



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Respuesta sísmica de la disposición de disipadores de fluido viscoso  
en el edificio nueva sede Sunat, Lince - Lima, 2019”

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

Ingeniera Civil

**AUTOR:**

Br. Anais Juliet, Santillán Solano (ORCID: 0000-0001-9540-1576)

**ASESOR:**

Dr. Ing. Omart Demetrio, Tello Malpartida (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**Lima – Perú**

**2019**

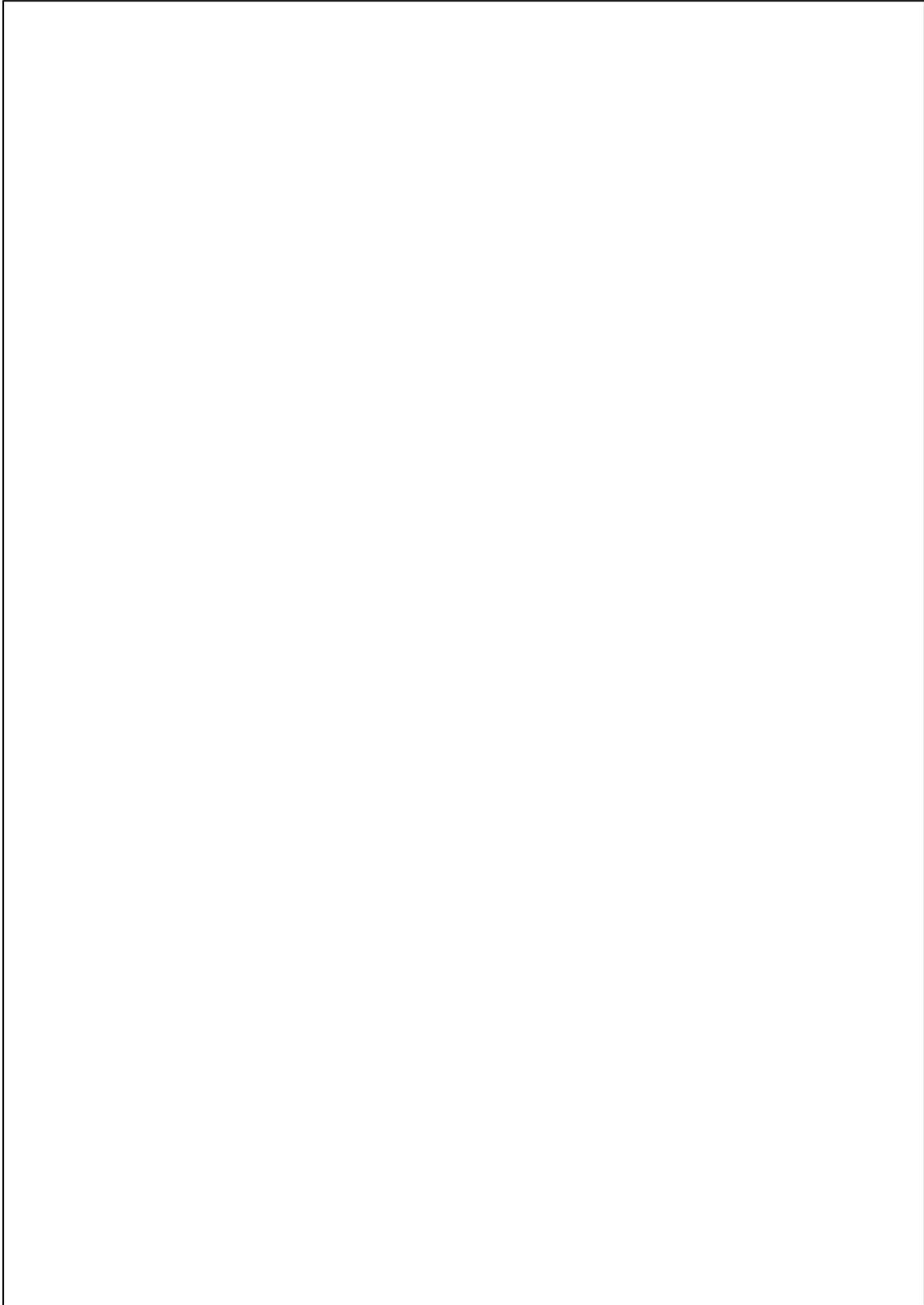
## **Dedicatoria**

A Héctor Fernando De la Cruz  
Montes, Bella Malú e Isis en el  
hoy y siempre.

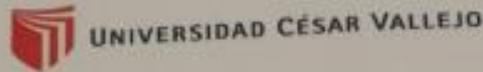
## **Agradecimiento**

El autor desea expresar su agradecimiento a su amigo Walter Arrunátegui por su orientación, apoyo y paciencia en el proceso de elaboración del presente proyecto de investigación.

## **Página del jurado**



## Declaratoria de autenticidad



### Declaratoria de Originalidad del Autor

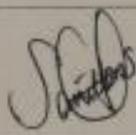
Yo, **SANTILLAN SOLANO, Anais Juliet** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

**"Respuesta sísmica de la disposición de disipadores de fluido viscoso en el edificio Nueva Sede SUNAT, Lince – Lima, 2019"**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

Lima 08 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor <b>SANTILLAN SOLANO, Anais Juliet</b>	
DNI: 45656053	Firma 
ORCID: 0000-0001-9540-1576	

# Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MÉTODO .....	22
2.1. Diseño de investigación .....	23
2.2. Operacionalización de variables .....	25
2.3. Población y muestra, selección de la unidad de análisis .....	26
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	27
2.5. Procedimiento .....	29
2.6. Métodos de análisis de datos .....	30
2.7. Aspectos éticos .....	30
III. RESULTADOS .....	32
3.1. Desarrollo del procedimiento .....	33
3.2 Resultados .....	73
IV. DISCUSIÓN .....	80
V. CONCLUSIONES .....	83
VI. RECOMENDACIONES .....	85
REFERENCIAS .....	87
ANEXOS .....	94

## Índice de Figuras

Figura 1. Características de disipador viscoso .....	8
Figura 2. Instalación de disipador de fluido viscoso .....	10
Figura 3. Comportamiento de disipadores en edificaciones .....	11
Figura 4. Configuración Chevron.....	12
Figura 5. Relación Fuerza y desplazamientos de fluido viscoso con distintos valores de “ $\alpha$ ” .....	13
Figura 6. Escalamiento de registros .....	14
Figura 7. Ejemplos de niveles de desempeño propuesto SEAOC Asociación de Ingenieros Estructurales de California .....	15
Figura 8. Modos de vibración de un edificio .....	16
Figura 9. Reducción de la demanda sísmica .....	16
Figura 10. Fuente Propia .....	25
Figura 11. Disposición de disipadores de fluido viscoso .....	26
Figura 12. Fuente Propia .....	28
Figura 13. Disposición en Planta 1° Piso .....	34
Figura 14. Disposición en Planta 8° Piso .....	34
Figura 15. Disposición de Estructuras 1° Piso .....	34
Figura 16. Disposición de Estructuras piso 5 al 11. ....	35
Figura 17. NTP E030 Cap.3, Item. 3.6.....	35
Figura 18. Espectro de la norma E-030 (R=1) .....	37
Figura 19. NTP. E.030 .....	38
Figura 20. Modelo sin disipadores .....	38
Figura 21. Derivas máximas Eje Y .....	39
Figura 22. Desplazamiento máximo Eje Y .....	40
Figura 23. Cortante Basal Espectral Eje Y .....	41
Figura 24. Sismo 1974 escalado al espectro R=1 .....	42
Figura 25. Sismo 1970 escalado al espectro R=1 .....	42
Figura 26. Sismo 1966 escalado al espectro R=1 .....	43
Figura 27. NTP E.030 Cap.4 .....	44
Figura 28. Pasos para extraer valores de derivas T-H.....	44
Figura 29. Pasos para exportar datos de desplazamiento tiempo historia .....	45

Figura 30 Creación de función pulso .....	47
Figura 31. Crear una nueva función .....	47
Figura 32 Función Pulso Y.....	48
Figura 33 Función pulso no lineal tiempo historia.....	48
Figura 34 Definir la función y factor escala.....	49
Figura 35 Exportar datos seleccionados joint objects .....	49
Figura 36 Selección de nivel - label .....	50
Figura 37 Generar funciones - pisos - label .....	50
Figura 38 Curva de desplazamientos según piso seleccionado.....	51
Figura 39. Norma E030 Cap. N°04 Item 4.6.1.....	52
Figura 40. Seleccionar modo de análisis .....	52
Figura 41. Modal 01- periodo 1.994 .....	53
Figura 42. Exportar datos de modo de vibración .....	53
Figura 43 Modo de vibración N°01.....	55
Figura 44. Modo de vibración N°03 .....	55
Figura 45. Ubicación de disipadores de fluido viscoso.....	56
Figura 46. Ficha técnica de damper indicando valor de C y alpha .....	57
Figura 47. Indicar valor de C y alpha.....	57
Figura 48. Definir el link a emplear .....	58
Figura 49 . Curva de comportamiento histórico típico de los dampers ante el sismo del 1974.....	58
Figura 50. Distribución de damper.....	59
Figura 51. Diafragma de fuerzas en la estructura metálica .....	60
Figura 52. Esquema de planchas de conexión y rotula esférica.....	62
Figura 53. Detalle de conexión .....	62
Figura 54. Detalle de brida inferior .....	63
Figura 55. Ubicación de Pin ASTM 490 de 3" de diámetro .....	65
Figura 56. Brida superior con conectores nelson stud .....	66
Figura 57. Nudo de encuentro .....	67
Figura 58. Brida de conexión .....	68
Figura 59. Soldadura de filete .....	69
Figura 60. Soldadura de penetración.....	70
Figura 61. Proceso de instalación de conectores de estructura metálica.....	71

Figura 62. Verificación de elementos de sujeción para estructura metálica .....	71
Figura 63. Montaje de estructura metálica en pórtico .....	72
Figura 64. Disipador y estructura metálica instalados .....	72
Figura 65. Curva de deriva espectral - máximo piso 14 – Eje Y .....	73
Figura 66. Curva de deriva tiempo historia - máximo piso 16 – Eje Y .....	73
Figura 67. Curva de desplazamiento horizontal espectral - T-H.....	75
Figura 68. Curva de desplazamientos horizontales según disposición de disipadores .....	75
Figura 69. Dámper instalado en pórtico - vista de conectores en viga.....	78

## Índice de Tablas

Tabla 1. Desplazamiento de centro de masa Piso 14-13 .....	36
Tabla 2 Deriva espectral máxima - piso 14.....	39
Tabla 3 Desplazamiento espectral máximo - piso 21.....	40
Tabla 4 Aceleración espectral máxima - piso 21 .....	41
Tabla 5 Fuerza de corte basal espectral.....	42
Tabla 6 Derivas tiempo historia $> 0.00875$ .....	45
Tabla 7: Desplazamientos máximo tiempo historia piso 21 .....	46
Tabla 8 Aceleración tiempo historia máximo piso 21.....	46
Tabla 9 Fuerza de corte basal - piso 1 .....	51
Tabla 10. Modos de vibración - masa participativa .....	54
Tabla 11. Modo de vibración - masa participativa.....	54
Tabla 12. Resultados de deriva espectral - tiempo historia Eje Y.....	74
Tabla 13. Resultados de derivas según disposición en altura Eje Y .....	74
Tabla 14. Resultados de desplazamiento espectral - tiempo historia.....	75
Tabla 15. Resultados de desplazamientos horizontales según disposición de disipadores en altura Eje Y.....	76
Tabla 16. Resultados de análisis de fuerza de corte basal estático - dinámico .....	76
Tabla 17. Resultados de fuerza de corte basal sin disipadores y con 03 disposiciones .....	77
Tabla 18. Modos de vibración.....	77
Tabla 19. Resultados de modos de vibración de la estructura sin disipadores y con 03 disposiciones .....	77
Tabla 20. Resultados de amortiguamiento sin disipadores y con 03 disposiciones .....	78

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 .....	13
Ecuación 2 .....	16
Ecuación 3 .....	17
Ecuación 4 .....	17
Ecuación 5 .....	188
Ecuación 6 .....	18
Ecuación 7 .....	36
Ecuación 8 .....	37
Ecuación 9 .....	51

## RESUMEN

El objetivo de la presente tesis, fue determinar de qué manera la disposición de disipadores de fluido viscoso mejora la respuesta sísmica de edificio Nueva Sede Sunat.

El método empleado para la investigación fue de enfoque cuantitativo, nivel explicativo, y diseño experimental, se realiza una serie de análisis comparativos con tres disposiciones de disipadores de fluido viscoso en altura para el edificio Nueva Sede Sunat de 21 pisos con un sistema estructural de concreto armado - muros estructurales donde en la dirección más larga el edificio controla los desplazamientos mediante placas en la dirección más corta presenta placas ubicadas en la parte derecha del edificio, lo cual hace que este presente grandes deformaciones en la parte izquierda, aprovechado por los disipadores. Se procedió a realizar el análisis del modelo mediante el programa ETABS con un escalamiento de tres conjuntos de sismos, análisis tiempo historia lineal de la estructura, debido a que la norma ASCE capítulo 17 lo indica, y análisis no lineal de los disipadores de fluido viscoso, considerando la configuración chevron aprovechando la arquitectura de la edificación.

Se concluye que de las tres disposiciones en altura la más óptima es la que considera el uso de disipadores de fluido viscoso del piso 8 al 19, siendo 24 und. lo que da como resultado la reducción de las derivas en un 26.44% (Tabla N° 13) desplazamiento máximo 23.25% (Tabla N°15) y fuerza de corte basal 16.55% (Tabla N°16) el modo de vibración mantiene su periodo de 1.99 seg inicial, así mismo incrementa el factor de amortiguamiento crítico de la edificación en un 7.4 % (Tabla N°20).

**Palabras clave:** disipadores, fluido viscoso, comportamiento sísmico.

## ABSTRACT

The objective of this thesis was to determine how the arrangement of viscous fluid heatsinks improves the seismic response of the New Sunat Headquarters building.

The method used for the investigation was of quantitative approach, explanatory level, and experimental design, a series of comparative analyzes with three arrangements of heats of viscous fluid in height for the 21-story Sunat New Headquarters building with a concrete structural system is carried out reinforced - structural walls where in the longest direction the building controls the displacements by means of plates in the shortest direction it presents plates located in the right part of the building, which makes it present large deformations in the left part, exploited by the heatsinks. The analysis of the model was carried out using the ETABS program with an escalation of three sets of earthquakes, analysis of the linear history of the structure, due to the fact that the ASCE norm article 16 indicates it, and nonlinear analysis of the viscous fluid dissipators , considering the chevron configuration taking advantage of the building architecture.

It is concluded that of the three provisions in height the most optimal is the one that considers the use of viscous fluid heatsinks from floor 8 to 19, being 24 und. which results in the reduction of drifts by 26.44% (Table No. 13) maximum displacement 23.25% (Table No. 15) and basal shear force 16.55% (Table No. 16) the vibration mode maintains its period of 1.99 sec initial, also increases the critical damping factor of the building by 7.4% (Table No. 20).

**Keywords:** viscous fluid, heatsinks, seismic behavior

## **I. INTRODUCCIÓN**

Los sismos han sido siempre parte de nuestra realidad, ya que el Perú forma parte de lo que es conocido como anillo de fuego de la costa del pacífico, que es probablemente la zona sísmica más activa del mundo y Lima ha sido golpeada por varios terremotos superiores a 8 grados desde su fundación en el siglo XVI según los registros históricos, de los cuales mencionaremos dos de los más importantes de los que se tiene registro:

28 de octubre de 1,746, con epicentro en el océano pacífico al oeste del Callao, con una intensidad de 9.0 grados, sismo más fuerte registrado en la historia de Lima desde su fundación, 13 de agosto de 1868, con epicentro en el océano pacífico frente a Arica, con una intensidad de 9.0 grados. Adicionalmente mencionaremos tres de los más importantes eventos sísmicos de los últimos 100 años:

24 de mayo de 1,940, con epicentro en el océano pacífico al oeste del Callao, con una intensidad de 8.2 grados, 24 de agosto de 1,942, con epicentro entre los departamentos de Ica y Arequipa, con una intensidad de 8.2 grados, 17 de octubre de 1,966, con epicentro en el océano pacífico frente a Barranca y Huacho, con una intensidad de 8.2 grados

El Perú, es considerado como altamente sísmico. Dentro de los diseños de estructuras que se realizan en el país, desde hace algunos años, se vienen proyectando edificios, así como construyendo los mismos con el uso de modernos dispositivos como los aisladores sísmicos de base o amortiguadores o disipadores, los que serán seleccionados según distintos requerimientos que se tenga para la edificación. El uso de dispositivos de amortiguación o aislación a nivel mundial, ha demostrado a los ingenieros y usuarios al momento de ser sometidos a solicitaciones sísmicas intensas, que estos elementos son muy eficientes y permiten mantener a la edificación sin que se presenten daños aparentes, y manteniendo la salvaguarda de las personas y los activos que se encuentran dentro de las edificaciones.

Para poder conseguir una mejor respuesta sísmica de las estructuras, una de las opciones que se tiene es dotarlas de disipadores de energía, estos dispositivos permiten mejorar el comportamiento de la edificación al ser sometida a un espectro o solicitación sísmica, debido a que dichos elementos incrementan el amortiguamiento propio de la edificación, lo que permite una mejor respuesta sísmica de la estructura (desplazamiento, aceleraciones y fuerzas internas).

Por los argumentos indicados anteriormente, el proyecto de investigación que se presenta en el presente documento, pretende determinar la respuesta sísmica de la disposición de los elementos de amortiguación para el edificio de la Nueva Sede Sunat.

Fuentes Sadowski, Juan Carlos. (2015), en la tesis de grado titulada *Análisis Sísmico de una Edificación con Disipadores de Fluido Viscoso* para la Pontificia Universidad Católica del Perú en su Facultad de Ciencias e Ingeniería, tuvo como objetivo general realizar varios tipos de disposiciones de los amortiguadores, para reducir la distorsión de entrepiso por debajo del 0.7% según los requerimientos de la norma E030, haciendo un análisis de respuesta espectral con el programa ETABS para cada caso, encontrándose que la disposición más eficiente que permitía esto era la de tipo Chevron, obteniéndose una significativa reducción de los desplazamientos máximos en la azotea, además de reducir también la fuerza resultante aplicada en la base de la edificación logrando así, hacer que la estructura pudiera tener una mejor respuesta sísmica, presentando un daño moderado en caso fuera sometida a las exigencias de una sollicitación sísmica que tuviera una frecuencia de ocurrencia de 500 años.

Corpus y Morales. (2015), en la tesis de grado titulada *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*, para la Universidad Privada Antenor Orrego en su Facultad de Ingeniería, tuvieron como objetivo general de investigación el encontrar las diferencias entre el diseño de una estructura según el sistema dual de placas y columnas de concreto mediante el cual se permite el aumento de la rigidez de la edificación, y un diseño que consista en implementar la instalación de disipadores, en el cual no modifican de ninguna manera la rigidez de la edificación, para el análisis de ambas propuestas se usó el programa de computación ETABS 2013, los resultados obtenidos de dicho análisis fueron que ambos sistemas permiten reducir de manera muy efectiva las derivas de entrepiso, ya que con el primero permite aumentar la rigidez de la edificación lo que reduce sus desplazamientos y en el otro caso al usar los elementos de amortiguación que permiten la disipación de energía sísmica, los que ayudan a reducir la respuesta de la estructura, evitando de esta manera que se produzcan excesivos desplazamientos en la edificación; si bien ambos sistemas son efectivos en su función de reducir los desplazamientos de la edificación durante una sollicitación sísmica, la elección de uno u otro

sistema según lo indicado en el documento puede ser el costo que cada uno representa, ya que si bien la implementación del sistema de disipadores sísmicos de fluido viscoso puede representar una incidencia del 7% del costo total de la edificación durante la construcción de esta, no representa mayores costos de reparación tras la ocurrencia de una solicitación sísmica de las proporciones para las cuales está diseñado el dispositivo, sin embargo la implementación del sistema dual de muros de concreto, si bien no representa un costo tan significativo en la etapa de construcción, después de ser sometido a un evento sísmico severo, la estructura presentara daños en su estructura y arquitectura, por lo que se tendría que proceder a la inmediata reparación de esta, cuyo costo podría representar, dependiendo del daño presentado, entre un 25% y 30% del valor inicial de la edificación, ante estos dos escenarios y los posibles costos futuros de reparación que se presentarían, lo más recomendable es el uso de elementos de amortiguación, los que permitirán la reducción de las derivas de entrepiso de las edificación.

Pardo Verdugo, Juan Pablo. (2007), en la tesis de grado titulada *Control de la Respuesta Dinámica de Estructuras Mediante el uso de Disipadores de Energía de Fluido Viscoso del Tipo Lineal* para la Universidad Austral de Chile en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, tuvo como objetivo general de investigación evaluar el mejoramiento del amortiguamiento de una edificación, mediante la implementación elementos de amortiguación los que permitirán controlar la respuesta sísmica de la edificación ante una solicitación sísmica, logrando mejorar el comportamiento de la edificación y evitando que esta entre en entre en los rangos inelásticos, para los análisis correspondientes se usó el programa SAP2000, obteniéndose resultados muy positivos al aumentar el amortiguamiento de la estructura de 5% al 20%, con lo cual se obtuvo una significativa reducción de los desplazamientos laterales de en promedio 45% y reducción de las cortantes aplicadas a la estructura en el orden del 44%, adicionalmente se pudo verificar que el uso de estos dispositivos permite el uso de fundaciones más pequeñas, además de que estos dispositivos no requieren que se realice ninguna rehabilitación posterior a que se haya producido alguna solicitación sísmica, por lo que no considera ningún tipo de costo de reparación posterior, por todo lo indicado en el documento, se concluye que la utilización de amortiguadores (disipadores de fluido viscoso) es muy ventajoso para la edificación sin que esta modifique tan drásticamente su disposición arquitectónica ni estructural inicial.

Ugarte Lucuy, Luis Bernardo. (2011), en la tesis de grado titulada *Estudio de Sistemas de Control Semiactivo en Estructuras Acopladas* para la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, tuvieron como objetivo principal determinar cómo influiría en el mejoramiento de la respuesta de dos edificaciones ante un sismo el uso de amortiguadores viscosos en las azoteas de las estructuras, además se consideró el uso de elementos de control pasivo, semiactivo y activo, mediante la estimación de diferentes escenarios se pudo comprobar que la combinación de todos estos elementos ayudo a mejorar significativamente el comportamiento de la edificación ante un sismo, concluyéndose que la alternativa más óptima era la de ubicar tres dispositivos en los primeros niveles de cada edificación, con lo que se conseguía un disminución de los desplazamientos, aceleraciones y fuerzas aplicadas a la estructura, además se pudo verificar que los dispositivos activos tuvieron un mejor desempeño que los semiactivos, por lo que en futuras construcciones sería recomendable usar una mayor cantidad de estos dispositivos activos, con lo que se aseguraría una mejor respuesta sísmica de la edificación ante los sismos a los que se podría estar sometida en el futuro.

Oviedo y Duque. (2006), en el artículo titulado *Sistemas de Control de Respuesta Sísmica en Edificaciones para la revista científica EIA, ISSN 1794-1237 Numero 6*, para la Escuela de Ingeniería de Antioquia en Medellín (Colombia), tuvieron como finalidad de estudio de investigación el de dar a conocer el comportamiento de una estructura ante una respuesta sísmica usando varios tipos de sistemas de control de respuesta sísmica, para de este modo poder analizar cuál de estos podría ser el más indicado dependiendo del tipo de energía y el control de respuesta sísmica que se quiere disipar, considerando para todos estos cálculos el uso del programa de computo SAP 2000; se pudo encontrar que las estructuras a las cuales se considera el uso de algún sistema de control de respuesta sísmica, no sufrirá daños como una estructura convencional, la que dependiendo del daño sufrido requerirá una inversión en reparación de los elementos estructurales o hasta la demolición y reconstrucción de estos, dependiendo del daño sufrido durante la sollicitación sísmica, así mismo el artículo enfatiza el hecho de que la implementación de elementos de amortiguación de las estructuras, debe hacerse más intensivo y considerarse en los reglamentos de cada región, además de masificarse para que con el pasar del tiempo esta tecnología sea algo común en las edificaciones que se construyan en Colombia, ya que los estudios demuestran su eficacia en la reducción de la respuesta sísmica.

Cimellaro Gian P. (2009), en el artículo titulado *Optimal Weakening and Damping Using Polynomial Control for Seismically Excited Nonlinear Structures* for the Department of Structural & Geotechnical Engineering (DISTR), Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, Turin 10129, Italy, tuvieron como objetivo principal de investigación encontrar la metodología para añadir amortiguamiento adicional a las estructuras, cuando el amortiguamiento inherente a estas no es suficiente para tener una adecuada respuesta a las solicitaciones sísmicas, para lo cual se debe presentar un diseño alternativo mediante la ubicación de dispositivos de amortiguamiento pasivo o activo, el cual podrá brindar un amortiguamiento adicional a las estructuras, el cual permitirá disminuir los desplazamientos relativos de entre pisos, así como permitir una reducción de las fuerzas aplicadas sobre la edificación, teniendo en consideración que para el enfoque de amortiguamiento y debilitamiento se debe tener en cuenta las características de la estructura original.

Vielma, Barbat, y Oller. (2008), en el artículo titulado *Umbrales de Daño para Estado Limite de Edificios Porticados de Concreto Armado Diseñados Conforme al ACI-318/IBC-2006* para la Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, tuvieron como objetivo principal de investigación, encontrar una forma de poder determinar lo más objetivamente posible los desplazamientos laterales de una estructura al ser sometida a una solicitación sísmica, encontrando que los umbrales de los estados limites, no dependen de la cantidad de niveles de la estructura ni del tipo de riesgo sísmica, siendo el mecanismo de falla el factor más importante, adicionalmente se procede a encontrar la deriva de entrepisos, lo que nos permite hacer una comparación con los umbrales de daño que puede soportar una estructura, así también se pudo determinar que los edificios bajos comparados con los altos, cuentan con umbrales inferiores donde el mecanismo de falla de los elementos representa un tipo de planta frágil, finalmente se determinó que con los umbrales de daño se puede hacer un análisis simple de la respuesta de la edificación, donde se verifiquen las derivas totales después de una solicitación sísmica específica.

Palermo, Sisvestri, Gasparini, Dib y Trombetti. (2017), en su artículo titulado *A Direct Design Procedure For Frame Structures With Added Viscous Dampers For The Mitigation Of Earthquake-Induced Vibrations*, para la Universidad de Bologna, Viale del Risorgimento 2, Italia, tiene la finalidad de facilitar un procedimiento de diseño para las edificaciones compuestas por pórticos estructurales a los cuales se les adicional los sistemas de amortiguamiento viscosos, estos procedimientos tratan de ayudar a los diseñadores

estructurales con la forma de elección, dimensionado y ubicación de estos elementos de disipación de energía sísmica, los que permitirán la disminución de la respuesta de la edificación ante un sismo mediante la reducción de los desplazamientos, velocidades y fuerzas máximas, resultantes al momento de someter a la edificación a una sollicitación sísmica, ya que el uso de estos dispositivos permitirá el aumento de los valores de amortiguamiento de la edificación, para poder realizar todas estas estimaciones se recomienda el uso de análisis dinámicos no lineales y así poder obtener el diseño final.

Tamura, Kojima y Takewaki (2019), en su artículo titulado *Critical Response of Elastic-Plastic SDOF Systems with Nonlinear Viscous Damping Under Simulated Earthquake Ground Motions* para Heliyon Volumen 5, Numero 2, e01221, tiene el objetivo de investigar las diferentes respuestas críticas de una estructura en el estado estacionario al ser sometida a un impulso múltiple sísmico para un ejemplo que cuenta con un solo grado de libertad en el estado perfectamente elasto-plástico considerando un amortiguamiento viscoso no lineal, obteniéndose como resultados que cada impulso actúa en la sincronización de la fuerza de restauración cero y la velocidad máxima, siendo el mayor valor de estos dos la respuesta crítica de estado estable, también se encontró que es necesario el amplificar la amplitud y aceleración de la onda sinusoidal en múltiplos de 1.15, para ajustar la respuesta de la estructura bajo el impulso y la correspondiente onda sinusoidal de múltiples ciclos a la que es sometida, además se ha demostrado comparándolo con un modelo de amortiguamiento viscoso lineal que la no linealidad en el amortiguamiento viscoso presenta un buen comportamiento ante la respuesta a la sollicitación sísmica y finalmente la solución que se plantea para el impulso múltiple crítico, presenta una adecuada correspondencia con el movimiento en tierra registrado de larga duración.

DISIPADORES SÍSMICOS DE FLUIDO VISCOSO, los elementos de amortiguación, son dispositivos que se instalan junto a los elementos estructurales (pórticos), que permiten la disminución de energía generada en una sollicitación sísmica mediante el sistema de paso de un fluido viscoso de un compartimiento al otro en la parte interior del dispositivo, generando de esta manera una resistencia al movimiento del edificio de manera libre. Uno de los principales fabricantes de estos dispositivos tecnológicos durante los últimos 60 años es Taylor Devices, cuyas fábricas y laboratorios han sido certificados por los EEUU y la

NASA, además de trabajar conjuntamente con el National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER) ubicado en la universidad del estado de NY en Buffalo. Durante el terremoto de Tohoku en Japón del 2011 de intensidad IX, varias edificaciones provistas de los dispositivos de amortiguamiento fabricados por Taylor Devices, tuvieron un gran desempeño al momento de disipar la energía del sismo sobre las edificaciones como centros de salud, oficinas y edificios multifamiliares. Taylor Devices es la única empresa estadounidense con presencia en países como Japón, China, Chile y Nueva Zelanda, teniendo en los 60 años que la empresa viene funcionando un record de cero fallas o reemplazos en todos los dispositivos instalados a nivel mundial. El sistema de disipación está conformado por los disipadores sísmicos y una estructura metálica que le permite apoyarse al pórtico. El sistema va ubicado en ciertos niveles de la edificación y también en la dirección requerida para limitar desplazamientos. Se debe lograr la ubicación y distribución óptima para la edificación.

La configuración de los disipadores sísmicos para el presente proyecto es en Chevron, es decir en cada pórtico de concreto armado van 2 disipadores en forma horizontal acompañado por una estructura metálica que le permite su conexión al pórtico.

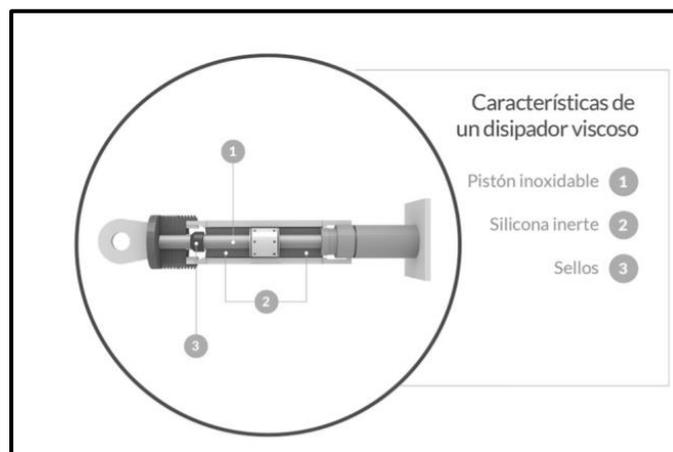


Figura 1. Características de disipador viscoso

Todos los materiales y procesos usados serán referidos a las especificaciones o estándares y se mostrarán en los planos proveedor o en los documentos de ensayos de los amortiguadores, los elementos que se requieren para la fabricación de la unidad deberán estar sujetos a la aprobación del Ingeniero Supervisor. No está permitido la unión entre metales diferentes sin un separador o una junta no-metálica de al menos 1.5 mm de espesor. El uso del aluminio,

aleaciones de aluminio, magnesio, aleaciones de magnesio, berilio y las aleaciones de berilio están prohibidas. El uso del acero no-inoxidable internamente expuesto a cámaras internas de aire o de gas está prohibido. Materiales resistentes a los Hongos: solamente se utilizarán materiales inertes en el dispositivo, todas las fundiciones serán prohibidas para piezas de recipientes a presión o cualquier otra pieza sujeta a fuerzas de tracción o de flexión, a excepción de partes tales como cubiertas, manijas, etc. cuya falla no afectará la integridad estructural o funcionamiento de la unidad. Tal unión puede ser de clase 2B, conforme a la aparición del ingeniero Supervisor no afectará la integridad estructural o el funcionamiento de la unidad.

El amortiguador (VDD) será fabricado de manera que se evite su mantenimiento. Todos los émbolos y/o los indicadores de nivel tales como ventanillas o indicadores de presión que puedan tener fugas están estrictamente prohibidos. Piezas sensibles al envejecimiento: Todos los paquetes no metálicos, empaquetaduras, limpiadores o juntas serán hechas de materiales no sensibles al envejecimiento, (duración mínima de 50 años), los pistones y cualquier pieza deslizante sobre un sello serán fabricadas de acero inoxidable. El niquelado se puede aplicar sobre el acero inoxidable si es requerido por el tipo de fluido de sello seleccionado. El líquido de operación usado en los amortiguadores será no tóxico, no inflamable y de silicón inerte de acuerdo al U.S. Estándar Federal VV- D-1078. Los líquidos petroquímicos no serán utilizados. Los componentes del amortiguador que están a presión deben ser de construcción de tipo de barra no-atada, sin cabezas o topes. No se permite la construcción con soldadura o uniones de ningún tipo para la fabricación del recipiente de presión. Los recipientes y los sellos de presión serán fabricados para resistir 20,000psi como presión de estallido mínima. Una unidad de producción seleccionada en forma aleatoria será probada a esta presión, sin que se permita la pérdida de líquido o falla de las piezas. No se permite el uso de amortiguadores que funcionen mediante el sistema de válvulas internas como componente de disipación. El disipador proporcionará una fuerza a la tracción o compresión que es directamente proporcional a la velocidad que se tiene de manera relativa entre los dos lados del amortiguador. La fuerza en el amortiguador depende únicamente de la velocidad, y no cambia con el movimiento, posición o el ángulo de orientación del amortiguador. La función de los amortiguadores es reducir desplazamientos de modo que se reduzcan o se elimine el daño al edificio cuando ocurra un evento sísmico. La unidad utilizará líquido inerte de la silicona conforme con el Estándar Federal VV-D-1078 de los

EE.UU. La unidad tendrá condiciones que permitan la expansión y contracción térmica del medio fluido para prevenir la acumulación excesiva de presión o de la presión interna del vacío.



Figura 2. Instalación de disipador de fluido viscoso

Los amortiguadores estarán libres de mantenimiento y servicio durante un período de al menos 30 años y preferentemente durante la vida útil prevista del edificio. Esto significa que no será necesaria ninguna inspección, verificación del nivel fluido, llenado o reemplazo del líquido o de cualquier otra pieza. Los amortiguadores serán diseñados y construidos de modo que su instalación, retiro o reemplazo, en caso de necesidad, sea un proceso simple que no requiera de herramientas o métodos especiales. La unidad de VDD será protegida de la corrosión con un pistón interior de acero inoxidable y extremadamente pulida.

La unidad funcionará con el mismo coeficiente de disipación en ambas direcciones del recorrido. La fuerza de operación desarrollada por en la unidad estará siempre dentro del intervalo de diseño, unidad será diseñada para la amplitud, frecuencia y tiempo de los siguientes ciclos de carga sísmicas. La unidad será capaz de funcionar en los niveles de energía, y las condiciones de tiempo y ambientales aquí especificadas, sin la degradación de su funcionamiento o de su vida útil como resultado de su labor a temperaturas máximas y mínimas.

Está prohibido el uso de los sellos de líquidos que requieren el drenaje de líquido para la lubricación. Bajo condiciones no operativas, los sellos estáticos no presentarán fugas por

fuera. Cuando la unidad esté sometida a una presión de prueba de tres (3) minutos, no mostrará ninguna evidencia visible de fuga.

VENTAJAS DEL USO DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO, reducen significativamente los esfuerzos y deformaciones en el edificio (Drifts, Corte basal, etc.); reducen las aceleraciones del edificio; no cambia la rigidez global del edificio; sólo incorpora amortiguamiento al sistema estructural; no aumentan el corte en la estructura (debido a que la máxima fuerza elástica del edificio está fuera de fase con la máxima fuerza viscosa en el disipador); no es necesario cambiar los dispositivos luego de un sismo severo y no necesitan mantenimiento.

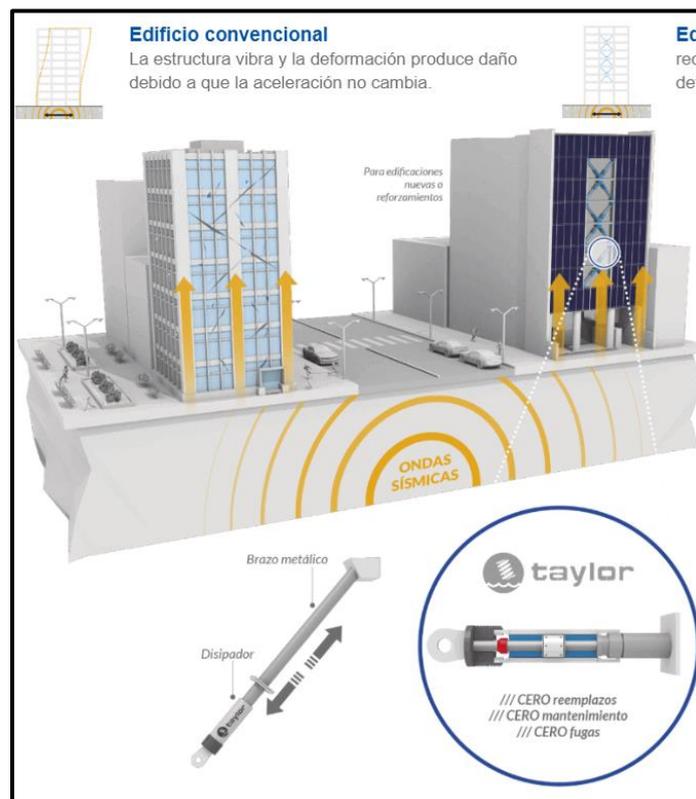


Figura 3. Comportamiento de disipadores en edificaciones

CONFIGURACIÓN CHEVRON, la configuración mencionada considera elementos diagonales, perfiles metálicos los cuales tienen conexión directa con la estructura, la cual será instalada mediante conectores dentro del enmallado del fierro corrugado (ubicación

pórtico ejes C-E). El diseño de la edificación en mención empleará la norma E. 0.80: Norma técnica de diseño en estructuras de acero, los valores fundamentales para el diseño de las piezas de acero son:

- a) El límite elástico ( $F_y$ ): Es la carga unitaria para la que se inicia el estado de fluencia, es decir a partir del cual las deformaciones no son recuperables.
- b) El límite de rotura ( $F_u$ ): Es la carga unitaria máxima soportada por el acero en el ensayo de tracción.

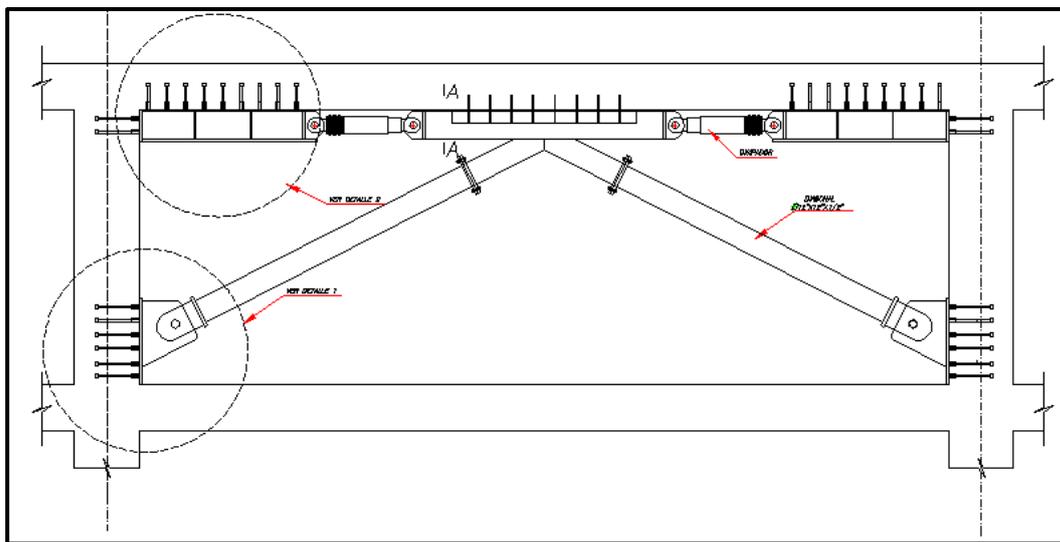


Figura 4. Configuración Chevron

ECUACIÓN GENERAL DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO, el funcionamiento de los elementos de disipación, está dado por el paso de un fluido de alta viscosidad debido a la fuerza a la que se somete por un pistón, debido a los desplazamientos entre dos pisos consecutivos, que produce que en el interior del dispositivo se mueva el fluido de un compartimento al otro generándose durante este desplazamiento del fluido calor, que es la forma en el que el dispositivo disipa la energía.

Los disipadores, reaccionaran con una fuerza ( $F$ ) la que estará conformada por el amortiguamiento ( $C$ ), la velocidad relativa entre sus extremos ( $V$ ) y de un coeficiente ( $\alpha$ ), con lo que se definirá la siguiente expresión:

$$F = CV \alpha (1) \dots \dots \dots \text{Ecuación 1}$$

**Dónde:**

- F: Fuerza en el disipador.
- C: Constante de Amortiguamiento.
- V: Velocidad relativa en el amortiguador.
- $\alpha$ : Coeficiente que varía entre 0.4 y 0.6 para edificaciones.

Nota: Para amortiguadores lineales el valor de  $\alpha=1$  y para amortiguadores no lineales el valor de  $\alpha<1$ .

En la gráfica 1, podemos observar la correspondencia entre la fuerza (F) y su desplazamiento relativo (x) considerando elementos no lineales con diferentes constantes “ $\alpha$ ”, pero haciendo prevalecer como contante el amortiguamiento (C). También de verifica que la correspondencia entre la fuerza del disipador y su desplazamiento, presenta la forma de un elipsoide. Se debe considerar que, para elementos no lineales, el amortiguamiento produce fuerzas las que van disminuyendo a medida que se reduce el valor de “ $\alpha$ ”.

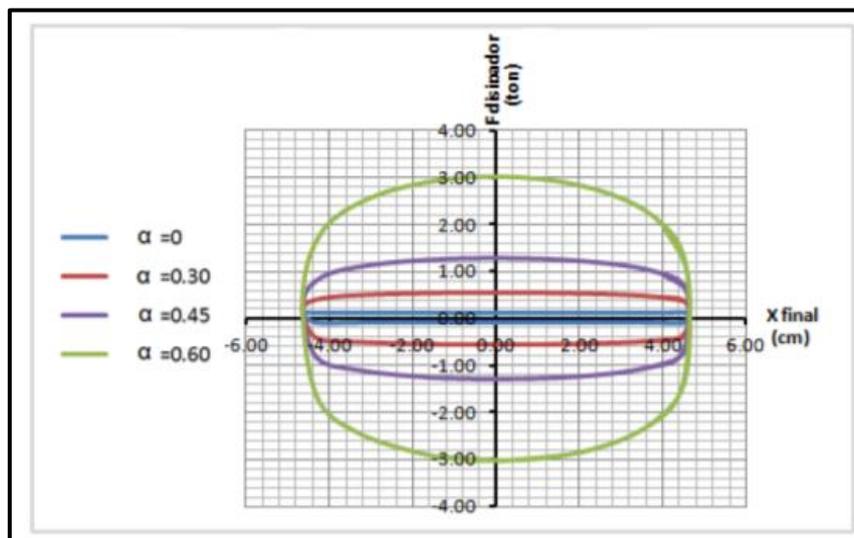


Figura 5. Relación Fuerza y desplazamientos de fluido viscoso con distintos valores de “ $\alpha$ ”

Usar registros Tiempo – Historia debidamente escalados al espectro de la Norma. El valor de R es 1 (únicamente para analizar los disipadores).

Cantidad de registros: Norma Peruana E030-2018: Por lo menos tres grupos de registros de aceleraciones registradas del terreno, las que deben considerar dos componentes en direcciones perpendiculares entre sí. Con 7 o más pares de registro los resultados deben considerarse como PROMEDIO de todos. Menos de siete juegos de registros los resultados serán evaluados considerando los MAYORES números obtenidos de cada uno de los análisis

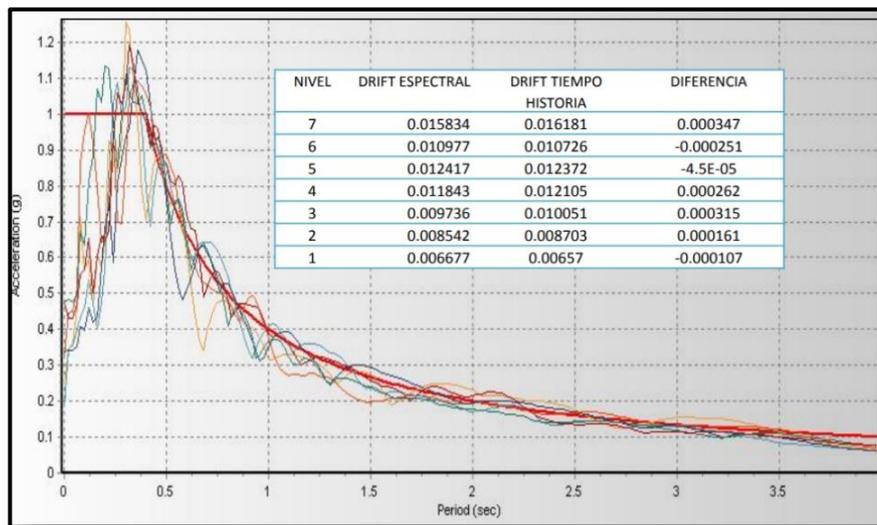


Figura 6. Escalamiento de registros

Se sugiere que como una manera de optimizar el escalamiento de los registros es verificando que las derivas que se obtienen con el análisis espectral no sean muy distintas de las que resultan del análisis tiempo historia.

Según lo mencionado indicamos las consideraciones de diseño: Definir NIVEL DE DESEMPEÑO para SISMO de DISEÑO y SISMO MÁXIMO; para el caso de reforzamientos en elementos de concreto, dependiendo de la antigüedad, eventos previos sufridos, calidad de los materiales, entre otros, se recomienda usar secciones agrietada: - Vigas:  $0.50I_g$  - Columnas:  $0.70I_g$ ; Análisis Dinámico con Ritz Vectors, busca encontrar los modos que son excitados por una carga particular. El vector Ritz puede proveer una mejor base que el eigenvector cuando es utilizado por el análisis de espectro de respuesta o por el análisis tiempo- historia que están basados en superposición modal.

- **Fully Operational.** Facility continues in operation with negligible damage.
- **Operational.** Facility continues in operation with minor damage and minor disruption in nonessential services.
- **Life Safe.** Life safety is substantially protected, damage is moderate to extensive.
- **Near Collapse.** Life safety is at risk, damage is severe, structural collapse is prevented.

Figura 7. Ejemplos de niveles de desempeño propuesto SEAOC  
Asociación de Ingenieros Estructurales de California

PARÁMETROS DINÁMICO, cuando se habla de “Parámetros Dinámicos” se debe entender que se evaluarán las características físicas propias de la estructura, así como también los elementos de disipación que se emplearán en el Edificio Nueva Sede Sunat.

Periodo de Vibración, el análisis de los modos de vibración, es un método que se usa para encontrar las formas en que la edificación vibrara, considerando un comportamiento elástico y lineal, este método nos facilitara las frecuencias y modos naturales con los que vibra la edificación, se tiene como objetivo mediante este análisis obtener los modos de vibración de una estructura de varios grados de libertad con una masa de gran proporción, analizando el efecto de su localización en cada uno de los pisos.

Los módulos de vibración y frecuencias son parámetros propios de la edificación, dado que solo se requieren las características de rigidez y distribución de la masa. Una estructura tendrá tantos modos de vibración y respectivas frecuencias según los grados de libertad que posee.

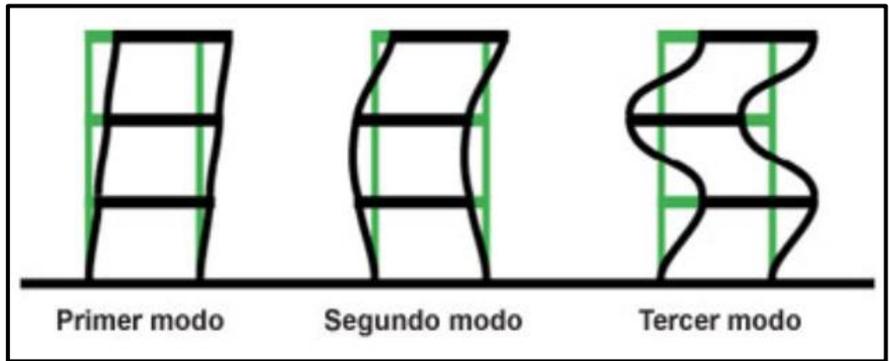


Figura 8. Modos de vibración de un edificio

Considera el intervalo de tiempo en que la estructura completa un ciclo se denomina el periodo de vibración y se representa por el valor T. El valor T se puede hallar haciendo  $x(t) = x(t+T)$ . Entonces, se obtiene:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

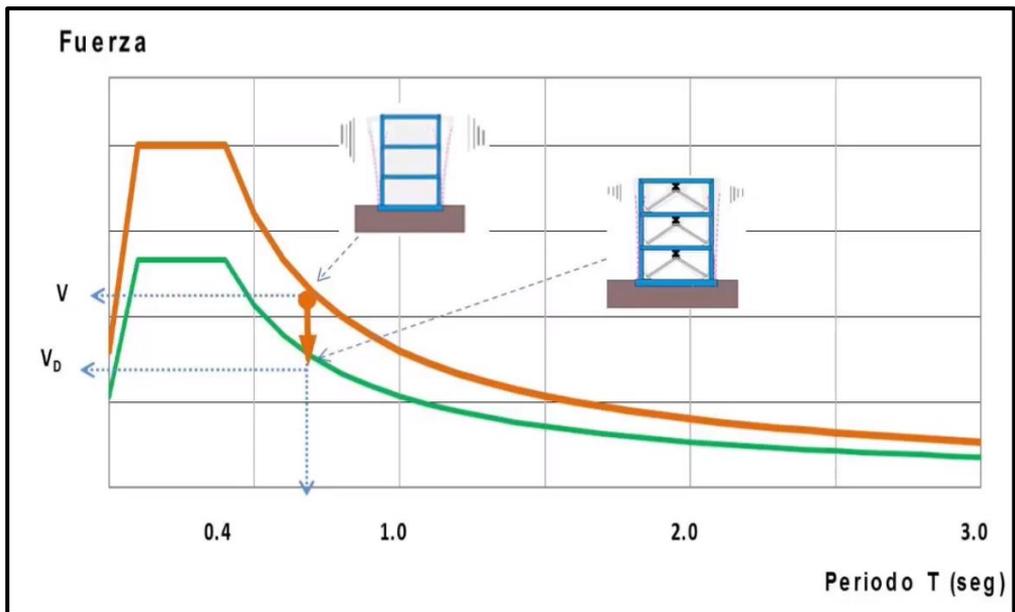


Figura 9. Reducción de la demanda sísmica

Factor de Amortiguamiento Crítico, es un parámetro inherente a todas las estructuras el cual depende principalmente de la rigidez y la distribución de las masas que presenta cada edificación.

Uno de los mecanismos que tienen las estructuras para disipar la energía y reducir los desplazamientos de la respuesta. La ecuación de equilibrio para el caso de una estructura en vibración libre es:

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = 0 \dots\dots\dots \text{Ecuación 3}$$

La forma que tendrá la solución de esta ecuación diferencial depende de la siguiente ecuación algebraica, denominada ecuación característica:

$$M = \alpha^2 + C\alpha + K = 0 \dots\dots\dots \text{Ecuación 4}$$

RESPUESTA ESPECTRAL, cuando se habla de “Respuesta Espectral” se debe entender que se analizará el comportamiento de la estructura ante la sollicitación sísmica a la cual es sometida. Se analiza para que esta se comporte dentro del rango elástico, para lo cual se debe determinar su periodo fundamental de vibración, además de considerar un factor de amortiguamiento y someter a la estructura a una señal de aceleraciones sísmicas, se obtendrán los diferentes desplazamientos, aceleraciones y fuerzas cortantes máximas que se aplican sobre cada losa; con los datos resultantes podremos obtener los parámetros de evaluación como son la cortante basal, desplazamientos laterales y desplazamientos de entrepiso.

Fuerza de Corte Basal, la sumatoria de todas las fuerzas cortantes que se producen en cada piso y se representa en la base de la edificación, se denomina como cortante basal. Las fuerzas producidas en cada nivel de la edificación, no son más que la resultante de la acción de la fuerza producida por el sismo sobre cada losa, cuya sumatoria se va acumulando a medida que se analiza la resultante hasta llegar al nivel de terreno. Este método es

sumamente útil para edificaciones de forma regular y que permite tener elevaciones, cargas y áreas en planta similares en toda su altura, pudiéndose usar un método estático equivalente.

La fuerza cortante resultante a nivel de terreno de la edificación para cada dirección, se calcula considerando la ecuación 5, que se presenta a continuación:

$$V = \frac{Z * U * C * S * P}{R} \quad \text{Ecuación 5}$$

**Dónde:**

V = Fuerza cortante en la base.

Z = Factor de zona.

U = Factor de uso o importancia.

C = Factor de amplificación sísmica.

R = Coeficiente de reducción sísmica.

P = Peso de la edificación.

Esta se obtiene al multiplicar las aceleraciones resultantes por la masa de cada nivel, se obtendrá las fuerzas de inercia aplicadas en cada nivel, siendo esta la sumatoria de todas estas fuerzas de inercia que se aplican en cada uno de los niveles, aplicado en la base de la edificación, esta sumatoria de fuerzas coincide con la expresión.

$$V = \frac{L *^2}{M *} S_a \quad \text{Ecuación 6}$$

**L\*:** Masa Participante

**M\*:** Masa Generalizada

Desplazamientos Laterales, los desplazamientos laterales se producen al someter a la estructura a una carga lateral producto de una sollicitación sísmica y dependerá de la rigidez y masa de la edificación.

Para obtener los mayores desplazamientos laterales que se producen durante un sismo, se deberá multiplicar por 0.75 R, los desplazamientos que se obtienen de realizar el análisis elástico con las fuerzas sísmicas paralelas al terreno, según lo indicado en la Norma E-030.

Se obtienen como respuesta a la aplicación del espectro sísmico sobre la edificación, donde se obtendrán los desplazamientos de cada losa y el desplazamiento total de la edificación en su parte superior respecto a su base.

Derivas, es el desplazamiento relativo que se produce entre dos losas o diafragmas rígidos el cual tiene que ser según la norma E-0.30 menor al 0.7%. Esta deriva se calcula dividiendo la distancia entre las alturas de entresijos y el desplazamiento relativo entre ellas.

Con los desplazamientos de cada losa de la edificación, obtenido del análisis espectral, se procede a encontrar el desplazamiento relativo de cada losa respecto a la aladaña, la cual se divide por altura o separación de sus centros de masa, con lo cual se obtiene las derivas de entresijo, las cuales deben ser menores a los valores máximos para cada tipo de edificación indicado en la Norma E030.

Problema general, ¿De qué manera la disposición de los disipadores de fluido viscoso influye en la respuesta sísmica del edificio Nueva Sede Sunat?

Problemas específicos, ¿De qué manera la disposición de los disipadores de fluido viscoso respecto a los periodos de vibración influye en la respuesta sísmica del edificio Nueva Sede Sunat?; ¿De qué manera el factor de amortiguamiento crítico del edificio Nueva Sede Sunat incrementa de acuerdo a la disposición de los disipadores de fluido viscoso?; ¿De qué manera la disposición de los disipadores de fluido viscoso reduce los desplazamientos laterales del

edificio Nueva Sede Sunat?; ¿De qué manera la disposición de los disipadores de fluido viscoso reduce las derivas del edificio Nueva Sede Sunat?

La experiencia peruana con este producto es buena. Se estima que la inversión en disipadores viscosos está entre el 1% y 3% del total del valor del proyecto. Además, si tomamos en cuenta que, una vez ocurrida la sollicitación sísmica, no requiere mantenimiento ni reemplazo, el costo en reconstrucción no significará un costo adicional, sin embargo, requerirá una calibración de los disipadores por parte del proveedor que generalmente está dentro del alcance de la adquisición de los elementos, el costo por m<sup>2</sup> varía entre 15 y 30 dólares.

Al comenzar el siglo XXI la ingeniería estructural ha evolucionado de tal manera que últimamente se utilizan en diversas partes del mundo dispositivos de amortiguamiento que les brindan una seguridad importante a las edificaciones. En el Perú se está empezando a tomar conciencia sobre nuestra realidad sísmica y ya los ingenieros a su vez empiezan a incorporar esta tecnología en sus estructuras. Permiten el máximo grado de protección de las edificaciones.

Cuando los edificios tienen un número de pisos importantes los disipadores viscosos permiten mejorar el comportamiento del edificio disminuir las deformaciones laterales y disipar la energía.

Hipótesis general, La disposición de disipadores de fluido viscoso influye en la respuesta sísmica del edificio Nueva Sede Sunat.

Hipótesis específicas, La disposición de disipadores de fluido viscoso influye en el comportamiento de los periodos de vibración del edificio Nueva Sede Sunat; el factor de amortiguamiento crítico del edificio Nueva Sede Sunat incrementa de acuerdo a la disposición de disipadores de fluido viscoso; la disposición de disipadores de fluido viscoso reduce la fuerza de corte basal del edificio Nueva Sede Sunat; la disposición de disipadores de fluido viscoso reduce los desplazamientos laterales del edificio Nueva Sede Sunat; la

disposición de disipadores de fluido viscoso reduce las derivas del edificio Nueva Sede Sunat.

Objetivo general, determinar de qué manera la disposición de disipadores de fluido viscoso mejora la respuesta sísmica de edificio Nueva Sede Sunat.

Objetivos específicos, determinar cómo influye la ubicación de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento de los periodos de vibración del edificio Nueva Sede Sunat; determinar de qué manera el factor de amortiguamiento crítico del edificio Nueva Sede Sunat incrementa de acuerdo a la disposición de disipadores de fluido viscoso; determinar de qué manera la disposición de disipadores de fluido viscoso reduce la fuerza de corte basal del edificio Nueva Sede Sunat; determinar de qué manera la disposición de fluido viscoso reducen el desplazamiento lateral del edificio Nueva Sede Sunat; determinar de qué manera la disposición de disipadores de fluido viscoso reducen las derivas del edificio Nueva Sede Sunat.

## **II. MÉTODO**

## **2.1. Diseño de investigación**

### **2.1.1. Enfoque de la investigación**

Según (Ugalde y Balbastre, 2013) una investigación cuantitativa es la más apropiada para la verificación o el contrapunto de hipótesis fundamentadas en el conocimiento teórico existente que para construir o avanzar en la formación de una teoría todavía en fase de desarrollo. Así el objetivo de la investigación cuantitativa pasa a ser la identificación de patrones generales que caracterizan a la totalidad de su población, esta se utiliza cuando se pretende explicar fenómenos de causa y efecto.

Por lo expuesto anteriormente hacen que la metodología cuantitativa sea más eficaz cuando exista un cuerpo teórico previo suficientemente fundamentado capaz de definir los conceptos a analizar de forma concreta y ponderable.

Según (Rivadeneira, 2017) una investigación cuantitativa parte de un paradigma positivista, cuya finalidad es describir y explicar casualmente, así como generalizar extrapolar y universalizar, siendo el objeto de esta investigación hechos, objetivos existentes y sometidos a leyes y patrones generales.

Por lo expuesto anteriormente la investigación cuantitativa estudia hechos reales, medibles haciendo un contexto controlado donde se empleará modelos estadísticos de la codificación numérica.

### **2.1.2. Tipo de investigación**

Según (Mohammand, 2005) Empleamos el tipo de investigación aplicada que nos permitirá resolver los problemas prácticos que se presentaran en nuestra investigación y así desarrollar diferentes estrategias de soluciones para caso.

### **2.1.3. Nivel de Investigación**

Se desarrolla una metodología de investigación *explicativa*, dada las condiciones del proyecto, en donde es necesario recopilar la información mediante habilidades tales como: revisión bibliográfica y documentos que acceda describir o detallar en forma escrita y

gráfica, la respuesta sísmica de disipadores de fluido viscoso en el edificio Nueva Sede Sunat.

#### **2.1.4. Diseño de investigación**

Según (Fidias, 2006) La investigación experimental consiste en un proceso de someter a un objeto o grupo de individuos, a condiciones determinadas, incitación o tratamientos (variable independiente), con el fin de observar las reacciones que ocasionan (variable dependiente).

Por lo expuesto anteriormente el proceso de la investigación experimental define de forma explicativa, de tal manera que el propósito es demostrar que las alteraciones en la variable dependiente están sujeta a la variable independiente, estableciendo una reacción causa – efecto.

## 2.2. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
<b>DISPOSICION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSOS</b>	Los disipadores de fluido viscoso que operan con el principio de flujo de un fluido a través de orificios fueron desarrollados en la década de 1960 en los Estados Unidos y se emplearon sobretodo en aplicaciones militares y de la industria aeroespacial. A partir de 1990, estos dispositivos fueron adaptados para utilizarse en estructuras civiles y empezaron a tener disponibilidad comercial. (Fuentes, 2016,p.4)	Se aplicara tres disposiciones en altura de acuerdo a la respuesta sísmica de cada disposición se elegirá la que presente mejor comportamiento para el edificio Nueva Sede Sunat.	Disposición en altura	Disposición N°01: Piso 15 al 19	De razón	Ficha de observación N°02- Disposición N°1
				Disposición N°02: Piso 08 al 14		Ficha de observación N°02- Disposición N°2
				Disposición N°03: Piso 08 al 19		Ficha de observación N°02- Disposición N°3
<b>RESPUESTA SISMICA</b>	Como se espera que ante sismos leves las estructuras se comporten dentro del rango elástico, lo más interesante de la respuesta ante estos sismos son los valores máximos del desplazamiento, la aceleración y la fuerza restitutiva(Muñoz, 2013,p. 103).	Se medirán 5 indicadores los cuales se ven reflejados en las fichas técnicas de medición, las mismas que serán validadas por el juicio de expertos.	Parámetros dinámicos	Periodo de vibración (s)	De razón	Ficha Técnica de medición 1-2-3
				Factor de Amortiguamiento crítico (%)		
				Fuerza de corte basal (KN)		
				Desplazamientos laterales (m)		
			Respuesta espectral	Derivas		

Figura 10. Fuente Propia

### 2.3. Población y muestra, selección de la unidad de análisis.

#### 2.3.1. Población

Según (Ventura, 2017) La población es un conjunto de elementos que contienen ciertas características que se pretenden estudiar.

La población identificada en este proyecto de investigación es el edificio Nueva Sede Sunat.

#### 2.3.2. Muestra

Según (Ventura, 2017) La muestra es entendida como un subconjunto de la población conformado por unidades

La muestra identificada en este proyecto de investigación es la disposición de disipadores de fluido viscoso los cuales se evaluará en las fichas técnicas de medición. Siendo a continuación:

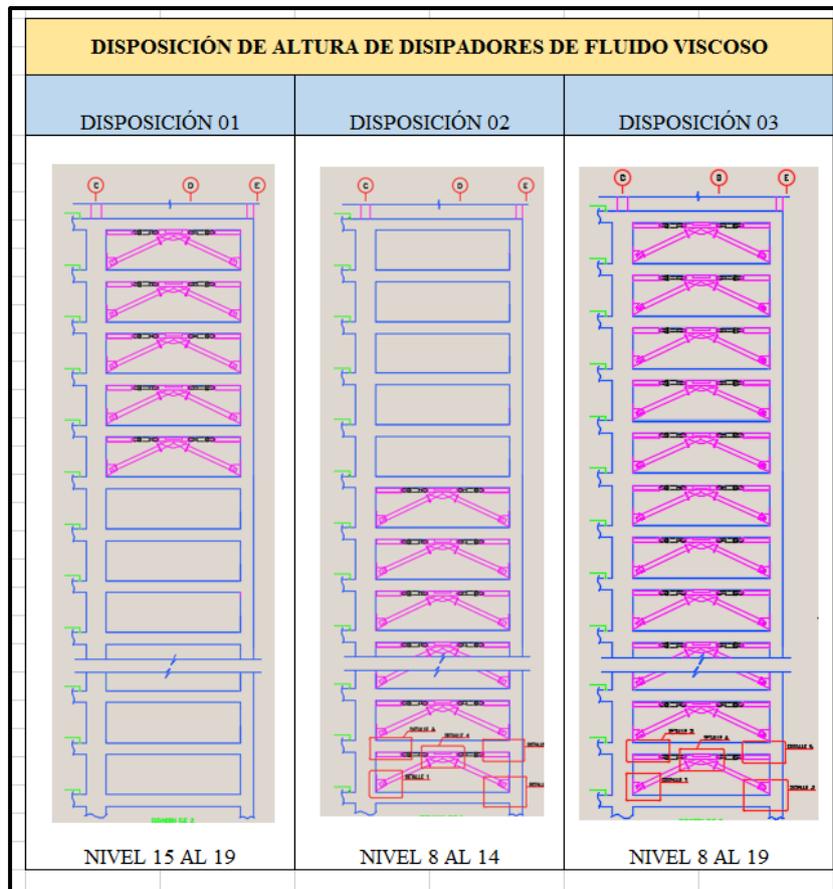


Figura 11. Disposición de disipadores de fluido viscoso

### **2.3.3. Muestreo**

Según (Ochoa, 2015) El muestreo No Probabilístico es un proceso en el cual no se cuenta con una lista completa de los agentes que conforman la población es decir el marco muestral, por ello no conocemos la probabilidad de que cada agente sea seleccionado para la muestra.

La técnica de muestreo empleada para este proyecto de investigación es no probabilística: muestreo por conveniencia el cual se llevará a cabo seleccionando una muestra de la población por el hecho que sea accesible, para ello los elementos empleados han sido seleccionados porque están fácilmente identificados, no porque hayan sido seleccionados mediante un criterio estadístico. De acuerdo a lo indicado, se indica una gran facilidad operativa y en bajos costes de muestreo, tiene como consecuencia la poca posibilidad de emplear afirmaciones generales con rigor estadístico sobre la población.

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

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Según (Pulido, 2015) Observación es uno de los procesos que facilitan la recopilación de información que consiste en contemplar detenidamente cómo se desarrolla la vida de un objeto social, por lo tanto, al conjunto de ítems seleccionados para la observación directa de los acontecimientos que ocurren de un modo natural.

En base a lo mencionado, la técnica de recopilación de datos empleada, será la de observación puesto que la experimentación se llevará a cabo mediante el programa ETABS, aplicando las normas vigentes y los datos serán reflejados en fichas técnicas que serán sometidas a juicio de expertos para la verificación propia de la validez de dicho documento.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Según (Gallardo, 2017) La recopilación de datos es un desarrollo que se establece siguiendo un plan preestablecido donde se detallan los objetivos propuestos y los procesos requeridos para la recolección, considerando la ubicación de las fuentes de información, lugar de aplicación, el consentimiento informado y la manera de abordarlos.

Considerando lo indicado anteriormente los elementos de recolección de datos empleados serán las fichas técnicas de medición, las cuales se emplearán a continuación:

- Ficha Técnica de Observación 1 Disposición de disipadores de fluido viscoso: (Anexo 1)
- Ficha Técnica de Observación 2 Respuesta Sísmica: (Anexo 2)

### 2.4.3. Validez del instrumento

Para (Cadeña, Rendón, Aguilar, Salinas, de la Cruz, San Germán, 2017) la validez es una noción que puede identificarse diferentes tipos de certeza: la validez de contenido lo cual se refiere a la categoría en que un instrumento refleja un dominio propio de contenido de lo que se mide, la validez de criterio establece la validez de un elemento de medición que tiene que compararse con algún criterio externo.

Según (Herrera, 1998) Considera el grado en el que un instrumento mide la variable que se busca medir.

0.53	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
1.0	Validez perfecta

Figura 12. Fuente Propia

Para el caso de esta investigación se avala la validez de los instrumentos debido a que los resultados de los indicadores serán modelados mediante el programa ETABS, cumpliendo con la licencia original del programa, y las fichas técnicas de medición aprobadas mediante el juicio de expertos.

#### **2.4.4. Confiabilidad del instrumento**

Para (Soriano, 2014) La confiabilidad indica que un objeto de estudio medido muchas veces con el mismo instrumento siempre dará los mismos resultados.

En este caso, debido a que se realizará el diseño de la disposición de los disipadores de fluido viscoso mediante el programa ETABS, teniendo en consideración que la confiabilidad de dichos resultados lo brindará el correcto procedimiento de diseño, empleando las normas correspondientes, recopilación de datos, verificación de resultados mediante la validación de la licencia original del software (Anexo 3).

#### **2.5. Procedimiento**

- Se procede a verificar la respuesta sísmica de la estructura convencional sin la inclusión de los dispositivos de amortiguación, revisando de esta manera si los valores (desplazamiento, aceleración y fuerzas distribuidas); están dentro de lo que requiere la NTP E0.30. De encontrarse que dichos valores exceden los máximos requeridos por la norma se procederá a plantear la ubicación de disipadores de fluido viscoso.
- Verificación de la respuesta sísmica de la estructura según la disposición de los disipadores de fluido viscoso, se procederá a desarrollar la simulación de la estructura sometida a una sollicitación sísmica y de esta manera verificar las diferentes respuestas sísmicas para cada una de las disposiciones de disipadores que se plantean.
- Según los resultados obtenidos en la simulación de cada una de las disposiciones se procederá a compatibilizar dichas ubicaciones con la arquitectura de la edificación con lo que se optará con la disposición de disipadores que presente la óptima respuesta sísmica y además no genere mayor impacto en la arquitectura de la edificación.
- Verificar la interacción entre la estructura principal y los disipadores de fluido viscoso, se verificarán los esfuerzos transmitidos a los elementos adyacentes debido al trabajo de los disipadores, y se recopilará la siguiente información: resultados en la ficha de observación 01 - Disposición de disipadores de fluido viscoso (Anexo 01), resultado de la ficha de observación 02 – Parámetros dinámicos – Respuesta espectral (Anexo 02).

- Según la disposición de los disipadores de fluido viscoso, de acuerdo a los resultados obtenidos y plasmados en las fichas técnicas, se procederá a diseñar las estructuras metálicas que permitirán la transmisión de cargas desde la estructura a los disipadores, según la configuración chevron escogida.
- De acuerdo a los pasos indicados se obtendrá la respuesta sísmica de la disposición de disipadores de fluido viscoso en el edificio Nueva Sede Sunat.

## **2.6. Métodos de análisis de datos**

### **2.6.1. Análisis descriptivo**

Según (Calduch, 2014) La estadística descriptiva, está conformada por el conjunto de herramientas y asuntos relacionados con la descripción de colecciones de observaciones estadísticas, considerando el total de la población o a una muestra de la misma.

Considerando lo indicado anteriormente el método de análisis de datos empleado en el presente proyecto de investigación es la estadística descriptiva, debido a que el resumen de los datos y extracción de información relevante de los mismos, esto es, de las mediciones observadas de la índole numérica, clasificatorio, los cuales se verán reflejados en las fichas técnicas de medición.

### **2.7. Aspectos éticos.**

El presente proyecto de investigación está basado en los principios éticos fundamentales, con el fin que el investigador del presente proyecto sea la encargada de generar una relación apropiada con la sociedad, y el lugar donde se realizó la investigación, así como el entorno que lo conforma, obteniendo resultados ventajosos, tales como:

**Veracidad,** Los datos obtenidos son totalmente veraces realizados íntegramente por el autor, considerando el uso de herramientas legales, instrumentos propios, demostrando así la credibilidad de la información mostrada.

**Respeto por la propiedad intelectual,** La finalidad de este proyecto de investigación examina antecedentes nacionales e internacionales, teorías relacionadas al tema en el cual se respeta la propiedad intelectual de otros autores, citando de manera apropiada la información extraída de tesis, artículos, ensayos y otros.

**Compromiso con la sociedad,** La finalidad de este proyecto de investigación es colaborar con el beneficio de los profesionales de ingeniería civil, puesto que mediante este proyecto consideren los criterios de diseño para mejorar el comportamiento de una edificación de número de pisos considerables, esbelto, y así disminuir las deformaciones laterales y disipar la energía, esto mediante una correcta disposición de disipadores de fluido viscoso.

### **III. RESULTADOS**

### **3.1. Desarrollo del procedimiento**

#### **3.1.1 Descripción del proyecto**

El terreno se encuentra ubicado en la Av. Arenales N° 335-357 en el Cercado de Lima. El terreno es de forma rectangular y de topografía principalmente plana. En la actualidad existe una edificación la cual está en proceso de demolición.

Los linderos y medidas perimétricas son los siguientes:

- Por el frente: con la Av. Arenales, con una línea recta de 21.62 m.
- Por el lado derecho: con propiedad de terceros, con una línea recta de 50.05 m
- Por el lado izquierdo: con propiedad de terceros con una línea recta de 50.30 m
- Por el fondo: con propiedad de terceros con una línea recta de 21.65m.

El proyecto comprende del diseño de estructuras de un edificio de 20 pisos y 8 sótanos con un área techada total de aproximadamente 25 170m<sup>2</sup>.

Tiene un área aproximadamente rectangular que contempla un ducto central el cual cambiará de posición conforme vaya aumentando la altura del edificio.

En los sótanos se tiene un área constante de aproximadamente 1090 m<sup>2</sup>, en los pisos superiores cuenta con un área de 950m<sup>2</sup> hasta el piso 12, luego tenemos una reducción de área en planta por lo que del piso 13 hasta el 20 tenemos 850 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Los sótanos del octavo al segundo están destinados a estacionamientos, ubicando en la subestación eléctrica en el segundo sótano, en el primer sótano tenemos una sala de usos múltiples, del primer al tercer piso son de atención al público, con cabinas y módulos de atención con las respectivas salas de espera y desde el piso cuatro al veinte tenemos módulos de trabajo para los trabajadores, finalmente en la azotea se ubica el comedor y equipos mecánicos.

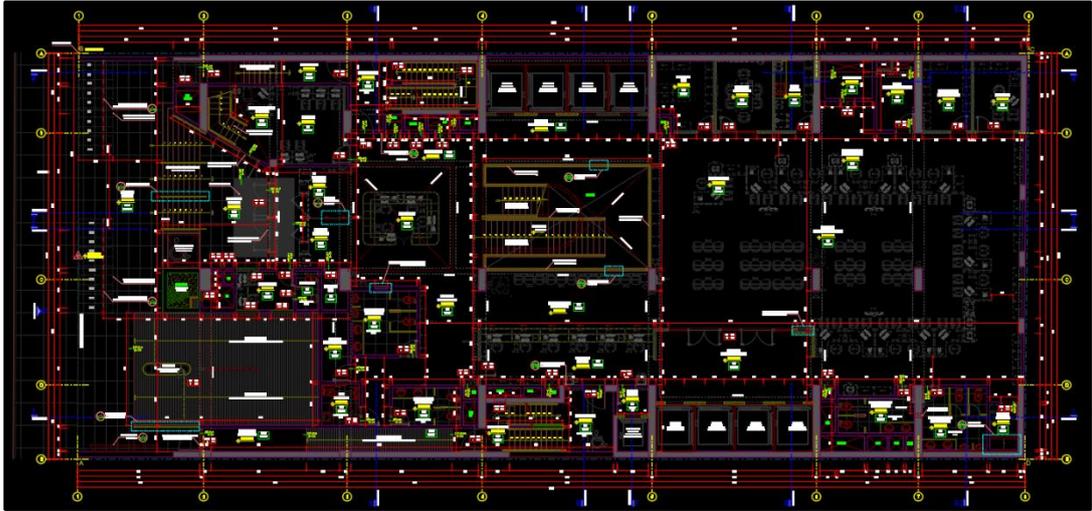


Figura 13. Disposición en Planta 1° Piso



Figura 14. Disposición en Planta 8° Piso

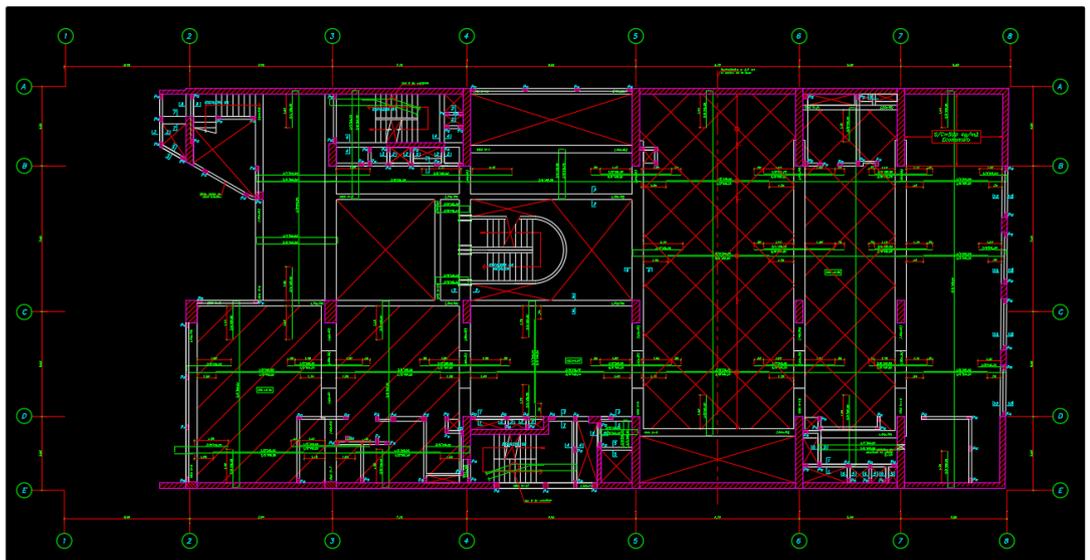


Figura 15. Disposición de Estructuras 1° Piso

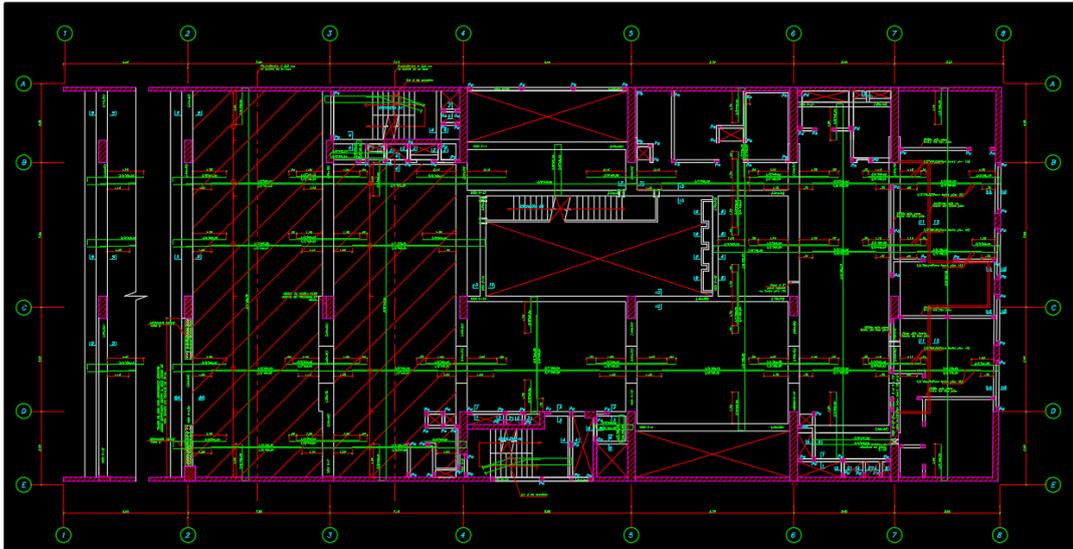


Figura 16. Disposición de Estructuras piso 5 al 11.

### 3.1.2 Análisis de la estructura sin disipadores de fluido viscoso:

#### 3.1.2.1 Análisis dinámico modal espectral

- El proyecto está conformado por un sistema de placas en la dirección XX y un sistema dual junto con el sistema de disipación sísmica en la dirección más corta YY. El edificio presenta un periodo natural de 1.99 seg. Las grandes deformaciones de entrepiso y las elevadas aceleraciones en la dirección YY hacen que los disipadores aprovechen todo el movimiento, disipen mayor energía y su desempeño sea mayor.
- Se realiza el modelamiento en un programa de análisis estructural ETABS 2017.
- Se procede a realizar un **análisis dinámico modal espectral**, que consiste en definir un espectro de respuesta sísmica de acuerdo a la Norma E030 y obtener el comportamiento estructural. Se evalúa de acuerdo a la Norma E030 si la estructura es regular o irregular, obteniéndose en este caso que la estructura en estudio es irregular por efecto de torsión (dado que las placas en el eje Y están concentradas a un solo lado).

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<b>Irregularidad Torsional</b> Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta_{m\acute{a}x}$ ), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	<b>0,75</b>

Figura 17. NTP E030 Cap.3, Item. 3.6

**Irregularidad torsional de la estructura**

$$\Delta_1 \geq 1.2\Delta_{cm} \text{ Irregular} \dots\dots\dots \text{Ecuación 7}$$

$$\Delta_{\text{piso } 14} = 0.007947$$

$$\Delta_{cm(14)} = \frac{D_{cm(14)} - D_{cm(13)}}{H} = \frac{0.213193 - 0.194716}{3} = 0.006159$$

$$0.007947 \geq 1.2 \times 0.006159$$

$$0.007947 \geq 0.0073908 \text{ OK (EST. IRREGULAR)}$$

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements				
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UY	Centro de masa
			m	
Story21	D21	SISMOY Max	0.335177	0.006147
Story20	D20	SISMOY Max	0.316736	0.005416
Story19	D19	SISMOY Max	0.300489	0.005548
Story18	D18	SISMOY Max	0.283844	0.005691
Story17	D17	SISMOY Max	0.266771	0.00583
Story16	D16	SISMOY Max	0.249281	0.005959
Story15	D15	SISMOY Max	0.231405	0.006071
Story14	D14	SISMOY Max	<b>0.213193</b>	0.006159
Story13	D13	SISMOY Max	<b>0.194716</b>	0.006221
Story12	D12	SISMOY Max	0.176053	0.006525
Story11	D11	SISMOY Max	0.156477	0.006211
Story10	D10	SISMOY Max	0.137843	0.006075
Story9	D9	SISMOY Max	0.119619	0.00602
Story8	D8	SISMOY Max	0.101559	0.005921
Story7	D7	SISMOY Max	0.083797	0.005746
Story6	D6	SISMOY Max	0.066558	0.005468
Story5	D5	SISMOY Max	0.050154	0.005049
Story4	D4	SISMOY Max	0.035006	0.004452
Story3	D3	SISMOY Max	0.021649	0.003631
Story2	D2	SISMOY Max	0.010757	0.00253
Story1	D1	SISMOY Max	0.003167	0.001056

Tabla 1. Desplazamiento de centro de masa Piso 14-13

## Análisis modal del espectro

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times g \dots\dots\dots \text{Ecuación 8}$$

- Z: Factor de zona
- U: Uso
- S: Tipo de suelo
- C: Factor de amplificación sísmica

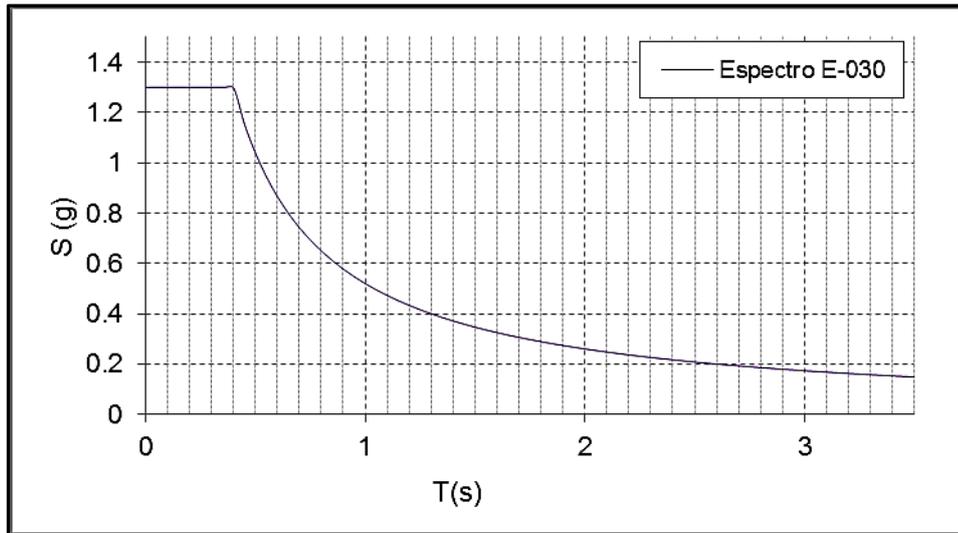


Figura 18. Espectro de la norma E-030 (R=1)

- Se procede a obtener la respuesta sísmica (derivadas, desplazamientos, aceleraciones, fuerza de corte).

### Derivas Espectrales

- Son desplazamientos de entresijos de cada nivel, estos muestran los niveles de daño de la estructura, para cumplir con la Norma E030 lo cual indica que debe ser menores 7/1000.

## 5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

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

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

Figura 19. NTP. E.030

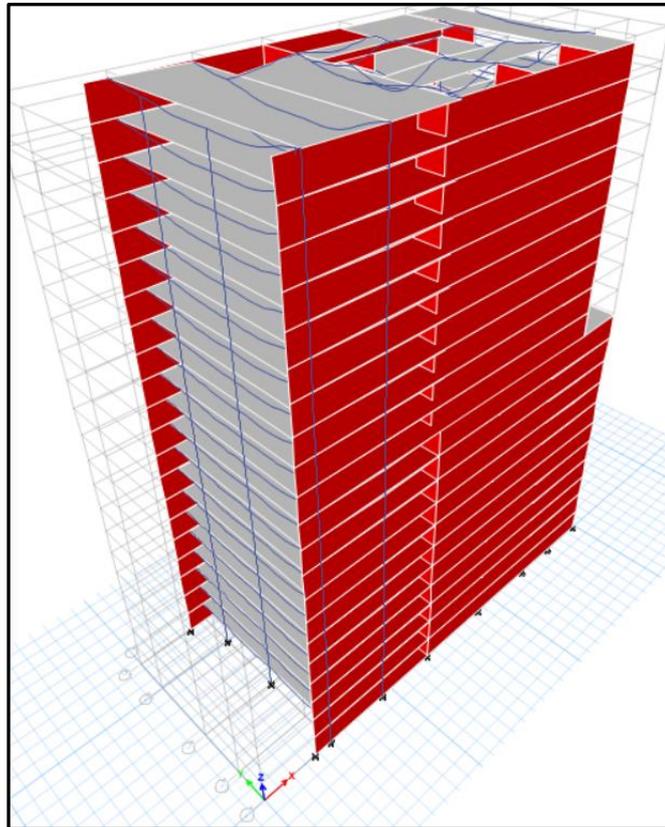


Figura 20. Modelo sin disipadores

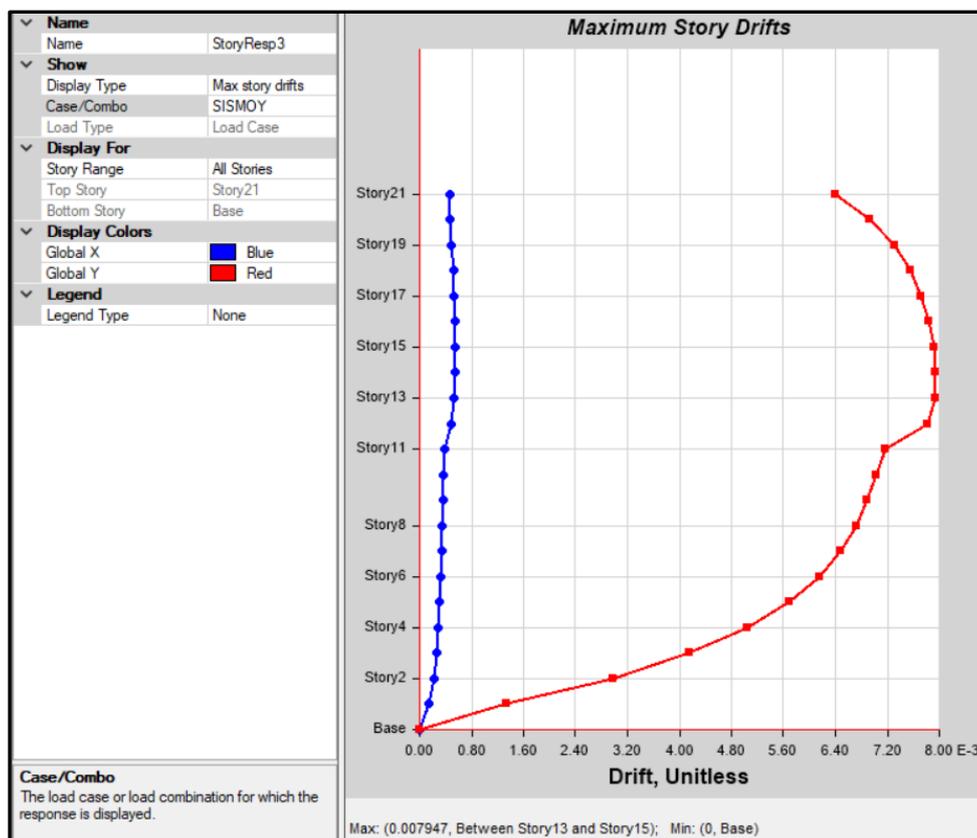


Figura 21. Derivas máximas Eje Y

- Exportamos los datos de las derivas espectrales según el modelo de estudio, verificamos que en el piso 14 la deriva es 0.007947 lo cual supera el  $7/1000 = 0.007$ .

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	R*Deriva
Story21	SISMOY Max	Y	0.006406	<b>0.006406</b>
Story20	SISMOY Max	Y	0.006919	<b>0.006919</b>
Story19	SISMOY Max	Y	0.007318	<b>0.007318</b>
Story18	SISMOY Max	Y	0.007555	<b>0.007555</b>
Story17	SISMOY Max	Y	0.007709	<b>0.007709</b>
Story16	SISMOY Max	Y	0.007841	<b>0.007841</b>
Story15	SISMOY Max	Y	0.007917	<b>0.007917</b>
<b>Story14</b>	<b>SISMOY Max</b>	<b>Y</b>	<b>0.007947</b>	<b>0.007947</b>
Story13	SISMOY Max	Y	0.007932	<b>0.007932</b>
Story12	SISMOY Max	Y	0.007812	<b>0.007812</b>
Story11	SISMOY Max	Y	0.007173	<b>0.007173</b>
Story10	SISMOY Max	Y	0.007037	<b>0.007037</b>
Story9	SISMOY Max	Y	0.00689	<b>0.00689</b>
Story8	SISMOY Max	Y	0.006721	<b>0.006721</b>
Story7	SISMOY Max	Y	0.006483	<b>0.006483</b>
Story6	SISMOY Max	Y	0.006151	<b>0.006151</b>
Story5	SISMOY Max	Y	0.005682	<b>0.005682</b>
Story4	SISMOY Max	Y	0.005036	<b>0.005036</b>
Story3	SISMOY Max	Y	0.004154	<b>0.004154</b>
Story2	SISMOY Max	Y	0.002971	<b>0.002971</b>
Story1	SISMOY Max	Y	0.001329	<b>0.001329</b>

Tabla 2 Deriva espectral máxima - piso 14

## Desplazamiento Espectral

- Analizamos el sismo en YY, es ahí donde podemos verificar los valores máximos y promedios dando como resultado el desplazamiento máximo mediante un análisis espectral lineal es 37 cm en el piso 21.

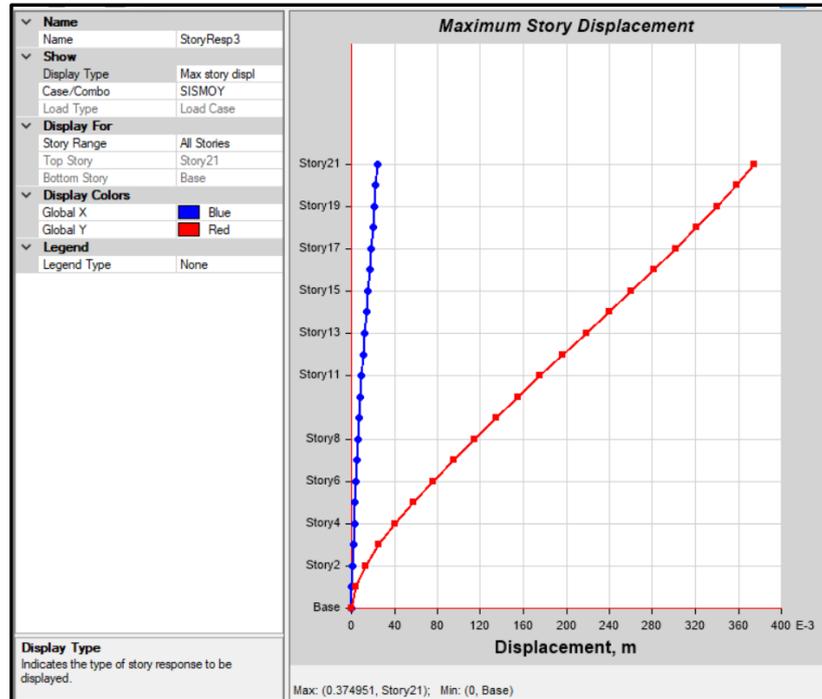


Figura 22. Desplazamiento máximo Eje Y

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum
Story21	SISMOY Max	Y	<b>0.370276</b>

Tabla 3 Desplazamiento espectral máximo - piso 21

## Aceleración espectral

- Son las aceleraciones obtenidas de la estructura convencional sin disipadores, obedecen al comportamiento de la estructura frente al movimiento sísmico, en el caso de análisis espectral, inducido por un espectro de pseudo aceleraciones de acuerdo a la norma E-030 (ver Ecuación 08).

Story	Load Case/Combo	UY (g)
21	SISMOY Max	1.71199796
20	SISMOY Max	1.28417941
19	SISMOY Max	0.87689093
18	SISMOY Max	0.88768603
17	SISMOY Max	1.23929664
16	SISMOY Max	1.2366055
15	SISMOY Max	1.07600408
14	SISMOY Max	1.05904179
13	SISMOY Max	0.96130479
12	SISMOY Max	0.81859327
11	SISMOY Max	0.70235474
10	SISMOY Max	0.68620795
9	SISMOY Max	0.7056371
8	SISMOY Max	0.73389399
7	SISMOY Max	0.74872579
6	SISMOY Max	0.74434251
5	SISMOY Max	0.71474006
4	SISMOY Max	0.66106014
3	SISMOY Max	0.58825688
2	SISMOY Max	0.50960245
1	SISMOY Max	0.4037105

Tabla 4 Aceleración espectral máxima - piso 21

### Fuerza de corte basal

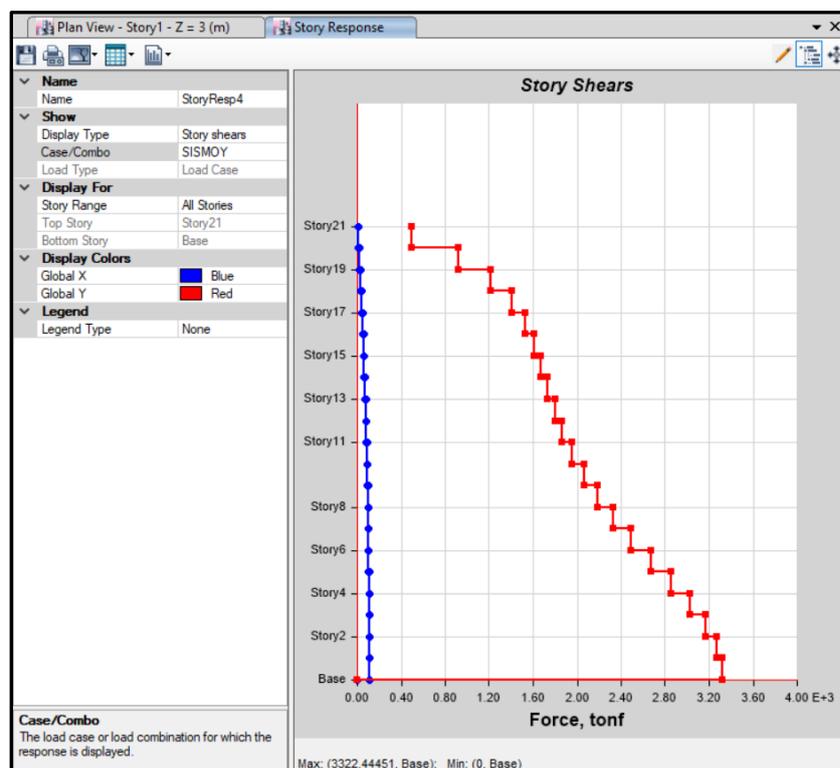


Figura 23. Cortante Basal Espectral Eje Y

Story	Load Case/Combo	Location	VY (Kn)
Story2	SISMOY Max	Bottom	32067.8364
Story1	SISMOY Max	Bottom	<b>32593.1805</b>

Tabla 5 Fuerza de corte basal espectral

### 3.1.2.2 Análisis dinámico tiempo historia

- Para realizar el análisis dinámico tiempo historia se procede a escalar señales al espectro de respuesta  $R=1$  en el programa SEISMOMATCH. Se ha realizado el escalamiento con sismos del año 1966-1970-1974.

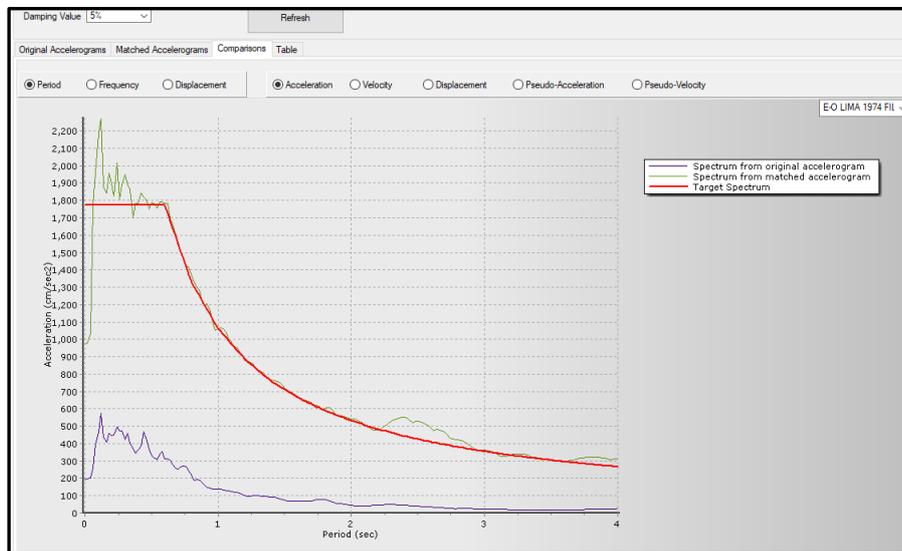


Figura 24. Sismo 1974 escalado al espectro  $R=1$

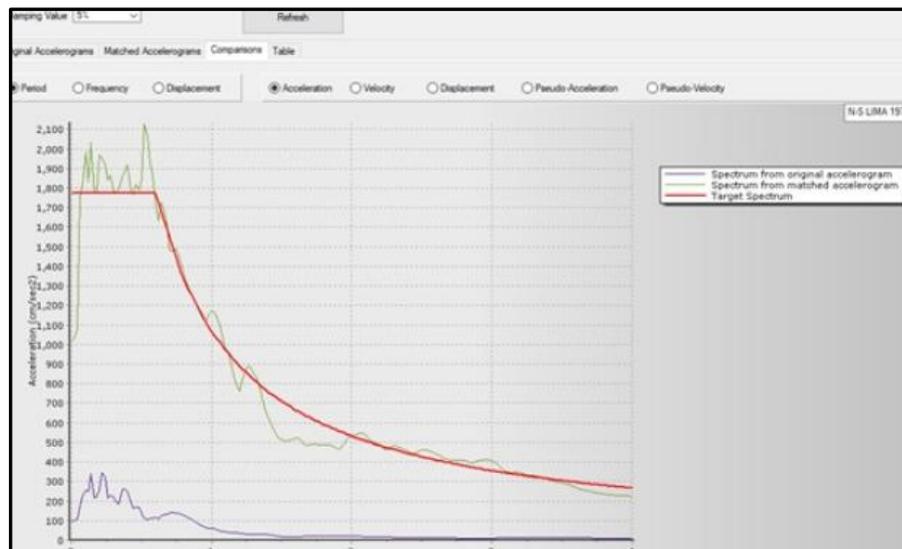


Figura 25. Sismo 1970 escalado al espectro  $R=1$

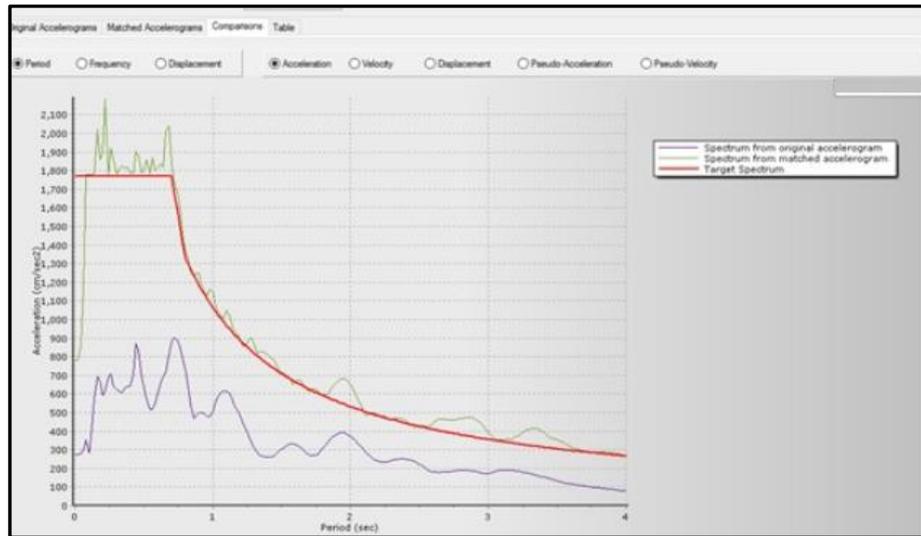


Figura 26. Sismo 1966 escalado al espectro R=1

- Realizar el análisis tiempo historia el cual consiste en definir casos de carga con señales sísmicas escaladas anteriormente.
- Procedemos a obtener la respuesta sísmica (derivadas, desplazamientos, aceleraciones, fuerza de corte) estos resultados se comparan con los obtenidos en el análisis dinámico espectral estos resultados se comparan para verificar que las señales sísmicas hayan sido escaladas correctamente al espectro de la Norma E030, en esta comparación debemos verificar que los valores de las derivadas, desplazamientos y aceleraciones espectrales con las del análisis tiempo- historia sean similares, y verificar que esto se cumpla, de lo contrario las señales no han sido correctamente escaladas.

### Derivas Tiempo – Historia

- Son desplazamientos de entrepisos de cada nivel, estos muestran los niveles de daño de la estructura, Cuando se realiza un análisis tiempo – historia el límite de las derivadas puede incrementarse para cumplir con la Norma E030, la cual debe ser menor a 8.75/1000. Si estos valores son mayores a 0.00875 no cumplen con lo indicado en la norma por ende se implementaría el uso de disipadores de fluido viscoso para controlar los desplazamientos. Las distorsiones máximas de entrepisos no deberán de exceder el:

$$1.25 \times 7/1000 = 8.75/1000$$

### 4.7.3 Tratamiento de Resultados

En caso se utilicen por lo menos siete juegos de registros del movimiento del suelo, las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las distorsiones de entrepiso se evaluarán a partir de los promedios de los correspondientes resultados máximos obtenidos en los distintos análisis. Si se utilizaran menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y las distorsiones de entrepiso serán evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 11.

Figura 27. NTP E.030 Cap.4

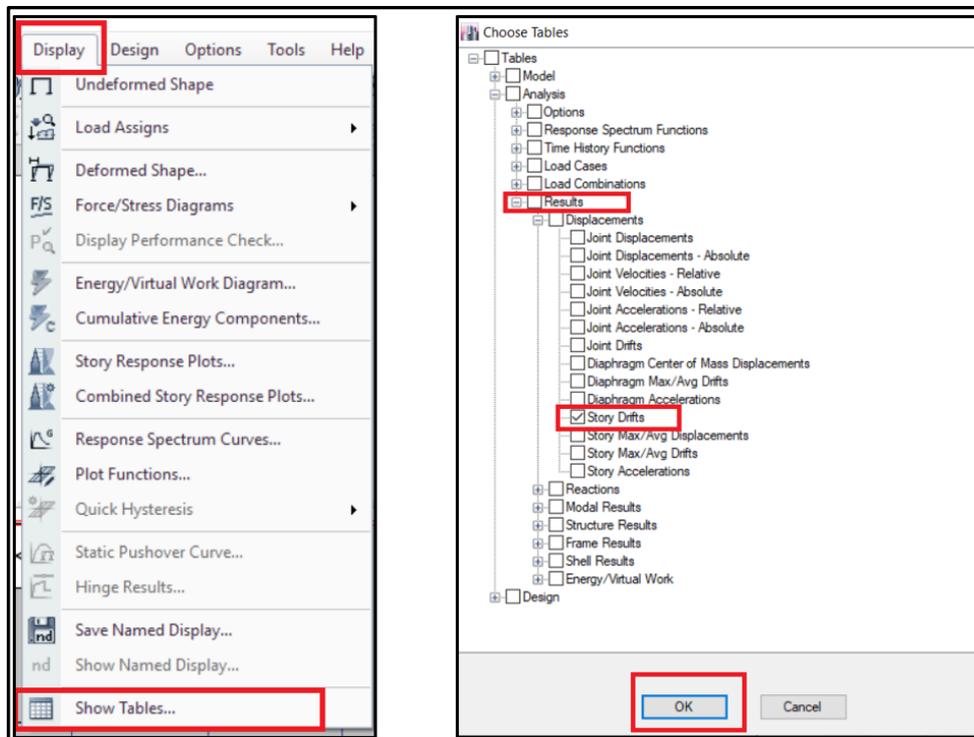


Figura 28. Pasos para extraer valores de derivas T-H

Story	1966	1970	1974	Máx
21	0.006051	0.005486	0.00772	0.00772
20	0.006779	0.005888	0.008164	0.008164
19	0.007048	0.006239	0.00866	0.00866
18	0.007111	0.006466	0.009001	0.009001
17	0.007234	0.006572	0.009281	0.009281
16	0.007474	0.006588	0.009426	0.009426
15	0.007569	0.006495	0.009391	0.009391
<b>14</b>	<b>0.007488</b>	<b>0.006407</b>	<b>0.009139</b>	<b>0.009139</b>
13	0.00718	0.00662	0.008622	0.008622
12	0.006704	0.006751	0.007798	0.007798
11	0.006151	0.006263	0.006854	0.006854
10	0.00606	0.006195	0.006186	0.006195
9	0.006378	0.006064	0.005733	0.006378
8	0.006499	0.005864	0.005733	0.006499
7	0.006424	0.005564	0.005691	0.006424
6	0.006118	0.005262	0.005536	0.006118
5	0.005586	0.004855	0.005229	0.005586
4	0.004861	0.004274	0.004716	0.004861
3	0.003903	0.003488	0.003926	0.003926
2	0.002699	0.002453	0.002796	0.002796
1	0.001138	0.001066	0.001221	0.001221

Tabla 6 Derivas tiempo historia > 0.00875

- Verificar que se cumplan las derivas respecto a la norma E0.30 para el análisis espectral sean menores que 7/1000 y para el análisis tiempo historia sean menores a 0.00875.

### Desplazamientos Tiempo – Historia

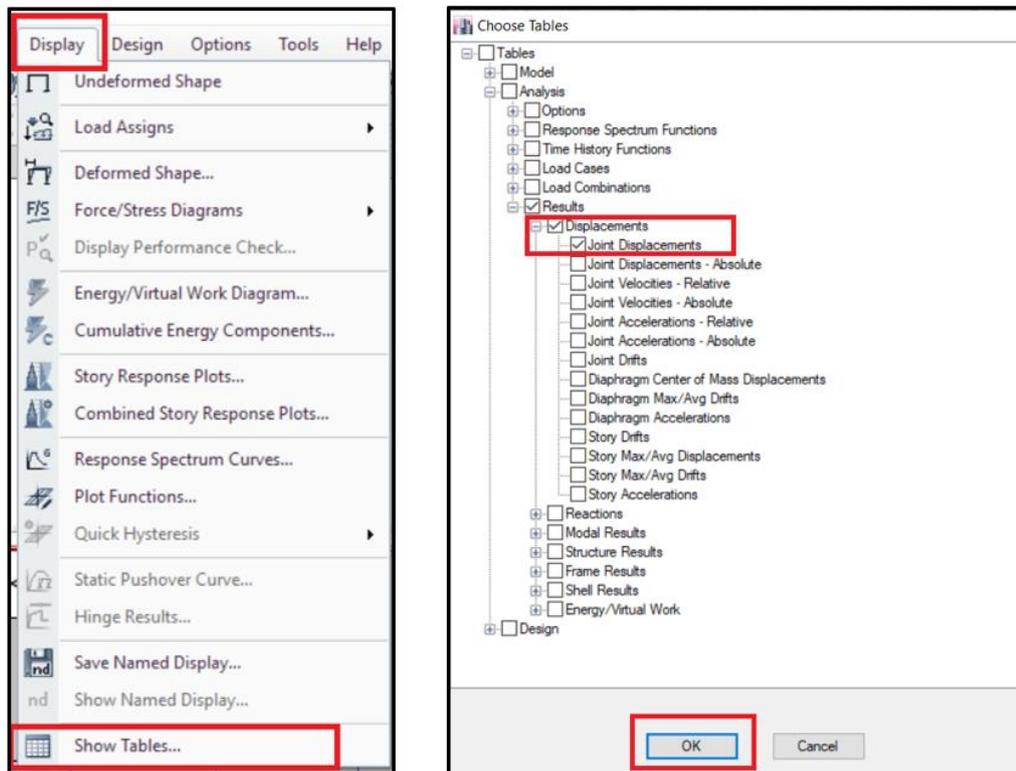


Figura 29. Pasos para exportar datos de desplazamiento tiempo historia

Story	1960	1970	1974	Máx
Story21	0.324222	0.317931	0.372445	<b>0.372445</b>

Tabla 7: Desplazamientos máximo tiempo historia piso 21

### Aceleración Tiempo – Historia

- Respecto a las aceleraciones estas se reducen, debido a que el trabajo del dámper consiste en bajar el movimiento en menor tiempo posible, reducir las vibraciones y sobre todo el pánico en los habitantes del edificio, esto representa la reducción del daño estructural.

Story	1966	1970	1974	Máx (g)
21	1.36916412	0.92018349	1.16780836	<b>1.36916412</b>
20	0.99109072	0.7508053	0.99218145	<b>0.99218145</b>
19	0.77713558	0.59723751	0.77701325	<b>0.77713558</b>
18	0.85906218	0.43086646	0.68826707	<b>0.85906218</b>
17	0.88530071	0.38136595	0.59438328	<b>0.88530071</b>
16	0.7604893	0.36001019	0.46488277	<b>0.7604893</b>
15	0.78004077	0.41120285	0.39470948	<b>0.78004077</b>
14	0.92915392	0.52279307	0.46992864	<b>0.92915392</b>
13	0.79518858	0.52286442	0.47464832	<b>0.79518858</b>
12	0.87732926	0.42487258	0.45438328	<b>0.87732926</b>
11	0.777421	0.41008155	0.44922528	<b>0.777421</b>
10	0.6356371	0.43866463	0.46925586	<b>0.6356371</b>
9	0.50741081	0.45356779	0.47370031	<b>0.50741081</b>
8	0.47696228	0.44876656	0.45088685	<b>0.47696228</b>
7	0.4701631	0.41646279	0.40291539	<b>0.4701631</b>
6	0.41422018	0.36474006	0.35304791	<b>0.41422018</b>
5	0.34924567	0.41748216	0.29110092	<b>0.41748216</b>
4	0.3388685	0.44485219	0.24286442	<b>0.44485219</b>
3	0.38485219	0.44250765	0.25909276	<b>0.44250765</b>
2	0.41695209	0.41674822	0.29579001	<b>0.41695209</b>
1	0.43347604	0.37921509	0.32382263	<b>0.43347604</b>

Tabla 8 Aceleración tiempo historia máximo piso 21

## Factor de Amortiguamiento Crítico

- Se calcula el amortiguamiento de la estructura, definiendo una función pulso, la función pulso es agregar una deformación instantánea y luego verificar que la estructura tenga un movimiento amortiguado.

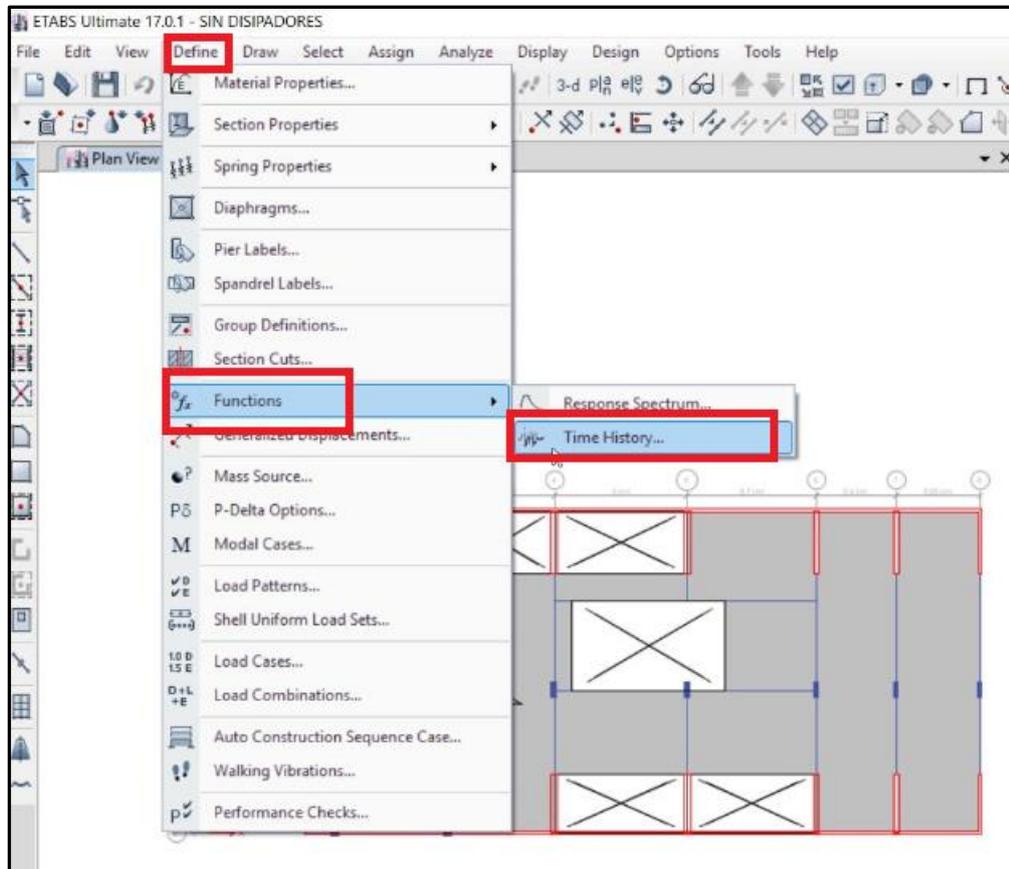


Figura 30 Creación de función pulso

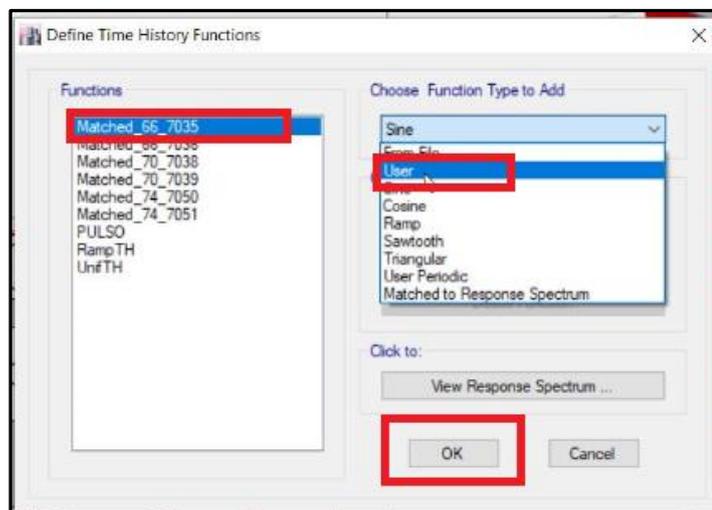


Figura 31. Crear una nueva función

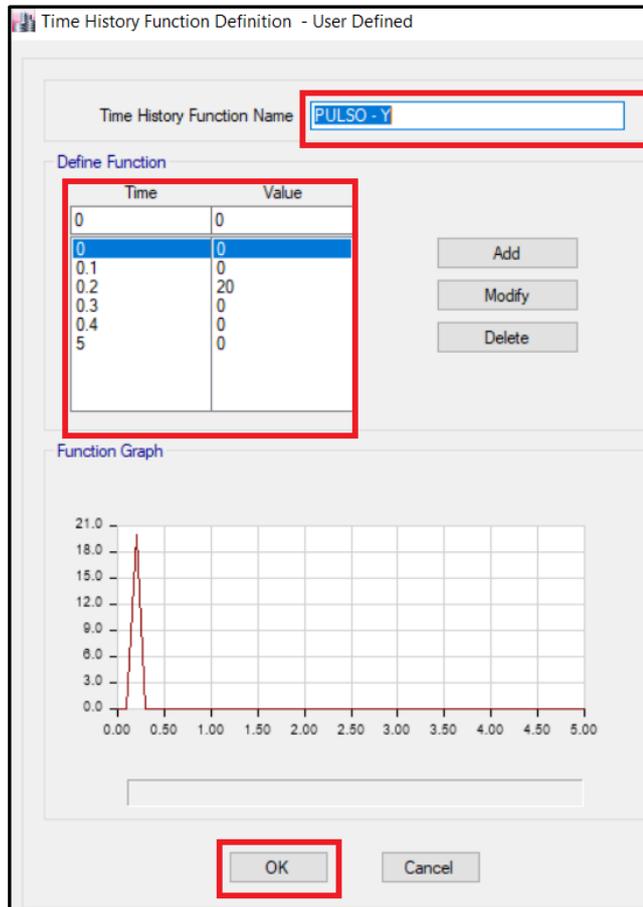


Figura 32 Función Pulso Y

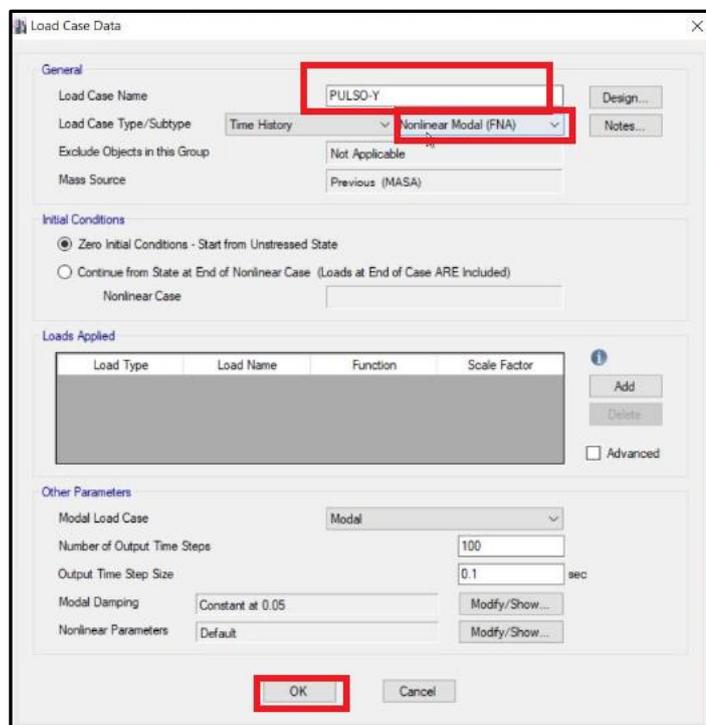


Figura 33 Función pulso no lineal tiempo historia

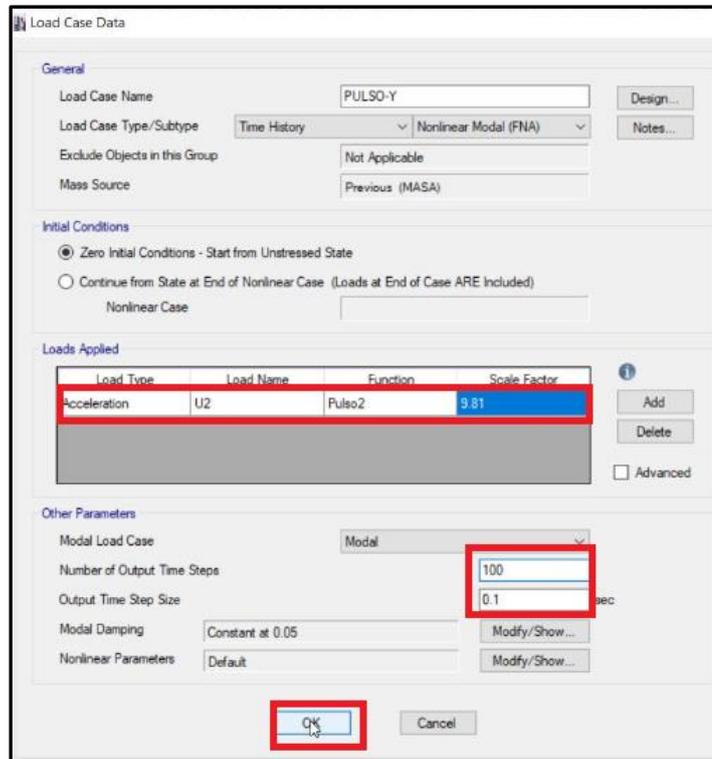


Figura 34 Definir la función y factor escala

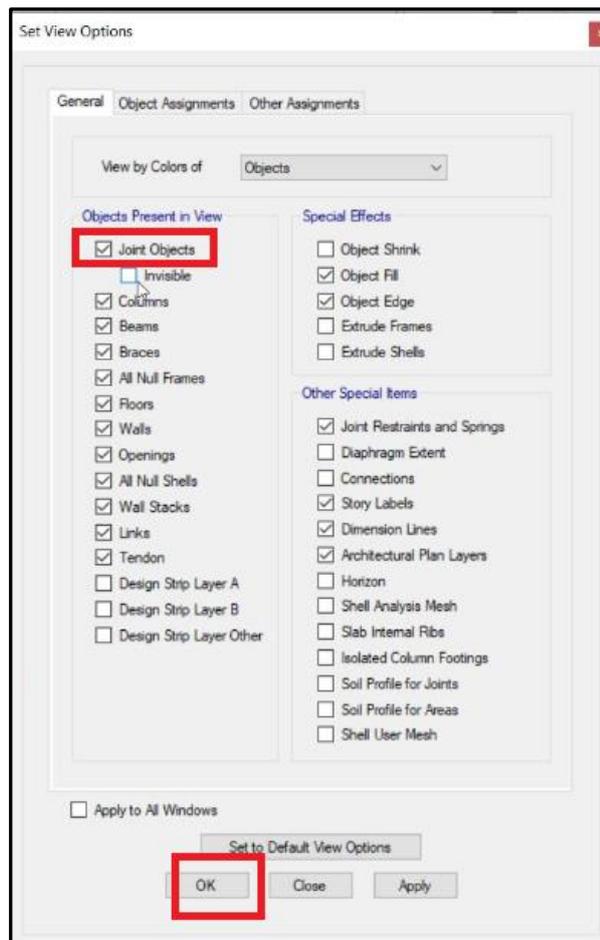


Figura 35 Exportar datos seleccionados joint objects

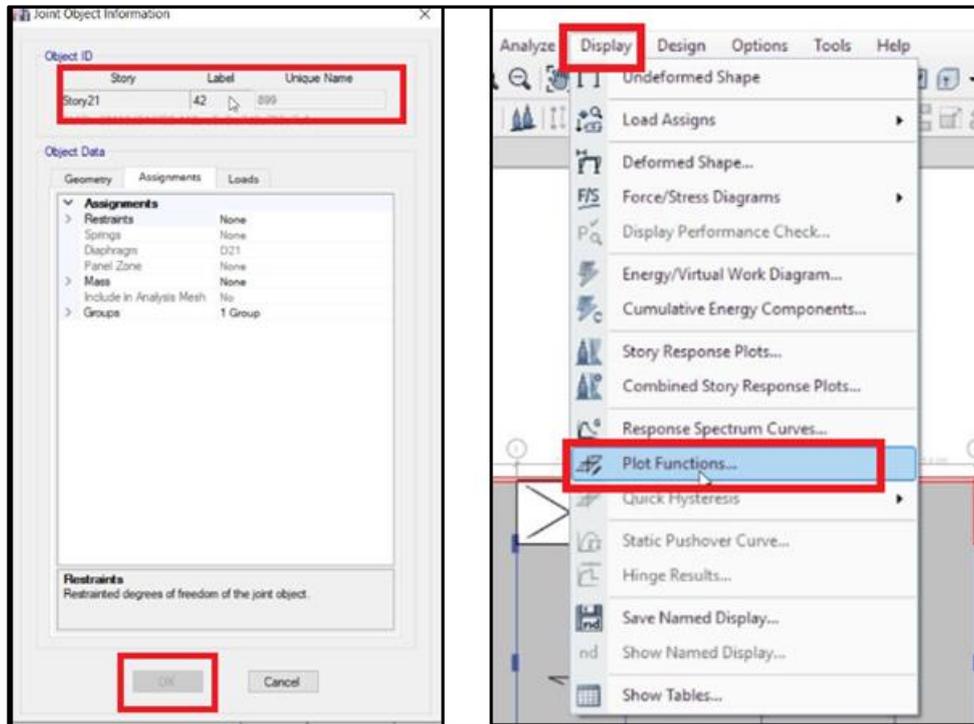


Figura 36 Selección de nivel - label

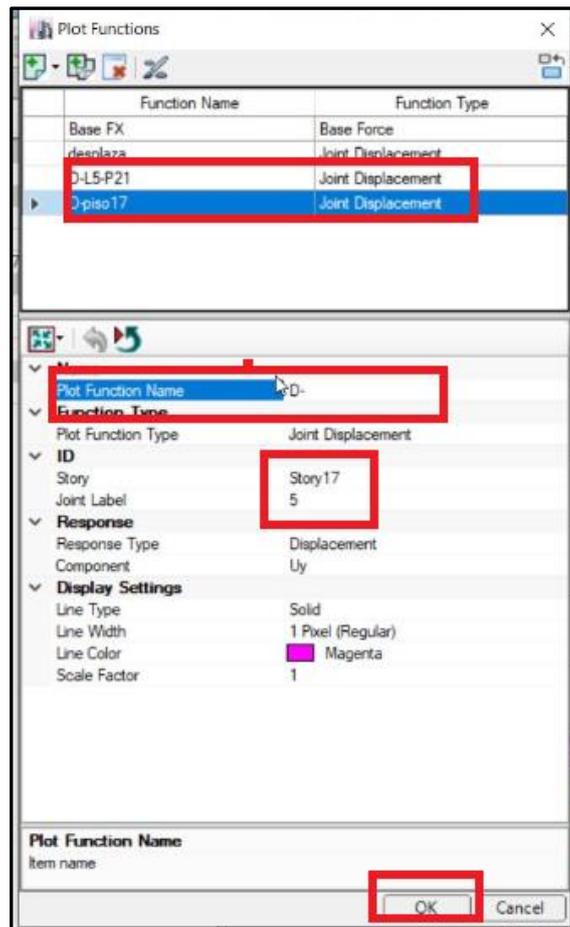


Figura 37 Generar funciones - pisos - label

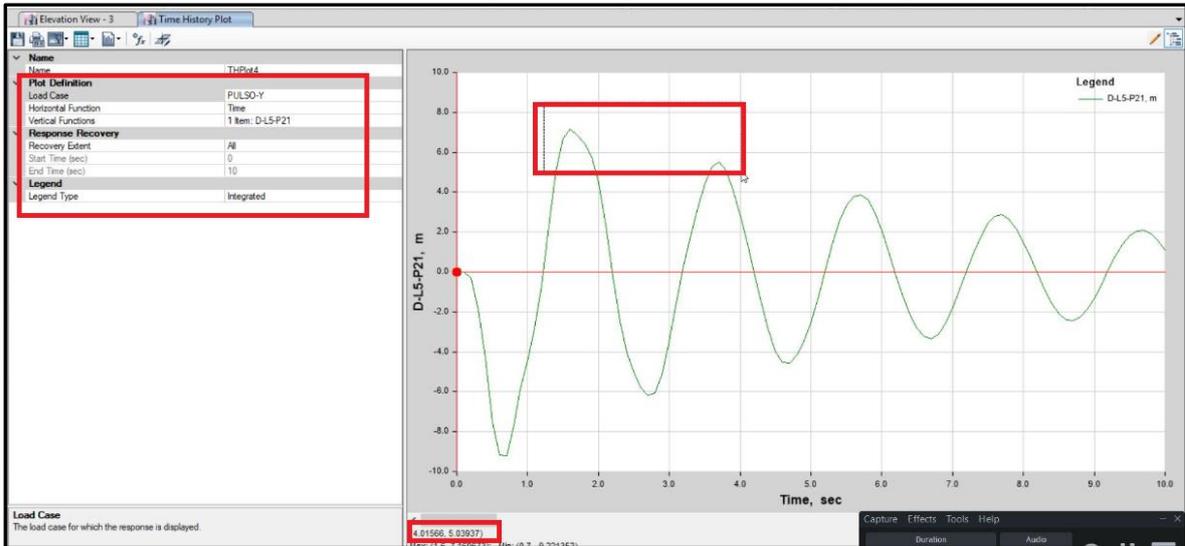


Figura 38 Curva de desplazamientos según piso seleccionado

### Decremento Logarítmico

$$\beta = \log_n\left(\frac{\mu_1}{\mu_2}\right)/2\pi n \dots \dots \dots \text{Ecuación 9}$$

- $\mu_1$ : Desplazamiento 1
- $\mu_2$ : Desplazamiento 2
- n: Número de separaciones de curvas entre desplazamientos

### Fuerza de Corte Basal Tiempo – Historia

Story	Load Case combo	Fy (Kn)
Story 01	Sismo 1974	<b>33220.10</b>

Tabla 9 Fuerza de corte basal - piso 1

### Modo de vibración

- Cada modo de vibración aporta a la respuesta sísmica (derivadas, aceleraciones, etc.), el periodo que más aporta es el periodo 1 por que tiene más masa participativa (66%) en la dirección Y, mostrando las masas participativas de los modos de vibración traslacional y rotacional.

#### 4.6.1 Modos de Vibración

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

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

Figura 39. Norma E030 Cap. N°04 Item 4.6.1

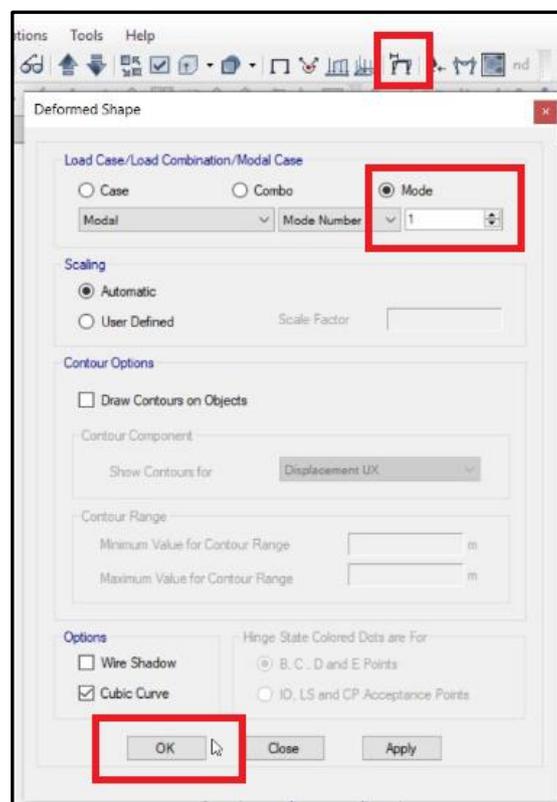


Figura 40. Seleccionar modo de análisis

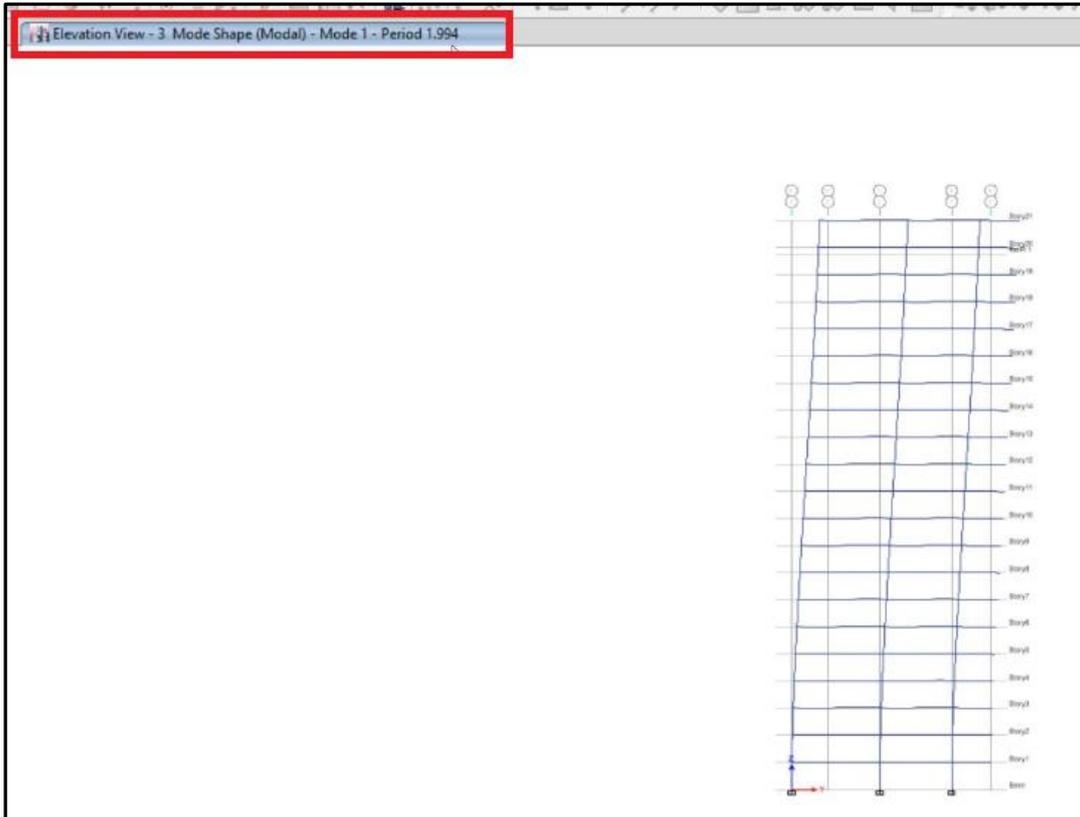


Figura 41. Modal 01- periodo 1.994

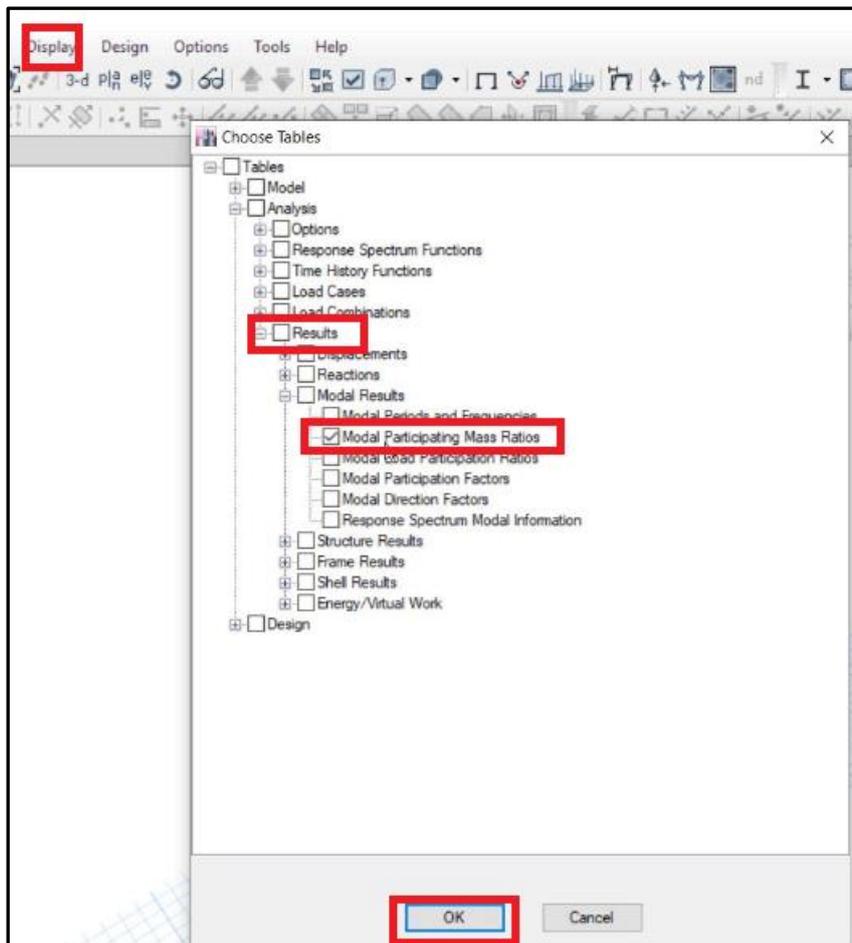


Figura 42. Exportar datos de modo de vibración

TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	RX	RY	RZ
Modal	1	1.994	0.00002867	0.6576	0.3487	0.0000213	0.0138
Modal	2	0.569	0.0002	0.0169	0.0012	0.0001	0.6748
Modal	3	0.56	0.0002	0.1483	0.2741	0.0002	0.0147
Modal	4	0.407	0.7097	0.00001981	0.0002	0.3034	0.0002
Modal	5	0.24	7.516E-06	0.061	0.1011	0	0.0006
Modal	6	0.194	0.00004734	0.0013	0.0027	0.0001	0.1629
Modal	7	0.159	9.132E-06	0	0	4.183E-06	6.685E-07
Modal	8	0.148	0.00003944	0.021	0.0445	0.00004433	1.444E-06
Modal	9	0.141	0.00003299	1.713E-06	7.027E-06	0.00004632	0.0008
Modal	10	0.138	0.0001	0.0053	0.0113	0.0002	0.0084
Modal	11	0.132	0.0032	0.0013	0.0036	0.0069	0.0083
Modal	12	0.13	0.1764	0.0000219	0.0001	0.4014	0.0004
Modal	13	0.119	0.00001816	0.0042	0.0094	0.0001	0.00001329
Modal	14	0.116	0	0.0074	0.0164	0	0.00001212
Modal	15	0.101	4.302E-06	0.0006	0.0013	0.00002021	0.0029
Modal	16	0.097	0	0.0002	0.0004	0	0.0021
Modal	17	0.092	0.00001756	0.0000482	0.00001969	0.00004617	0.0432
Modal	18	0.086	0	0.0124	0.0274	2.882E-06	0.0002
Modal	19	0.083	0.00000194	0.0039	0.0086	7.441E-06	0.0002
Modal	20	0.081	0	0.0027	0.0061	0	0.0001
Modal	21	0.072	1.476E-06	0.0001	0.0002	7.302E-06	0.00002778
Modal	22	0.071	1.466E-06	0.0001	0.0002	4.893E-06	0.0000202
Modal	23	0.067	0.0516	0	1.114E-06	0.1195	0.0001
Modal	24	0.064	0.0001	0.00002396	0.00003891	0.0002	0.0082
Modal	25	0.064	0.00001696	0.0036	0.0089	0.00004317	0.0052
Modal	26	0.063	8.567E-07	0.0047	0.0113	0.00000504	0.0015
Modal	27	0.062	0.00001212	0.0042	0.01	0.00003343	0.0049
Modal	28	0.057	5.902E-07	0.0002	0.0005	6.112E-07	0.0000189
Modal	29	0.057	0	0.0002	0.0004	0	3.001E-06
Modal	30	0.053	0	0.00003617	0.0001	0	0.00003026

Tabla 10. Modos de vibración - masa participativa

Modal	31	0.053	0	2.436E-06	5.967E-06	0	7.401E-06
Modal	32	0.051	0	0.0001	0.0003	0	0
Modal	33	0.051	0	2.905E-06	0.00000721	0	6.12E-07
Modal	34	0.049	8.375E-07	0.0064	0.0161	2.738E-06	0.002
Modal	35	0.047	0.0001	0.0031	0.0072	0.0004	0.013
Modal	36	0.046	0.02	0.00001502	0.00003771	0.0592	0.0001
Modal	37	0.04	0	0.0055	0.0143	0	0.0003
Modal	38	0.038	7.493E-06	0.0012	0.0029	0.00001833	0.0073
Modal	39	0.036	0.0117	0	8.114E-07	0.0307	0.00000226
Modal	40	0.034	0	0.0041	0.0106	0	0.0004
Modal	41	0.031	2.955E-06	0.0011	0.0027	9.564E-06	0.007
Modal	42	0.03	0.00002798	0.0038	0.01	0.0001	0
Modal	43	0.03	0.0068	0.00002235	0.0001	0.02	3.338E-06
Modal	44	0.027	2.195E-06	0.0006	0.0015	6.121E-06	0.0022
Modal	45	0.026	0.0001	0.0028	0.0073	0.0002	0.0018
Modal	46	0.025	0.0046	0.00004156	0.0001	0.0129	0.00004086
Modal	47	0.024	0	0.0011	0.003	0	0.0007
Modal	48	0.023	0.0033	0.0001	0.0002	0.0099	0.0001
Modal	49	0.022	0.0001	0.002	0.0052	0.0003	0.0032
Modal	50	0.022	0	0.0013	0.0035	1.382E-06	0.0003
Modal	51	0.021	0.0022	6.491E-06	0.00001735	0.0062	0.00001976
Modal	52	0.02	4.301E-06	0.0005	0.0012	0.00001184	0.0006
Modal	53	0.019	0.00003239	0.0016	0.0044	0.0001	0.0014
Modal	54	0.019	0.0016	0.00001568	0.00004223	0.0048	0.00001407
Modal	55	0.019	0	0.0005	0.0013	0	0.0004
Modal	56	0.018	0	0.0002	0.0006	0	0.0004
Modal	57	0.018	0.0017	0	0	0.0048	0
Modal	58	0.017	0	0.0017	0.0045	1.507E-06	0.0016
Modal	59	0.017	0	0.0003	0.0008	0	0.0002
Modal	60	0.017	0.0009	2.785E-06	7.573E-06	0.0026	1.247E-06
Modal	61	0.016	0	0.0003	0.0008	0	0.0001
Modal	62	0.016	0.0000132	0.00004425	0.0001	0.00003916	0.00004904
Modal	63	0.016	0.0007	3.405E-06	9.427E-06	0.0022	0

Tabla 11. Modo de vibración - masa participativa

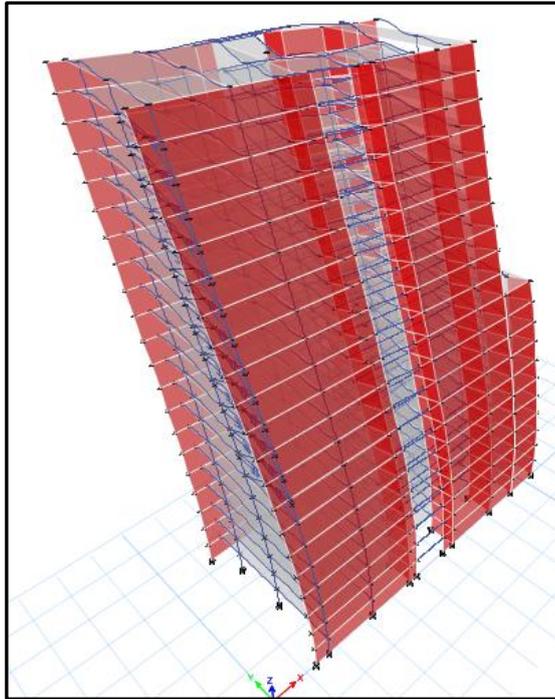


Figura 43 Modo de vibración N°01

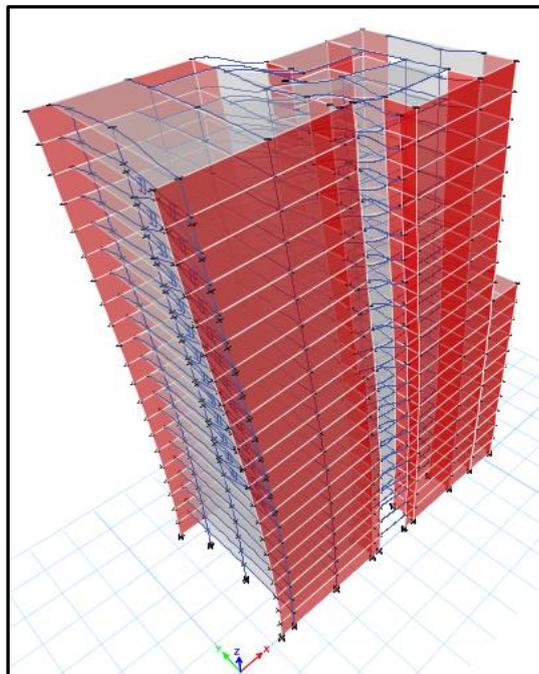


Figura 44. Modo de vibración N°03

### 3.1.3 Análisis de la estructura con disipadores de fluido viscoso:

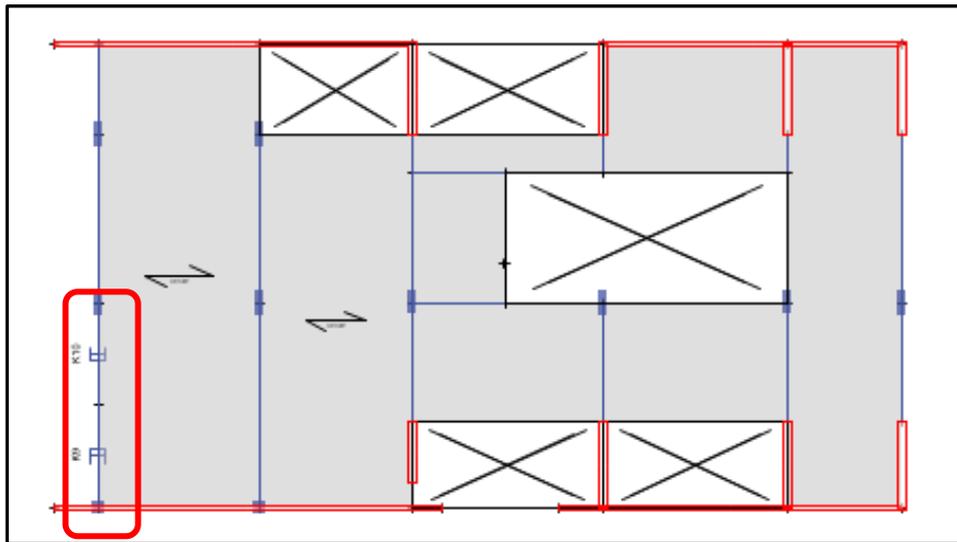


Figura 45. Ubicación de disipadores de fluido viscoso

- Se evalúa el modelo de la estructura en el programa ETABS 2017.
- Se define la ubicación de los disipadores, el sistema de disipación está ubicado en la dirección más corta. En la dirección más larga el edificio controla los desplazamientos mediante placas en los extremos.
- En la dirección más corta presenta placas ubicadas en la parte derecha del edificio, lo cual hace que el edificio presente grandes deformaciones en la parte izquierda, aprovechado por los disipadores.
- Definir la configuración de los disipadores, en este caso se definió la configuración Chevron debido a que la estructura cuenta con el espacio suficiente en la fachada además que esta disposición es más eficiente dado que están ubicados horizontalmente y reciben toda la fuerza sísmica. El sistema de disipadores sísmicos es un sistema de protección sísmica pasiva, esto quiere decir que sólo trabaja durante la ocurrencia de un sismo eventual.
- Se define los valores de C y Alpha estos valores se iteran hasta llegar a un valor óptimo en este caso se definió el  $C=100$  Kn debido a que este valor logra reducir la demanda sísmica, y el alpha se define de acuerdo a la energía disipada que se requiera, en este caso  $\alpha 0.5$ . (Ver ecuación 01).

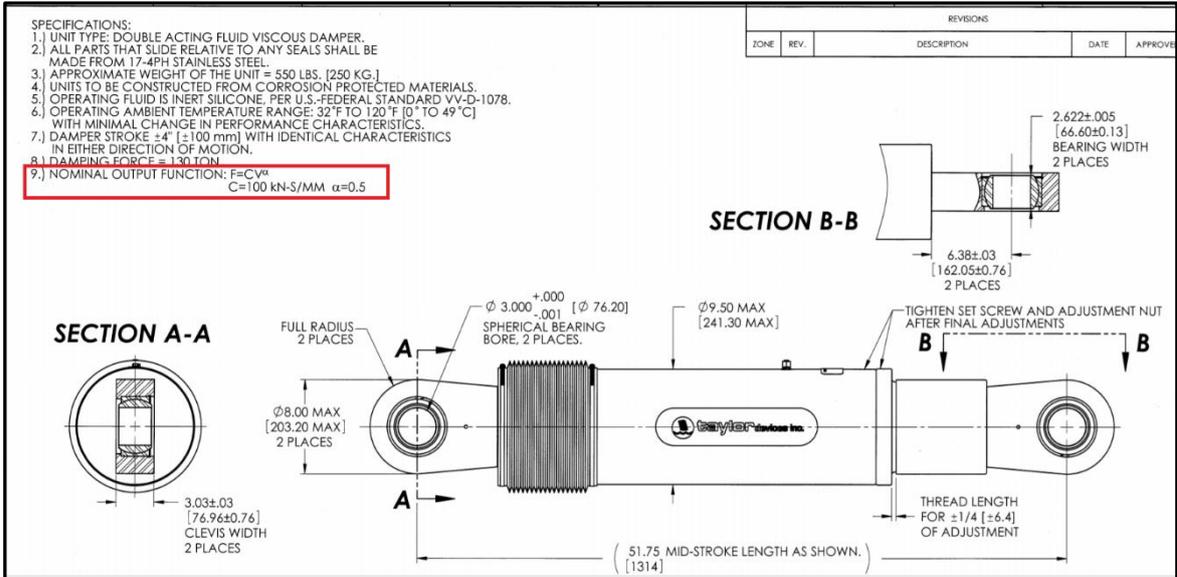


Figura 46. Ficha técnica de disipador de fluido viscoso indicando valor de C y alpha

Identification

Property Name: DAMPER

Direction: U1

Type: Damper - Exponential

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 0 kN/mm

Effective Damping: 0 kN-s/mm

Nonlinear Properties

Stiffness: 400 kN/mm

Damping: 100 kN\*(s/mm)<sup>Cexp</sup>

Damping Exponent: 0.5

OK Cancel

Figura 47. Indicar valor de C y alpha

- Procedemos a definir el disipador y luego modelar el mismo.

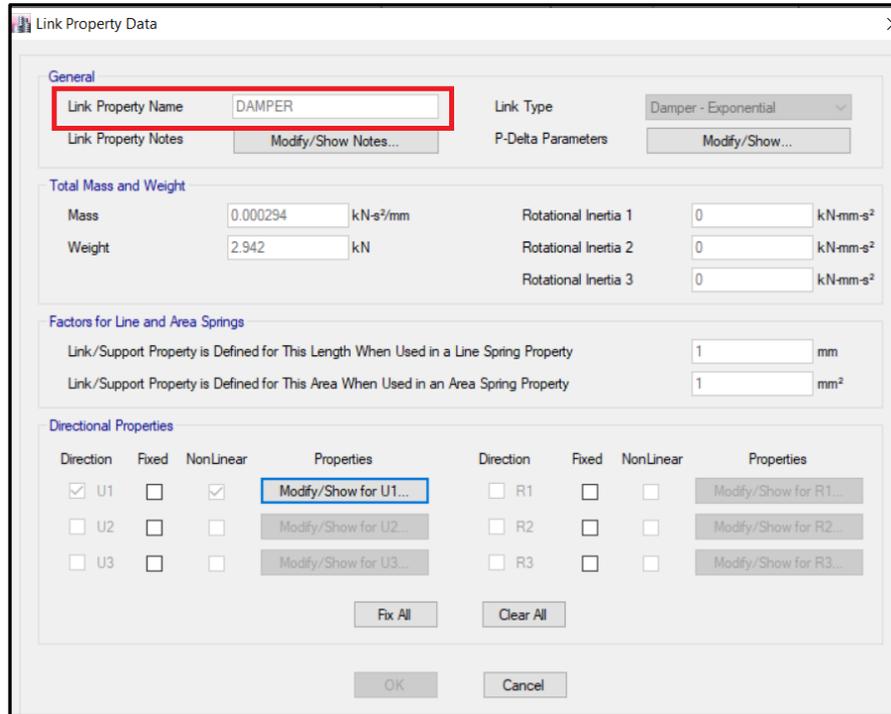


Figura 48. Definir el link a emplear

- Se realiza un análisis dinámico tiempo historia no lineal, el cual determina el comportamiento histérico de los disipadores sísmicos.

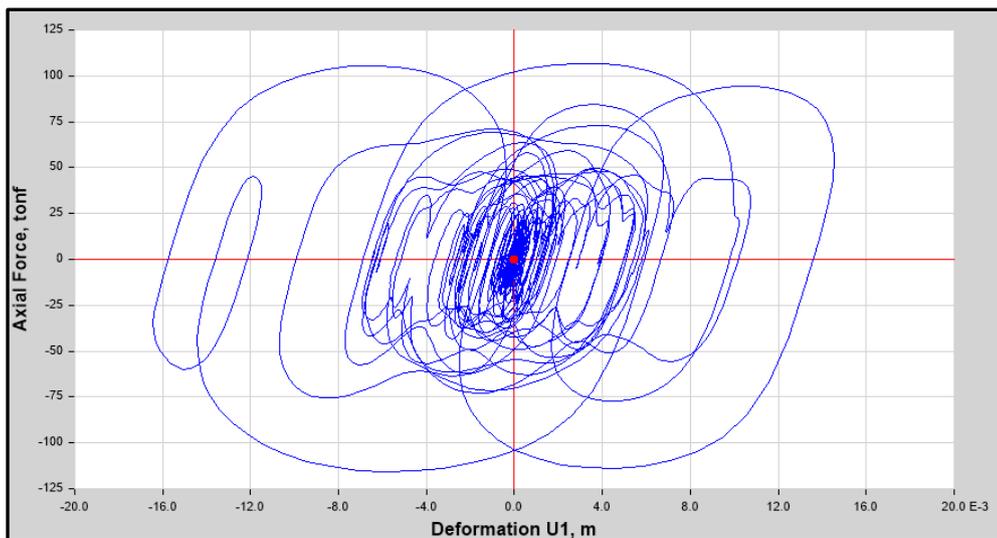


Figura 49 . Curva de comportamiento histérico típico de los disipadores ante el sismo del 1974

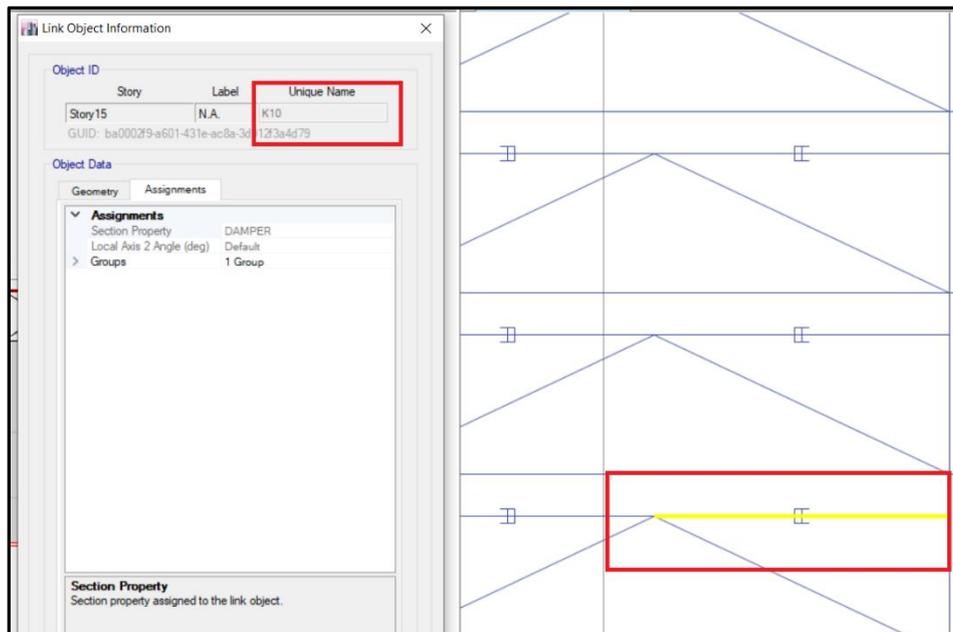


Figura 50. Distribución de disipador de fluido viscoso

- Procedemos a verificar los resultados de la estructura (derivadas, aceleraciones, desplazamientos) y también los resultados de comportamiento de los disipadores (fuerza axial y deformación axial, velocidad)

### Deformaciones axiales de los disipadores

- Al moverse la estructura, este deforma el dámper axialmente generando una fuerza axial, creando una curva de histéresis que mide la cantidad de energía que disipa el dámper, el disipador es más eficiente cuando presenta más deformación y menor carga axial, esto ya que disipa más energía sin presentar tanta fuerza axial.

### Fuerza axial de los disipadores

- La curva de deformación de los disipadores o curva de histéresis depende de las deformaciones axiales y de las fuerzas axiales.
- Se calcula el amortiguamiento de la estructura, considerando el aporte de los disipadores, dado que los amortiguadores disipan energía sísmica.

- Se obtiene la fuerza de corte considerando la reducción por efecto de los amortiguadores.
- Se verifica que las derivas, aceleraciones, desplazamientos y fuerzas de corte se reduzcan por el efecto de los amortiguadores sísmicos.
- Se procede a diseñar la estructura metálica la cual conecta el disipador a la estructura de concreto. Para el Cálculo de las Fuerzas de diseño ( $F_d$ ) del sistema se deben considerar las provenientes del sismo máximo esperado. De acuerdo a lo que establece la norma americana ASCE, se puede determinar que la relación entre la fuerza máximo esperado y el sismo de diseño, amplificando 1.5 veces el sismo de diseño.
- Se desarrollará el diseño para los disipadores correspondientes a una fuerza en los disipadores de 101.9 Ton. Que para sismo máximo sería:  $1.5 \times (101.9 \text{tn}) = 153 \text{ Ton}$

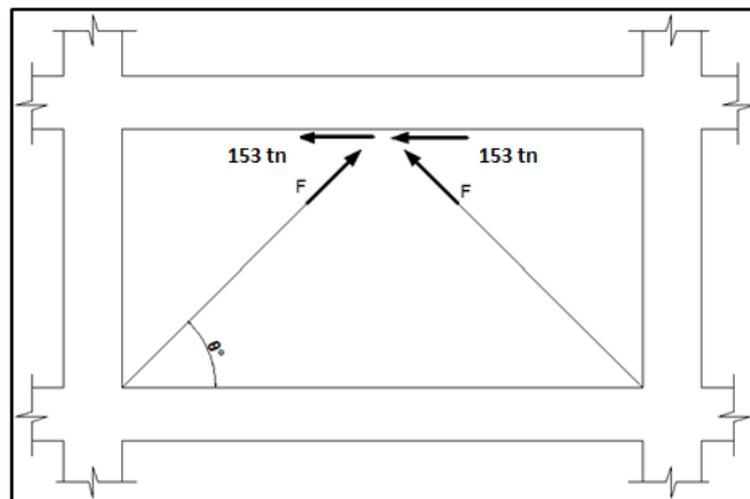


Figura 51. Diafragma de fuerzas en la estructura metálica

$$\theta = 29^\circ \quad \text{Cos } \theta = 0.875$$

$$F = 153 / \text{Cos } (\theta)$$

$$F = 174.93 \text{ ton}$$

$$F = 391.85 \text{ Kip}$$

$$f_y = 250 \text{ Mpa}$$

## DISEÑO DEL BRAZO METÁLICO:

### 1) TRACCIÓN:

$$\phi \times T_n = T_u$$

$$0.9 \times A_s \times F_y \geq 391.85 \text{ Kip}$$

$$A_s \geq 11.90 \text{ in}^2$$

Se requiere vigas H 10x42x0.420" A-36

### 2) COMPRESIÓN:

Para **10x42x0.420" A-36**

$$I_x = 210 \text{ in}^4 ; r_x = 4.13 \text{ in} ; A_s = 12.4 \text{ in}^2$$

Cálculo Parámetro de esbeltez:

$$\lambda_c = \left( \frac{KL}{r\pi} \right) \times \left( \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right)$$

$$\lambda_c = 0.446 < 1.5 \quad (\text{Pandeo Inelástico})$$

Resistencia:

$$P_d = 0.85 \times (0.658^{\lambda_c^2}) F_y \times A_g$$

Dónde:

$P_d$  = Resistencia de diseño.

$\phi = 0.85$ , para pandeo.

$F_y$  = Esfuerzo de Fluencia = 36 ksi

$A_g$  = área de la sección.

$$\phi P_n = 349.128 \text{ kip}$$

Un **10" x 42" x 0.420" A-36** cumple las condiciones.

## DISEÑO DE PLANCHA DE CONEXIÓN (OREJA)

### DISEÑO POR TENSIÓN:

$$\varphi \times T_n \geq T_u$$

$$A_s \geq 391.85 / (0.9 \times 36)$$

$$A_s \geq 12.09 \text{ in}^2$$

Considerando un ancho de la plancha **h=254 mm**

Espesor de la plancha: **e<sub>mín</sub>=1.53 in = 40 mm**

Se hará uso de una rotula que le garantice un giro libre durante el movimiento sísmico, el cual es del tipo GEZ048ET-2RS o similar, para el tipo propuesto el espesor mínimo necesario para la conexión sería de **68 mm**.

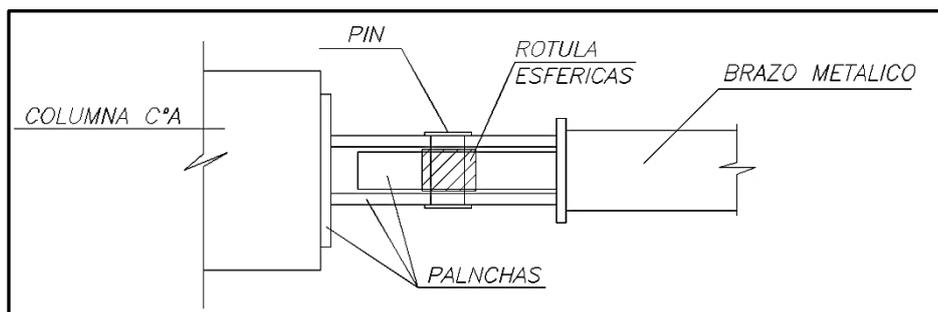


Figura 52. Esquema de planchas de conexión y rotula esférica

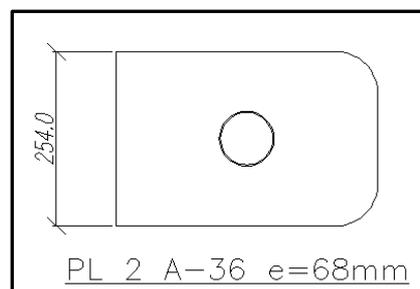


Figura 53. Detalle de conexión

## DISEÑO DE CONEXIÓN DE PLACHAS

### DISEÑO DE SOLDADURA

Resistencia al corte de la soldadura:

$$R_{dw} = (0.75(0.6 \times F_u B_M) \times t) L$$

Dónde:

$R_{dw}$  = Resistencias de Diseño

$F_u B_M$  = Esfuerzo tensión último de material base

$t$  = espesor de soldadura.

$L$  = Longitud de soldadura.

Considerando una soldadura de filete de 3/8" de 70 ksi:<sup>1</sup>

$$R_{dw} = 8.35 \times L > F$$

$$L > 117 / (4 \times 8.35)$$

$$L > 14 \text{ in}$$

$$\mathbf{L_{mín} = 356 \text{ mm}}$$

En este caso se tiene una dimensión de 635.4 mm por requerimientos de arquitectura.

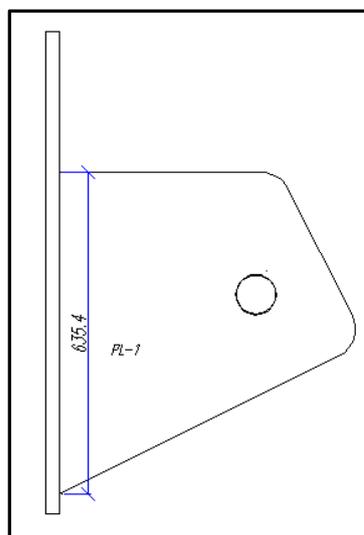


Figura 54. Detalle de brida inferior

<sup>1</sup> Esta Resistencia corresponde a electrodos E7018 ("Supercito")

## DISEÑO DEL PIN

### 1) DISEÑO POR CORTE:

Resistencia al corte:  $\phi B_{nv} = 0.75 \times (0.4 \times F_{ub}) \times A_b \times N_s$

Dónde:

$F_{ub}$ : esfuerzo de fractura

$A_b$ : Area del PIN en corte

$N_s$ : 2, cortante doble

$\phi B_{nv} \geq 391.85$  Kips

Utilizamos un Acero ASTM A 490

$$A_b > 5.58 \text{ in}^2$$

Usamos: **PIN  $\Phi$  3"**

### 2) DISEÑO POR APLASTAMIENTO

Cálculo de "Lc"

Estado límite de desgarramiento por corte de la placa:

La resistencia está dada por:

$$\phi R_n = 1.2 \times 0.75 \times L_c \times t \times F_u$$

Dónde:

d: diámetro del agujero,

t: espesor de la placa

Lc: distancia del borde del agujero al borde de la plancha.

Usamos:  $t=1''$

$$\phi R_n = 0.9 \times 58 \times L_c \times 1 > 245$$

$$L_c > 4.7''$$

Usamos:  $L_c \text{ mín} = 120 \text{ mm}$

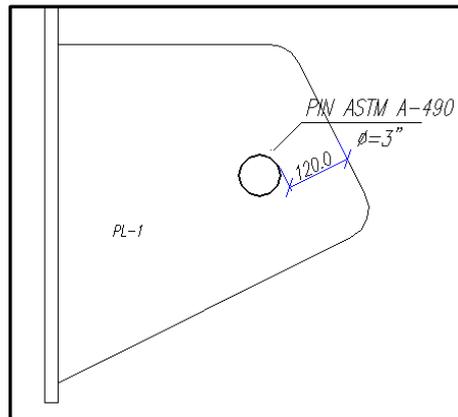


Figura 55. Ubicación de Pin ASTM 490 de 3" de diámetro

## DISEÑO DE PERNOS Y ANCLAJES

### 1) RESISTENCIA AL CORTE

Para resistencia al corte se hace uso de conectores Nelson Stud de  $\Phi 1''$ ,  $F_u = 70 \text{ ksi}$ :

Resistencia al corte:

$$\phi B_{nv} = 0.75 \times (0.4 \times F_u) \times A_b$$

$$\phi B_{nv} = 16.5 \text{ kips} = 7.5 \text{ Ton}$$

$$P_u = 174.93 \times \sin(29^\circ)$$

$$P_u = 85.81 \text{ tn}$$

Usar **12** conectores Nelson Stud de  $\Phi 1''$

## 2) RESISTENCIA A TENSIÓN

Para resistencia tensión se hace uso de acero de refuerzo corrugado de  $\Phi 1''$ ,  $F_u = 85\text{ksi}$ :

$$\phi B_{nt} = 0.75 \times (0.75 \times F_u) \times A_b$$

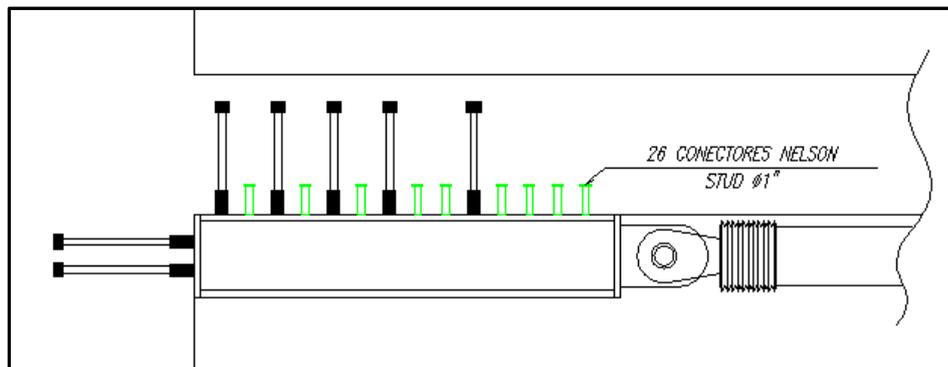
$$\phi B_{nt} = 37.55 \text{ kips} = 17 \text{ Ton}$$

$$P_u = 174.93 \times \cos(29^\circ)$$

$$P_u = 153 \text{ tn}$$

Usar **9** barras de acero corrugado Gr. 60 de  $\Phi 1''$

## DISEÑO DE LA BRIDA SUPERIOR



*Figura 56. Brida superior con conectores nelson stud*

## 1) RESISTENCIA AL CORTE

Para resistencia al corte se hace uso de conectores Nelson Stud de  $\Phi 1''$ ,  $F_u = 70\text{ksi}$ :

Resistencia al corte:

$$\phi B_{nv} = 0.75 \times (0.4 \times F_u) \times A_b$$

$$\phi B_{nv} = 16.5 \text{ kips} = 7.5 \text{ Ton}$$

$$P_u = 153 \text{ Tn}$$

Usar **21** conectores Nelson Stud de  $\Phi 1''$

## 2) DISEÑO POR TENSION

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$0.9 \times A_s \times F_y \geq 391.85 / 2 \text{ kip}$$

$$A_s \geq 6.05 \text{ in}^2$$

Para placas de 1" de espesor:  $h > 7.5''$

$$H = 300 \text{ mm}$$

## NUDO DE ENCUENTRO

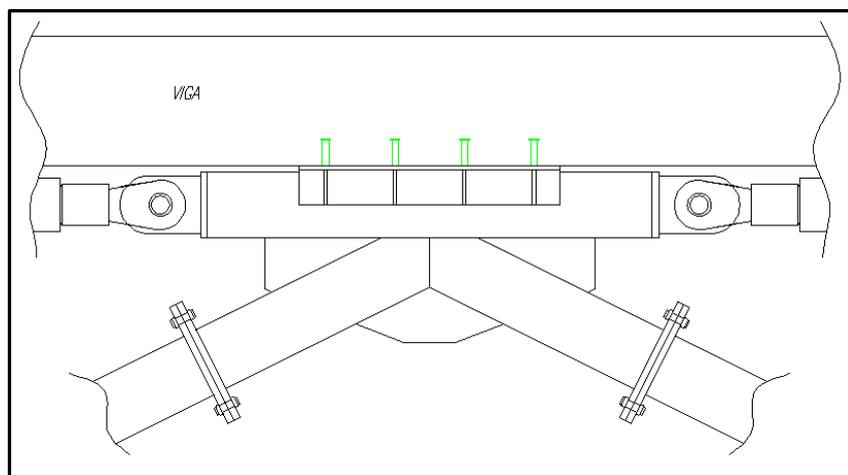


Figura 57. Nudo de encuentro

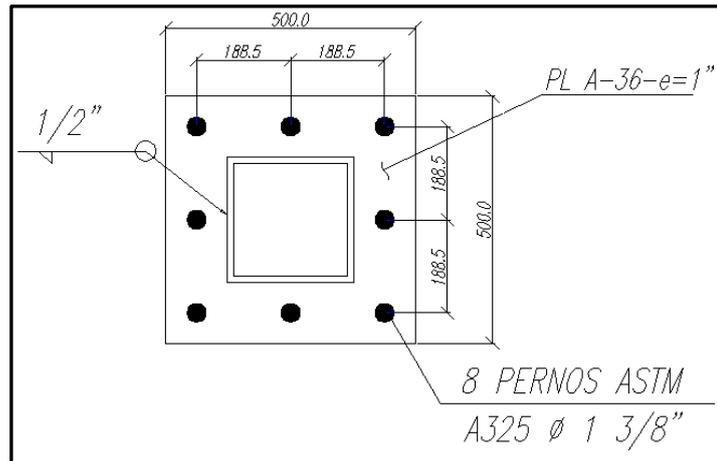


Figura 58. Brida de conexión

### 3) DISEÑO DE SECCIÓN CUADRADA

#### 1) TRACCIÓN

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$0.9 \times A_s \times F_y \geq 391.85 \text{ kip}$$

$$A_s \geq 12.1 \text{ in}^2$$

**10" x 42" x 0.42" A-36** Cumple.

#### 2) COMPROBACIÓN LONGITUD SOLDADURA

$$L = 10" \times 4 = 40"$$

Con una soldadura bisel de **1/2"**

Resistencia al corte de la soldadura

$$R_{dw} = ((0.75(0.6 \times F_u B_M) \times t) \times L_e) (1 + 0.5 \times (\sin 90)^{1.5})$$

$$668.1 > 391.85 \text{ Kips} \quad \dots(\text{ok})$$

## DISEÑO PERNOS:

N° pernos A-325: 8  $\varnothing$  13/8"

Resistencias de diseño por pernos:

$$T=100.23 \text{ Kips}$$

Para 6 Pernos:

$$T_d = 601.38 \text{ Kip} > 391.85 \text{ Kips... (ok)}$$

## **TIPOS DE SOLDADURA A USAR:**

a) SOLDADURA DE FILETE:

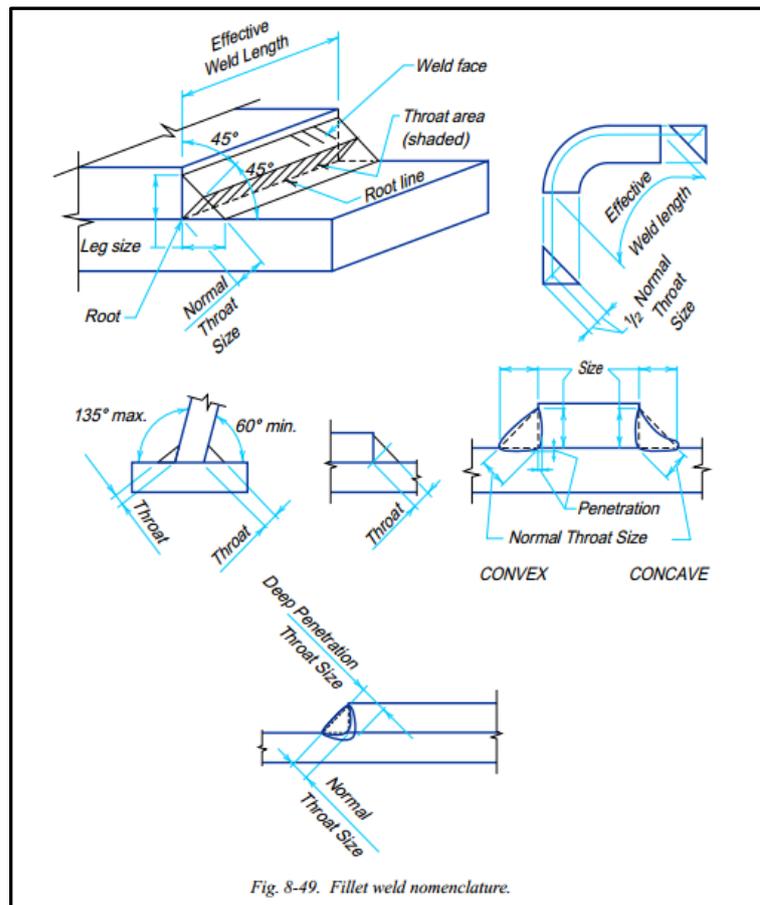


Figura 59. Soldadura de filete

b) SOLDADURA DE PENETRACIÓN O RANURA:

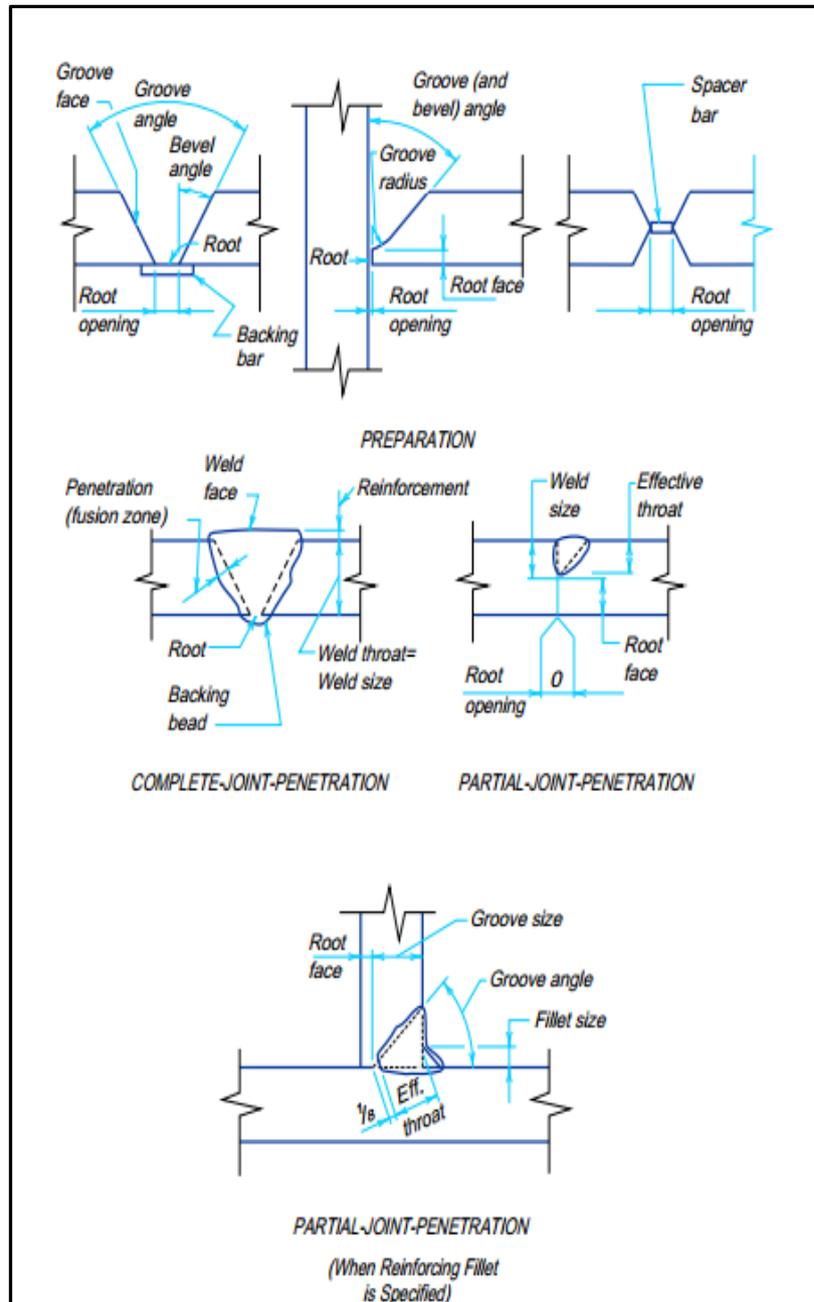


Figura 60. Soldadura de penetración

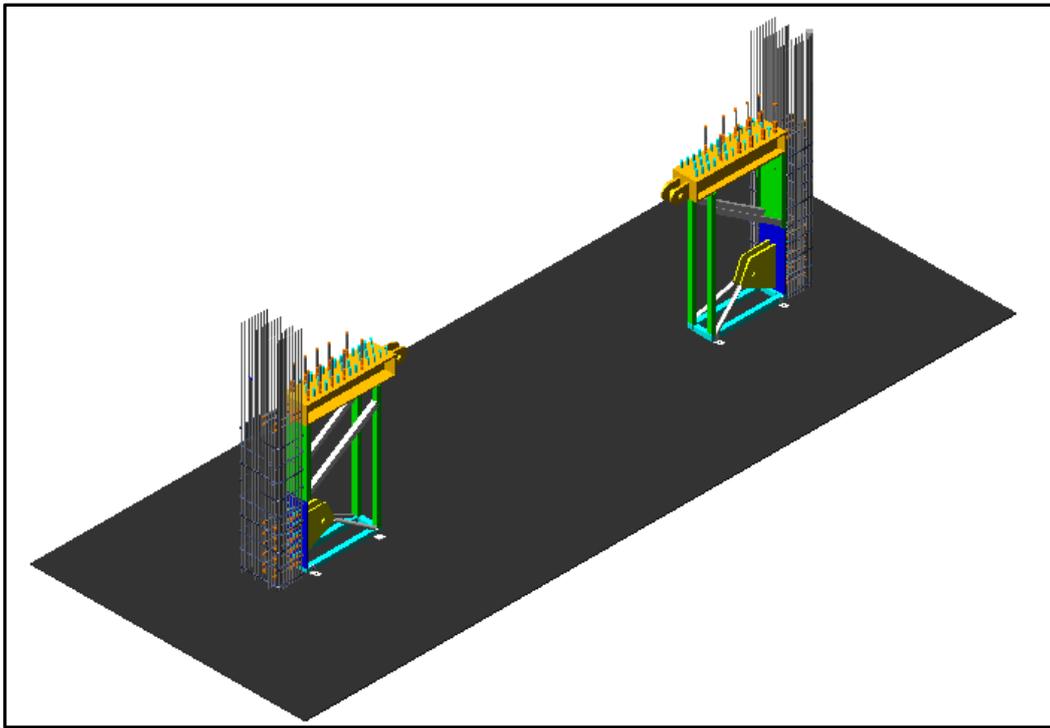


Figura 61. Proceso de instalación de conectores de estructura metálica

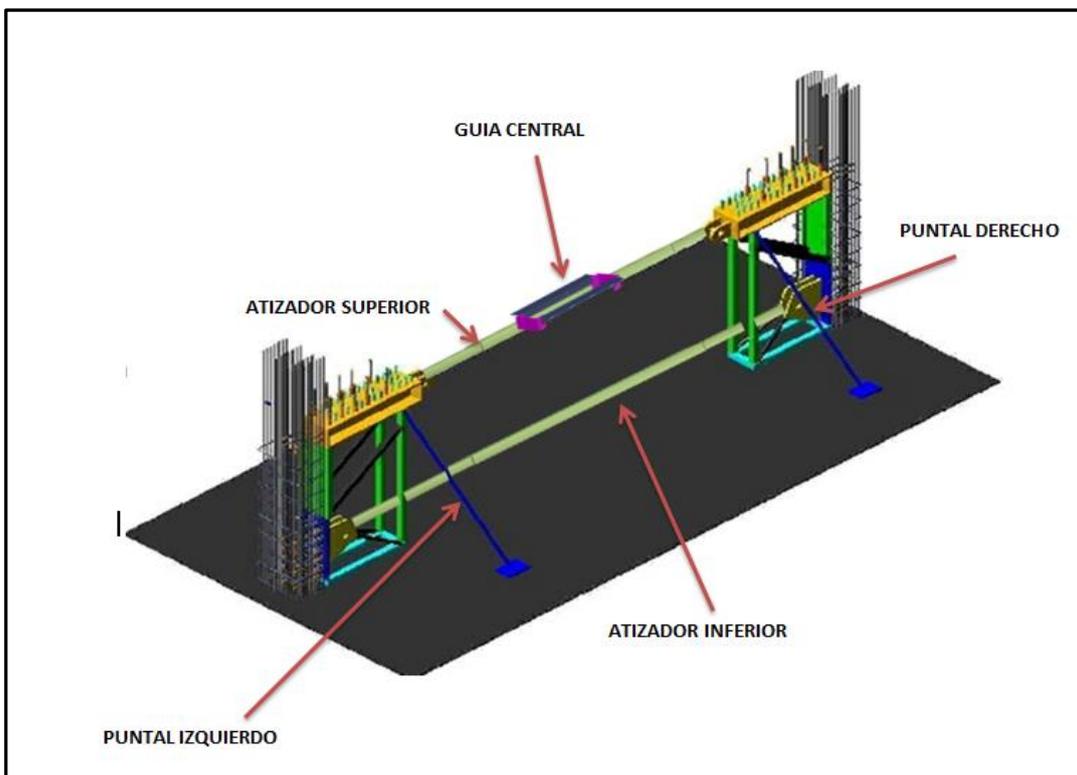


Figura 62. Verificación de elementos de sujeción para estructura metálica

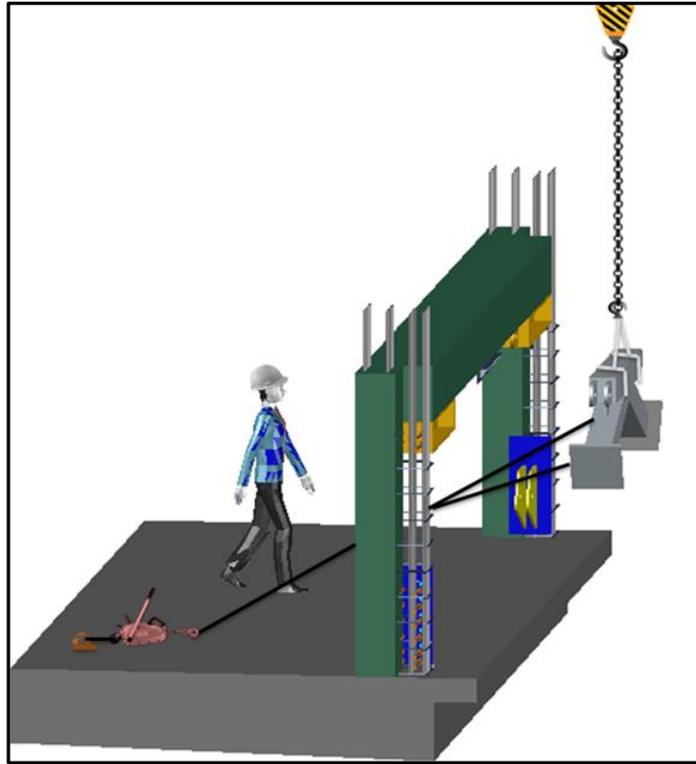


Figura 63. Montaje de estructura metálica en pórtico



Figura 64. Disipador y estructura metálica instalados

- Verificar las conexiones que los puntos de apoyo (unión viga columna) donde los disipadores se conectan a la estructura tengan la capacidad suficiente de resistir la fuerza del disipador. Las vigas y las columnas deben tener la resistencia suficiente al corte y axial inducidas por el disipador.

### 3.2 Resultados

#### 3.2.1 Análisis de la estructura sin disipadores de fluido viscoso:

- Respuesta Espectral – Tiempo Historia
- Derivas Espectrales – Derivas Tiempo Historia

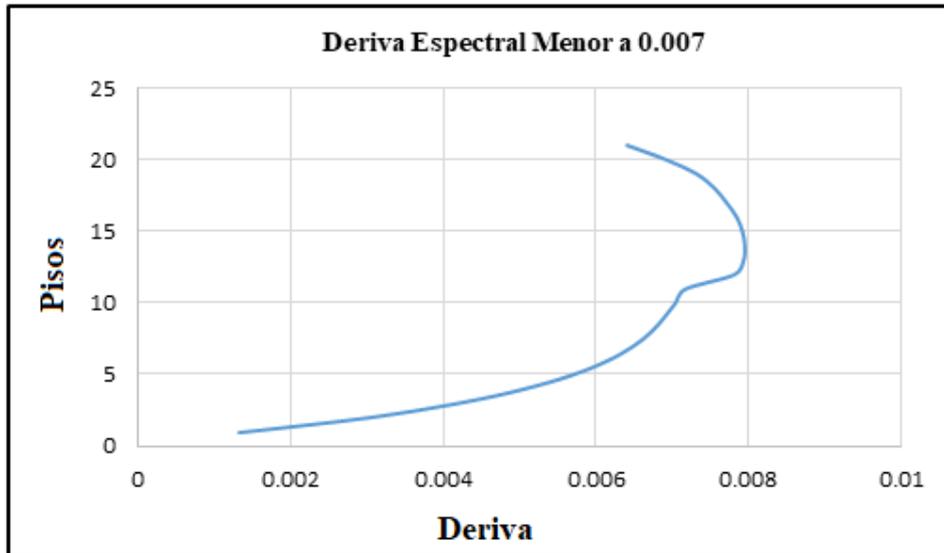


Figura 65. Curva de deriva espectral - máximo piso 14 – Eje Y

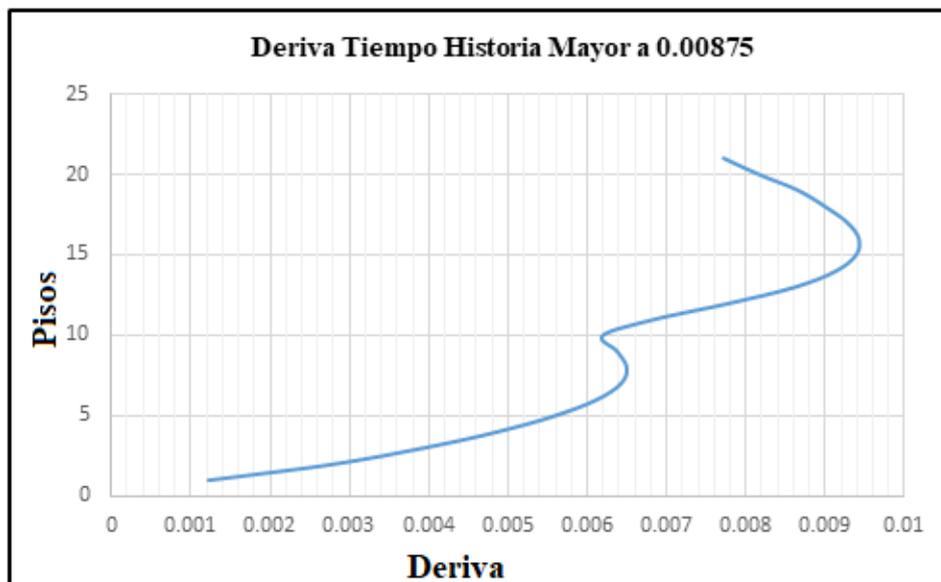


Figura 66. Curva de deriva tiempo historia - máximo piso 16 – Eje Y

ESTRUCTURA SIN DISIPADORES			
N° PISO	DERIVA ESPECTRAL	N° PISO	DERIVA TIEMPO HISTORIA
PISO 14	0.007947	PISO 16	0.009426

Tabla 12. Resultados de deriva espectral - tiempo historia Eje Y

ESTRUCTURA SIN DISIPADORES		ESTRUCTURA CON DISIPADORES D.15-19		ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-14		ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-19	
N° PISO	DERIVA	N° PISO	DERIVA	N° PISO	DERIVA	N° PISO	DERIVA
PISO 16	0.009426	PISO 15	0.007948	PISO 16	0.007414	PISO 15	<b>0.006933</b>

Tabla 13. Resultados de derivas según disposición en altura Eje Y

### Interpretación:

- De la figura N°65 y tabla N°12 se observa que la **deriva espectral** supera el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en el piso 14 con una deriva de **0.007947**, de la figura N°66 y tabla N°12 se observa que la **deriva tiempo historia** supera el máximo desplazamiento relativo debido a que excede de 1.25 veces de los valores indicados en la Tabla 11 de la norma E030, lo cual indica que son mayores a  $1.25 \times 7 / 1000 = 8.75 / 1000$ , en el piso 16 con una deriva de **0.009426**, observando la tabla N°13 se determina que la **deriva tiempo historia de la estructura con disipadores disposición N°03 nivel 8 al 19** indica **0.006933**, respecto a la deriva tiempo historia de la estructura sin disipadores indica **0.009426**, reduciendo las mismas en **26.44%**.

➤ **Desplazamientos Espectrales – Desplazamientos Tiempo Historia (m)**

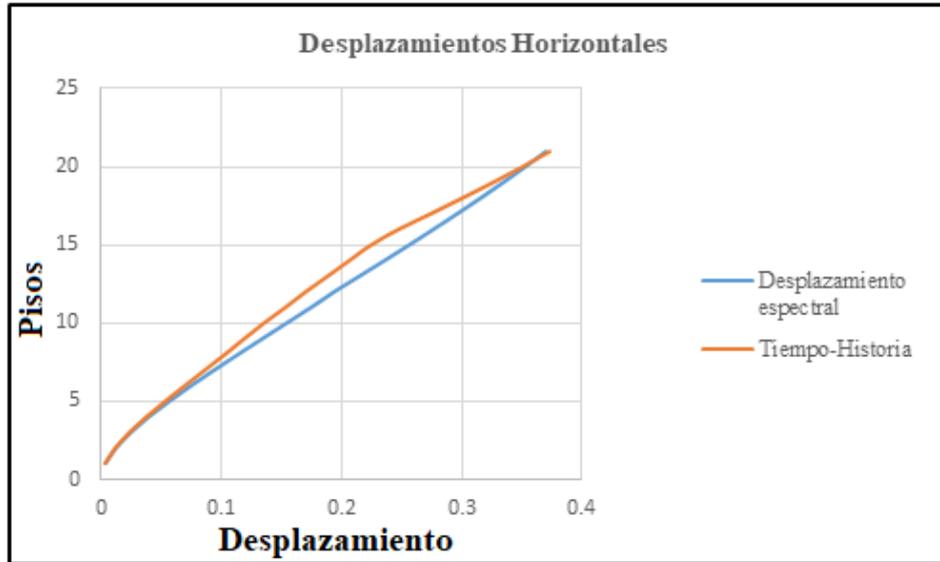


Figura 67. Curva de desplazamiento horizontal espectral - T-H

ESTRUCTURA SIN DISIPADORES			
Nº PISO	DESPLAZAMIENTO ESPECTRAL (m)	Nº PISO	DESPLAZAMIENTO TIEMPO HISTORIA (m)
PISO 21	0.370276	PISO 21	0.372445

Tabla 14. Resultados de desplazamiento espectral - tiempo historia

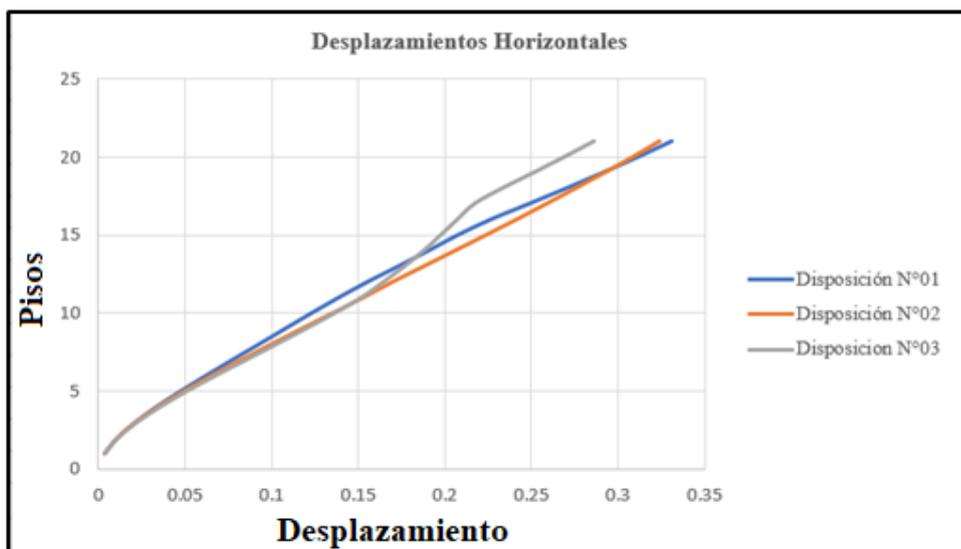


Figura 68. Curva de desplazamientos horizontales según disposición de disipadores

ESTRUCTURA SIN DISIPADORES		ESTRUCTURA CON DISIPADORES D.15-19		ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-14		ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-19	
Nº PISO	DESPLAZAMIENTO	Nº PISO	DESPLAZAMIENTO	Nº PISO	DESPLAZAMIENTO	Nº PISO	DESPLAZAMIENTO
PISO 21	0.372445	PISO 21	0.330847	PISO 21	0.321553	PISO 21	<b>0.28587</b>

Tabla 15. Resultados de desplazamientos horizontales según disposición de disipadores en altura Eje Y

### Interpretación:

- De la figura N°66 y tabla N°14 se observa que el **desplazamiento horizontal espectral** en el nivel 21 corresponde a **0.3702m**, de la figura N°66 y tabla N°14 se observa que el **desplazamiento horizontal tiempo historia** en el nivel 21 corresponde a **0.3724m**, se determina mediante la figura N°67 y tabla N°15 que el **desplazamiento horizontal tiempo historia de la estructura con disipadores disposición N°03 nivel 8 al 19 corresponde a 0.2858m**, respecto al desplazamiento tiempo historia de la estructura sin disipadores indica **0.3724**, reduciendo las mismas en **23.25%**.

### ➤ Fuerza de corte basal (Kn)

ANÁLISIS ESTÁTICO		ANÁLISIS DINAMICO					
ESTRUCTURA SIN DISIPADORES		ESTRUCTURA SIN DISIPADORES		Verificación Fuerza cortante mínima - Norma E030	ESTRUCTURA SIN DISIPADORES		Verificación Fuerza cortante mínima - Norma E030
Nº PISO	CORTANTE BASAL Kn	Nº PISO	CORTANTE BASAL (Espectral) Kn	Vd Y >90% Ve (Kn)	Nº PISO	CORTANTE BASAL (Tiempo Historia) Kn	Vd Y >90% Ve (Kn)
PISO 01	33843.13	PISO 01	32593.18	<b>30458.82</b>	PISO 01	33220.10	<b>29898.09</b>

Tabla 16. Resultados de análisis de fuerza de corte basal estático - dinámico

### Interpretación:

- De la tabla N° 16 se observa que la fuerza de corte basal considerando el análisis estático y dinámico (espectral – TH), justificando que cumple lo indicado en la Norma E030 correspondiente a la fuerza de corte mínima donde en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 90 % respecto al análisis estático para estructuras irregulares.

ESTRUCTURA SIN DISIPADORES		ESTRUCTURA CON DISIPADORES D.15-19		ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-14		ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-19	
N° PISO	CORTANTE BASAL (Tiempo Historia) Kn	N° PISO	CORTANTE BASAL (Tiempo Historia) Kn	N° PISO	CORTANTE BASAL (Tiempo Historia) Kn	N° PISO	CORTANTE BASAL (Tiempo Historia) Kn
PISO 01	33220.10	PISO 01	28486.43	PISO 01	30755.60	PISO 01	<b>27721.35</b>

Tabla 17. Resultados de fuerza de corte basal sin disipadores y con 03 disposiciones

### Interpretación:

- De la tabla N°17 se observa que la **fuerza de corte basal** considerando el análisis dinámico tiempo historia de la estructura sin disipadores corresponde a **33220.10 Kn**, la **disposición N°03 de disipadores en el nivel 8 al 19** indica que la fuerza de corte basal corresponde a **27721.35 Kn** reduciendo la misma en un 16.55%.

- Parámetros Dinámicos**

- **Periodo de Vibración (seg)**

ESTRUCTURA SIN DISIPADORES			
Case	Mode	Period (sec)	UY
		sec	
Modal	1	1.994	<b>0.6576</b>
Modal	2	0.569	<b>0.0169</b>
Modal	3	0.56	<b>0.1483</b>

Tabla 18. Modos de vibración

ESTRUCTURA CON DISIPADORES D.15-19				ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-14				ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-19			
Case	Mode	Period (sec)	UY	Case	Mode	Period (sec)	UY	Case	Mode	Period (sec)	UY
		sec				sec				sec	
Modal	1	1.995	<b>0.6577</b>	Modal	1	1.995	<b>0.6578</b>	Modal	1	1.995	<b>0.6577</b>
Modal	2	0.569	<b>0.0168</b>	Modal	2	0.569	<b>0.0142</b>	Modal	2	0.569	<b>0.0168</b>
Modal	3	0.56	<b>0.1484</b>	Modal	3	0.56	<b>0.1509</b>	Modal	3	0.56	<b>0.1484</b>

Tabla 19. Resultados de modos de vibración de la estructura sin disipadores y con 03 disposiciones

**Interpretación:**

- De la tabla N° 18 y N°19 se observa que los **periodos de vibración** en la estructura con dampers y sin estos no ha variado, la masa participativa mayor se da en el periodo **1.995 seg** correspondiente al modo 01 eje Y, estos periodos no han sufrido alteraciones debido a que los dampers no aporta rigidez a la estructura.

➤ **Factor de amortiguamiento crítico (%)**

ESTRUCTURA SIN DISIPADORES	ESTRUCTURA CON DISIPADORES D.15-19	ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-14	ESTRUCTURA CON DISIPADORES D. 8-19
AMORTIGUAMIENTO (%)	AMORTIGUAMIENTO (%)	AMORTIGUAMIENTO (%)	AMORTIGUAMIENTO (%)
5.00%	8.41%	11.17%	<b>12.40%</b>

Tabla 20. Resultados de amortiguamiento sin disipadores y con 03 disposiciones

**Interpretación:**

- De la tabla N°20 se observa que la estructura sin disipadores comprende el **5.00% de amortiguamiento**, con la implementación de disipadores según la **disposición N° 03 de disipadores en el nivel 8 al 19** incrementa al **12.40%**, es decir da el aporte de los dampers incrementa el amortiguamiento de la estructura en **7.40%**.

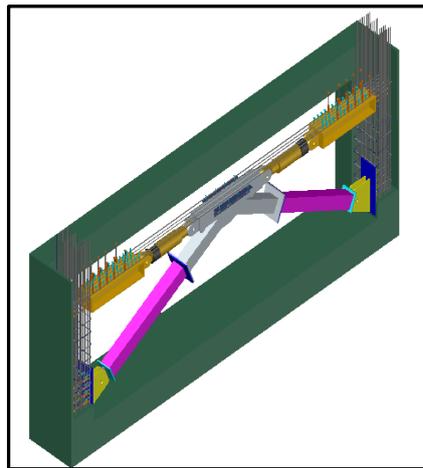


Figura 70. Dámper instalado en pórtico - vista de conectores en viga

- De acuerdo a los resultados mostrados en las tablas N°13; 15; 17 y 20, se aprueba la hipótesis general de la presente tesis en la cual indica que la disposición de disipadores de fluido viscoso influye en la respuesta sísmica del edificio Nueva Sede Sunat.
- De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla N°19, se rechaza la hipótesis que indica que la disposición de disipadores de fluido viscoso influye en el comportamiento del periodo de vibración del edificio Nueva Sede Sunat.
- De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla N°20, se aprueba la hipótesis que indica que la disposición de disipadores de fluido viscoso incrementa el factor de amortiguamiento crítico del edificio Nueva Sede Sunat.
- De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla N°17, se aprueba la hipótesis que indica que la disposición de disipadores de fluido viscoso reduce la fuerza de corte basal del edificio Nueva Sede Sunat.
- De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla N°15, se aprueba la hipótesis que indica que la disposición de disipadores de fluido viscoso reduce los desplazamientos laterales del edificio Nueva Sede Sunat.
- De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla N°13, se aprueba la hipótesis que indica que la disposición de disipadores de fluido viscoso reduce las derivas del edificio Nueva Sede Sunat.

#### **IV. DISCUSIÓN**

Según Fuentes Sadowski, Juan Carlos. (2015), en la tesis de grado titulada *Análisis Sísmico de una Edificación con Disipadores de Fluido Viscoso* para la Pontificia Universidad Católica del Perú en su Facultad de Ciencias e Ingeniería, la adición de disipadores a la estructura no modifica los periodos de vibración ni la masa participante de los modos fundamentales, situación similar a la que ocurre en la presente tesis que considera emplear la disposición de disipadores de fluido viscoso N°03 de la estructura en el eje Y, observando la tabla N°18 y N°19 corroboramos que el uso de estos dispositivos no altera los resultados del periodo de vibración, en ambos casos este se mantiene debido que dichos elementos no añaden rigidez a la estructura, la masa participativa de cada modo con o sin disipadores sigue siendo la misma. Así mismo la disposición de disipadores de fluido viscoso N°03 influye en el factor de amortiguamiento crítico de la estructura en el eje Y, observando en la tabla N°20, verificamos que la estructura sin disipadores presenta un factor de amortiguamiento crítico de 5%, empleando el uso de los mismos en la disposición N°03 el amortiguamiento es de 12.40%, con lo que se incrementa en 7.40% respecto a lo inicial, considerando que la edificación en estudio de la presente tesis tiene como sistema estructural de muros estructurales con 21 pisos mientras, que la estructura de la tesis en discusión consta de un sistema aporticado con 05 pisos, por ello el amortiguamiento incrementa con el uso de estos elementos de un 5% a 19.1% incrementándose en 14.1% esto debido a que la estructura de 21 niveles y sistema de muros estructurales aporta mayor rigidez a la edificación por el uso de las placas en el eje X, en comparación a la estructura aporticada que aprovecha más el uso de disipadores debido a que es más flexible. Se evaluó de qué manera la disposición de disipadores de fluido viscoso influye en la fuerza de corte basal, la estructura en su estado natural presenta una fuerza de corte de 33,843.13 KN, empleando el uso de dichos dispositivos en la disposición N°03 la fuerza de corte es de 27,721.35 KN, reduciendo alrededor de 16.55%, en la tesis de discusión el porcentaje de reducción de fuerza de corte al adicionar disipadores de fluido viscoso es de 54% en el eje Y, esto se debe a que la reducción es mayor por el tipo de edificación y número de pisos.

Según Corpus y Morales. (2015) en la tesis de grado titulada *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*, para la Universidad Privada Antenor Orrego en su Facultad de Ingeniería, evaluó que la implementación de 9 disipadores en la estructura aporticada logró disminuir los desplazamientos máximos en el último piso en un 27.92%, así como también se redujo las derivas desde un 46.25% hasta 52.59% esto quiere decir que los disipadores mejoran la respuesta estructural frente a un evento sísmico, estos resultados guardan relación con los de la presente tesis puesto que la disposición de disipadores de fluido viscoso N°03, reduce los desplazamientos máximos de la estructura, se observa en la tabla N°15 que la estructura sin disipadores presenta un desplazamiento de 0.3724 m, empleando el uso de estos en la disposición N°03 se reduce a 0.2858 m. reduciendo alrededor de 23.25%, los valores de derivas de la estructura que se observan en la tabla N°13, muestran que esta sin disipadores presenta un desplazamiento de entrepiso de 0.009426, empleando el uso de estos elementos en la disposición N°03 se obtiene 0.006933, reduciendo alrededor de 26.44%. La Nueva Sede Sunat sin disipadores no cumple la deriva permisible de la NTE E030. Por ello se indica que el uso de disipadores de fluido viscoso en ambas edificaciones mejora su respuesta sísmica, sin embargo, este aporte es menor en estructuras que presentan placas estructurales puesto que estas aportan mayor rigidez a las edificaciones frente a estructuras aporticadas, donde se aprovecha más el uso de disipadores, considerando la cantidad de pisos de cada edificación.

## **V. CONCLUSIONES**

- Del análisis realizado, se determinó que la disposición de disipadores de fluido viscoso no influye en el comportamiento del periodo de vibración esto debido a que los disipadores no aportan rigidez a la estructura, tal como se observa en la tabla N° 18 y 19 donde el periodo de vibración de la edificación con o sin disipadores es de 1.99 seg.
- Del análisis realizado se determinó que el factor de amortiguamiento crítico se incrementa en un 7.4% (Tabla N° 20) con la disposición de disipadores de fluido viscoso N°03 ubicados en los pisos 8 al 19 siendo esta la más óptima de las 3 disposiciones presentadas, este aumento genera menos vibración en la edificación.
- Del análisis realizado, se determinó que la fuerza de corte basal, se ve reducida en un 16.55% (Tabla N°17) esto debido a que la disposición de los disipadores de fluido viscoso N°03 ubicados del piso 8 al 19 han limitado los esfuerzos y deformaciones en el edificio.
- Del análisis realizado, se determinó que la disposición N°03 de disipadores de fluido viscoso ubicados en los pisos 8 al 19, reducen las derivas en un 26.44% (Tabla N°13), respecto a la estructura sin emplear estos dispositivos, logrando así cumplir con los límites permisibles indicados en la NTE E030.
- Del análisis realizado, se determinó que la disposición N°03 de disipadores de fluido viscoso ubicados en los pisos 8 al 19, reducen los desplazamientos laterales en un 23.25% (Tabla N° 15), respecto a la estructura sin emplear estos dispositivos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda plantear el uso de un sistema de protección sísmica desde la etapa de anteproyecto, debido a las exigencias arquitectónicas, su gran altura y poca área en planta hace que se trate de un edificio esbelto, el cual es óptimo para el uso de disipadores sísmicos.
- El sistema de disipadores sísmicos es un sistema de protección sísmica pasiva, esto quiere decir que sólo trabaja durante la ocurrencia de un sismo eventual, la carga que aparece en el sistema metálico y los disipadores es netamente fuerzas sísmicas, para este cálculo del sistema se deben considerar las provenientes del sismo máximo esperado.
- Verificar los valores del coeficiente de amortiguamiento del disipador y así poder elegir el elemento que se encuentre dentro de los estándares del fabricante.
- Se estima que la inversión en disipadores viscosos varía entre 30 a 50 dólares el costo por m<sup>2</sup> según indicación del proveedor. Además, si tomamos en cuenta que, una vez ocurrido el sismo no requiere mantenimiento ni reemplazo, el costo en reconstrucción no significará un costo adicional (aproximadamente el costo de la inversión).
- Se recomienda indicar los resultados del comportamiento de los disipadores de fluido viscoso tales como la fuerza axial y la deformación máxima en investigaciones futuras.

## REFERENCIAS

1. Altieri, D., Tubaldi, E., De Angelis, M., Patelli, E., & Dall'Asta, A. (2018). *Reliability-Based Optimal Design Of Nonlinear Viscous Dampers For The Seismic Protection Of Structural Systems*. Bull Earthquake Eng 16:963–982  
<https://doi.org/10.1007/s10518-017-0233-4>
2. Barbat, A., Vargas, Y., Pujades, L. & Hurtado, J. (2014). *Evaluación probabilista del riesgo sísmico de estructuras con base en la degradación de rigidez*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería 2016;32(1):39–47
3. Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., De la Cruz-Morales, F. & Sangerman-Jarquín, D. (2017). *Métodos Cuantitativos, Métodos Cualitativos o su Combinación en la Investigación: Un Acercamiento en las Ciencias Sociales*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.8 Núm.7 27 de septiembre - 11 de noviembre, 2017 p. 1603-161
4. Calduch, R. (2014). *Métodos y Técnicas de Investigación Internacional*. Métodos y técnicas de investigación internacional. - Madrid, 1998 (Versión revisada y actualizada. Madrid, 2014)
5. Cimellaro G. P. (2009), *Optimal Weakening and Damping Using Polynomial Control for Seismically Excited Nonlinear Structures*. Department of Structural & Geotechnical Engineering (DISTR), Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, Turin 10129, Italy
6. Código ASCE 7-10 (2016). *Seismic Design Requirements for Structures with Damping Systems*. Capítulo 18.

7. Constantinou, M. & Symans, M. (1992). *Experimental and Analytical Investigation of Seismic Response of Structures with Supplemental Fluid Viscous Dampers*. National Center for Earthquake Engineering Research for State University of New York at Buffalo Red Jacket Quadrangle, Buffalo, NY 14261.
8. Constantinou, M., Symans, M., Tsopelas, P. & Taylor, D. (1993). *Fluid Viscous Dampers In Applications Of Seismic Energy Dissipation And Seismic Isolation*. Extraído de la: <https://www.researchgate.net/publication/267818935>
9. Corpus & Morales (2015). *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 de grado). Universidad Privada Antenor Orrego en su facultad de ingeniería, Trujillo.
10. Domenico, D. & Ricciardi, G. (2019). *Earthquake Protection Of Structures With Nonlinear Viscous Dampers Optimized Through An Energy-Based Stochastic Approach*. Artículo para Engineering Structures 179:523–539. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.09.076>
11. Domenico, D., Ricciardi, G., & Takewaki, I. (2019). *Design Strategies Of Viscous Dampers For Seismic Protection Of Building Structures: A Review*. Artículo para Soil Dynamics and Earthquake Engineering 118. 144–165. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.12.024>
12. Fuentes Sadowski, J. C. (2015). *Análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

13. Gallardo, E. (2017). Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo. Huancayo-Perú. Universidad Continental
14. Gioiella, L., Tabaldi, E., Gara, F. & Dall'Asta, A. (2016). *Modal Properties And Seismic Response Of Existing Building Retrofitted By External Bracings With Viscous Dampers*. VII European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering. Crete Island, Greece, 5–10.
15. Heysami, A. (2014). *Types of Dampers and their Seismic Performance During an Earthquake*. Current World Environment., Vol. 10(Special Issue 1), 1002-1015. <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.10.Special-Issue1.119>
16. Hwang, J. (2014). *Seismic Design of Structures with Viscous Dampers*. International Training Programs for Seismic Design of Building Structures Hosted by National Center for Research on Earthquake Engineering Sponsored by Department of International Programs, National Science Council. <https://www.researchgate.net/publication/242272444>
17. Leu, L. & Chang, J. (2011). *Optimal Allocation of Non-Linear Viscous Dampers for Three-Dimensional Building Structures*. The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction. Procedia Engineering 14. 2489–2497
18. Muñoz, A. (2013). *Ingeniería Sismorresistente*. Lima, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
19. Ochoa, C. (2015). *Muestreo no Probabilístico: Muestreo por Conveniencia*. Netquest <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-por-conveniencia>

20. Oviedo, J. & Duque, M. (2006). *Sistemas de control de respuesta sísmica en Edificaciones*. Revista científica EIA, ISSN 1794-1237 número 6, Escuela de Ingeniería de Antioquia en Medellín (Colombia)
21. Palermo, M., Sisvestri, S., Gasparini, G., Landi, L., Gasparini, G. & Trombetti, T. (2016). *Peak Velocities Estimation for a Direct Five-Step Design Procedure of Inter-Storey Viscous Dampers*, Bull Earthquake Eng 14:599–619 DOI 10.1007/s10518-015-9829-8
22. Palermo, M., Sisvestri, S., Gasparini, G., Dib, A. & Trombetti, T. (2017). *A Direct Design Procedure For Frame Structures With Added Viscous Dampers For The Mitigation Of Earthquake-Induced Vibrations*, Departamento DICAM Universidad de Bologna, Viale del Risorgimento 2, Italia
23. Pardo Verdugo, J. P. (2007), *Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal* (Tesis de grado). Universidad Austral de Chile en la facultad de ciencias de la ingeniería. Valdivia.
24. Pulido, M. (2015). *Ceremonial y Protocolo: Métodos y Técnicas de Investigación Científica*. Opción, Año 31, No. Especial 1 (2015): 1137 - 1156 ISSN 1012-1587. Universidad de Cádiz, España.
25. Ras, A. & Boumechra, N. (2016). *Seismic Energy Dissipation Study of Linear Fluid Viscous Dampers in Steel Structure Desing*. Alexandria Engineering Journal 55, 2821-2832.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2016.07.012>

26. Rivadeneira, E. (2017). *Lineamientos Teóricos y Metodológicos de la Investigación Cuantitativa en Ciencias Sociales*. In Crescendo. Institucional. 2017; 8(1): 115-121. Universidad Nacional de Educación, Ecuador.
27. Ruiz, S. (2018). *Review of Guidelines for Seismic Design of Structures with Damping Systems*. The Open Civil Engineering Journal, 2018, 12, 195-204
28. Seleemah, A. & Constantinou, M. (1997). *Investigation of Seismic Response of Buildings with Linear and Nonlinear Fluid Viscous Dampers*. Technical Report NCEER-97-0004. National Center for Earthquake Engineering Research for State University of New York at Buffalo Red Jacket Quadrangle, Buffalo, NY 14261.
29. Segovia, V. & Ruiz, S. (2016). Direct Displacement-Based Design for Buildings with Hysteretic Dampers, using Best Combinations of Stiffness and Strength Ratios. Article in Journal of Earthquake Engineering · June 2016  
DOI: 10.1080/13632469.2016.1185054
30. SENCICO [2004], Norma Técnica de Edificación E.020 Cargas, Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción, Lima.
31. SENCICO [2004], Norma Técnica de Edificación E.090 Estructuras Metálicas, Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción, Lima.
32. SENCICO [2003], Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción, Lima.

33. SENCICO [2009], Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción, Lima.
34. Soriano, A. (2014). *Diseño y Validación de Instrumentos de Medición*. ISSN 1996-1642, Editorial Universidad Don Bosco, año 8, No.13, Julio-Diciembre de 2014, pp. 19-40.
35. Symans, M. & Constantinou, M. (1998). *Passive Fluid Viscous Damping Systems for Seismic Energy Dissipation*. ISET Journal Earthquake Technology, Paper N°382, Vol. 35, N° 4, pp. 185-206.
36. Tamura, G., Kojima, K., & Takewaki, I. (2019), *Critical Response of Elastic-Plastic SDOF Systems with Nonlinear Viscous Damping Under Simulated Earthquake Ground Motions*. Heliyon Volumen 5, Numero 2, e01221
37. Ugalde, N. & Balbastre, F. (2013). *Investigación Cuantitativa e Investigación Cualitativa: Buscando las Ventajas de las Diferentes Metodologías de Investigación*. Ciencias Económicas 31-No.2: 2013 / 179-187 / ISSN: 0252-9521.
38. Ugarte Lucuy, L. B. (2011). *Estudio de sistemas de control semiactivo en estructuras acopladas* (Tesis de grado). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. Ciudad de México.
39. Vargas, Y., Pujades, L., Barbat, A. & Hurtado, J. (2013). Evaluación probabilista de la capacidad, fragilidad y daño sísmico de edificios de hormigón armado. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*. 2013;29(2):63–78
40. Vielma, J. C., Barbat, A., & Oller, S. (2008), *Umbrales de daño para estado límite de edificios porticados de concreto armado diseñados conforme al*

*ACI-318/IBC-2006*. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes  
e Infraestructura Civil.

## ANEXOS

- **ANEXO 01: Matriz de Consistencia**
- **ANEXO 02: Matriz de Operacionalización de variable**
- **ANEXO 03: Ficha de observación N°01- Estructura sin disipadores**
- **ANEXO 04: Ficha de observación N°02- Disposición N°1**
- **ANEXO 05: Ficha de observación N°02.1 Disposición N°2**
- **ANEXO 06: Ficha de observación N°02.2 Disposición N°3**
- **ANEXO 07: Dimensiones de conectores de disipadores de fluido viscoso**
- **ANEXO 08 – ANEXO 09: Plano de fabricación de disipador de fluido viscoso**
- **ANEXO 10: Tabla de dimensiones de viga – Estructura Metálica**
- **ANEXO 11: Confiabilidad – Licencia de Software ETABS.**

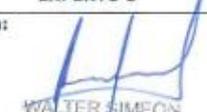
# ANEXO 01: Matriz de Consistencia

TÍTULO: RESPUESTA SISMICA DE LA DISPOSICION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN EL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT, LIMCE LIMA 2019.						
PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿DE QUE MANERA LA DISPOSICION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO INFLUYE EN LA RESPUESTA SISMICA DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT?	DETERMINAR DE QUE MANERA LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO MEJORA LA RESPUESTA SISMICA DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT	LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO INFLUYE EN LA RESPUESTA SISMICA DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT	<p><b>X. INDEPENDIENTE</b></p> <p>DISPOSICION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO</p>	DISPOSICION EN ALTURA	<p>DISPOSICION 01: UBICACION DEL NIVEL 15 AL 19</p> <p>DISPOSICION 02: UBICACION DEL NIVEL 8 AL 14</p> <p>DISPOSICION 03: NIVEL 8 AL 19</p>	<p><b>ENFOQUE DE INVESTIGACION:</b> CUANTITATIVA</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACION:</b> APLICADA</p>
¿DE QUE MANERA LA DISPOSICION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO RESPECTO A LOS PERIODO DE VIBRACION INFLUYE EN LA RESPUESTA SISMICA DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT?	DETERMINAR COMO INFLUYE LA UBICACION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS MODOS DE VIBRACION DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT.	LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO INFLUYE EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS MODOS DE VIBRACION DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT	<p><b>Y. DEPENDIENTE</b></p>	PARAMETROS DINAMICOS	PERIODO DE VIBRACION (S <sup>-1</sup> )	<p><b>NIVEL DE INVESTIGACION:</b> EXPLICATIVA</p>
¿DE QUE MANERA EL AMORTIGUAMIENTO DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT INCREMENTA DE ACUERDO A LA DISPOSICION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO?	DETERMINAR DE QUE MANERA EL AMORTIGUAMIENTO DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT INCREMENTA DE ACUERDO A LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO	EL AMORTIGUAMIENTO DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT INCREMENTA DE ACUERDO A LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO.	<p><b>RESPUESTA SISMICA</b></p>		FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO CRITICO (%)	<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACION:</b> EXPERIMENTAL</p>
¿DE QUE MANERA LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO REDUCEN LA CORTANTE BASAL DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT?	DETERMINAR DE QUE MANERA LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO REDUCE LA CORTANTE BASAL DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT	LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO REDUCE LA CORTANTE BASAL DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT	<p><b>RESPUESTA SISMICA</b></p>		FUERZA DE CORTE BASAL (KN)	<p><b>POBLACION:</b> EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT</p>
¿DE QUE MANERA LA DISPOSICION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO REDUCEN LOS DESPLAZAMIENTOS LATERALES DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT?	DETERMINAR DE QUE MANERA LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO REDUCEN LOS DESPLAZAMIENTOS LATERALES DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT	LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO REDUCEN LOS DESPLAZAMIENTOS LATERALES DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT		RESPUESTA ESPECTRAL TIEMPO HISTORIA	DESPLAZAMIENTOS LATERALES (m)	<p><b>MUESTRA:</b> TRES DISPOSICIONES EN ALTURA</p>
¿DE QUE MANERA LA DISPOSICION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO REDUCEN LOS DESPLAZAMIENTOS DE ENTREPISOS DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT?	DETERMINAR DE QUE MANERA LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO REDUCEN LOS DESPLAZAMIENTOS DE ENTREPISOS DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT	LA DISPOSICION DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO REDUCEN LOS DESPLAZAMIENTOS DE ENTREPISOS DEL EDIFICIO NUEVA SEDE SUNAT			DERIVAS	<p><b>INSTRUMENTOS:</b> FICHAS TECNICAS DE MEDICION</p>

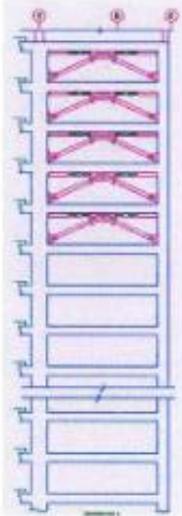
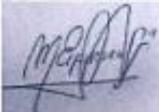
➤ ANEXO 02: Matriz de Operacionalización de variable

"Respuesta Sísmica De La Disposición De Disipadores de Fluido Viscoso En El Edificio Nueva Sede Sunat, Lince-Lima, 2019"						
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
<b>DISPOSICION DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO</b>	Los disipadores de fluido viscoso que operan con el principio de flujo de un fluido a través de orificios fueron desarrollados en la década de 1960 en los Estados Unidos y se emplearon sobretodo en aplicaciones militares y de la industria aeroespacial. A partir de 1990, estos dispositivos fueron adaptados para utilizarse en estructuras civiles y empezaron a tener disponibilidad comercial. (Fuentes, 2016,p.4)	Se aplicara tres disposiciones en altura de acuerdo a la respuesta sísmica de cada disposición se elegirá la que presente mejor comportamiento para el edificio Nueva Sede Sunat, el cual será evaluado mediante fichas técnicas de observación.	Disposición en altura	Disposicion N°01: Piso 15 al 19	De razón	Ficha técnica de observación N°02- Disposición N°1
				Disposicion N°02: Piso 08 al 14		Ficha técnica de observación N°02- Disposición N°2
				Disposicion N°03: Piso 08 al 19		Ficha técnica de observación N°02- Disposición N°3
<b>RESPUESTA SISMICA</b>	Como se espera que ante sismos leves las estructuras se comporten dentro del rango elástico, lo más interesante de la respuesta ante estos sismos son los valores máximos del desplazamiento, la aceleración y la fuerza restitutiva(Muñoz, 2013,p. 103).	Se medirán 5 indicadores los cuales se ven reflejados en las fichas técnicas de medición, las mismas que serán validadas por el juicio de expertos, mostrado en las fichas técnicas de observación.	Parámetros dinámicos	Periodo de vibración (s)	De razón	Ficha Técnica de medición 1-2-3
				Factor de Amortiguamiento crítico (%)		
				Fuerza de corte basal (KN)		
			Respuesta espectral	Desplazamientos laterales (m)		
				Derivas		

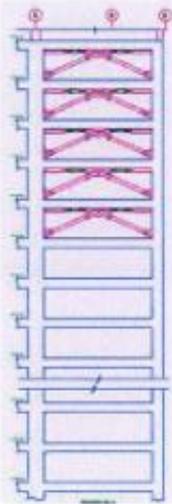
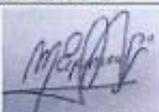
➤ ANEXO 03: Ficha de observación N°01- Estructura sin disipadores

		<b>ANÁLISIS DE EDIFICACIÓN CON SISTEMA DE PROTECCIÓN SISMICA</b>		ANEXO 01 - FICHA TECNICA 01													
<b>FICHA TECNICA DE EVALUACIÓN</b>				Registro N°:	1,0												
PROYECTO: NUEVO EDIFICIO SUNAT				Fecha:	31/05/2019												
<b>I. Datos Generales</b>																	
1. Disposición :	Sin Disipadores de fluido viscoso		2. Ejes:	<input type="text" value="C-E"/>													
3. Programa:	<input type="text" value="ETABS"/>		2.1 Dirección de estudio	<input type="text" value="Eje - YY"/>													
4. Indicadores:	<input type="text" value="Modo de vibración"/>		Factor de Amortiguamiento Crítico														
	<input type="text" value="Fuerza de corte basal"/>		<input type="text" value="Desplazamientos máximos"/>														
	<input type="text" value="Desplazamientos de entrepisos relativo (Deriva)"/>																
<b>II. Medición: Análisis Espectral - Análisis Tiempo Historia</b>																	
ESTRUCTURA SIN DISIPADORES																	
N° PISO	DERIVA ESPECTRAL	N° PISO	DERIVA TIEMPO HISTORIA														
Piso 14	0,007947	Piso 16	0,0094														
ESTRUCTURA SIN DISIPADORES																	
N° PISO	DESPLAZAMIENTO ESPECTRAL	N° PISO	DESPLAZAMIENTO TIEMPO HISTORIA														
Piso 21	0,3702	Piso 21	0,3724														
<b>III. Análisis Tiempo Historia</b>																	
Factor de amortiguamiento crítico	%	5,00															
Desplazamiento máximo	m	0,3724															
Desplazamiento de entrepisos relativo		0,0094															
Fuerza de corte basal	Kn	33220,10															
Periodo de vibración	seg	1,99															
																	
Observaciones:																	
Validez de instrumento																	
<table border="1"> <tr><td>0.53</td><td>Validez mala</td></tr> <tr><td>0.54 a 0.59</td><td>Validez baja</td></tr> <tr><td>0.60 a 0.65</td><td>Validez</td></tr> <tr><td>0.66 a 0.71</td><td>Muy válida</td></tr> <tr><td>0.72 a 0.99</td><td>Excelente validez</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>Validez perfecta</td></tr> </table>						0.53	Validez mala	0.54 a 0.59	Validez baja	0.60 a 0.65	Validez	0.66 a 0.71	Muy válida	0.72 a 0.99	Excelente validez	1.0	Validez perfecta
0.53	Validez mala																
0.54 a 0.59	Validez baja																
0.60 a 0.65	Validez																
0.66 a 0.71	Muy válida																
0.72 a 0.99	Excelente validez																
1.0	Validez perfecta																
<b>EXPERTO 1</b>		<b>EXPERTO 2</b>		<b>EXPERTO 3</b>													
Firma:  MIGUEL ANGEL ESPINOZA SARREN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 122885		Firma:  JORGE AGUIRRE INGENIERO CIVIL CIP 110499		Firma:  WALTER SIMEON ARRUNATEGUI URBINA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 129621													
Nombre: <i>Miguel Espinoza</i> CIP: 122885		Nombre: <i>Jorge Aguirre</i> CIP: 110499		Nombre: <i>Walter Arrunategui</i> CIP: 129621													
Evaluación	0.70	Evaluación	0.75	Evaluación	0.68												
PROMEDIO <i>0.71</i>																	

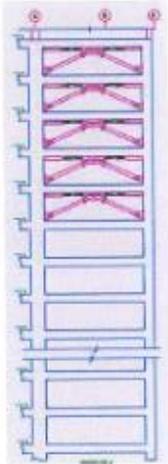
➤ ANEXO 04: Ficha de observación N°02.1 – Disposición N°1

	<b>ANÁLISIS DE EDIFICACIÓN CON SISTEMA DE PROTECCIÓN SISMICA</b>		<b>ANEXO 02 - FICHA TECNICA 02</b> Vigencia: 08/07/2019													
	<b>FICHA TECNICA DE EVALUACIÓN</b>		Registro N°:	2,0												
<b>PROYECTO: NUEVO EDIFICIO SUNAT</b>		Fecha:	31/05/2019													
<b>I. Datos Generales</b>																
1. Disposición :	1 / Nivel 15 al 19		2. Ejes:	<input type="text" value="C-E"/>												
3. Programa:	ETABS		2.1 Dirección de estudio	<input type="text" value="Eje - YY"/>												
<b>II. Indicadores:</b>																
Factor de amortiguamiento crítico	8,41	%														
Desplazamiento máximo	0,3308	m														
Desplazamiento de entrepisos relativo	0,007948															
Fuerza de corte basal	28486,43	Kn														
Periodo de vibración	1,99	seg														
<b>II. Cuadro Resumen:</b>																
<b>RESUMEN</b>																
Número de disipadores	10															
Disposición	01															
C	100	(KN-s/mm)														
Alpha	0,5															
Fuerza del disipador	101.9 Ton															
<b>Observaciones:</b>																
..... .....																
<b>Validez de instrumento</b>																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0.53</td> <td>Validez más</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0.54 a 0.59</td> <td>Validez baja</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0.60 a 0.65</td> <td>Validez</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0.66 a 0.71</td> <td>Muy válida</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0.72 a 0.99</td> <td>Excelente validez</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td>Validez perfecta</td> </tr> </table>					0.53	Validez más	0.54 a 0.59	Validez baja	0.60 a 0.65	Validez	0.66 a 0.71	Muy válida	0.72 a 0.99	Excelente validez	1.0	Validez perfecta
0.53	Validez más															
0.54 a 0.59	Validez baja															
0.60 a 0.65	Validez															
0.66 a 0.71	Muy válida															
0.72 a 0.99	Excelente validez															
1.0	Validez perfecta															
<b>EXPERTO 1</b>		<b>EXPERTO 2</b>		<b>EXPERTO 3</b>												
Firma:  MIGUEL ANGEL ESPINOZA SARRIN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 122885		Firma:  ING. JORGE ALBERTO HERNANDEZ CIP 110499		Firma:  WALTER SIMEÓN ABRI MATEOS URBINA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 129621												
Nombre: Miguel Espinoza		Nombre: Jorge Alberto		Nombre: Walter Simeón												
CIP: 122885		CIP: 110499		CIP: 129621												
Evaluación	0.70	Evaluación	0.75	Evaluación												
				0.71												

➤ ANEXO 05: Ficha de observación N°02.1 - Disposición N°2

		<b>ANÁLISIS DE EDIFICACIÓN CON SISTEMA DE PROTECCIÓN SISMICA</b>		<b>ANEXO 02 - FICHA TECNICA 02</b> Vigencia: 08/07/2019													
<b>FICHA TECNICA DE EVALUACIÓN</b>				Registro N°:	2,0												
PROYECTO: NUEVO EDIFICIO SUNAT				Fecha:	31/05/2019												
<b>I. Datos Generales</b>																	
1. Disposición :		2 / Nivel 08 al 14		2. Ejes: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C-E</span>													
3. Programa:		ETABS		2.1 Dirección de estudio <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Eje - YY</span>													
<b>II. Indicadores:</b>																	
Factor de amortiguamiento crítico	11,17	%															
Desplazamiento máximo	0,3215	m															
Desplazamiento de entrepisos relativo	0,007414																
Fuerza de corte basal	30755,60	Kn															
Periodo de vibración	1,99	seg															
<b>II. Cuadro Resumen:</b>																	
RESUMEN																	
Número de disipadores	14																
Disposición	02																
C	100	(KN-s/mm)															
Alpha	0,5																
Fuerza del disipador	101.9 Ton																
																	
Observaciones:																	
.....																	
.....																	
<b>Validez de instrumento</b>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>0.53</td> <td>Validez mala</td> </tr> <tr> <td>0.54 a 0.59</td> <td>Validez baja</td> </tr> <tr> <td>0.60 a 0.65</td> <td>Válida</td> </tr> <tr> <td>0.66 a 0.71</td> <td>Muy válida</td> </tr> <tr> <td>0.72 a 0.99</td> <td>Excelente validez</td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td>Validez perfecta</td> </tr> </table>						0.53	Validez mala	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	1.0	Validez perfecta
0.53	Validez mala																
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																
1.0	Validez perfecta																
<b>EXPERTO 1</b>		<b>EXPERTO 2</b>		<b>EXPERTO 3</b>													
Firma:  MIGUEL ANGEL ESPINOZA SARRIN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 122885		Firma:  ING JORGE ARTURO SANCHEZ CIP 110490		Firma:  WALTER SIMÓN ARRUMBAZOLA TORRIBINA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 129621													
Nombre: <i>Miguel Espinoza</i>		Nombre: <i>Jorge Arturo</i>		Nombre: <i>Walter Acuna</i>													
CIP: <i>122885</i>		CIP: <i>110499</i>		CIP: <i>129621</i>													
Evaluación <i>0.70</i>		Evaluación <i>0.77</i>		Evaluación <i>0.68</i>													
<i>0.71</i>																	

➤ ANEXO 06: Ficha de observación N°02.1 - Disposición N°3

		<b>ANÁLISIS DE EDIFICACIÓN CON SISTEMA DE PROTECCIÓN SISMICA</b>		<b>ANEXO 02 - FICHA TECNICA 02</b> Vigencia: 08/07/2019													
<b>FICHA TECNICA DE EVALUACIÓN</b>				Registro N°:	2,0												
PROYECTO: NUEVO EDIFICIO SUNAT				Fecha:	31/05/2019												
<b>I. Datos Generales</b>																	
1. Disposición :		3 / Nivel 08 al 19		2. Ejes: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C-E</span>													
3. Programa:		ETABS		2.1 Dirección de estudio <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Eje - YY</span>													
<b>II. Indicadores:</b>																	
Factor de amortiguamiento crítico		12,40	%														
Desplazamiento máximo		0,28587	m														
Desplazamiento de entrepisos relativo		0,006933															
Fuerza de corte basal		27721,15	Kn														
Periodo de vibración		1,99	seg														
<b>II. Cuadro Resumen:</b>																	
RESUMEN																	
Número de disipadores	24																
Disposición	02																
C	100	(KN-s/mm)															
Alpha	0,5																
Fuerza del disipador	101.9 Ton																
Observaciones:																	
.....																	
.....																	
<b>Validez de instrumento</b>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>0.53</td> <td>Validez mala</td> </tr> <tr> <td>0.54 a 0.59</td> <td>Validez baja</td> </tr> <tr> <td>0.60 a 0.65</td> <td>Valida</td> </tr> <tr> <td>0.66 a 0.71</td> <td>Muy válida</td> </tr> <tr> <td>0.72 a 0.99</td> <td>Excelente validez</td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td>Validez perfecta</td> </tr> </table>						0.53	Validez mala	0.54 a 0.59	Validez baja	0.60 a 0.65	Valida	0.66 a 0.71	Muy válida	0.72 a 0.99	Excelente validez	1.0	Validez perfecta
0.53	Validez mala																
0.54 a 0.59	Validez baja																
0.60 a 0.65	Valida																
0.66 a 0.71	Muy válida																
0.72 a 0.99	Excelente validez																
1.0	Validez perfecta																
<b>EXPERTO 1</b>		<b>EXPERTO 2</b>		<b>EXPERTO 3</b>													
Firma: 		Firma: 		Firma: 													
Nombre: Miguel Espinoza		Nombre: JORGE ACOSTA		Nombre: Walter Acosta													
CIP: 122885		CIP: 110499		CIP: 129621													
Evaluación: 0.70		Evaluación: 0.75		Evaluación: 0.68													
PROMEDIO: 0.71																	

➤ ANEXO 07: Dimensiones de conectores de disipadores de fluido viscoso

### GRIP-TWIST® Mechanical Anchorage — Dimensions and Data [inch-pound units]

TAPER THREADED DoughNUT 5Ab	Rebar Size US [Metric]	Male Swaged Length L <sub>m</sub> (in.)	Thickness B (in.)	Head Diameter and Weight *		Head Diameter and Weight **	
				D1 (in.)	D2 (in.)	TDS Series [5Ab] Wt (lb.)	TDX Series [10Ab] Wt (lb.)
	#4 [13]	2 15/16	5/8	1 1/4	1 3/4	0.17	0.38
	#5 [16]	3 5/8	3/4	1 1/2	2	0.29	0.58
	#6 [19]	4 5/16	15/16	1 3/4	2 1/2	0.47	1.14
	#7 [22]	5	1 1/8	2	3	0.73	1.98
	#8 [25]	5 11/16	1 1/4	2 1/4	3 1/4	1.03	2.56
	#9 [29]	6 1/2	1 1/2	2 3/4	3 3/4	1.93	4.10
	#10 [32]	7 1/4	1 5/8	3	4	2.44	4.97
	#11 [36]	7 5/8	1 3/4	3 1/4	4 1/2	3.03	6.80
	#14 [43]	9 3/8	2 1/8	3 3/4	5 1/2	4.71	12.4
	#18 [57]	12 3/16	2 3/4	5	7 1/4	10.9	27.8

\* Head Cross Sectional Area is approximately 5 x Rebar Area    \*\* Head Cross Sectional Area is approximately 10 x Rebar Area

### DIMENSIONS (inches)

Rebar Size US [Metric]	Taper Grip-Twist Color Code	Structural Connector Weight (lbs.)	Structural Connector Outside Dia. D	Structural Connector Length C	Weld Bevel Length W	Gap Z	Overall Length L <sub>O</sub>
#4 [13]	Pink	0.15	7/8	1 3/8	3/16	1 3/4	3 1/2
#5 [16]	Red	0.30	1 1/8	1 11/16	1/4	2 1/8	4 5/16
#6 [19]	Yellow	0.60	1 3/8	2	1/4	2 1/2	5 1/8
#7 [22]	Blue	0.85	1 9/16	2 5/16	5/16	2 15/16	6
#8 [25]	Black	1.15	1 3/4	2 5/8	3/8	3 5/16	6 13/16
#9 [29]	Red	1.60	1 15/16	3	7/16	3 13/16	7 3/4
#10 [32]	Yellow	2.25	2 3/16	3 3/8	1/2	4 3/16	8 9/16
#11 [36]	Blue	2.75	2 3/8	3 9/16	9/16	4 1/2	9 5/8
#14 [43]	Pink	5.05	2 7/8	4 3/8	1 1/16	5 3/8	11 1/4
#18 [57]	Red	11.75	3 13/16	5 3/4	7/8	7 1/16	14 11/16





➤ ANEXO 10: Confiabilidad – Licencia de Software ETABS

➤ ANEXO 10: Tabla de dimensiones de viga – Estructura Metálica

**DIMENSIONES Y PESO UNITARIO Y CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN**

Designación pulg x lb / pie *	ÁREA DE SECCIÓN A Pulg 2	ALTURA U Pulg	ALA medido desde med. med. inches	ESPEJOR ALMA Tw pulg	Peso kg/m	EJE X-X			EJE Y-Y			
						I Pulg4	S Pulg4	r Pulg	I Pulg4	S Pulg4	r Pulg	
4 x 13	3.83	4.10	4.000	0.345	0.280	19.35	11.3	5.5	1.72	3.80	1.90	1.00
6 x 9	2.68	5.90	3.940	0.216	0.170	13.30	16.4	5.6	2.47	2.20	1.11	0.905
6 x 12	3.95	6.03	4.000	0.290	0.230	17.85	22.1	7.3	2.49	2.99	1.50	0.918
6 x 15	4.43	5.99	5.690	0.290	0.230	22.32	26.1	9.7	2.56	6.32	3.11	1.46
6 x 18	4.74	6.28	4.030	0.405	0.260	23.81	32.1	10.2	2.6	4.43	2.20	0.997
6 x 20	5.87	6.20	6.020	0.395	0.260	26.76	41.4	13.4	2.66	13.30	4.41	1.50
6 x 25	7.34	6.38	6.080	0.465	0.320	37.20	53.4	16.7	2.7	17.10	5.61	1.52
8 x 10	2.90	7.89	3.940	0.205	0.170	14.88	30.80	7.8	3.22	2.09	1.05	0.841
8 x 15	4.45	8.11	4.015	0.315	0.245	22.32	48.0	11.8	3.20	3.41	1.70	0.876
8 x 18	5.29	8.14	5.290	0.330	0.230	26.76	61.9	15.2	3.43	7.97	3.04	1.23
8 x 21	6.16	8.28	5.270	0.400	0.250	31.25	75.3	18.2	3.49	9.77	3.71	1.25
8 x 24	7.08	7.93	6.485	0.400	0.245	35.72	82.8	20.9	3.42	18.30	5.03	1.61
8 x 28	8.25	8.06	6.535	0.465	0.285	41.87	98.0	24.3	3.45	21.70	6.63	1.62
8 x 31	9.13	8.00	7.895	0.435	0.285	46.13	110.0	27.5	3.47	37.10	9.27	2.02
8 x 35	10.30	8.12	8.020	0.495	0.310	52.00	127.0	31.2	3.51	42.80	10.60	2.03
8 x 40	11.70	8.25	8.070	0.560	0.300	56.63	149.0	35.5	3.53	49.10	12.20	2.04
8 x 48	14.10	8.50	8.110	0.685	0.400	71.43	194.0	43.3	3.61	60.90	16.00	2.08
10 x 17	4.99	10.11	4.010	0.330	0.240	25.30	81.9	10.2	4.05	3.90	1.78	0.845
10 x 19	5.62	10.2	4.02	0.395	0.250	28.3	96.3	18.8	4.14	4.20	2.14	0.87
10 x 22	6.49	10.17	5.750	0.390	0.240	32.74	118.0	23.2	4.27	11.40	3.97	1.33
10 x 26	7.61	10.33	5.770	0.440	0.260	36.66	144.0	27.9	4.35	14.10	4.69	1.36
10 x 30	8.64	10.47	5.810	0.510	0.300	44.64	170.0	32.4	4.38	16.7	5.75	1.37
10 x 33	9.71	9.73	7.665	0.435	0.260	48.11	170.0	35.0	4.19	36.80	9.20	1.94
10 x 42	12.40	9.70	10.075	0.415	0.420	62.90	210.0	43.4	4.13	71.70	14.20	2.41
10 x 45	13.30	10.10	8.020	0.620	0.350	66.97	248.0	46.1	4.33	63.40	13.30	2.01
10 x 49	14.40	9.98	10.000	0.560	0.340	72.92	272.0	54.6	4.35	93.40	18.70	2.54
10 x 54	15.80	10.06	10.000	0.615	0.370	80.36	303.0	60.0	4.37	103.00	20.80	2.56
10 x 60	17.60	10.22	10.060	0.680	0.420	89.26	341.0	66.7	4.39	116.00	23.00	2.57

➤ ANEXO 11: Confiabilidad – Licencia de Software ETABS



---

Dear Anais Juliet Santillan Solano,

Thank you for requesting an evaluation version of ETABS.

Download Link: [ETABS Evaluation Version](#)

This evaluation version is for non-commercial use only. This version is fully functional. Models created in the Evaluation version are not compatible with the commercial version, and vice-versa. The Evaluation version should not be used to start any real project as the models cannot be opened 30 days after creation.

For questions about ETABS or to obtain a registered license, please contact the CSI Sales Department or your local CSI Channel Partner.

Thank you for your interest in CSI Products.

Computers and Structures, Inc.



Computers and Structures, Inc. | 1646 N. California Blvd, Walnut Creek, CA 94596 USA | [www.csiamerica.com](http://www.csiamerica.com)

## ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS



### ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02

Versión : 09

Fecha : 23-03-2018

Página : 1 de 1

Yo, **Dr. Ing. Omart Demetrio Tello Malpartida**, 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:

#### **“Respuesta Sísmica De La Disposición De Disipadores de Fluido Viscoso En El Edificio Nueva Sede Sunat, Lince -Lima, 2019”**

del (de la) estudiante Anais Juliet Santillán Solano

constato que la investigación tiene un índice de similitud de **16%** 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, 19 de noviembre del 2019

Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Dr. Ing. Omart Demetrio Tello Malpartida

DNI: 08644876

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

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS



### Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Yo, **SANTILLAN SOLANO, Anais Juliet** identificado con **DNI N° 45656053**, estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo () no autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi Proyecto de Investigación:

**"Respuesta sísmica de la disposición de disipadores de fluido viscoso en el edificio Nueva Sede SUNAT, Lince – Lima, 2019"**.

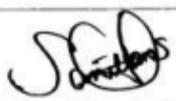
En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo

(<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulada en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Lima 11 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor <b>SANTILLAN SOLANO, Anais Juliet</b>	
DNI: 45656053	Firma 
ORCID: 0000 – 0001 – 9540 - 1576	



## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

### AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS

**CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL COORDINADOR DE LA:**

- ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS QUE PRESENTA**

- Santillán Solano, Anais Juliet

**INFORME TÍTULADO:**

- Respuesta sísmica de la disposición de disipadores de fluido viscoso en el edificio Nueva Sede SUNAT, Lince – Lima, 2019

**PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:**

- Ingeniero civil.

**SUSTENTADO EN FECHA:** 11/12/2019

**NOTA O MENCIÓN:** 17



**Mg. Doris Lina Huamán Baldeón**  
**Coordinadora del E.P. Ingeniería Civil**  
**UCV – Lima Norte**