0.638	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Entonces se tendrá que

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.676} = 0.60$$

Por lo que

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(0.60) = 3.75 \text{ (rad/s)}$$

➤ A: La amplitud es el desplazamiento modal del último nivel:  $A = 0.009 \text{ m}$

- $\lambda$ : Este parámetro está en función de  $\alpha$ , y se determina a partir de la siguiente tabla que brinda el FEMA (273-274).

Tabla N° 49: *Parámetro lambda*

<b>PARÁMETRO LAMBDA</b>	
$\alpha$	$\lambda$
0.25	3.7
0.5	3.5
0.75	3.3
1	3.1

Fuente: Adaptado de la FEMA

- $\phi_i$ : Desplazamiento del nivel  $i$ , del sismo de diseño ( Caso 1 - 1970).

Tabla N° 50: Desplazamiento del nivel  $i$

<b>DESPLAZAMIENTO DEL NIVEL <math>\phi_i</math> (m)</b>	
Nivel	$\phi_i$
14	0.385
13	0.377
12	0.363
11	0.341
10	0.319
9	0.295
8	0.271
7	0.245
6	0.215
5	0.182
4	0.146
3	0.109
2	0.078
1	0.052

Fuente: Elaboración propia

- $\phi_{rj}$ : Desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador  $j$  en la dirección horizontal.

Tabla N° 51: *Desplazamiento relativo en los extremos del disipador*

DESPLA. RELATIVO DE EXTREMOS DEL DISIPADOR $\phi_{rj}$	
Nivel	$\phi_{rj}$
14	0.0077
13	0.0149
12	0.0219
11	0.0217
10	0.0242
9	0.0237
8	0.0262
7	0.0297
6	0.0333
5	0.0362
4	0.0367
3	0.0306
2	0.0261
1	0.0523

Fuente: Elaboración propia

Al tener estos datos se procede a calcular el coeficiente de amortiguamiento  $C_j$ , para X-X.

Tabla N° 52: *Cálculos previos para el  $C_j$*

NIVEL	$\Phi_{rj}^{(1+\alpha)} * \cos\theta_j^{(1+\alpha)}$	$m * \Phi_i^2$
14	0.0003631	18.612
13	0.0010424	22.609
12	0.0019352	20.863
11	0.0019123	18.602
10	0.0022689	16.557
9	0.0021937	14.168
8	0.0025783	12.015
7	0.0031577	9.824
6	0.0037871	7.640
5	0.0043269	5.501
4	0.0044299	3.530
3	0.0032998	1.983
2	0.0025715	1.057
1	0.0063503	0.512
$\Sigma$	<b>0.0402170</b>	<b>153.4743</b>

Fuente: Elaboración propia

Al reemplazar las variables en la ecuación se tiene que:

$$\Sigma C_j = \frac{\beta_H * 2\pi A^{1-\alpha} * \omega^{2-\alpha} (\Sigma_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\Sigma \phi r_j^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} * \theta_j)}$$

$$\Sigma C_j = \frac{0.25 * 2\pi (0.009)^{1-6} * (3.75)^{2-6} (153.4743)}{3.42(0.0402170)}$$

$$\Sigma C_j = 1694 \text{ ton*s/m}$$

Utilizando 6 disipadores en la dirección X-X se tendrá que:

$$C_{jx} = 280 \text{ ton*s/m}$$

En resumen, las propiedades del disipador viscoso a ingresar en el software Etabs V.16 en la dirección X-X, con los que se realizará la primera iteración y con ello obtener las derivas de entre piso objetivo e inferiores a las de la norma E.030, se presentan mediante la siguiente tabla.

Tabla N° 53: *Propiedades de disipador en X-X para ingresar al software Etabs V.16*

DISIPADOR DE ENERGÍA VISCOZO EN X-X		
PROPIEDADES	NIVEL (1)	NIVEL (2 - 14)
C <sub>jx</sub> (ton*s/m)	300	300
K (ton/m)	23504.9	27093.1
α	0.6	0.6

Fuente: Elaboración propia

#### b. Coeficiente de amortiguamiento (C<sub>j</sub>) no lineal en la dirección Y-Y

A continuación, se muestra el cálculo de las variables de la ecuación.

- β<sub>H</sub>: Amortiguamiento viscoso objetivo

El valor de β<sub>H</sub> ha sido calculado anteriormente mediante la fórmula de Newmark y es β<sub>Hy</sub> = 20.02 %

- m<sub>i</sub>: Masa del nivel i

Tabla N° 54: Pesos por piso

MASA DEL NIVEL i	
Nivel	Mi (tn*s2/m)
14	125.45
13	158.67
12	158.67
11	160.24
10	162.71
9	163.00
8	163.42
7	163.71
6	164.91
5	166.19
4	166.19
3	166.87
2	171.61
1	187.10

Fuente: Elaboración propia

➤  $\omega$ : Frecuencia angular

Previamente se debe de tener el periodo fundamental de vibración.

Tabla N° 55: Periodos predominantes de vibración

MODO	PERIODO (s)	MASA PARTICIPATIVA	
		Masa X-X %	Masa Y-Y %
1	1.676	81.65	0.00
2	0.97	0.00	70.48
3	0.638	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Entonces se tendrá que

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.97} = 1.03$$

Por lo que

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(1.03) = 6.478 \text{ (rad/s)}$$

➤ A: La amplitud es el desplazamiento modal del último nivel: A = 0.012 m

- $\lambda$ : Este parámetro está en función de  $\alpha$ , y se determina a partir de la siguiente tabla que brinda el FEMA (273-274).

Tabla N° 56: *Parámetro lambda*

PARÁMETRO LAMBDA	
$\alpha$	$\lambda$
0.25	3.7
0.5	3.5
0.75	3.3
1	3.1

Fuente: Adaptado de la FEMA

- $\phi_i$ : Desplazamiento del nivel  $i$ , del sismo de diseño ( Caso 1 - 1970).

Tabla N° 57: Desplazamiento del nivel  $i$

DESPLAZAMIENTO DEL NIVEL $\phi_i$ (m)	
Nivel	$\phi_i$
14	0.256
13	0.236
12	0.215
11	0.193
10	0.172
9	0.150
8	0.129
7	0.108
6	0.087
5	0.068
4	0.051
3	0.036
2	0.023
1	0.012

Fuente: Elaboración propia

- $\phi_{rj}$ : Desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador  $j$  en la dirección horizontal.

Tabla N° 58: *Desplazamiento relativo en los extremos del disipador*

<b>DESPLA. RELATIVO DE EXTREMOS DEL DISIPADOR <math>\phi_{rj}</math></b>	
<b>Nivel</b>	$\phi_{rj}$
14	0.0200
13	0.0209
12	0.0215
11	0.0215
10	0.0216
9	0.0214
8	0.0210
7	0.0203
6	0.0191
5	0.0169
4	0.0151
3	0.0131
2	0.0110
1	0.0121

Fuente: Elaboración propia

Al tener estos datos se procede a calcular el coeficiente de amortiguamiento  $C_j$ , para Y-Y.

Tabla N° 59: *Cálculos previos para el  $C_j$*

<b>Nivel</b>	$\Phi_{rj}^{(1+\alpha)} * \cos\theta_j^{(1+\alpha)}$	$m * \Phi_i^2$
14	0.0015147	8.194
13	0.0016264	8.803
12	0.0016954	7.308
11	0.0017007	5.976
10	0.0017142	4.791
9	0.0016841	3.665
8	0.0016320	2.701
7	0.0015437	1.894
6	0.0014083	1.257
5	0.0011547	0.772
4	0.0009614	0.437
3	0.0007719	0.219
2	0.0005797	0.091
1	0.0004897	0.027
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>0.0184769</b>	<b>46.1355</b>

Fuente: Elaboración propia

Al reemplazar las variables en la ecuación se tiene que:

$$\Sigma C_j = \frac{\beta_H * 2\pi A^{1-\alpha} * \omega^{2-\alpha} (\Sigma_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\Sigma \phi r_j^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} * \theta_j)}$$

$$\Sigma C_j = \frac{0.20 * 2\pi (0.012)^{1-6} * (6.478)^{2-6} (46.1355)}{3.42 (0.0184769)}$$

$$\Sigma C_j = 2140 \text{ ton*s/m}$$

Utilizando 3 disipadores en la dirección Y-Y, y redondeando se tendrá que:

$$C_{jy} = 713 \text{ ton*s/m}$$

En resumen, las propiedades del disipador viscoso a ingresar en el software Etabs V.16 en la dirección Y-Y, con los que se realizará la primera iteración y con ello obtener las derivas de entre piso objetivo e inferiores a las de la norma E.030, se presentan mediante la siguiente tabla.

Tabla N° 60: *Propiedades de disipador en Y-Y para ingresar al software Etabs V.16*

<b>DISIPADOR DE ENERGÍA VISCOSO EN Y-Y</b>		
<b>PROPIEDADES</b>	<b>NIVEL (1)</b>	<b>NIVEL (2 - 14)</b>
C <sub>jy</sub> (ton*s/m)	750	750
K (ton/m)	28853.24	36162.51
α	0.6	0.6

Fuente: Elaboración propia

### **Resultados del cálculo de las propiedades del disipador para ingresar al software etabs**

De las propiedades que se ingresaran al software de apoyo ya mencionado se tiene que:

- El valor de la rigidez del brazo metálico en la dirección X-X es de 23504.9 (ton/m) para el primer piso y para los pisos superiores es de 27093.1 (ton/m).
- El valor de la rigidez del brazo metálico en la dirección Y-Y es de 28853.24 (ton/m) para el primer piso y para los pisos superiores es de 36162.51 (ton/m).
- Luego de un proceso iterativo en donde se buscó conseguir las derivas de entre piso objetivo y a la vez lograr que las fuerzas en las columnas por desplazamientos laterales estuvieran desacopladas con las fuerzas provenientes de los disipadores es que se tiene el valor del coeficiente de amortiguamiento final de C<sub>jx</sub> = 1885

(ton\*s/m) para un  $\alpha = 0.5$  en dirección X-X y en la dirección Y-Y el valor de  $C_j$  = 1050 (ton\*s/m) para un  $\alpha = 0.5$ .

## RESPUESTA DE LA EDIFICACIÓN EN ESTUDIO CON DISIPADORES

### a. Desplazamientos del centro de masa

De la tabla N° 61 se puede apreciar que en la dirección X-X el desplazamiento del centro de masa máximo de 39.00 cm (sin disipadores) se redujo hasta 19.00 cm (con disipadores); por otro lado, en la dirección Y-Y el desplazamiento de centro de masa máximo de 26.00 cm (sin disipadores) se redujo hasta 16.00 cm (con disipadores).

Tabla N° 61: *Desplazamientos máximos del centro de masa según el sismo de diseño*

<b>DESPLAZAMIENTOS DEL CENTRO DE MASA DEL SISMO DE DISEÑO (1970)</b>				
NIVEL	DIRECCIÓN X-X		DIRECCIÓN Y-Y	
	Sin Disipadores (cm)	Con Disipadores (cm)	Sin Disipadores (cm)	Con Disipadores (cm)
14	39.00	19.00	26.00	16.00
13	38.00	19.00	24.00	14.00
12	36.00	19.00	21.00	13.00
11	34.00	18.00	19.00	12.00
10	32.00	17.00	17.00	11.00
9	29.00	17.00	15.00	10.00
8	27.00	15.00	13.00	8.00
7	24.00	14.00	11.00	7.00
6	22.00	12.00	9.00	6.00
5	18.00	10.00	7.00	5.00
4	15.00	8.00	5.00	4.00
3	11.00	6.00	4.00	3.00
2	8.00	5.00	2.00	2.00
1	5.00	3.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran gráficamente la comparación de los desplazamientos de centro de masa la edificación en estudio con y sin disipadores.

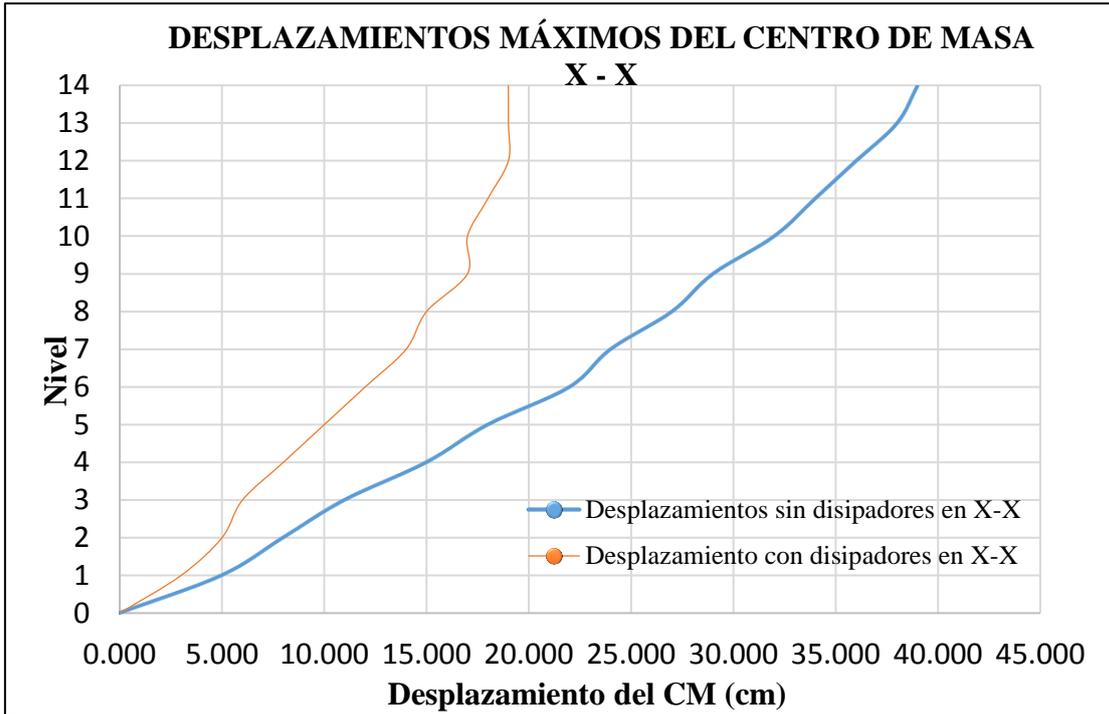


Figura 31. Desplazamientos de centro de masa con y sin disipadores en X-X

Fuente: Elaboración propia

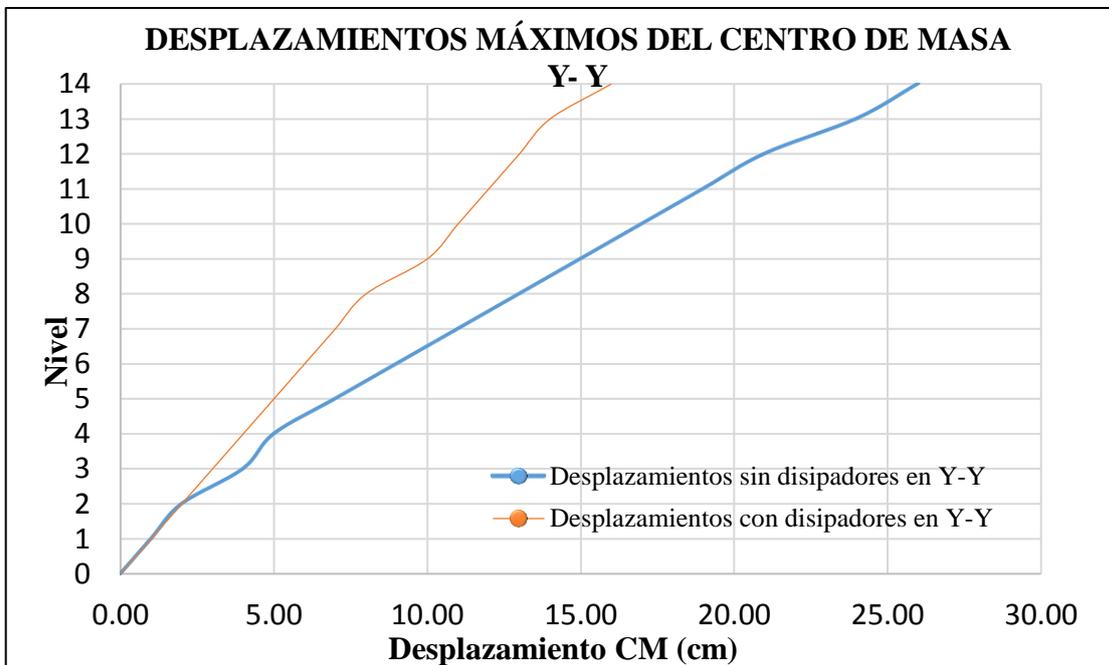


Figura 32. Desplazamientos del centro masa con y sin disipadores en Y-Y

Fuente: Elaboración propia

### b. Derivas de entre piso

De la tabla N° 62 se puede apreciar que en la dirección X-X la deriva de entre piso máxima de 0.012 (sin disipadores) se redujo hasta 0.0062 (con disipadores), valor que se encuentra por debajo de nuestra deriva objetivo de 0.0063; por otro lado, en la dirección Y-Y la deriva de entre piso máxima de 0.007 (sin disipadores) se redujo hasta 0.0042 (con disipadores), valor que coincide con nuestra deriva objetivo de 0.0042.

Tabla N° 62: Control de derivas de entre piso según el sismo de diseño

<b>CONTROL DE DERIVAS DE ENTRE PISO DEL SISMO DE DISEÑO (1970)</b>				
NIVEL	EJE X-X		EJE Y-Y	
	Sin Disipadores ( $\Delta i/h$ )	Con Disipadores ( $\Delta i/h$ )	Sin Disipadores ( $\Delta i/h$ )	Con Disipadores ( $\Delta i/h$ )
14	0.002	0.0007	0.0065	0.0040
13	0.005	0.0016	0.0068	0.0042
12	0.007	0.0018	0.0069	0.0040
11	0.007	0.0020	0.0069	0.0039
10	0.008	0.0026	0.0070	0.0038
9	0.008	0.0039	0.0069	0.0038
8	0.008	0.0050	0.0068	0.0039
7	0.010	0.0062	0.0065	0.0038
6	0.011	0.0058	0.0062	0.0036
5	0.012	0.0057	0.0055	0.0036
4	0.012	0.0060	0.0049	0.0034
3	0.010	0.0054	0.0042	0.0031
2	0.008	0.0051	0.0035	0.0026
1	0.010	0.0061	0.0023	0.0018

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran gráficamente la comparación de las derivas de entre piso inelásticas de la edificación en estudio con y sin disipadores.

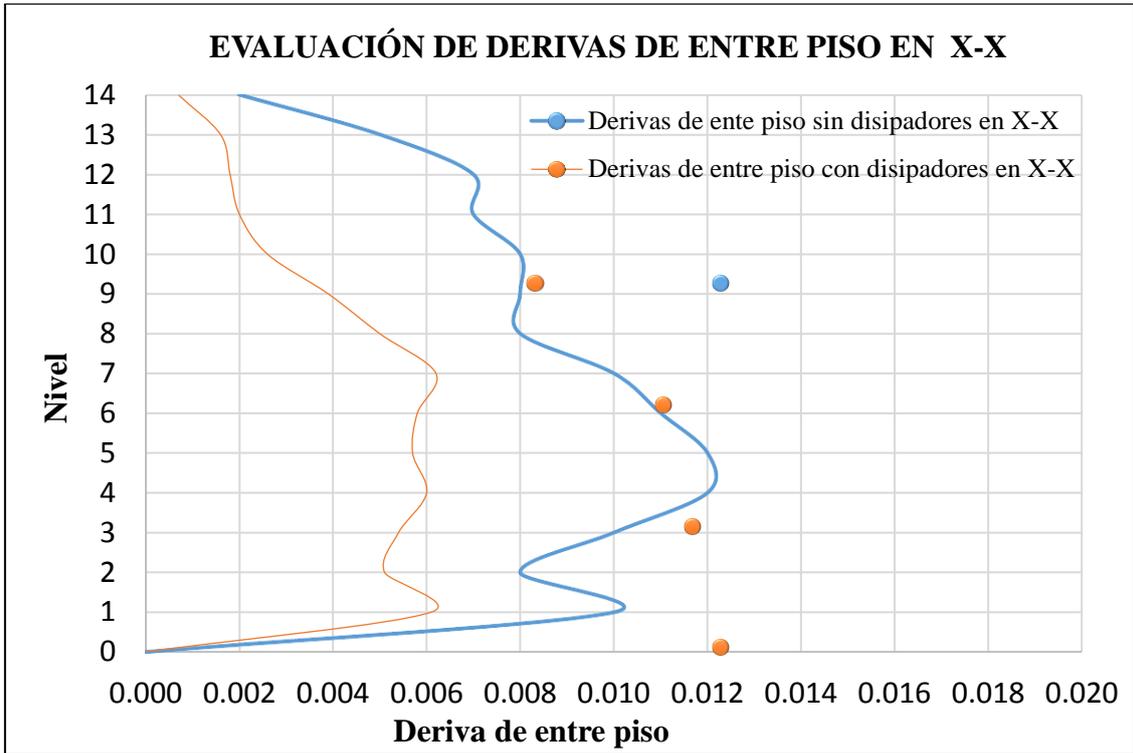


Figura 33. Comparación de derivas de entre piso con y sin disipadores en X-X

Fuente: Elaboración Propia

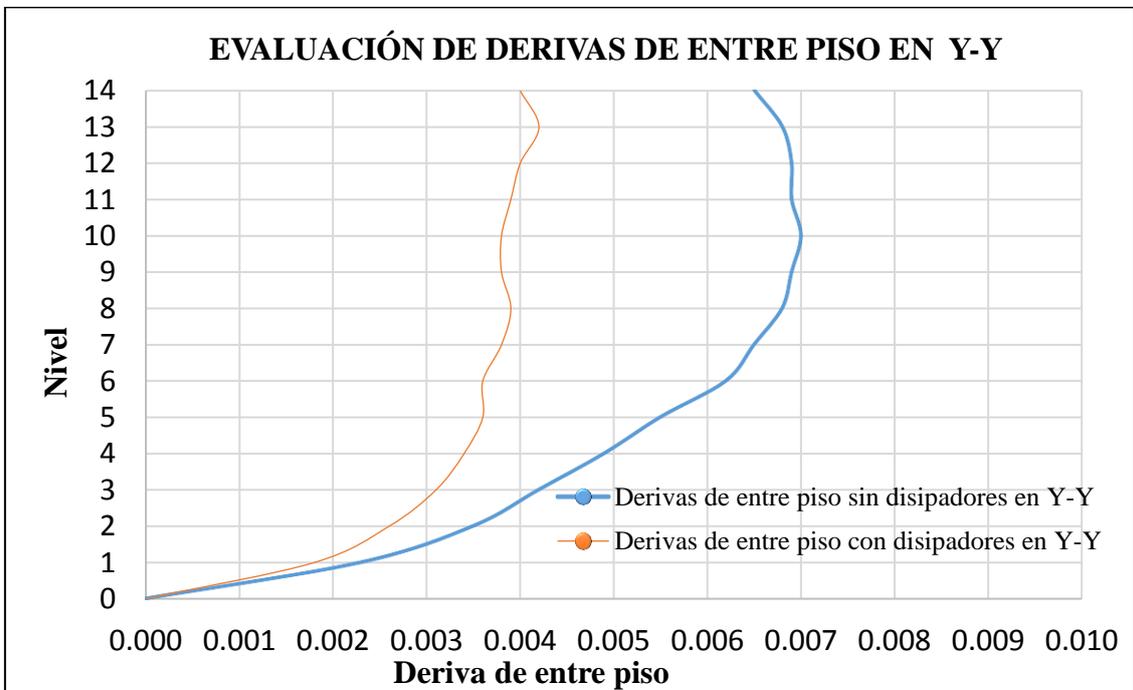


Figura 34. Comparación de derivas de entre piso con y sin disipadores en Y-Y

Fuente: Elaboración Propia

### c. Verificación del amortiguamiento objetivo

Con el fin de verificar el amortiguamiento viscoso añadido, sea el amortiguamiento objetivo, se somete a la edificación en estudio a una prueba de vibración libre mediante una función pulso y con la ecuación de decremento logarítmico se determina dicho amortiguamiento.

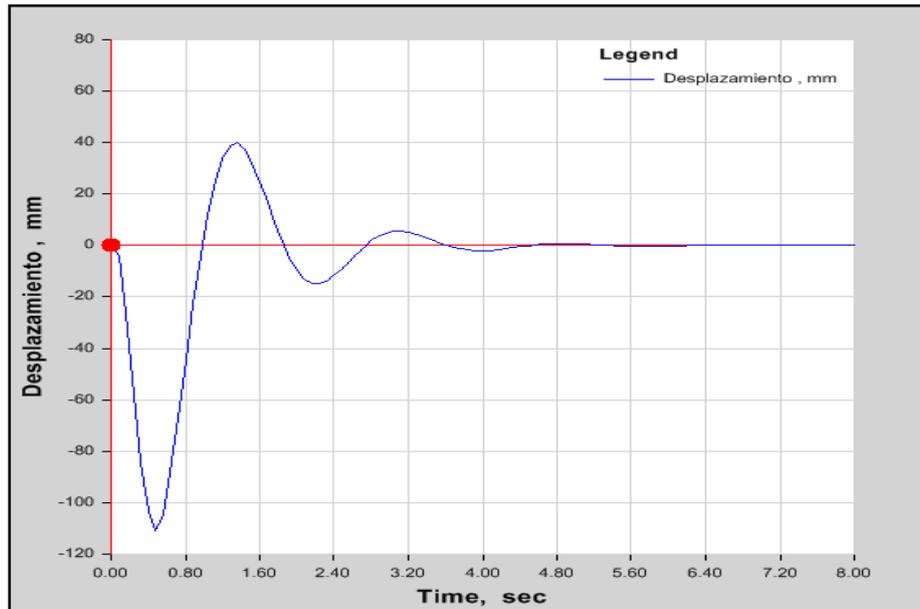


Figura 35. Diagrama tipo pulso en la edificación de estudio en X-X

Funete: Elaboración propia

$$\ln\left(\frac{170.72}{2.05}\right) \cong \frac{2 * 2 * \pi \beta_{eff}}{\sqrt{1 - \beta_{eff}^2}}$$

$$\beta_{eff} = 33.20 \%$$

Si consideramos un amortiguamiento inherente del 5 % ( $\beta_0$ ), se obtiene el amortiguamiento viscoso real de la estructura:

$$\beta_{vis \ x-x} = \beta_{eff} - \beta_0 = 27.2 \%$$

Se comprueba positivamente que el valor del amortiguamiento viscoso añadido a la estructura en la dirección X-X es mayor al amortiguamiento objetivo de 25.00 %.

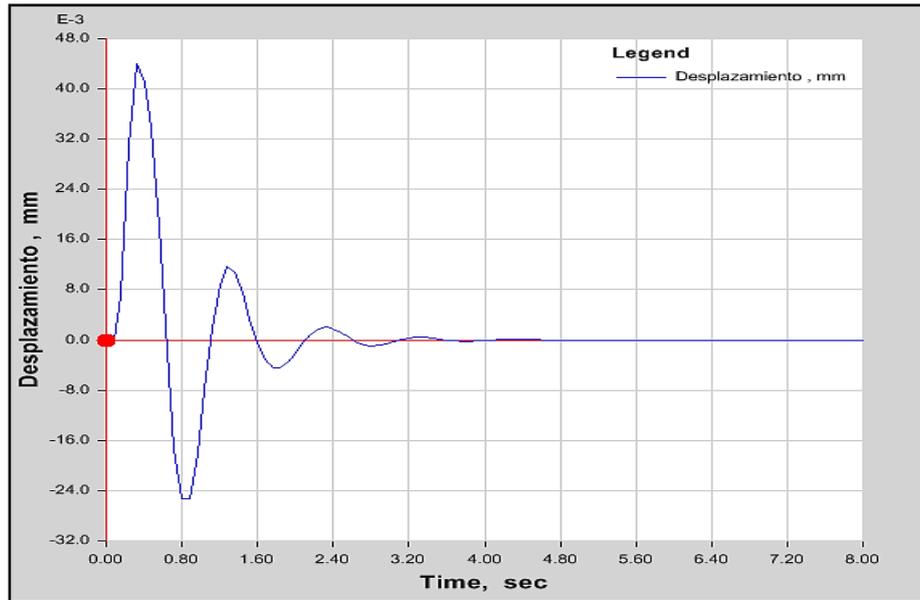


Figura 36. Diagrama tipo pulso en la edificación de estudio en Y-Y

Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left( \frac{0.043969}{0.00304} \right) \cong \frac{2 * 3 * \pi \beta_{\text{eff}}}{\sqrt{1 - \beta_{\text{eff}}^2}}$$

$$\beta_{\text{eff}} = 25.51 \%$$

Si consideramos un amortiguamiento inherente del 5 % ( $\beta_0$ ), se obtiene que:

$$\beta_{\text{vis y-y}} = \beta_{\text{eff}} - \beta_0 = 20.51 \%$$

Se comprueba positivamente que el valor del amortiguamiento viscoso añadido a la estructura en la dirección Y-Y es mayor al amortiguamiento objetivo de 20.02 %.

#### d. Balance energético

Mediante la gráfica del balance energético que nos facilita el software Etabs V.16, se puede apreciar que el área de color magenta es la energía de amortiguamiento de la estructura y la línea de color cian es la energía amortiguamiento o absorción de energía sísmica de los disipadores viscosos.

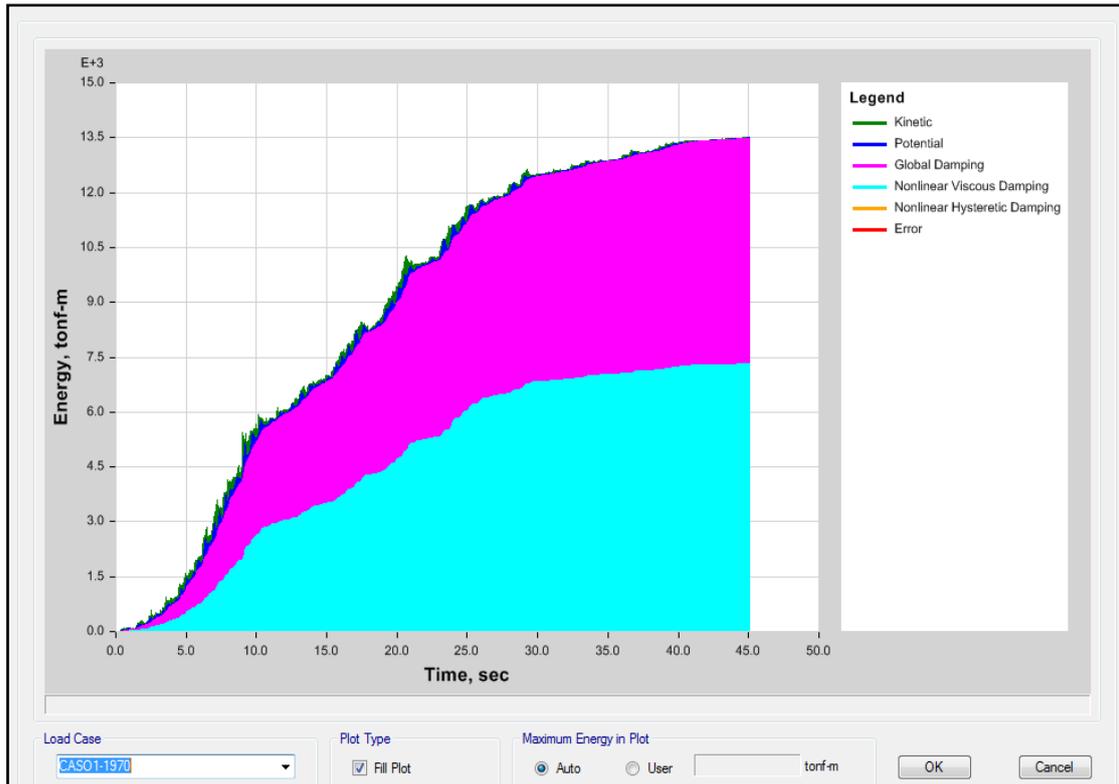


Figura 37. Balance energético con disipadores viscosos

Fuente: Elaboración propia

La energía absorbida por los disipadores es disipada mediante energía de calor al ambiente, a continuación, se muestra el porcentaje de disipación de los disipadores incorporados en la edificación en estudio.

- Energía de entrada: 13520.3592 ton-m
- Energía de amortiguamiento inherente: 6171.05 ton-m
- Energía de amortiguamiento de los disipadores: 7136.2579 ton-m

$$\% \text{ de disipación} = \frac{7136.2579 \text{ ton} - \text{m}}{13520.3592 \text{ ton} - \text{m}}$$

Entonces, el porcentaje de disipación de los disipadores viscosos es de 52.78 %

#### e. Curva histerética

Los disipadores de energía al ser solicitados van a generar una historia de fuerza vs desplazamiento (curva histéresis), que por lo general es de forma elíptica.

A continuación, se muestran las curvas histerética de los disipadores K9, K10 y K11, los cuales se encuentran ubicados en el eje H – H.

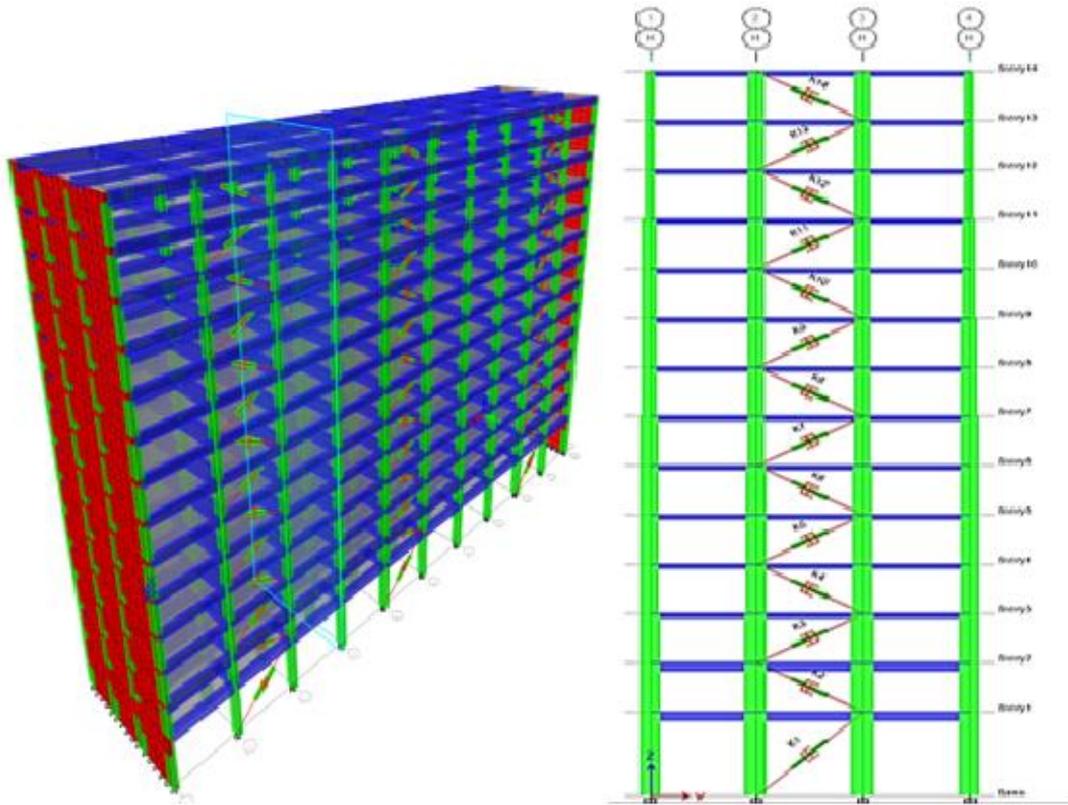


Figura 38. Vistas de los disipadores viscosos en el eje H-H

Fuente: Elaboración propia

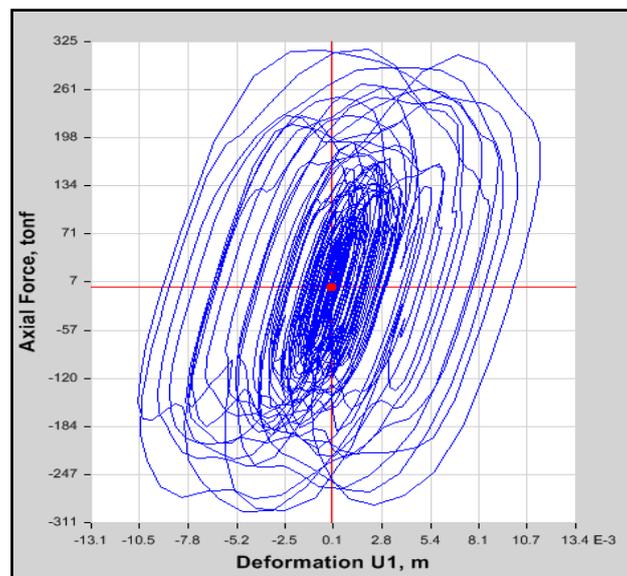


Figura 39. Curva histerética del disipador K9

Fuente.Elaboración propia

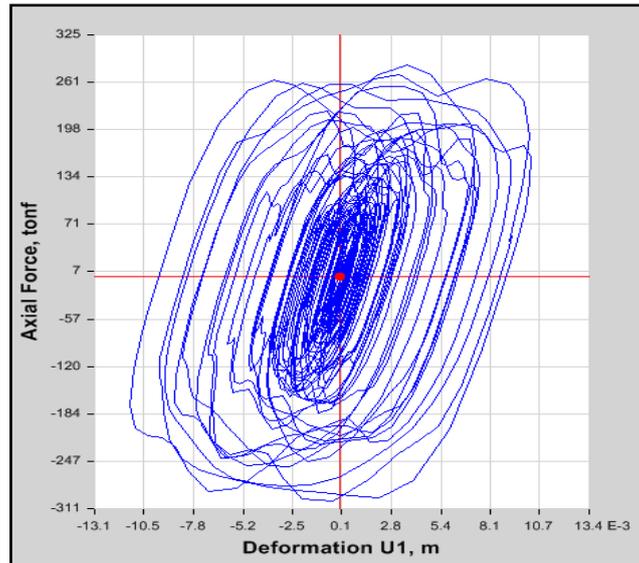


Figura 40. Curva histerética del disipador K10

Fuente. Elaboración propia

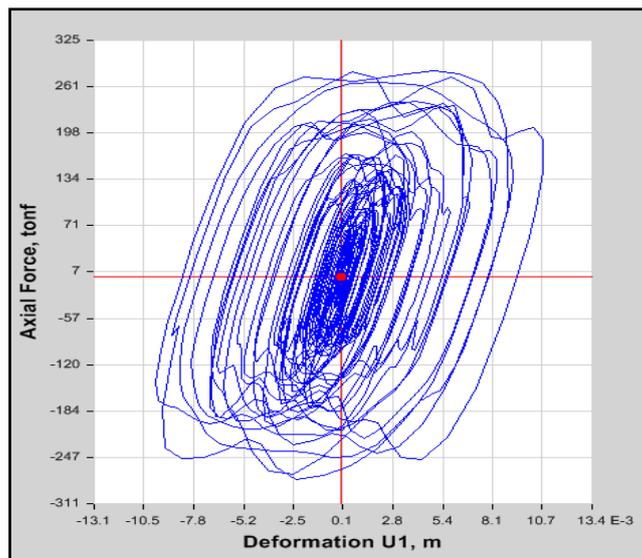


Figura 41. Curva histerética del disipador K11

Fuente. Elaboración propia

Las gráficas nos muestran que las curvas histerética tienden a una forma semielíptica, sin embargo, tiene la forma predefinida de los disipadores viscosos no lineales; con ello se comprueba positivamente que los disipadores han incrementado el amortiguamiento interno, provocando una reducción de desplazamientos laterales, además se comprueba que parte de la energía sísmica ha sido absorbida y disipada por estos disipadores viscosos.

**f. Propiedades del sistema de disipación acorde a valores comerciales**

- Fuerzas de diseño de los disipadores

Tabla N° 63: Fuerza de diseño de los disipadores en X-X

<b>FUERZAS DE LOS DISIPADORES CON VALORES COMERCIALES X-X</b>							
Nivel	Disipador	Fuerza (kip)	Fuerza Taylor (kip)	Nivel	Disipador	Fuerza (kip)	Fuerza Taylor (kip)
14	K85	406.998	440	7	K78	905.204	1450
14	K113	318.562	330	7	K92	936.754	1450
14	K99	344.673	440	7	K106	918.685	1450
14	K127	318.187	330	7	K120	946.307	1450
14	K141	408.883	440	7	K134	911.85	1450
14	K155	346.084	440	7	K148	924.779	1450
13	K84	543.017	675	6	K77	1267.022	1450
13	K98	533.129	675	6	K91	1205.002	1450
13	K112	530.347	675	6	K105	1236.735	1450
13	K126	533.719	675	6	K119	1222.322	1450
13	K140	541.954	675	6	K133	1283.543	1450
13	K154	529.744	675	6	K147	1249.075	1450
12	K83	866.316	900	5	K76	951.607	1450
12	K97	779.938	900	5	K90	951.231	1450
12	K111	822.577	900	5	K104	949.961	1450
12	K125	786.42	900	5	K118	951.702	1450
12	K139	872.127	900	5	K132	951.902	1450
12	K153	826.964	900	5	K146	950.244	1450
11	K82	682.252	900	4	K75	1264.013	1450
11	K96	669.62	675	4	K89	1224.947	1450
11	K110	664.337	675	4	K103	1245.245	1450
11	K124	670.47	675	4	K117	1243.446	1450
11	K138	675.012	900	4	K131	1282.396	1450
11	K152	664.751	675	4	K145	1258.762	1450
10	K81	905.213	1450	3	K74	936.976	1450
10	K95	832.62	900	3	K88	897.465	900
10	K109	865.403	900	3	K102	912.723	1450
10	K123	839.974	900	3	K116	875.412	900
10	K137	915.13	1450	3	K130	915.195	1450
10	K151	870.619	900	3	K144	896.546	900
9	K80	842.249	900	2	K73	957.221	1450
9	K94	878.287	900	2	K87	947.884	1450
9	K108	857.784	900	2	K101	952.024	1450
9	K122	885.308	900	2	K115	955.948	1450
9	K136	847.523	900	2	K129	965.957	1450
9	K150	862.464	900	2	K143	958.238	1450
8	K79	1034.097	1450	1	K72	1163.602	1450
8	K93	950.74	1450	1	K86	1150.095	1450
8	K107	993.682	1450	1	K100	1149.803	1450
8	K121	966.7	1450	1	K114	1099.35	1450
8	K135	1048.35	1450	1	K128	1110.417	1450
8	K149	1004.565	1450	1	K142	1110.634	1450

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 64: Fuerza de diseño de los disipadores en Y-Y

FUERZAS DE LOS DISIPADORES CON VALORES COMERCIALES Y-Y							
Nivel	Disipador	Fuerza (kip)	Fuerza Taylor (kip)	Nivel	Disipador	Fuerza (kip)	Fuerza Taylor (kip)
14	K14	739.531	900	7	K7	617.205	675
14	K42	731.001	900	7	K35	661.645	675
14	K71	730.53	900	7	K64	661.444	675
13	K13	778.945	900	6	K6	622.951	675
13	K41	779.405	900	6	K34	610.598	675
13	K70	779.248	900	6	K63	610.322	675
12	K12	791.284	900	5	K5	625.89	675
12	K40	803.65	900	5	K33	633.116	675
12	K69	803.088	900	5	K62	633.015	675
11	K11	789.865	900	4	K4	631.256	675
11	K39	773.013	900	4	K32	638.28	675
11	K68	772.901	900	4	K61	638.052	675
10	K10	749.899	900	3	K3	614.485	675
10	K38	759.877	900	3	K31	625.33	675
10	K67	759.451	900	3	K60	625.156	675
9	K9	710.107	900	2	K2	608.688	675
9	K37	717.233	900	2	K30	558.56	675
9	K66	717.257	900	2	K59	558.378	675
8	K8	694.331	900	1	K1	446.949	675
8	K36	651.347	675	1	K29	502.134	675
8	K65	650.941	675	1	K58	502.027	675

Fuente: Elaboración propia

- Constantes de amortiguamiento

Las constantes de amortiguamiento que se han utilizado para tener el desempeño estructural deseado de la edificación en estudio son los siguientes.

En la dirección X-X se tiene que:

$$C_{jx} = 1885 \text{ ton*s/m, para todos los niveles}$$

En la dirección Y-Y se tiene que:

$$C_{jy} = 1050 \text{ ton*s/m, para todos los niveles}$$

- Exponente de velocidad ( $\alpha$ )

El exponente de velocidad se definió en 0.5 ( $\alpha = 0.5$ )

- Máxima deformación axial o stroke

Tabla N° 65: Máxima deformación axial de los disipadores en X-X

<b>DEFORMACIONES AXIALES OBTENIDAS vs VALORES COMERCIALES X-X</b>							
Nivel	Disipador	Stroke (cm)	Stroke Taylor (cm)	Nivel	Disipador	Stroke (cm)	Stroke Taylor (cm)
14	K85	0.64	5.00	7	K78	1.40	5.00
14	K113	0.53	5.00	7	K92	1.47	5.00
14	K99	0.46	5.00	7	K106	1.44	5.00
14	K127	0.46	5.00	7	K120	1.49	5.00
14	K141	0.64	5.00	7	K134	1.42	5.00
14	K155	0.53	5.00	7	K148	1.45	5.00
13	K84	0.80	5.00	6	K77	2.08	5.00
13	K98	0.80	5.00	6	K91	1.94	5.00
13	K112	0.80	5.00	6	K105	2.01	5.00
13	K126	0.80	5.00	6	K119	1.97	5.00
13	K140	0.80	5.00	6	K133	2.11	5.00
13	K154	0.80	5.00	6	K147	2.03	5.00
12	K83	1.49	5.00	5	K76	1.54	5.00
12	K97	1.28	5.00	5	K90	1.53	5.00
12	K111	1.38	5.00	5	K104	1.53	5.00
12	K125	1.30	5.00	5	K118	1.53	5.00
12	K139	1.51	5.00	5	K132	1.54	5.00
12	K153	1.39	5.00	5	K146	1.53	5.00
11	K82	0.95	5.00	4	K75	2.05	5.00
11	K96	0.96	5.00	4	K89	1.96	5.00
11	K110	0.95	5.00	4	K103	2.01	5.00
11	K124	0.96	5.00	4	K117	2.00	5.00
11	K138	0.95	5.00	4	K131	2.08	5.00
11	K152	0.95	5.00	4	K145	2.03	5.00
10	K81	1.57	5.00	3	K74	1.42	5.00
10	K95	1.36	5.00	3	K88	1.41	5.00
10	K109	1.46	5.00	3	K102	1.41	5.00
10	K123	1.39	5.00	3	K116	1.41	5.00
10	K137	1.59	5.00	3	K130	1.41	5.00
10	K151	1.48	5.00	3	K144	1.41	5.00
9	K80	1.22	5.00	2	K73	1.44	5.00
9	K94	1.30	5.00	2	K87	1.45	5.00
9	K108	1.26	5.00	2	K101	1.44	5.00
9	K122	1.31	5.00	2	K115	1.44	5.00
9	K136	1.23	5.00	2	K129	1.44	5.00
9	K150	1.27	5.00	2	K143	1.44	5.00
8	K79	1.64	5.00	1	K72	2.22	5.00
8	K93	1.46	5.00	1	K86	2.21	5.00
8	K107	1.55	5.00	1	K100	2.21	5.00
8	K121	1.49	5.00	1	K114	2.21	5.00
8	K135	1.67	5.00	1	K128	2.21	5.00
8	K149	1.57	5.00	1	K142	2.21	5.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 66: *Máxima deformación axial de los disipadores en Y-Y*

<b>DEFORMACIONES AXIALES OBTENIDAS vs VALORES COMERCIALES Y-Y</b>							
Nivel	Disipador	Stroke (cm)	Stroke Taylor (cm)	Nivel	Disipador	Stroke (cm)	Stroke Taylor (cm)
14	K14	1.10	5.00	7	K7	1.22	5.00
14	K42	0.98	5.00	7	K35	1.29	5.00
14	K71	0.98	5.00	7	K64	1.29	5.00
13	K13	1.04	5.00	6	K6	1.22	5.00
13	K41	1.18	5.00	6	K34	1.14	5.00
13	K70	1.18	5.00	6	K63	1.14	5.00
12	K12	1.22	5.00	5	K5	0.94	5.00
12	K40	1.08	5.00	5	K33	1.05	5.00
12	K69	1.08	5.00	5	K62	1.05	5.00
11	K11	1.10	5.00	4	K4	0.97	5.00
11	K39	1.23	5.00	4	K32	0.88	5.00
11	K68	1.23	5.00	4	K61	0.88	5.00
10	K10	1.23	5.00	3	K3	0.80	5.00
10	K38	1.12	5.00	3	K31	0.86	5.00
10	K67	1.12	5.00	3	K60	0.86	5.00
9	K9	1.11	5.00	2	K2	0.73	5.00
9	K37	1.20	5.00	2	K30	0.69	5.00
9	K66	1.20	5.00	2	K59	0.69	5.00
8	K8	1.18	5.00	1	K1	0.66	5.00
8	K36	1.09	5.00	1	K29	0.67	5.00
8	K65	1.08	5.00	1	K58	0.67	5.00

Fuente: Elaboración propia

De las tablas mostradas se comprueba positivamente que las deformaciones máximas axiales que presentan todos los disipadores, al ser solicitados por un sismo raro, son inferiores con las deformaciones máximas con las que el fabricante los diseña.

- Máxima velocidad

Para el cálculo de la velocidad máxima es necesario usar la formula general de los disipadores viscosos ( $F=CV^\alpha$ ).

El procedimiento para el cálculo de la velocidad de un disipador (K127), cuya fuerza es de  $F = 328$  kip en la dirección X-X, es el siguiente.

$$F=CV^\alpha \rightarrow 148.78 \text{ ton} = 1885 \text{ ton} * \frac{s}{m} * V^{0.6}, \text{ a1 despejar se tiene que } V = 0.0145 \text{ m/s}$$

A continuación, se muestran las velocidades máximas de los disipadores.

Tabla N° 67: Velocidades máximas de los disipadores en X-X

<b>VELOCIDADES MÁXIMAS DE LOS DISIPADORES EN X-X</b>					
Nivel	Disipador	Velocidad (m/s)	Nivel	Disipador	Velocidad (m/s)
14	K85	0.0208	7	K78	0.0789
14	K113	0.0138	7	K92	0.0835
14	K99	0.0158	7	K106	0.0808
14	K127	0.0138	7	K120	0.0849
14	K141	0.0210	7	K134	0.0798
14	K155	0.0159	7	K148	0.0817
13	K84	0.0336	6	K77	0.1381
13	K98	0.0326	6	K91	0.1270
13	K112	0.0323	6	K105	0.1327
13	K126	0.0327	6	K119	0.1301
13	K140	0.0335	6	K133	0.1411
13	K154	0.0323	6	K147	0.1349
12	K83	0.0733	5	K76	0.0857
12	K97	0.0615	5	K90	0.0857
12	K111	0.0672	5	K104	0.0855
12	K125	0.0624	5	K118	0.0857
12	K139	0.0741	5	K132	0.0858
12	K153	0.0678	5	K146	0.0855
11	K82	0.0492	4	K75	0.1376
11	K96	0.0477	4	K89	0.1306
11	K110	0.0471	4	K103	0.1342
11	K124	0.0478	4	K117	0.1339
11	K138	0.0484	4	K131	0.1409
11	K152	0.0471	4	K145	0.1366
10	K81	0.0789	3	K74	0.0835
10	K95	0.0686	3	K88	0.0777
10	K109	0.0732	3	K102	0.0800
10	K123	0.0696	3	K116	0.0746
10	K137	0.0803	3	K130	0.0803
10	K151	0.0739	3	K144	0.0776
9	K80	0.0699	2	K73	0.0866
9	K94	0.0750	2	K87	0.0851
9	K108	0.0721	2	K101	0.0858
9	K122	0.0760	2	K115	0.0864
9	K136	0.0707	2	K129	0.0879
9	K150	0.0727	2	K143	0.0867
8	K79	0.0984	1	K72	0.1198
8	K93	0.0856	1	K86	0.1175
8	K107	0.0921	1	K100	0.1175
8	K121	0.0880	1	K114	0.1090
8	K135	0.1007	1	K128	0.1108
8	K149	0.0938	1	K142	0.1109

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 68: *Velocidades máximas de los disipadores en Y-Y*

<b>VELOCIDADES DE LOS DISIPADORES EN Y-Y</b>					
Nivel	Disipador	Velocidad (m/s)	Nivel	Disipador	Velocidad (m/s)
14	K14	0.056	7	K7	0.042
14	K42	0.055	7	K35	0.047
14	K71	0.055	7	K64	0.047
13	K13	0.061	6	K6	0.042
13	K41	0.061	6	K34	0.041
13	K70	0.061	6	K63	0.041
12	K12	0.063	5	K5	0.043
12	K40	0.065	5	K33	0.043
12	K69	0.065	5	K62	0.043
11	K11	0.063	4	K4	0.043
11	K39	0.061	4	K32	0.044
11	K68	0.061	4	K61	0.044
10	K10	0.058	3	K3	0.041
10	K38	0.059	3	K31	0.043
10	K67	0.059	3	K60	0.043
9	K9	0.053	2	K2	0.041
9	K37	0.054	2	K30	0.035
9	K66	0.054	2	K59	0.035
8	K8	0.051	1	K1	0.024
8	K36	0.046	1	K29	0.030
8	K65	0.046	1	K58	0.030

Fuente: Elaboración propia

## 2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para poder desarrollar el presente proyecto de investigación se usará programas como Microsoft Excel, y los softwar como: AutoCAD para detallar los planos brindados; para el análisis sísmico mediante la incorporación y no incorporación de disipadores de energía de fluido viscoso no lineal mediante Etabs V.16, y para el tratamiento de acelerogramas mediante SEISMOSIGNAL y SEISMOMATCH 2018.

## 2.7 ASPECTOS ÉTICOS

Para el presente proyecto de investigación se ha extraído información de libros, tesis, y otras fuentes de información, quienes se encuentran referencias de acuerdo a la norma ISO 690.

## **RESPETO**

Es un valor que toda persona debe tener en la vida diaria y en los ámbitos en los que se desenvuelve, por tal motivo en este proyecto de investigación se citará a los autores que han proporcionado su valiosa información.

## **HONESTIDAD**

Durante el proceso del presente proyecto de investigación se hará uso de la honestidad, ya sea para la recolección de información, procesamiento de datos, cálculos, visitas al lugar de estudio, así mismo se utilizarán metodologías confiables y estandarizadas para la argumentación del presente proyecto de investigación

### III. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados con el fin de conocer los objetivos específicos propuestos con el fin de determinar el desempeño estructural de la edificación en estudio, los cuales están relacionados con saber cuál es la máxima deriva de entre piso, conocer si se justifica la incorporación de los disipadores a través de los límites propuestos por la empresa líder, conocer el porcentaje de absorción sísmica por parte de los disipadores y saber si los valores obtenidos de los disipadores referidos a fuerza y deformación axial se encuentran dentro de los valores comerciales, así como también mostrar resultados de suma importancia como desplazamientos máximos del centro de masa, reducción de esfuerzos, reducción de velocidades y aceleraciones del centro de masa.

#### 3.1. DERIVAS DE ENTRE PISO

- **Derivas de entre piso en la dirección X-X**

A continuación, se muestran mediante un gráfico de barras las máximas derivas de entre piso en la dirección X-X, con y sin la incorporación de disipadores viscosos.

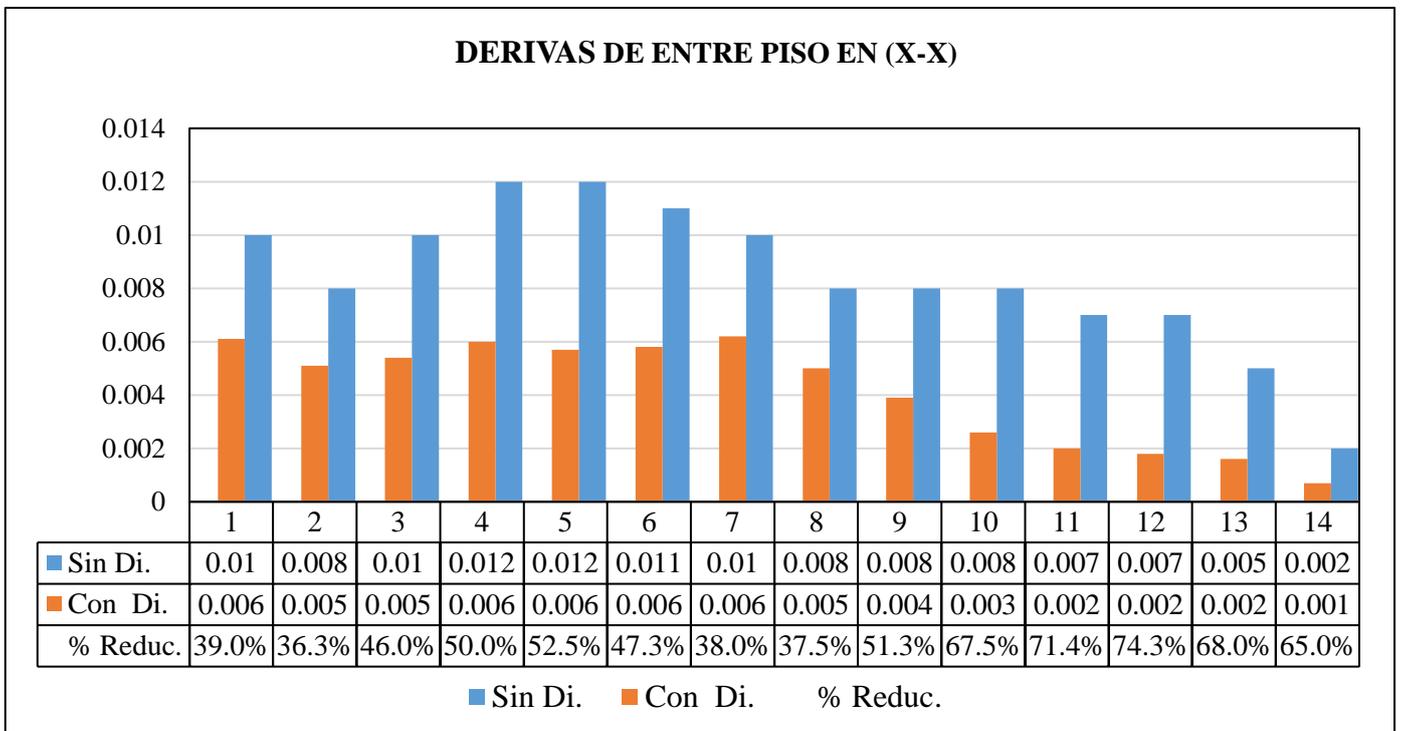


Figura 42: Derivas de entre piso máximas en la dirección X-X

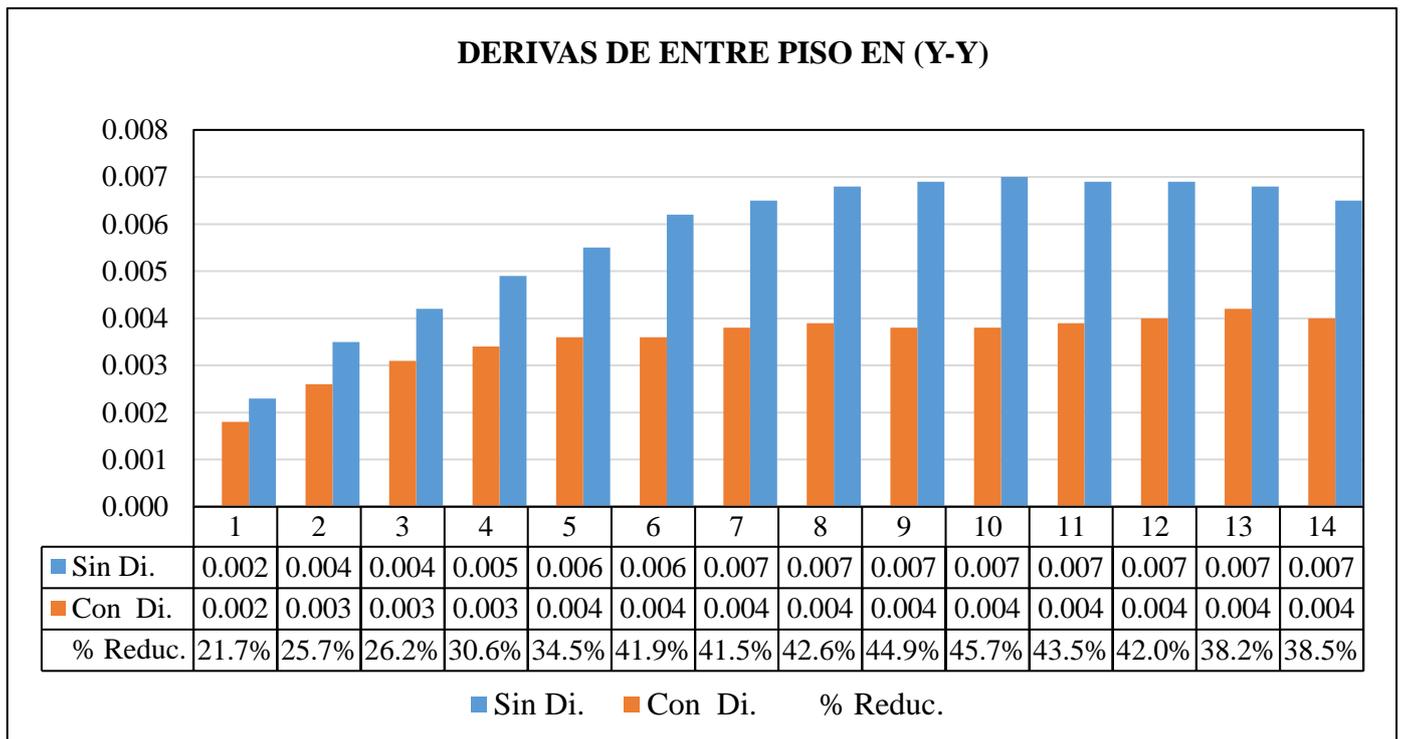
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** De acuerdo a la hipótesis planteada, en donde se propone que es posible hallar la máxima deriva de entre piso de la edificación del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, según la norma de diseño sismorresistente E.030 del 2018; conforme a la tabla N° 62 y la figura, se demuestra que luego de incorporar el sistema de disipación de energía de fluido viscoso en la dirección X-X, la máxima deriva de entre piso es 0.0062, y es inferior al límite de 0.007 propuesto por la norma E.030, este sentido, se comprueba la veracidad de la hipótesis propuesta.

Adicionalmente se comprueba que las derivas de entre piso en la dirección X-X, se han reducido en un rango del 36.3 % al 74.3 %.

- **Derivas de entre piso en la dirección Y-Y**

A continuación, se muestran mediante un gráfico de barras las máximas derivas de entre piso en la dirección Y-Y, con y sin la incorporación de disipadores viscosos.



*Figura 43:* Derivas de entre piso máximas en la dirección Y-Y

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** De acuerdo a la hipótesis planteada, en donde se propone que es posible hallar la máxima deriva de entre piso de la edificación del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, según la norma de diseño sismorresistente E.030 del 2018; conforme

a la tabla N° 62 y la figura, se demuestra que luego de incorporar el sistema de disipación de energía de fluido viscoso en la dirección Y-Y la máxima deriva de entre piso es 0.0042, y es inferior al límite de 0.007 propuesto por la norma E.030, este sentido, se comprueba la veracidad de la hipótesis propuesta.

Adicionalmente se comprueba que las derivas de entre piso en la dirección Y-Y, se han reducido en un rango del 21.7 % al 44.9 %.

### 3.2. VERIFICACIÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE OBJETIVO

A continuación, se muestran los resultados del incremento del amortiguamiento objetivo y el amortiguamiento real que tiene la edificación, luego de la incorporación de disipadores viscosos.

Tabla N° 69: Verificación del amortiguamiento objetivo

VERIFICACIÓN DEL AMORTIGUAMIENTO OBJETIVO						
Dirección	Formula de Newmark		Vibración Libre		Rango de Taylor	Estado
	$\beta_{eff}$ (%)	$\beta_H$ añadido (%)	$\beta_{eff}$ (%)	$\beta_H$ añadido (%)		
X-X	30.00	25.00	32.20	27.20	20% - 40%	SÍ CUMPLE
Y-Y	25.02	20.02	25.51	20.51	20% - 40%	SÍ CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

- Verificación del amortiguamiento objetivo en la dirección X-X

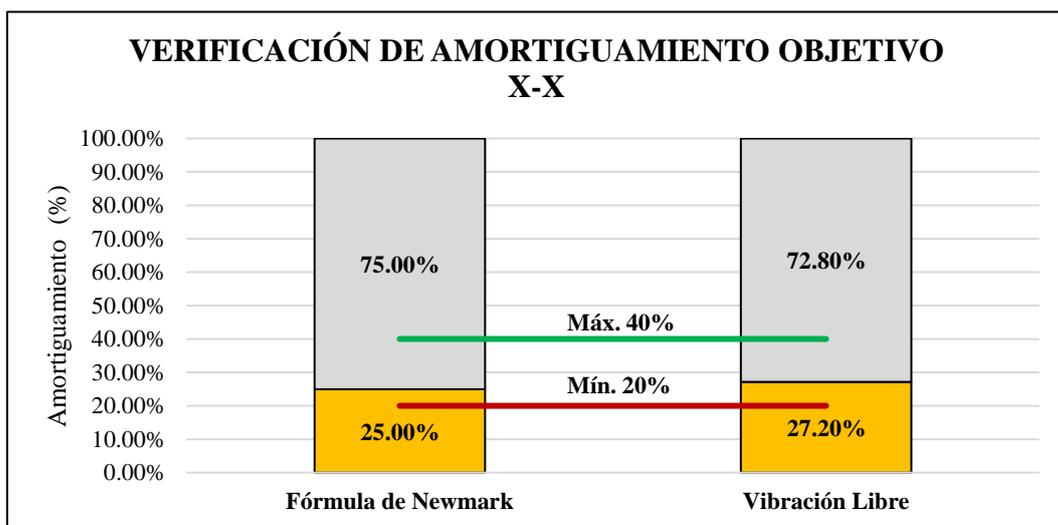


Figura 44: Verificación del amortiguamiento objetivo en X-X

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** De acuerdo a la hipótesis planteada, donde se propone que se puede justificar el uso del sistema de disipación de energía de fluido viscoso en el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, a través de los límites de amortiguamiento añadido propuestos por la empresa líder, conforme a la tabla y la figura, se demuestra que mediante una prueba de vibración libre y la ecuación de decremento logarítmico, el amortiguamiento que han añadido los disipadores a la estructura es de 27.20% en la dirección X-X dicho porcentaje se encuentra en el rango del amortiguamiento que puede añadir el sistema de disipación de energía de fluido viscoso, en este sentido, se comprueba la veracidad de la hipótesis propuesta.

- **Verificación del amortiguamiento objetivo en la dirección Y-Y**

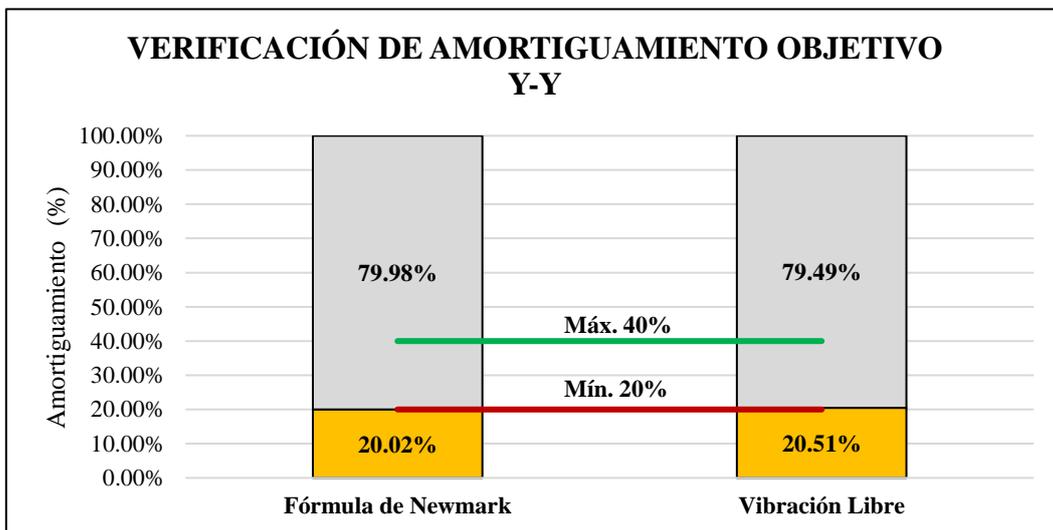


Figura 45: Verificación del amortiguamiento objetivo en Y-Y

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** De acuerdo a la hipótesis planteada, donde se propone que se puede justificar el uso del sistema de disipación de energía de fluido viscoso en el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, a través de los límites de amortiguamiento añadido propuestos por la empresa líder, conforme a la tabla y la figura, se demuestra que mediante una prueba de vibración libre y la ecuación de decremento logarítmico, el amortiguamiento que han añadido los disipadores a la estructura es de 20.51% en la dirección Y-Y, dicho porcentaje se encuentra en el rango del amortiguamiento que puede añadir el sistema de disipación de energía de fluido viscoso, en este sentido, se comprueba la veracidad de la hipótesis propuesta.

### 3.3. ENERGÍA SÍSMICA ABSORBIDA POR LOS DISIPADORES

Tabla N° 70: *Balance energético*

<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>			
Energía sísmica (ton-m)	Energía de amortiguamiento inherente (ton-m)	Energía de amortiguamiento de los disipadores (ton-m)	Energía cinética y potencial (ton-m)
13520.36	6171.05	7136.26	213.05
100.00%	45.64%	52.78%	1.58%

Fuente: Elaboración propia

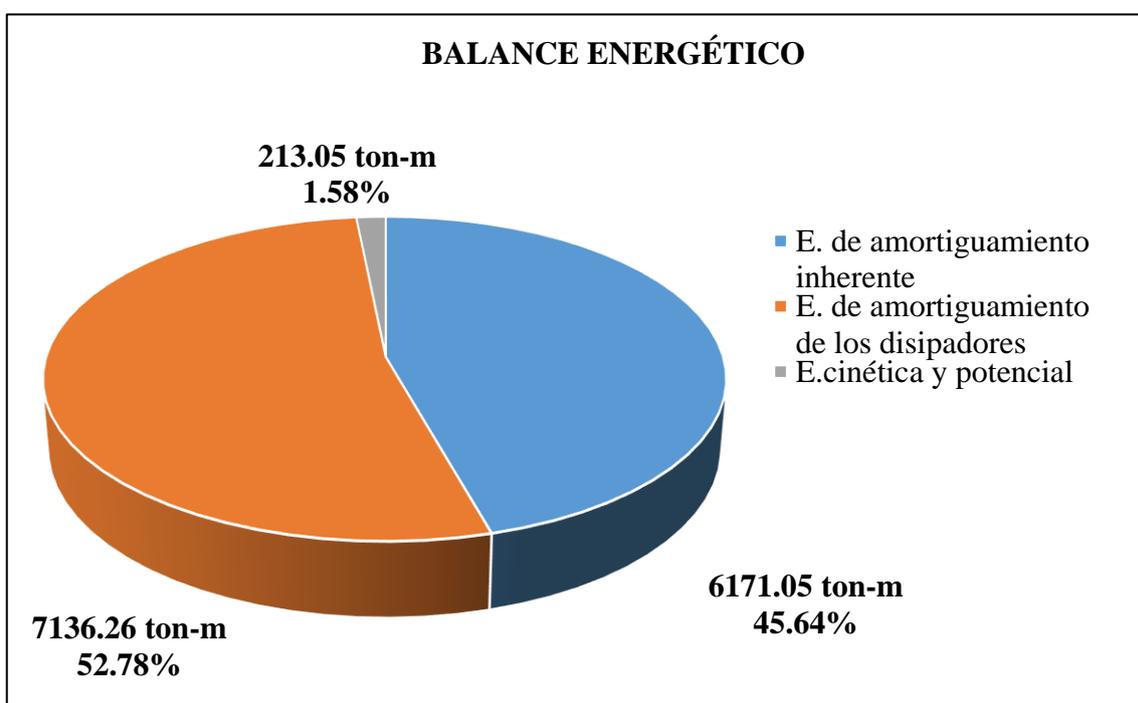


Figura 46. Balance de energía

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** De acuerdo a la hipótesis planteada, donde se propone que se puede cuantificar la energía sísmica absorbida por el sistema de disipación de energía del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, conforme a la tabla y figura, se demuestra que se logró cuantificar la energía sísmica absorbida por el sistema de disipación de energía de fluido viscoso cuyo valor es de 52.78%, en este sentido, se comprueba la veracidad de la hipótesis propuesta.

### 3.4. CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DE LOS DISIPADORES

- **Fuerzas de diseño**

Tabla N° 71: *Fuerzas de diseño comerciales*

FUERZA DE DISEÑO DE LOS DISIPADORES			
Fuerza Taylor (Kip)	Fuerza mínima (Kip)	Fuerza máxima (Kip)	Cantidad
<220 - 330]	318.19	318.56	2
<440 - 675]	344.67	670.47	37
<900 - 1450]	682.25	1283.54	87
<b>TOTAL</b>			<b>126</b>

Fuente: Elaboración propia

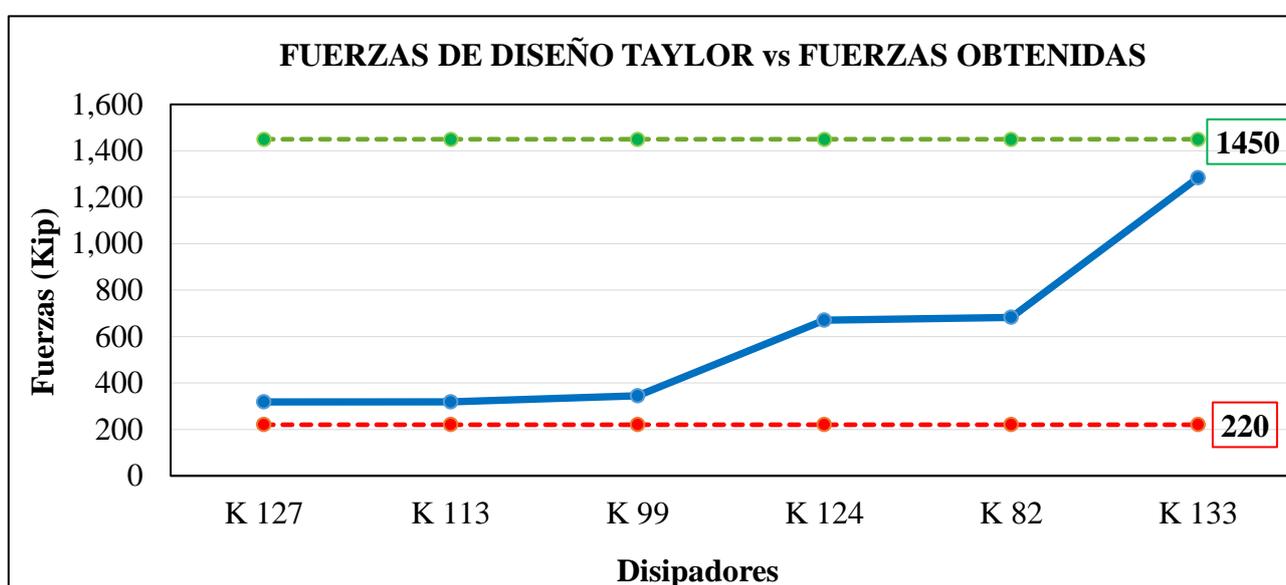


Figura 47. Fuerzas de diseño Taylor vs Fuerzas obtenidas

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** De acuerdo a la hipótesis planteada, donde se propone que es posible determinar las propiedades del disipador de energía de fluido viscoso que aporten un desempeño deseado para el bloque del hospital Edgardo Rebagliati Martins, acorde a valores comerciales, mediante la tabla y la figura, se demuestra que la fuerza de diseño máximo de todos disipadores es de 1283.54 kip, valor que se encuentra por debajo del límite de fuerza máxima de 1450 Kip que estipula el fabricante líder, lo que demuestra que el diseño cumple con propiedades reales y viables, en este sentido, se comprueba la veracidad de la hipótesis propuesta.

- **Deformación axial máxima o Stroke máxima**

Tabla N° 72: *Máxima deformación axial de los disipadores*

<b>MÁXIMA DEFORMACIÓN AXIAL (Stroke)</b>			
Deformación Taylor (cm)	Deformación mínima (cm) (K99)	Deformación máxima (cm) (K72)	Control
<0.00 - 5.00]	0.46	2.22	<b>SI CUMPLE</b>

Fuente: Elaboración propia

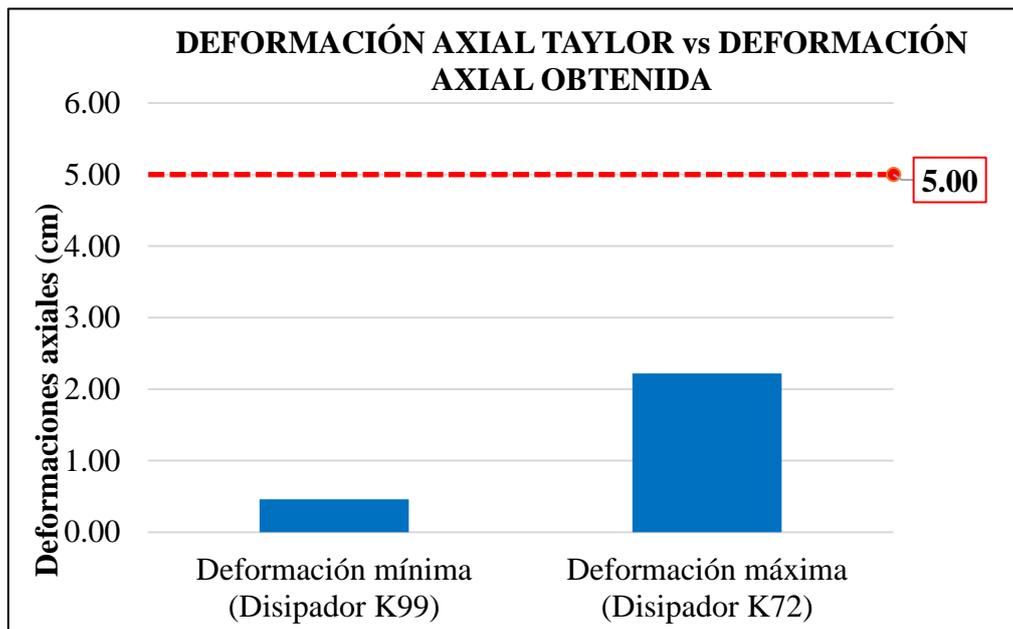


Figura 48. Deformaciones axiales Taylor vs Deformaciones obtenidas

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** De acuerdo a la hipótesis planteada, donde se propone que es posible determinar las propiedades del disipador de energía de fluido viscoso que aporten un desempeño deseado para el bloque del hospital Edgardo Rebagliati Martins, acorde a valores comerciales, mediante la tabla y la figura, se demuestra que la deformación axial máxima o Stroke máxima de todos los disipadores es de 2.22 cm, valor inferior al límite de deformación axial máxima de 5 cm que estipula el fabricante líder, por lo tanto, es posible obtener los disipadores con dichas propiedades, por lo que se considera que el diseño cumple con propiedades reales y viables, en este sentido, se comprueba la veracidad de la hipótesis propuesta.

### 3.5. DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS DE C.M

- **Desplazamientos máximos del centro de masa en X-X**

A continuación, se muestra mediante la figura 53 los desplazamientos máximos del centro de masas en la dirección X-X.

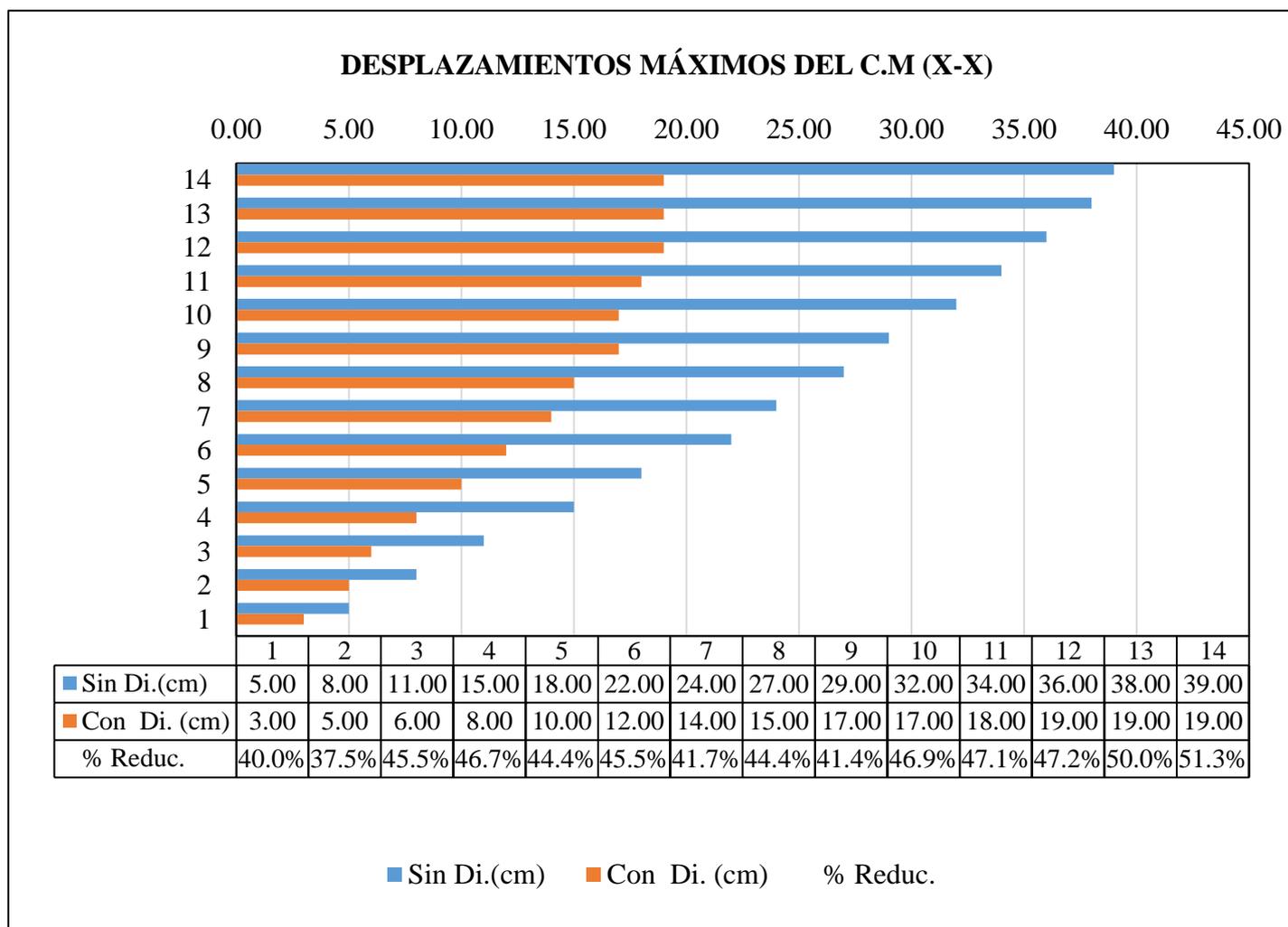


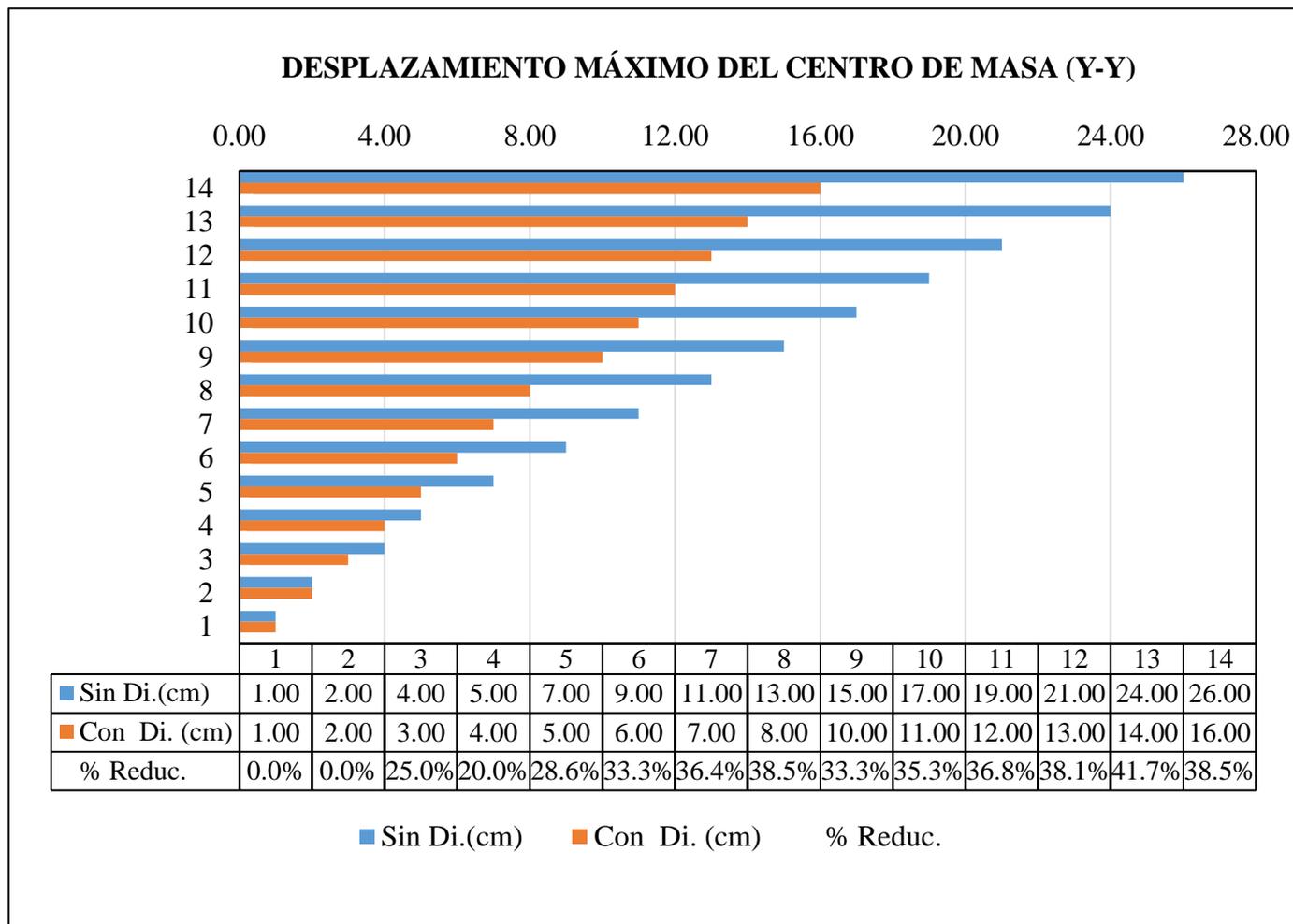
Figura 49. Desplazamientos máximos del centro de masas en X-X

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** Se observa que, mediante la incorporación del sistema de disipación de energía de fluido viscoso, los desplazamientos de entre piso en la dirección X-X se reducen de un 39.00 cm a un 19 cm, de esta manera se tiene una reducción de desplazamientos en un rango del 40.0 % al 51.3 %.

- **Desplazamientos máximos del centro de masa en Y-Y**

A continuación, se muestra mediante la figura 54 los desplazamientos máximos del centro de masas en la dirección Y-Y.



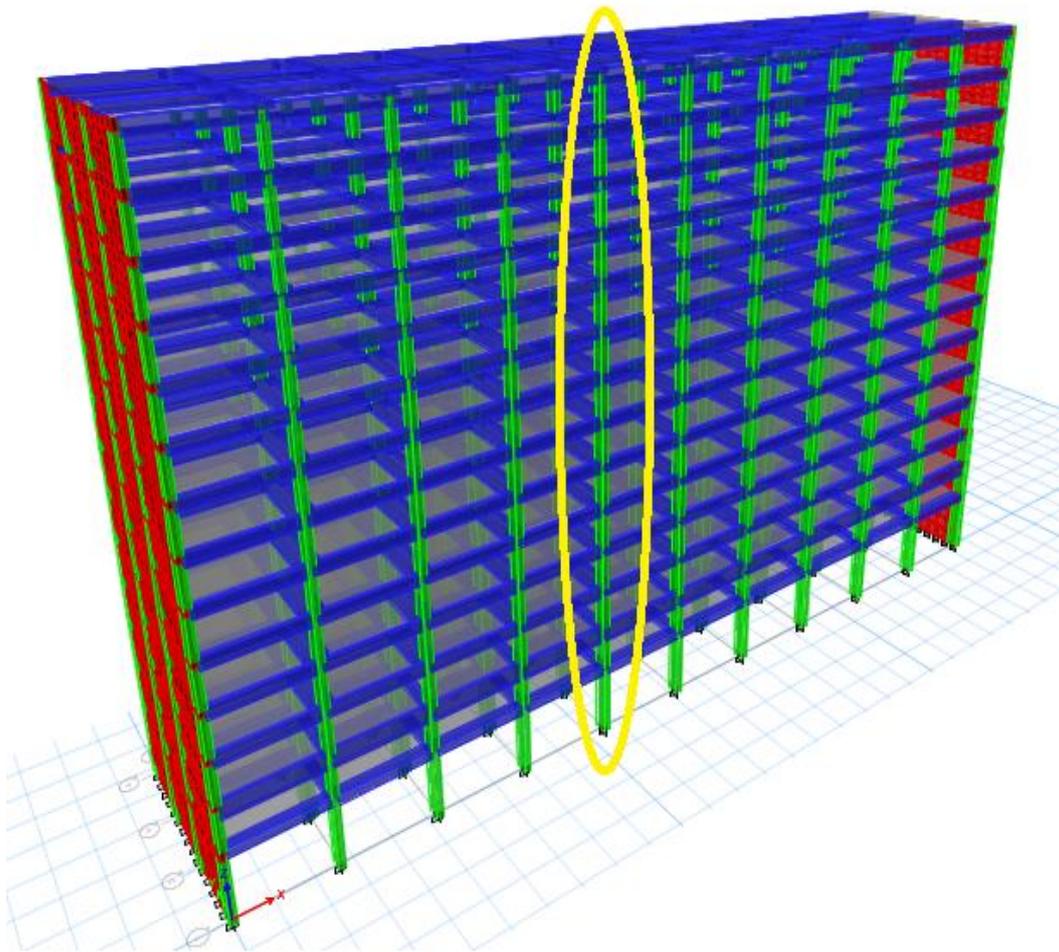
*Figura 50.* Desplazamientos máximos del centro de masas en Y-Y

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** Se observa que, mediante la incorporación del sistema de disipación de energía de fluido viscoso, los desplazamientos de entre piso en la dirección Y-Y se reducen de 26.00 cm a 16 cm, de esta manera se tiene una reducción de desplazamientos en un rango de 20.0 % a un 41.7 %.

### 3.6. ESFUERZOS MÁXIMOS EN UN ELEMENTO ESTRUCTURAL

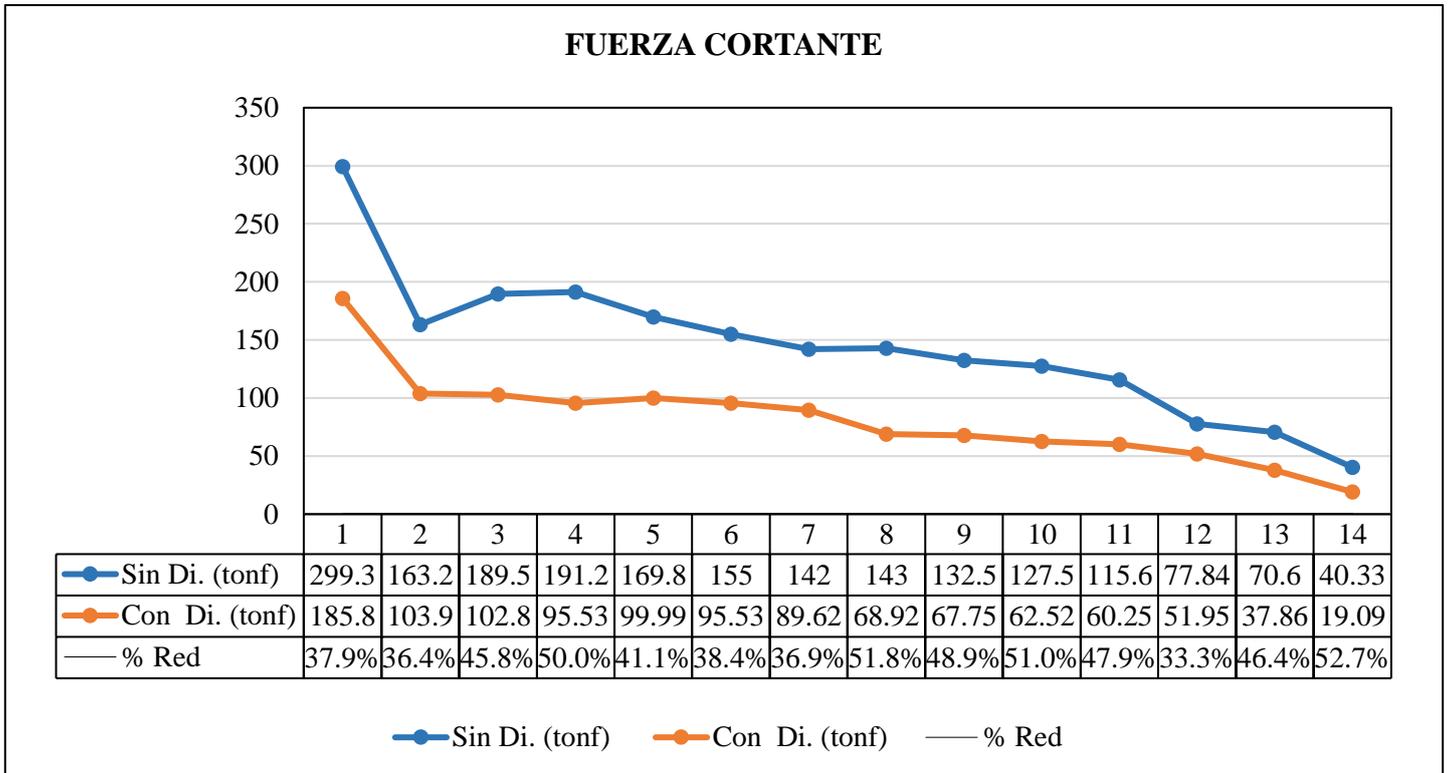
Al incorporarle a la edificación en estudio el sistema de protección sísmica conformado por disipadores de fluido viscoso no lineal, los elementos estructurales como en este caso las columnas redujeron fuerzas de cortante y momento flector frente al sismo de diseño, como prueba de ello a continuación se muestra dicha reducción de una columna ubicada en el eje E - E, la cual se aprecia en la figura 55.



*Figura 51.* Vista en elevación de la columna analizada

Fuente: Elaboración propia

- Fuerza cortante

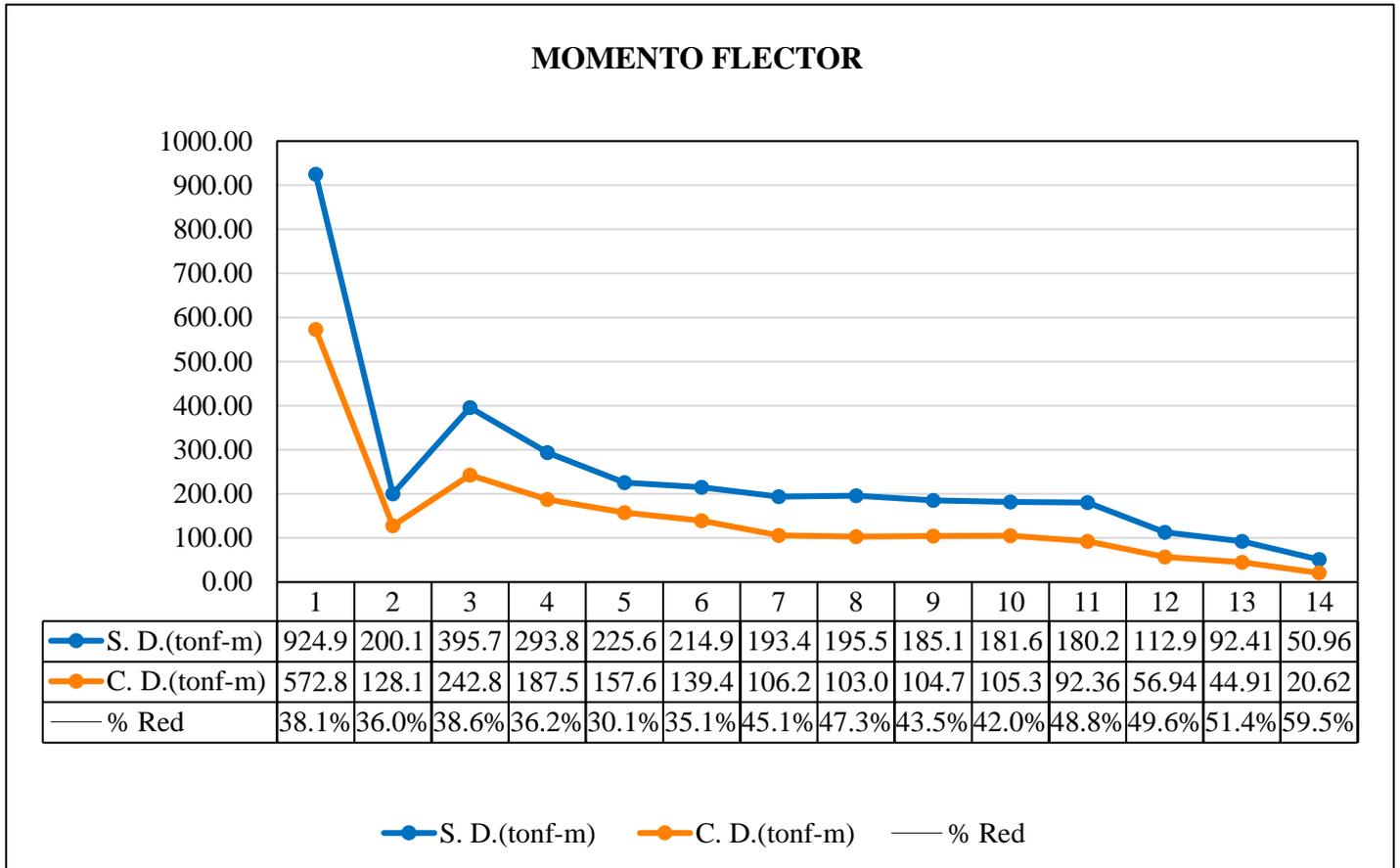


*Figura 52.* Fuerza cortante de una columna ubicada en el eje E-E

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** Del gráfico se puede apreciar que de que al incorporar el sistema de protección sísmica a la edificación en estudio, el elemento estructural ubicado en el eje E-E reduce la fuerza cortante ocasionada por una acción sísmica en un rango del 33.3 % a un 52.7 %.

- **Momento Flector**



*Figura 53.* Momento flector de una columna ubicada en el eje E-E

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** Del gráfico se puede apreciar que de que al incorporar el sistema de protección sísmica a la edificación en estudio, el elemento estructural reduce el momento flector ocasionado por una acción sísmica en un rango del 30.01 % a un 59.5 %.

### 3.7. VELOCIDADES Y ACELERACIONES MÁXIMAS

A continuación, mediante las figuras 58 y 59 se presentan las velocidades y aceleraciones del centro de masa de la edificación en estudio, con y sin el sistema de disipación de energía sísmica.

- Velocidad máxima del centro de masa

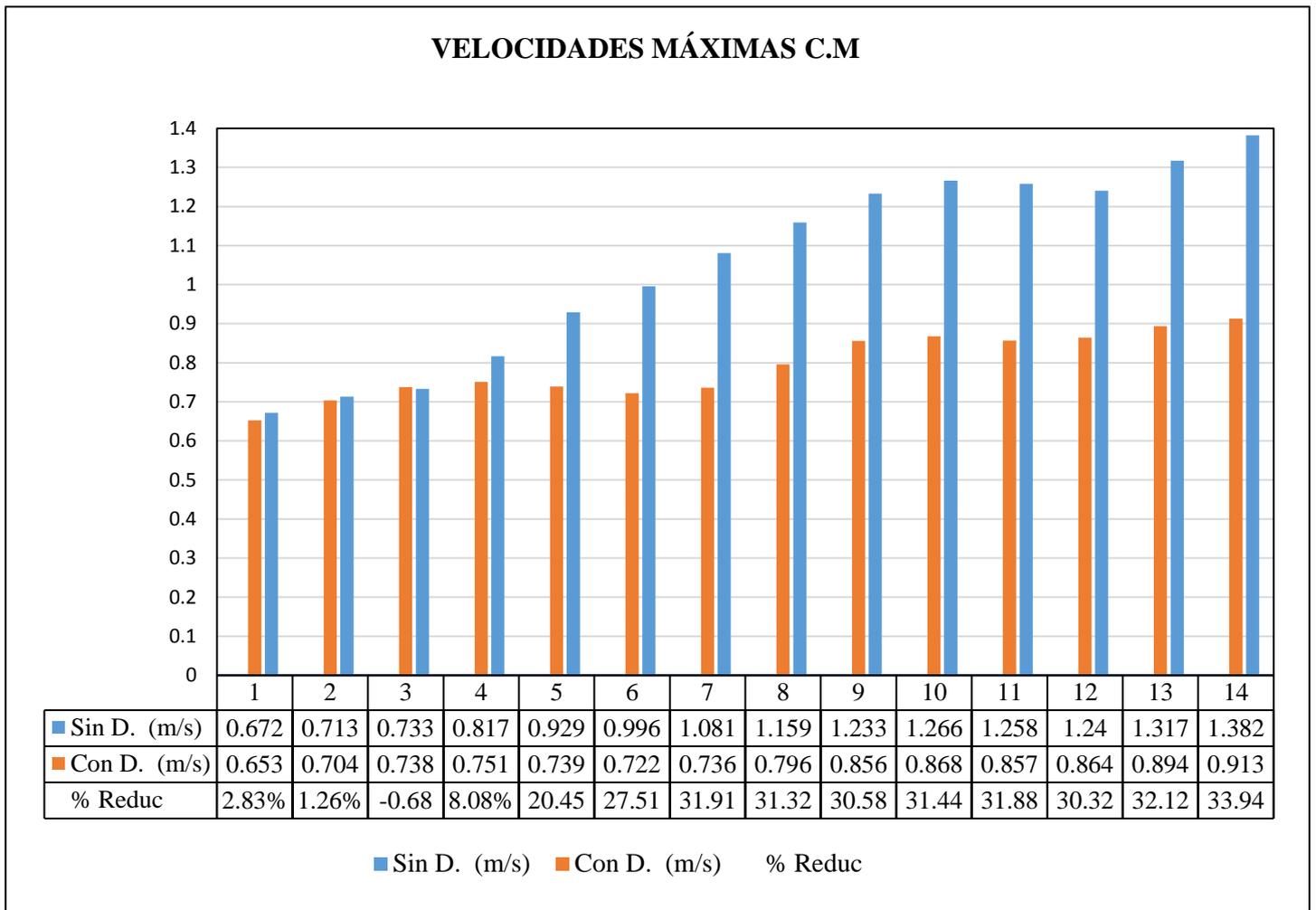
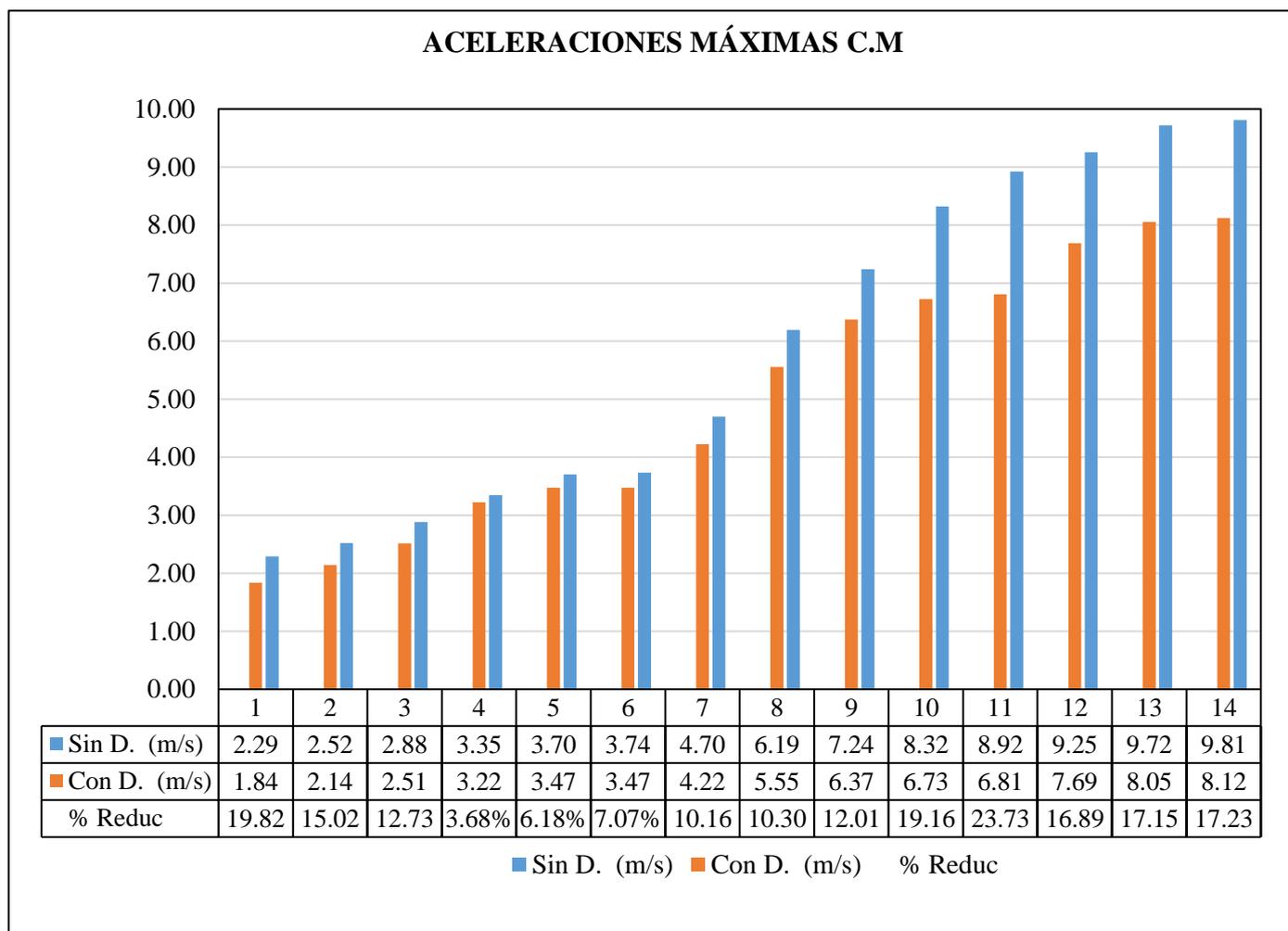


Figura 54. Velocidad máxima en los centros de masa

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** Del gráfico se puede comprender que la edificación en estudio al incorporarle el sistema de disipación de energía sísmica, por lo general reduce la velocidad de su centro de masa, teniéndose una reducción de velocidad de un 33.94 % el cual se origina en el piso 14, así mismo, se presenta un ligero incremento de la velocidad en el piso 3 de un 0.68 %.

- **Aceleración máxima del centro de masa**



*Figura 55. Aceleración del centro masas*

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** Del gráfico se puede comprender que la edificación en estudio al incorporarle el sistema de disipación de energía sísmica, reduce la aceleración del centro de masa, teniéndose de esta manera una reducción en un rango del 7.07 % a 19.82 %.

#### IV. DISCUSIÓN

Se halló la deriva máxima de la edificación en estudio, luego de incorporarle el sistema de disipación de energía viscoso, el cual es de 0.0062 en la dirección X-X y 0.0042 en la dirección Y-Y, así mismo estos valores representan una reducción de derivas de entre piso respecto a su estado inicial de un 37.5 % a un 74.3 % en la dirección X-X y en la dirección Y-Y en un 21.7 % a un 44.9 %, esto coincide con (Navarro Viera, 2017), quien tiene la tesis de “Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro”, cuyo objetivo fue el de realizar una comparación de las respuestas dinámicas en la estructura de la clínica Santa Isabel con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro, obteniéndose una reducción de derivas de entre piso desde un 43% hasta un 45%, al utilizar disipadores de energía pasivos.

Se justificó el uso de disipadores de energía de fluido viscoso no lineal, ya que se comprobó bajo una prueba de vibración libre mediante un pulso, que el amortiguamiento final de la estructura se encuentra en el rango de capacidad que los disipadores pueden aportar, rangos que fueron tomados de la empresa líder, y dicho amortiguamiento final coincide con aquel amortiguamiento objetivo que sirvió para estimar el coeficiente de amortiguamiento y con ello alcanzar las derivas objetivo, esto coincide con (Chacón Álvarez y Ramírez Caparó, 2014), quien tiene la tesis de “Análisis de una edificación de 4 pisos con disipadores de fluido viscoso”, cuyo objetivo fue el de realizar el análisis estructural de una edificación con disipadores de fluido viscoso, en donde se concluyó que el amortiguamiento añadido real de la estructura se pudo comprobar bajo el concepto de decremento logarítmico producto de someterla a una prueba de vibración libre mediante un pulso, teniéndose valores similares a los planteados inicialmente para el cálculo del coeficiente de amortiguamiento y derivas de entre piso.

Se cuantifico la energía sísmica absorbida por los disipadores viscosos en la edificación en un porcentaje del 52.78% %, esto coincide con (Navarro Viera, 2017), quien tiene la tesis de “Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro”, cuyo objetivo fue el de realizar una comparación de las respuestas dinámicas en la estructura de la clínica Santa Isabel con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona

sísmica cuatro, obteniéndose un porcentaje de absorción de energía sísmica del 64.4 %, al utilizar disipadores pasivos.

Se cuantifico la energía sísmica absorbida por el sistema de disipación de energía de fluido viscoso de la edificación evaluada cuyo porcentaje es de 52.78% %, esto coincide con (Gómez García, 2018), quien tiene la tesis de “Pruebas experimentales en un marco de concreto reforzado equipado con disipadores de energía sísmica “, cuyo objetivo fue el de describir de qué manera se comporta un dispositivo comercial de disipación de energía sísmica, quien concluyo que al no considerar en el pórtico disipadores este tiene poca disipación histerética proporcionada únicamente por su amortiguamiento inherente, por otro lado, al incorporar disipadores viscosos la curva histerética incrementa considerablemente, ya que para diferentes pruebas realizadas estos absorben energía sísmica en un 63 % a un 21 %.

Se obtuvo una reducción de desplazamientos laterales de la edificación en estudio en un rango del 40.0 % a un 51.3 % en la dirección X-X y en la dirección Y-Y una reducción de un 20.0 % a un 41.7 %, esto coincide con (Alarcón Sagastegui y Asto Pinedo, 2017), quien tiene la tesis de “Proyecto de reforzamiento estructural del edificio multifamiliar Los Rosales de 10 niveles con disipadores de fluido viscoso”, cuyo objetivo fue el de realizar el reforzamiento estructural del edificio multifamiliar Los Rosales de 10 niveles con disipadores de fluido Viscoso, y llega a la conclusión de que es posible lograr una reducción de desplazamientos máximos de un 20% a 38% en el eje X-X, y en el eje Y-Y una reducción del 41% a 48%.

Se logró una reducción de desplazamientos laterales de la edificación en estudio en un rango del 40.0 % a un 51.3 % en la dirección X-X y en la dirección Y-Y una reducción de un 20.0 % a un 41.7 %, esto coincide con (Lamprea Pineda y Garzón Amórtegui, 2018), quien tiene la tesis “Dispositivos de amortiguadores líquidos no lineales en el diseño sísmico de edificios”, cuyo objetivo general fue el implementar disipadores de energía de fluido viscoso no lineal en un hospital de la ciudad de Bogotá, quien concluyó que los desplazamientos máximos del hospital en estudio se redujeron, así mismo los periodos de vibración de la estructura no se modificaron, ya que los disipadores de energía de fluido viscoso no lineal no modifican la masa

Se tuvo una reducción de esfuerzos de corte en los elementos estructurales como es el caso de las columnas, teniéndose una reducción de fuerza cortante en una columna

analizada de un 33.3 % hasta un 52.7 %, esto concuerda con (Carranza Ruiz y Calderón Correa, 2015), quien tiene la tesis de “Reforzamiento de una estructura a porticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo”, cuyo objetivo fue el de incorporar disipadores de energía de fluido viscoso y así determinar las mejoras que presenta dicha estructura a porticada, y concluye que es posible tener menores daños en la edificación, cuando se le anexa disipadores de energía, ya que estos absorben gran parte de la energía que ocasiona un sismo, además de que los elementos estructurales reducen la fuerza de corte o cizalla.

Se tuvo una reducción de esfuerzos en los elementos estructurales como es el caso de las columnas, teniéndose una reducción de fuerza cortante en una columna analizada de un 33.3 % hasta un 52.7 %, y una reducción de su momento flector en un rango del 30.01 % a un 59.5 %, esto concuerda con (Corpus Villalba y Morales Quispe, 2015), quien tiene la tesis de “Análisis sísmico comparativo entre un sistema dual y el sistema de reforzamiento con disipadores de fluido viscoso para un edificio en el Distrito de Víctor Larco Herrera aplicando ETABS 2013”, cuyo objetivo es comparar el análisis sísmico entre un sistema de muros estructurales y disipadores de fluido viscoso para un edificio en el Distrito de Víctor Larco Herrera, quien concluyó que la estructura incorporada con disipadores de energía de fluido viscoso, los elementos estructurales reducen esfuerzos axiales, cortantes y momento flector.

Se tuvo una reducción de aceleraciones de la edificación en estudio con la inclusión del sistema de disipación de energía sísmica en un rango del 7.07 % a 19.82 %, esto coincide con (Pinzón Mayorga y Martínez López, 2014), quienes tienen la tesis de “Estado del arte y modelo didáctico descriptivo de amortiguadores y aisladores sísmicos”, cuyo objetivo fue el de evaluar modelos en donde se pueda observar el funcionamiento de disipadores y aisladores, concluyéndose de que el hecho de utilizar aisladores y disipadores reducen las aceleraciones de entre piso.

Se logró reducir las de aceleraciones de la edificación en estudio con la inclusión del sistema de disipación de energía sísmica en un rango del 7.07 % a 19.82 %, esto coincide con (Danovis Rincón y Farfán Fernando, 2016), quienes tienen la tesis de “Modelo didáctico de una estructura utilizando disipadores de energía de fluido viscoso”, teniendo como objetivo fue el que mediante un modelo cualitativo diferenciar el comportamiento de una estructura ante un evento sísmico con la inclusión de disipadores

viscosos y una convencional, en donde se concluyó que la estructura con la inclusión de disipadores reduce las deformaciones exageradas, así mismo las aceleraciones en cada piso se reducen, respecto a una estructura convencional.

Se obtuvo una reducción de las aceleraciones de la edificación en estudio con la inclusión del sistema de disipación de energía sísmica en un rango del 7.07 % a 19.82 %, esto coincide con (Maruri Ortiz, 2015), quien tiene la tesis de “ Modelo estructural a escala utilizando amortiguadores viscosos como sistema de disipación de energía”, teniendo como objetivo diseñar un modelo estructural a escala con amortiguadores viscosos que pueda ser acoplado a una mesa de excitación dinámica y además puede ser sometido a diferentes aceleraciones, quien concluyó que al incorporar amortiguadores viscosos a una edificación, se tendrá una edificación protegida ante una excitación sísmica evitándose de esta manera daños en la estructura, consecuentemente se cuidará la integridad de sus ocupantes y evitara pérdidas de vidas, ya que los elementos no serán sobre exigidos además de reducirse las aceleraciones considerablemente.

## V. CONCLUSIONES

Se consiguió un adecuado desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, respecto a su actual construcción, frente a un sismo de gran magnitud o raro, debido a que el incremento de amortiguamiento posible por parte del sistema de disipación de energía sísmica, consigue derivas de entre piso inferiores a los normativos las cuales corresponden a un nivel de desempeño operacional, así mismo, dicho sistema absorbe más de la mitad de la energía sísmica y la disipa al ambiente mediante energía de calor, además se comprobó que la edificación cumple con resistir el momento de volteo, reduce desplazamientos máximos de centro masas, reduce esfuerzos en los elementos estructurales, reduce de su centro de masa velocidades y aceleraciones.

Se halló la máxima deriva de entre piso de la edificación hospitalaria, teniéndose valores de 0.0062 en la dirección X-X y 0.0042 en la dirección Y-Y, los cuales son inferiores al límite de 0.007 que estipula la norma E.030 del 2018, según la tabla N° 62.

Se justificó el uso del sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal en la edificación hospitalaria, ya que al ser sometida a una prueba de vibración libre mediante una función pulso con el software asistido y reemplazar los datos obtenidos de este proceso, en la ecuación de decremento logarítmico, se comprobó positivamente que se tiene un amortiguamiento añadido de 27.20% en la dirección X-X y un 20.51% en la dirección Y-Y; dichos valores se encuentran dentro los límites de amortiguamiento que puede añadir el sistema de disipación de energía de fluido viscoso, cuyo rango estipulado por el fabricante líder es de un 20% a un 40%, por lo que el proyecto puede ser técnica y económicamente viable, según la tabla N° 69.

Se cuantificó la energía sísmica absorbida por el sistema de disipación de energía de fluido viscoso, cuyo valor es un 52.78 % para el sismo de diseño (Caso 1 – 1970), siendo un valor positivo ya que dicha energía será liberada al ambiente mediante energía de calor, por consiguiente, se evitará que los elementos estructurales disipen el total de la energía mediante la formación de rótulas plásticas, según la tabla N° 70.

Se determinó que las propiedades de los 126 disipadores de energía, tales como: fuerza y deformación axial o Stroke, se encuentran acorde a valores comerciales establecidos por el fabricante líder, por lo tanto, es posible obtener los disipadores con

dichas propiedades, en este sentido, se considera que el diseño cumple con propiedades reales y viables, según la tabla N° 71 y tabla N° 72 respectivamente.

Se comprobó que, al incorporar el sistema de disipación de energía de fluido viscoso a la edificación hospitalaria en estudio, se reducen los desplazamientos máximos del centro de masa en un rango del 40.0 % al 51.3 % en la dirección X-X, y en la dirección Y-Y en un rango de 20.0 % a un 41.7 %, según la figura 53 y figura 54 respectivamente.

Se comprobó que, al incorporar el sistema de disipación de energía de fluido viscoso a la edificación hospitalaria en estudio, se reducen de fuerzas cortantes en la columna analizada en un rango del 33.3 % a un 52.7 %, y su momento flector en un rango del 30.01 % a un 59.5 %, según la figura 56 y figura 57 respectivamente.

Se comprobó que, al incorporar el sistema de disipación de energía de fluido viscoso a la edificación hospitalaria en estudio, se reducen velocidades y aceleraciones máximas de su centro de masa en porcentajes máximos del 33.94 % y 19.82% respectivamente, por lo que se entiende que los equipos médicos posean una menor probabilidad a ser averiadas, según la figura 58 y figura 59 respectivamente.

Según las características del sistema estructural y la información existente, la deriva de entre piso asociada a un desempeño operacional con un daño leve es del orden de 0.2% y 0.25% para la SEAOC. Los resultados nos han mostrado de que si se quiere tener un desempeño estructural con daño leve considerando para ello una deriva objetivo por debajo del 0.2%, los disipadores deberían de incrementar el amortiguamiento interno en un 114.29 %, dicho valor sobrepasa a los valores propuestos por el fabricante líder. Frente a lo expuesto se optó como deriva objetivo de la norma E.030 de 0.7% referida a estructuras de concreto armado, en donde se obtuvo una deriva de 0.62% para un amortiguamiento de 27.2% en la dirección X-X y en la dirección Y-Y una deriva de 0.42% para un amortiguamiento de 20.51 %.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda una pronta incorporación del sistema de disipación de energía de fluido viscoso y ciertos muros de corte a la edificación hospitalaria, con el objetivo de tener un adecuado desempeño estructural y con ello tener estar operativa luego de un sismo raro o de gran magnitud.

Si se pretende incorporar un sistema de protección sísmica a la edificación hospitalaria, se deberá realizar un proceso iterativo con los diferentes sistemas de protección sísmica con el objetivo de utilizar aquel que presente menor deriva máxima de entre piso.

Es necesario comprobar cuál es amortiguamiento final de una estructura, luego de la incorporación de disipadores de energía, ya que se justifica su uso ya sea técnica y económicamente, cuando estos incrementan amortiguamiento desde un 20 % a un 40 %.

Se sabe que una estructura disipa la energía sísmica mediante la formación de rótulas plásticas (falla por fluencia del acero), por lo que es posible que se produzca un colapso de dicha edificación; frente a ello los disipadores de energía son una opción para absorber y disipar en un gran porcentaje el total de la energía sísmica y con ello tener una menor probabilidad de formación de rótulas plásticas.

Es necesario comprobar que las propiedades del sistema de protección sísmica que se van a utilizar en un proyecto, se encuentran acorde a los valores comerciales que ofrecen los fabricantes, para el proyecto sea viable.

## REFERENCIAS

ACHARYA, Anita; PRAKASH, Anupam; SAXENA, Pikee y NIGAM, Aruna. Sampling: Why and How of it?. *Indian Journal of Medical Specialities* [En línea], 4 (2). 2013. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2018].

Disponible en

[https://www.researchgate.net/publication/256446902\\_Sampling\\_Why\\_and\\_How\\_of\\_it\\_Anita\\_S\\_Acharya\\_Anupam\\_Prakash\\_Pikee\\_Saxena\\_Aruna\\_Nigam](https://www.researchgate.net/publication/256446902_Sampling_Why_and_How_of_it_Anita_S_Acharya_Anupam_Prakash_Pikee_Saxena_Aruna_Nigam)

ISSN: 0976-2884

AGUIAR, Roberto. Reforzamiento de una estructura industrial con dos tipos de disipadores de energía. *Revista Gaceta Técnica*. [En línea], 16 (1). 2016. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2018].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6521664>

ISSN: 1856 – 9560

AGUILERA, Rina. Identidad y diferenciación entre Método y Metodología. *Estudios políticos* [En línea], (28). 2013. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ep/n28/n28a5.pdf>

ISSN: 0185-1616

AIGNEREN, Miguel. La técnica de recolección de información mediante grupos focales. *La sociología en sus escenarios* [En línea], (6). 2002. [Fecha de consulta: de mayo 15 de 2018].

Disponible en

<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/ceo/article/viewFile/1611/1264>

ISSN: 0123-8973

ALARCÓN, Jhosip y ASTO, Jesús. Proyecto de reforzamiento estructural del edificio multifamiliar Los Rosales de 10 niveles con disipadores de fluido viscoso. Tesis (ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2017.

Disponible en <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/4187>

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). (2005). ASCE 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. (2010 edition). Reston, VA.

ANGUERA, María. La investigación cualitativa. *Educar* [En línea], (10). 1986. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/Educar/article/view/42171>

ISSN: 2014-8801

ARGIBAY, Juan. Muestra en investigación cuantitativa. *Subjetividad y procesos cognitivos* [En línea], 13 (1). 2009. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en <http://dspace.uces.edu.ar:8180/xmlui/handle/123456789/719>

ISSN: 1666-244X

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [en línea]. Perú: Chiclayo, 2012.

Disponible en

<https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-invcientifica-para-ing-civil>

BUSTAMANTE, Gladys. Aproximación al muestreo estadístico en investigaciones científicas. *Revista de Actualización Clínica Investiga* [En línea], 10 (s.n.). Julio de 2011. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2018].

Disponible en [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v10/v10\\_a06.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v10/v10_a06.pdf)

ISSN: 2304-3768

CARRANZA, Johan y CALDERON, Edgardo. Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo. Tesis (ingeniero civil). Trujillo: Universidad Priva Antenor Orrego, 2015.

Disponible en <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/1141>

CASANA, Giancarlos. Desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos con Disipadores de Energía en la ciudad de Tumbes - 2018. Tesis (ingeniero civil). Trujillo: Universidad Priva del Norte, 2018.

Disponible en <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12863>

CORONA, José. Apuntes sobre métodos de investigación. *MediSur* [En línea], 14 (1). 2016. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v14n1/ms16114.pdf>

ISSN: 1727-897X

CORPUS, Jorge y MORALES, Edwin. Análisis sísmico comparativo entre un sistema dual y el sistema de reforzamiento con disipadores de fluido viscoso para un edificio en el Distrito de Víctor Larco Herrera aplicando ETABS 2013. Tesis (ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2015.

Disponible en <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/686>

CORTÉS, Graciela. Confiabilidad y validez en estudios cualitativos. Educación y ciencia [En línea], 1 (1). 1997. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en

<http://educacionyciencia.org/index.php/educacionyciencia/article/view/111>

ISSN: 2448-525X

CHACON, Roberto y RAMÍREZ, José. Análisis de una edificación de 4 pisos con disipadores de fluido viscoso. Tesis (ingeniero civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.

Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5971>

CHENET, Manuel. Estrategia de internacionalización considerando la marca y su influencia en la complacencia de los estudiantes de las escuelas de negocio de Lima. Tesis (doctor en administración, mención en dirección estratégica). Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2017.

Disponible en <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/2992>

CHOPRA, Anil. Dinámica de estructuras. 4.<sup>a</sup> ed. México: Pearson Educación, 2014. 752 pp.

ISBN: 978-607-32-2239-6

DANOVIS, Marlon y FARFÁN, Diego. Modelo didáctico de una estructura utilizando disipadores de energía de fluido viscoso. Tesis (ingeniero civil). Bogotá: Pontificia Universidad Católica de Colombia, 2016.

Disponible en <http://repository.ucatolica.edu.co:8080/handle/10983/13880>

DÍAZ, Víctor y CALZADILLA, Aracelis. Artículos científicos, tipos de investigación y productividad científica en las Ciencias de la Salud. Revista Ciencias de la Salud [En línea], 14 (1). 2016. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/recis/v14n1/v14n1a11.pdf>

ISSN: 1692-7273

DOMÍNGUEZ, Dante, LÓPEZ, Francisco y BENAVENT, Amadeo. Comportamiento, para el terremoto de Lorca de 11-05-2011, de edificios de vigas planas proyectadas sin tener en cuenta la acción sísmica. *Informes de construcción*. [En línea], 66 (533). 2014. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2018].

Disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.12.092>.

ISSN: 0020-0883

FAJARDO, César. Evaluación Estructural de una de las edificaciones del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el método del espectro de capacidad. Tesis (Ingeniero Civil). Lima, 2012.

Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/460>

FEMA 273, 274, 1997, “Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Building”, Chapter 9,

Seismic Isolation and Energy Dissipation, NEHRP.

FEMA MITIGATION DIVISION. Multi-hazard Loss Estimation Methodology Hazus. MH 2.0, Earthquake Model.

GOMEZ, Juan. Pruebas experimentales en un marco de concreto reforzado equipado con disipadores de energía sísmica. Tesis (Ingeniero Civil). Ciudad de México, 2018.

Disponible en <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/15524>

IDENTIFICATION of research hypotheses and new knowledge from scientific literature por Matthew Shardlow [et al]. *BMC Medical Informatics and Decision Making* [En línea], 18 (1). 25 de Junio de 2018. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2019].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.1186/s12911-018-0639-1>

ISSN: 1472-6947

INSTITUTO servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción (Perú). NTP E 0.30, of. 2018: Diseño sismorresistente. Lima, 2018. 32 pp.

KROSS, Jeniffer y GIUST, Amanda. Elements of research questions in relation to qualitative inquiry. *The Qualitative Report* [En línea], 24 (1). 2019. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2019].

Disponible en

<http://link.galegroup.com/apps/doc/A588342535/AONE?u=univcv&sid=AONE&xid=09e0a734>

LAMPREA, Angie y GARZÓN, Luis. Nonlinear viscous flund damping devices in the seismic design of buildings. Thesis (Mg Ingeniería Civil). Milan: Politecnico di Miliano, 2018.

Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6069>

LÓPEZ, Pedro. Población muestra y muestreo. Punto Cero [En línea], 09 (08). 2004. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2018].

Disponible en <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>

ISSN: 1815-0276

MARTÍNEZ, Miguel. Validez y confiabilidad en la metodología cualitativa. *Revista Paradigma* [En línea], 27 (2). 2006. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en <http://revistas.upel.edu.ve/index.php/paradigma/issue/view/275>

ISSN: 1011-2251

MARURI, Carlos. Modelo estructural a escala utilizando amortiguadores viscosos como sistemas de disipación pasiva de energía. Tesis (ingeniero civil). Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2015.

Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4784>

MEDINA, Cristian; MEDINA, Santiago. Coeficiente de irregularidad en planta a partir del Análisis de torsión en Estructuras Irregulares. *Rev. Politéc*, (Quito) [En línea], 39 (51-60). 2017. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019].

Disponible en <http://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v56n221/aula.pdf>

ISSN: 2477 - 8990

MIRÓN, Juan; ALONSO, Montserrat e IGLESIAS, Helena. Metodología de investigación en salud laboral. *Medicina y Seguridad del Trabajo* [En línea], 56 (221). 2010. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2019].

Disponible en <http://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v56n221/aula.pdf>

ISSN: 1989-7790

MORA, Mauricio Alexander; VILLALBA, Jesús Daniel y MALDONADO, Esperanza. Deficiencias, limitaciones, ventajas y desventajas de las metodologías de análisis sísmico no lineal. *Rev. ing. univ. Medellín* [En línea], 9 (59-74)

[Fecha de consulta: 16 de mayo de 2019].

Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242006000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200006).

ISSN 1692-3324

MORALES, Nelson y ZAVALA, Carlos. Terremotos en el litoral central del Perú: ¿podría ser Lima el escenario de un futuro desastre?. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. [En línea], 25 (2). 2008. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2018].

Disponible en

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S172646342008000200011](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172646342008000200011)

ISSN: 1726 – 4364

NAVARRO, Franco. Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro. Tesis (ingeniero civil). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2017.

Disponible en <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1077>

OVIEDO, Juan y DUQUE, María. Sistemas de control de respuesta sísmica en edificaciones. *Revista EIA. Esc. Ing. Antioq* [En línea], 6 (105-120). 2006. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019].

Disponible en

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372006000200010)

[12372006000200010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372006000200010)

ISSN: 17941237

PINZÓN, Nathaly y MARTÍNEZ, Edwin. Estado del arte y modelo didáctico descriptivo de amortiguadores y aisladores sísmicos. Tesis (ingeniero civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2014.

Disponible en <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19555>

RESEARCH questions, hypotheses and objectives por Patricia Farrugia [et al]. *Canadian Journal of Surgery* [En línea], 53 (4). Agosto de 2010. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2912019/>

ISSN: 1488-2310

SADEGHI, Samaneh, HEDAYATI, Zohreh y MOUSAVI-FARD, Batooolalsadat. Comparison of two asymmetric headgear force systems: A finite element analysis. *Dental Press J. Orthod.* [En línea]. 2 (41) – 2019 [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019].

Disponible en

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S217694512019000200041](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S217694512019000200041)

ISSN 2176-9451

SANTANA, Ronald. *Ingeniería Antisísmica*. Lima: International Star Student ISS-PERU, 2013. 542 pp.

ISBN: 978-612-00-1322-9

Structural Engineers Association of California (SEAOC) 1995 Performance-based Seismic

Engineering of Buildings. Vision 2000 Report. Sacramento, California.

TAFUR, 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 (ingeniero civil). Chachapoyas: Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2018.

Disponible en <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1456>

TAYLOR DEVICES Inc. *Earthquake Protective Systems for Buildings, Bridges, and other*

structures. North Tonawanda, NY. Junio 2007.

VILLAREAL, Genner y DIAZ, Marco. *Edificaciones con disipadores viscosos*. Lima: Editora & Impreta Gráfica Norte S.R.L, 2016. 133 pp.

ISBN: 978-612-00-2419-5

WOLVERTON, Marvin. Research design, hypothesis testing, and sampling. *Appraisal Journal* [En línea], 77 (4). 01 de octubre de 2009. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2018].

Disponible en  
<http://link.galegroup.com/apps/doc/A214455078/AONE?u=univcv&sid=AONE&xid=d6a2d98f>

ISSN: 0003-7087

ZOHRABI, Mohammad. Mixed method research: instruments, validity, reliability and reporting findings. *Theory & practice in language studies* [En línea], 3 (2). 2013. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2018].

Disponible en  
<http://www.academypublication.com/issues/past/tpls/vol03/02/tpls0302.pdf#page=56>

ISSN: 1799-2591

# **ANEXOS**

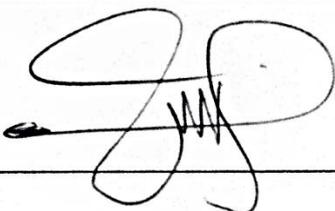
## ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Desempeño estructural del bloque ‘A’ del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018”						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<u>Problema general</u>	<u>Objetivo general</u>	<u>Hipótesis general</u>	<u>Variable dependiente</u>			<b>A</b>
¿Emplear el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal en el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, da un adecuado desempeño estructural frente a un sismo de gran magnitud?	Conseguir un adecuado desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins, respecto a la actual construcción, frente a un sismo de gran magnitud.	Emplear el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal en el bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins da un adecuado desempeño estructural frente a un sismo de gran magnitud.	Desempeño estructural	Estado de daño	Desplazamientos máximos	Ordinal
					Derivas de entre piso	
					Momento de volteo	
				Amortiguamiento añadido	Amortiguamiento efectivo	
					Amortiguamiento inherente	
			<b>Variable independiente</b>	Curva histerética	Fuerzas máximas de disipador	Ordinal
					Desplazamientos máximos de disipador	
				Balace energético	Energía de los dispositivos viscosos	
			Sistema de Disipación de Energía Sísmica de Fluido Viscoso no Lineal	Propiedades del sistema de disipación	Fuerzas de diseño de los disipadores	Ordinal
					Constante de amortiguamiento (C)	
					Exponente de velocidad ( $\alpha$ )	
					Máxima deformación axial o stroke	
					Máxima velocidad	
					Configuración	
					Cantidad de dispositivos	

## ANEXO N°2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Desempeño estructural	<p>Para Navarro (2017, p.16), el “desempeño estructural de una edificación frente a un sismo raro o de gran magnitud es la relación del estado del daño de los elementos estructurales como pueden ser: despreciable (totalmente operacional), leve (operacional), moderado (resguardo de vidas), severo (Precolapso) y completo (Colapso)”.</p> <p>Para Villareal y Díaz (2016, p.6), el “desempeño estructural puede ser mejorado [...] incrementando el amortiguamiento interno o inherente, mediante la incorporación de dispositivos suplementarios [...] con ello la energía de amortiguamiento aumenta [...] y se controla desplazamientos de la estructura, por ende, derivas de entre piso”.</p>	<p>Para la presente investigación, el desempeño estructural del bloque “A” del hospital Edgardo Rebagliati Martins, se definirá mediante el daño que reciba los elementos estructurales ya sea despreciable, ligero, moderado, severo o completo, los cuales están relacionados con el amortiguamiento estructural que presente la estructura, y las deriva de entre piso, frente a un sismo de gran magnitud.</p>	Estado de daño	Desplazamientos máximos	<b>Método:</b> científico
				Derivas de entre piso	
				Momento de volteo	
			Amortiguamiento añadido	Amortiguamiento efectivo	<b>Enfoque:</b> cuantitativo
Amortiguamiento inherente	<b>Tipo:</b> aplicada				
Sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal	<p>Para Tafur (2018, p.9), el “sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, tiene como propósito mejorar el desempeño estructural frente a un evento sísmico, asegurando que esta se comporte en el rango lineal y así poder limitar las deformaciones inelásticas y la formación de rótulas plásticas”.</p> <p>Para Carranza y Calderón (2015, p.27), son “cilindros huecos que se encuentran divididos en cámaras, en su interior tiene un fluido que es de baja viscosidad, inerte, no combustible, no inflamable y no se degrada con el paso del tiempo”.</p> <p>Para Villareal y Díaz (2016, p.6), mediante “el balance energético se conoce el porcentaje de la energía sísmica tomada y disipada mediante energía de calor por los disipadores viscosos [...], con la curva histerética se observa si los disipadores incrementan el amortiguamiento para reducir desplazamientos.”</p>	<p>El desempeño estructural de una edificación se puede mejorar incorporando el sistema de disipación de energía de fluido viscoso, ya que evita que la estructura trabaje en el rango inelástico frente a un movimiento telúrico, evitándose de esta manera la formación de rotulas plásticas, así mismo el balance energético muestra la energía disipada por estos y con la curva histerética se observa la eficiencia de reducir desplazamientos mediante el incremento del amortiguamiento interno.</p>	Curva histerética	Amortiguamiento efectivo	<b>Nivel:</b> explicativo
				Amortiguamiento inherente	
			Balance energético	Disipación de energía de los dispositivos viscosos	<b>Diseño:</b> experimental
			Constante de amortiguamiento (C)		
			Exponente de velocidad ( $\alpha$ )		
			Máxima deformación axial o stroke		
			Configuración		
Cantidad de dispositivos					

ANEXO N° 3: VALIDACIÓN DE EXPERTOS

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
PROYECTO: "Desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018"					
AUTOR: Hauer Jhoel Dávila Flores					
<b>I. INFORMACIÓN GENERAL</b>					
Ubicación	Av. Edgardo, Rebagliati 490				
Distrito	Jesús María	Altitud	121 m		
Provincia	Lima	Latitud	S 12° 2' 35.45"	Evaluación	
Región	Lima	Longitud	077° 1' 41.66"	Validez	Confiability
<b>DESEMPEÑO ESTRUCTURAL</b>					
<b>II. Estado de daño</b>					
Desplazamientos máximos		Deriva de entre piso	Momento de volteo	0,85	0,8
<b>III. Amortiguamiento añadido</b>					
Amortiguamiento efectivo		Amortiguamiento inherente		0,85	0,8
<b>SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO NO LINEAL</b>					
<b>IV. Curva histerética</b>					
Fuerza máxima del disipador		Desplazamiento máximo del disipador		0,85	0,8
<b>V. Balance energético</b>					
Energía disipada por los disipadores				0,85	0,8
<b>VI. Propiedades del sistema de disipación</b>					
Fuerzas de diseño de los disipadores	Constante de amortiguamiento (C)	Exponente de velocidad (α)	Máxima deformación axial o Stroke	0,85	0,8
Máxima velocidad	Configuración	Cantidad de dispositivos			
Apellidos y Nombres	LUDEÑA GUTIERREZ, LUCAS			0,85	0,8
Profesión	ING. CIVIL				
Registro CIP N°	200330				
Email	lludena@uni.edu.pe				
Teléfono	959 310 255				
					

### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

PROYECTO: "Desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018"

AUTOR: Hauer Joel Dávila Flores

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Ubicación	Av. Edgardo Rebagliati 490				
Distrito	Jesús María	Altitud	121 m		
Provincia	Lima	Latitud	S 12° 2' 35.45"	Evaluación	
Región	Lima	Longitud	0 77° 1' 41.66"	Validez	Confiability

#### DESEMPEÑO ESTRUCTURAL

##### II. Estado de daño

Desplazamientos máximos	Deriva de entre piso	Momento de volteo	1	0.8
-------------------------	----------------------	-------------------	---	-----

##### III. Amortiguamiento añadido

Amortiguamiento efectivo	Amortiguamiento inherente	1	0.8
--------------------------	---------------------------	---	-----

#### SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO NO LINEAL

##### IV. Curva histerética

Fuerza máxima del disipador	Desplazamiento máximo del disipador	1	0.8
-----------------------------	-------------------------------------	---	-----

##### V. Balance energético

Energía disipada por los disipadores	1	0.8
--------------------------------------	---	-----

##### VI. Propiedades del sistema de disipación

Fuerzas de diseño de los disipadores	Constante de amortiguamiento (C)	Exponente de velocidad (α)	Máxima deformación axial o Stroke	1	0.8
Máxima velocidad	Configuración	Cantidad de dispositivos			

Apellidos y Nombres	LAURENCIO LUNA, MANUEL	1	0.8
Profesión	Ing. Civil		
Registro CIP N°	140995		
Email	m.laurencio27@hotmail.com		
Teléfono	977675374		



### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

PROYECTO: "Desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018"

AUTOR: Hauer Jhoel Dávila Flores

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Ubicación	Av. Edgardo, Rebagliati 490			
Distrito	Jesús María	Altitud	121m	
Provincia	Lima	Latitud	S 12° 2' 35.45"	Evaluación
Región	Lima	Longitud	077° 1' 49.66"	Validez    Confiabilidad

#### DESEMPEÑO ESTRUCTURAL

<b>II. Estado de daño</b>				
Desplazamientos máximos	Deriva de entre piso	Momento de volteo	0,9	0,8
<b>III. Amortiguamiento añadido</b>				
Amortiguamiento efectivo	Amortiguamiento inherente		0,9	0,8

#### SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO NO LINEAL

<b>IV. Curva histerética</b>				
Fuerza máxima del disipador	Desplazamiento máximo del disipador		0,9	0,8
<b>V. Balance energético</b>				
Energía disipada por los disipadores			0,9	0,8

<b>VI. Propiedades del sistema de disipación</b>					
Fuerzas de diseño de los disipadores	Constante de amortiguamiento (C)	Exponente de velocidad ( $\alpha$ )	Máxima deformación axial o Stroke	0,9	0,8
Máxima velocidad	Configuración	Cantidad de dispositivos			

Apellidos y Nombres	PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO			0,9	0,8
Profesión	INGENIERO CIVIL				
Registro CIP N°	51304				
Email	raulpinto@cip.org.pe				
Teléfono	995143312				

*Raul Pinto*



**ANEXO N° 5: SONDAJE RECOPIADO DE POZO PERFORADO EN JESUS MARÍA**



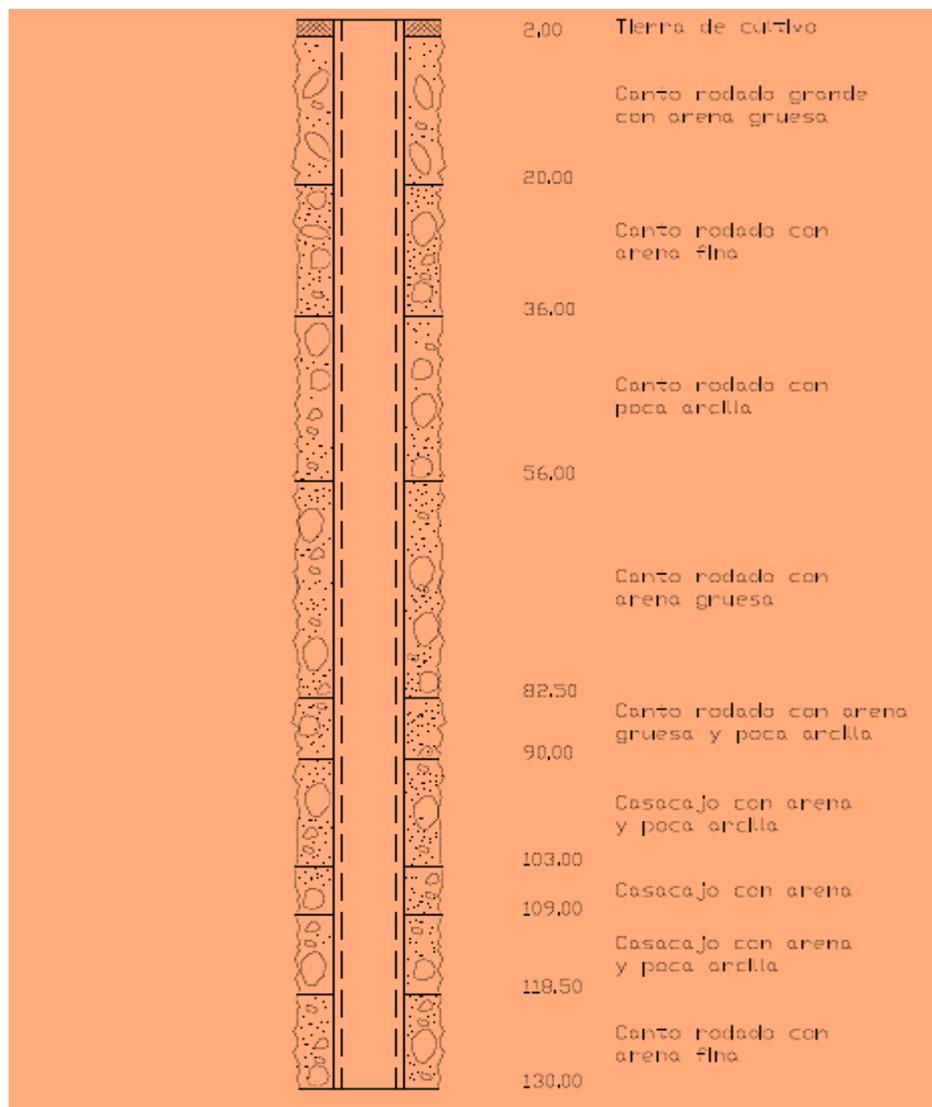
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**CENTRO PERUANO - JAPONÉS DE INVESTIGACIONES  
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO  
DE 10 DISTRITOS DE LIMA Y CALLAO**

POZO : P-19  
DISTRITO : JESÚS MARÍA



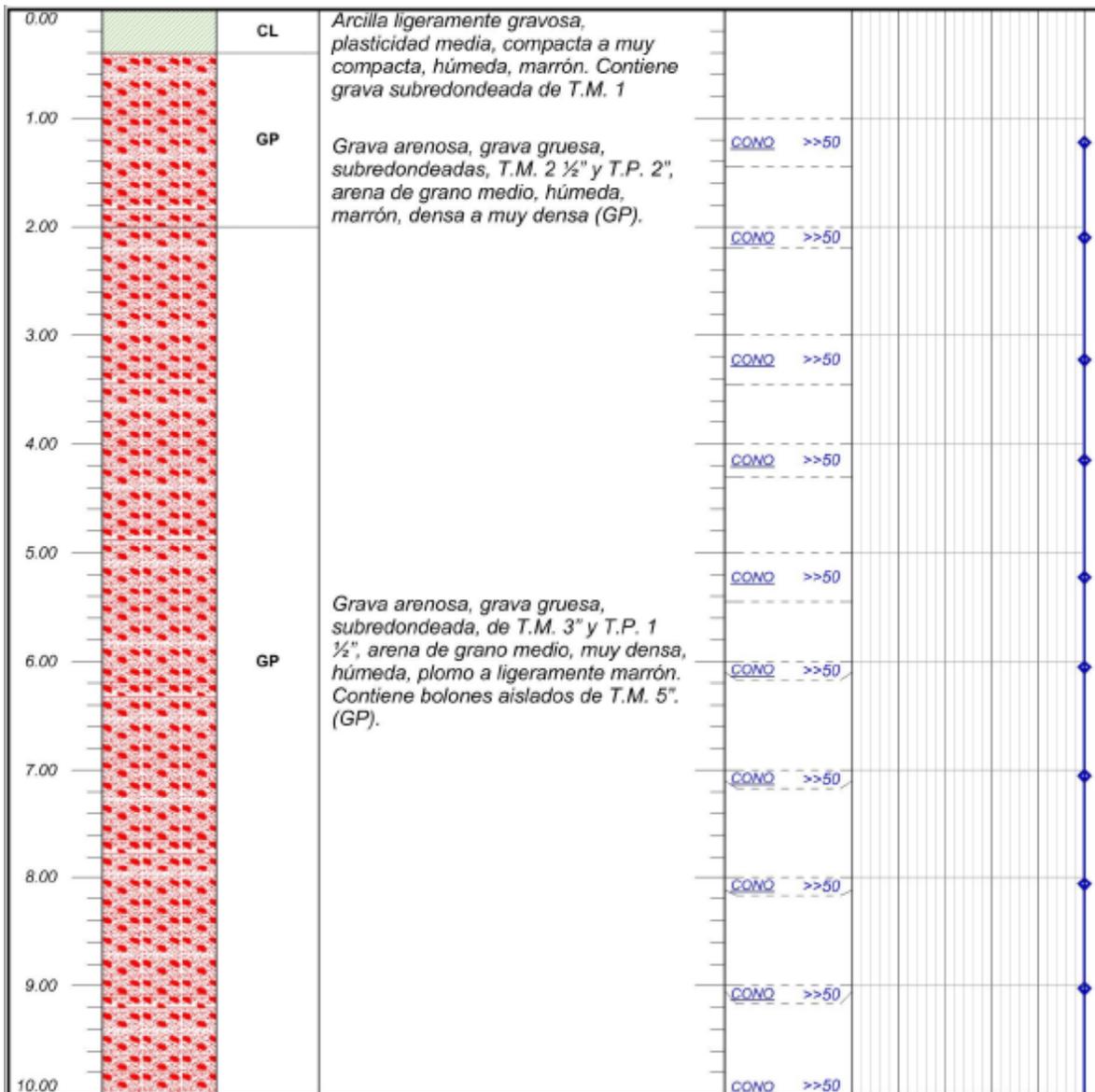
Fuente: Adaptado de SEDAPAL (como se citó en Soto, 2016, p. 152)

**ANEXO N° 6: SONDAJE RECOPIADO DE PERFORACIONES DIAMANTINAS**

CLIENTE: <b>JICA</b>	UBICACION: <b>Parque de Las Aguas - Cercado de Lima</b>		
PROYECTO: <b>Perforaciones y Ensayos Geotécnicos en los Distritos de Villa El Salvador, Cercado de Lima y Región Callao</b>			
TIPO DE SONDAJE: <b>Rotativa</b>	FECHA: <b>02-11-2012</b>	LAMINA No: <b>1226-06</b>	
COORDENADAS: <b>E: 278602 N: 8664785</b>	NIVEL FREATICO: <b>--</b>		
REGISTRADO: <b>FAH</b>	REVISADO: <b>JAFR</b>	PAGINA: <b>1 de 2</b>	

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	SUCS	DESCRIPCION	N: Número de Golpes por 12" (30 cm)
				Tipo N

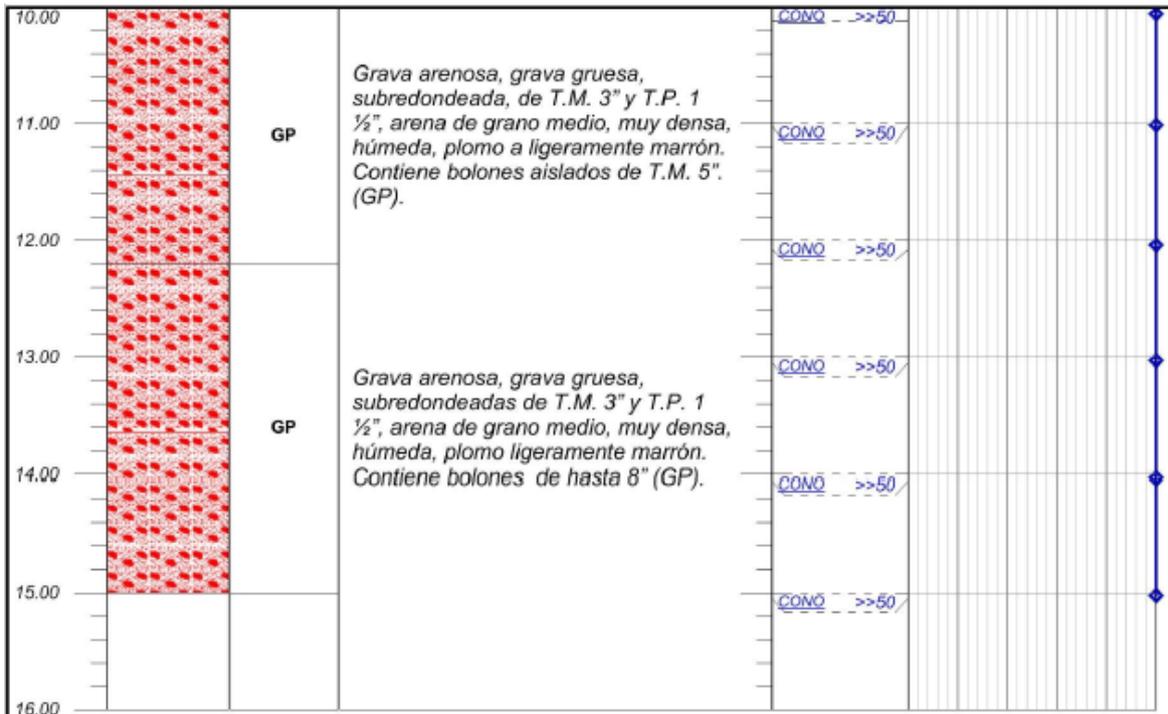


**SPT** : Standard Penetration Test  
**Cono** : Ensayo de Cono Estandar

Fuente: Soto, 2016.

CLIENTE: <b>JICA</b>	UBICACION: <b>Parque de Las Aguas - Cercado de Lima</b>		
PROYECTO: <b>Perforaciones y Ensayos Geotécnicos en los Distritos de Villa El Salvador, Cercado de Lima y Región Callao</b>			
TIPO DE SONDAJE: <b>Rotativa</b>	FECHA: <b>02-11-2012</b>	LAMINA No: <b>1226-06</b>	
COORDENADAS: <b>E: 278602 N: 8664785</b>	NIVEL FREATICO: <b>--</b>		
REGISTRADO: <b>FAH</b>	REVISADO: <b>JAFR</b>	PAGINA: <b>2 de 2</b>	

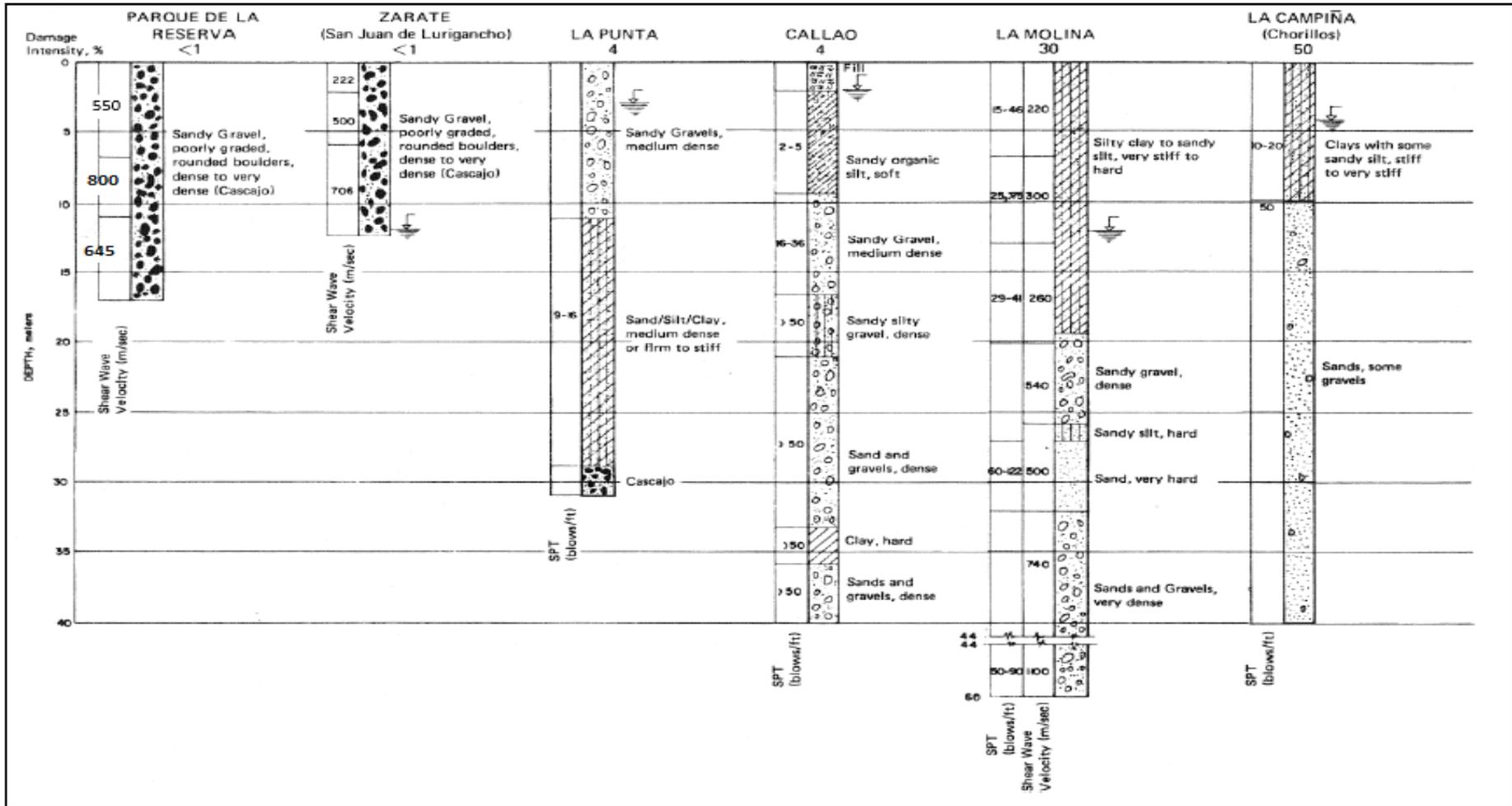
PROF. (m)	SIMBOLOGIA	SUCS	DESCRIPCION	N: Número de Golpes por 12" (30 cm)	
				Tipo	N



**SPT** : Standard Penetration Test  
**Cono** : Ensayo de Cono Estandar

Fuente: Soto, 2016.

ANEXO N° 7: SONDAJE RECOPIADO DE PERFORACIONES DIAMANTINAS



Fuente: Adaptado de Repetto et al. (como se citó en Soto, 2016, p. 170)

# MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATE

Certificate N o: 2 9 9 28-2008-AQ -USA-A NAB Initial certification date: 2 6 June 2 08 Valid: 04 A pril 2 018 - 0 4 August 2 020

This is to certify that the management system of

## CSI-Computers and Structures, Inc.

1646 North California Boulevard, Suite 600, Walnut Creek, CA, 94596, USA

has been found to conform to the Quality Management System standard:

**ISO  
9001:2015**

This certificate is valid for the following scope:  
**The Development, Support and Licensing of Software Tools for Structural and Earthquake Engineering.**

Place and date:

Katy, TX, 04 April 2018

For the issuing office:

DNV GL – Business Assurance

1400 Ravello Drive, Katy, TX, 77449-5164, USA



John Stefan

Management Representative

Lack of fulfillment of conditions as set out in the Certification Agreement may render this Certificate invalid.

ACCREDITED UNIT: DNV GL Business Assurance USA, Inc., 1400 Ravello Drive, Katy, TX 77449 USA. TEL:281 -396-1000. [dnvglcert.com](http://dnvglcert.com)

## ANEXO N° 9: FICHA TÉCNICA DEL DISIPADOR VISCOSO



### DAMPERS SÍSMICAS

Creación de aplicaciones

#### Por Taylor DISPOSITIVOS

- Con más de 700 proyectos en todo el mundo, somos el líder mundial en el suministro amortiguadores sísmicos y de viento para cualquier estructura
- Nuestros amortiguadores se han validado mediante la investigación rigurosa, las pruebas a gran escala y el trabajo publicado por organizaciones de reconocido prestigio
- Sellos de funcionamiento en seco de propiedad han sido calificados y probado para millones de ciclos y son fabricados únicamente por Taylor Devices
- Alta resistencia, pulido espejo, vástagos de pistón de acero inoxidable
- Un estricto control sobre nuestros procesos de diseño y fabricación con certificación de tercera parte en la norma ISO 9001, ISO 14001 y la norma AS9100 calidad riguroso aeroespacial
- Normas idénticas de calidad para todos nuestros productos, ya que se utilizan para los vuelos espaciales, equipos militares, edificios o puentes
- Los productos certificados por la NASA están siendo utilizados para salvar vidas en la tierra
- Nuestra política consiste en probar cada amortiguador sísmica solo producimos a los requisitos máximos de salida
- Amortiguadores Taylor están diseñados y probados en las calificaciones de la fuerza de salida de hasta 2 millones de libras (8.900 kN) y amplitudes hasta +/- 42 pulgadas (1,06 m)
- Diseño altamente eficiente amortiguador puede absorber enormes cantidades de energía durante un terremoto minimizando o eliminando así el daño a la estructura
- Capacidad sin igual para proporcionar un diseño de amortiguador que sea precisa y controlable, eficiente, temperatura y frecuencia independiente y libre de mantenimiento
- Taylor amortiguadores tienen capacidad sin igual para responder a movimientos muy pequeños o muy grandes
- La única tecnología que puede reducir el estrés y la deflexión de forma simultánea; las fuerzas de amortiguación están fuera de fase con las fuerzas dinámicas estructurales
- 35 años de garantía

ISO 9001  
AS9100 ISO  
14001

[www.taylordevices.com](http://www.taylordevices.com) | [www.seismicdamper.com](http://www.seismicdamper.com)

90 Taylor Drive | North Tonawanda, NY 14120 -0748 | Teléfono: (716) 694-0800 | Fax: (716) 695-6015

**ANEXO N° 10: AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

CÓNSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
**La Escuela de Ingeniería Civil**

A LA VERSIÓN FINAL (FORMA) DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

DAVILA FLORES HADER JOHEL

INFORME TITULADO:

DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE A DEL HOSPITAL  
EDGONDO (LEBIZINTI) MARTINEZ CON EL SISTEMA DE DISIPACIÓN DE  
ENERGÍA DE PULSO VISCOZO NO LINEAL LINA - 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**Ingeniero (a) Civil**

SUSTENTADO EN FECHA:

19/07/2019

NOTA O MENCIÓN

15 (Quince)

  
Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil

## ANEXO N° 11: ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 16-01-2020 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, **Raúl Antonio Pinto Barrantes**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

**“Desempeño estructural del bloque A del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima 2018”** del (de la) estudiante Hauer Jhoel Dávila Flores constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó 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.

Los Olivos 16 de enero 2020



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Mg. Raúl Antonio Pinto Barrantes

DNI: 07732471

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

**ANEXO N° 12: AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo ..... *Lauer, Jhord Dávila Flores* ..... identificado con DNI N° ..... *47033433* .....  
 egresado de la Escuela Profesional de ..... de la  
 Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo ( ) la divulgación y  
 comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado  
 "..... *Diagrama estructural del bloque A del hospital Edgardo Bolognini*  
*Monte con el sistema de disposición de agua de fluido proceso*  
*no unid, Lima - 2018* .....  
 en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>),  
 según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de  
 Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

*[Firma manuscrita]*  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: ..... *47033433* .....

FECHA: ..... *19* de ..... *Julio* ..... de 201*9*..

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

# ANEXO N° 13: PORCENTAJE DE COINCIDENCIA

Feedback Studio - Google Chrome  
ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&u=1088032488&s=1&o=1229343968

feedback studio "Desempeño estructural del bloque 'A' del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipaci... -- /0 < 1 de 1 > ?

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"Desempeño estructural del bloque 'A' del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**  
Dávila Flores, Hauer Jhoel (0000-0001-6396-0162)

**ASESOR:**  
Mg. Ing. Pinto Barruete, Raúl Antonio (0000-0002-9571-0182)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Diseño Sísmico y Estructural

**Resumen de coincidencias**

**19 %**

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

**Coincidencias**

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	4 %
2	docplayer.es Fuente de internet	2 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
4	repositorio.upao.edu.pe Fuente de internet	2 %
5	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %

Página: 1 de 140    Número de palabras: 34877    Text-only Report | High Resolution    Activado

06:33 p. m. 11/12/2019

*Handwritten signature and stamp:* Universidad CES, UCV, Facultad Profesional de Ingeniería Civil, 07-20