



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

"Análisis comparativo del comportamiento sismorresistente entre una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos,  
Lima 2020"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :

INGENIERO CIVIL

**AUTOR:**

Salvatierra Chapoñan, Wilson (ORCID:0000-0002-9710-2446)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño sísmico y estructural

LIMA – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su ejemplo, educación, por enseñarme a seguir hacia adelante a pesar de las dificultades, por su confianza depositada y por ese amor infinito que me demuestran.

A Dios, por darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis maestros, por sus enseñanzas, no solo en el ámbito académico sino también en lo personal, ya que han sido los pilares en este largo proceso de formación.

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por brindarme salud, fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

A mi familia, por siempre estar conmigo en los momentos difíciles, por ser mi soporte para poder seguir avanzando en este proceso de formación profesional.

Hago extenso este reconocimiento a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, en especial a mi asesor de tesis, el Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio, por guiarme académicamente con su experiencia, y por su aporte en este trabajo de investigación.

## Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	18
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Método de análisis de datos.....	20
3.7. Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS.....	21
V. DISCUSIÓN.....	
VI. CONCLUSIONES.....	
VII. RECOMENDACIONES.....	
REFERENCIAS.....	
ANEXOS.....	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Variable independiente.....	15
<b>Tabla 2.</b> Primera variable dependiente.....	16
<b>Tabla 3.</b> Segunda variable dependiente.....	17
<b>Tabla 4.</b> Resumen de variables .....	18
<b>Tabla 5.</b> Factores de Zona “Z” .....	27
<b>Tabla 6.</b> Perfiles de suelo.....	27
<b>Tabla 7.</b> Factores de Suelo “S” .....	28
<b>Tabla 8.</b> Periodos.....	28
<b>Tabla 9.</b> Factor de Amplificación Sísmica.....	29
<b>Tabla 10.</b> Categoría de las edificaciones y factor.....	29
<b>Tabla 11.</b> Sistemas Estructurales.....	30
<b>Tabla 12.</b> Periodos y frecuencias.....	38
<b>Tabla 13.</b> Fuerzas Cortantes.....	40
<b>Tabla 14.</b> Modos.....	43
<b>Tabla 15.</b> Espectro de Diseño.....	46
<b>Tabla 16.</b> Cortante sísmico.....	46
<b>Tabla 17.</b> Participación modal.....	48
<b>Tabla 18.</b> Límites para la distorsión de entrepiso.....	49
<b>Tabla 19.</b> Factor de amortiguamiento.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aislador sísmico.....	10
Figura 2. Aislador elastomérico con núcleo de plomo.....	11
Figura 3. Propiedad mecánica Amplitud de deformación por corte.....	12
Figura 4. Tipos de investigación.....	14
Figura 5. Proceso general para seleccionar una muestra.....	19
Figura 6. Vista elevación principal.....	22
Figura 7. Plano de ubicación.....	23
Figura 8. Especificaciones técnicas .....	24
Figura 9. Dimensionamiento losas aligeradas.....	25
Figura 10. Mapa de zonificación sísmica.....	26
Figura 11. Apertura del programa.....	31
Figura 12. Definición de materiales, secciones y diafragmas.....	31
Figura 13. Asignación de elementos estructurales.....	32
Figura 14. Asignación de diafragmas.....	32
Figura 15. Espectro de diseño I.....	33
Figura 16. Espectro de diseño II.....	33
Figura 17. Patrones de carga I.....	34
Figura 18. Espectro de cargas II.....	34
Figura 19. Losa Aligerada.....	35
Figura 20. Restricciones.....	35
Figura 21. Vista en planta.....	36
Figura 22. Vista en 3 – D.....	36
Figura 23. Periodo.....	51
Figura 24. Número de dispositivos.....	53
Figura 25. Aislador LRB.....	55
Figura 26. Láminas de goma.....	56
Figura 27. Propiedades histeréticos.....	57
Figura 28. Fuerza de fluencia LRB.....	58
Figura 29. Rigidez efectiva LRB.....	58
Figura 30. Curva Histerética LRB.....	60
Figura 31. Aislador HDRB.....	61

Figura 32. Número de dispositivos II .....	62
Figura 33. Fuerza de fluencia HDRB .....	64
Figura 34. Rigidez efectiva HDRB .....	64
Figura 35. Curva Histerética HDRB .....	65
Figura 36. Piso del sistema de aislamiento .....	66
Figura 37. Altura de piso técnico .....	66
Figura 38. Vista en elevación del piso técnico .....	67
Figura 39. Aislador LRB -Ruber Isolator .....	67
Figura 40. Aislador HDRB – High Damping Rubber Isolator .....	68
Figura 41. Parámetros .....	68
Figura 42. Colocación de los aisladores .....	69
Figura 43. Colocación de los aisladores .....	69
Figura 44. Desplazamiento base fija .....	74
Figura 45. Desplazamiento base aislada – LRB .....	74
Figura 46. Desplazamiento base aislada – HDRB .....	75

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación que lleva por título análisis comparativo del comportamiento sismorresistente entre una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020, tiene como objetivo realizar un análisis comparativo del comportamiento sismorresistente de una estructura convencional, versus otra estructura aislada, utilizando dos tipos de aisladores elastoméricos, a través de un Análisis Estático y un Análisis Dinámico Modal Espectral.

La estructura convencional en estudio es una edificación de 6 niveles, destinado a viviendas, constituidos por un departamento por cada nivel, el área del proyecto es de 160 m<sup>2</sup>, ubicado en la Urbanización El Retablo III Etapa - Distrito de Comas., en la Provincia y Departamento de Lima. El sistema estructural está conformado por pórticos, columnas, vigas, losas aligeradas, zapatas corridas, vigas de cimentación, cuya función principal es evitar asentamientos diferenciales de una gran magnitud.

Para esta comparación se utilizaron dos tipos de aisladores elastoméricos: Lead Rubber Bearing (LRB) comparado frente al aislador High Damping Rubber Bearing (HDRB). El uso del primer aislador es el más utilizado a nivel nacional e internacional, ya que es un dispositivo que tiene una gran flexibilidad lateral y una gran rigidez horizontal, consiguiendo un comportamiento sísmico bastante efectivo. Por otro lado, el HDRB es un aislador elastomérico de alto amortiguamiento, teniendo una goma modificada, el cual otorga un amortiguamiento entre un 8% a 16%, que es lo que se busca en el principio de aislamiento sísmico, incrementar el periodo para reducir la demanda.

**Palabras claves:** Estructura, aisladores, sismorresistente.



## ABSTRACT

The present research work that is entitled comparative analysis of the earthquake-resistant behavior between a conventional structure versus another with elastomeric insulators, Lima 2020, aims to carry out a comparative analysis of the earthquake-resistant behavior of a conventional structure, versus another isolated structure, using two types elastomeric insulators, through a Static Analysis and a Modal Spectral Dynamic Analysis.

The conventional structure under study is a 6-level building, intended for housing, consisting of an apartment for each level, the project area is 160 m<sup>2</sup>, located in the Urbanization El Retablo III Stage - District of Comas., In the Province and Department of Lima. The structural system is made up of frames, columns, beams, lightened slabs, running footings, foundation beams, whose main function is to avoid differential settlements of a great magnitude.

For this comparison, two types of elastomeric insulators will be used: Lead Rubber Bearing (LRB) compared to High Damping Rubber Bearing (HDRB) insulator. The use of the first isolator is the most widely used nationally and internationally, since it is a device that has great lateral flexibility and great horizontal rigidity, achieving quite effective seismic behavior. On the other hand, HDRB is a high damping elastomeric isolator, having a modified rubber, which provides a damping between 8% to 16%, which is what is sought in the seismic isolation principle, increase the period to reduce the demand.

**Keywords:** Structure, insulators, earthquake resistant

## I. INTRODUCCIÓN

**Realidad problemática:** El Perú se encuentra ubicado en el cinturón de fuego, zona donde las placas tectónicas están en constante fricción, han pasado más de 200 años desde el último gran sismo que sacudió la capital peruana, según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), existe una gran probabilidad de que suceda un sismo de gran magnitud en las costas de Lima, de aproximadamente 8 Mw, tomando como referencia los silencios sísmicos de los últimos años. Los últimos sismos que han ocurrido en nuestro país, 2001, 2007, nos han mostrado que las personas que han sido heridas o han perdido la vida, a sido simplemente porque las estructuras han colapsado, debido a un mal diseño, edificaciones informales, etc.

En cuanto a las edificaciones informales, la cifra es alarmante, en la región metropolitana de Lima, el 70% de las viviendas y edificios han sido construidos de manera informal y a nivel nacional esta cantidad aumenta al 80% (CAPECO, 2018). Muchas de estas construcciones se ejecutan sin diseño, ni profesionales que ejecuten la obra, las familias construyen sobre terrenos que no han tenido un previo estudio de suelos exponiéndose aún más al riesgo de colapso o daños severos en la edificación, un factor que influye y conlleva a la autoconstrucción de estas edificaciones informales es la falsa creencia del ahorro, utilizan materiales de baja calidad, a la vez reemplazan materiales que no son diseñados para soportar cargas, por ejemplo, los ladrillos pandereta, que lo utilizan en muros portantes y solo se debería utilizar para muros de tabiquería o de separación. Actualmente en nuestro país se estima que solo el 20% de viviendas son formales, pese a que vivimos en un país proclive a sufrir desastres de la naturaleza, como sismos, huaicos, etc, debido a esta exposición de las viviendas informales, el nivel a la que está expuesta una vivienda informal es alarmante, específicamente cuando no hay un diseño o no se toman las preocupaciones mínimas para su construcción, es importante prestar atención a las edificaciones con menos recursos, que son los más vulnerables ante un sismo de gran magnitud. Es por lo que planteamos una comparación del comportamiento sismorresistente de una estructura convencional diseñada usando el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) versus otra estructura utilizando dos tipos de aisladores elastoméricos. Una de las formas para tener un mejor comportamiento sismorresistente de una estructura son los aisladores sísmicos, los

aisladores le otorgan a la estructura una mayor flexibilidad mediante la alteración de su periodo natural, en ese sentido la siguiente investigación propone considerar aisladores sísmicos en los diferentes tipos de construcciones, para ello utilizaremos el software ETABS para realizar el modelamiento de las estructuras en estudio.

**Formulación del problema:** “En el planteamiento del problema nos indica que refinemos, precisemos y estructuremos la idea de investigación, lo que implica una superior formalización y delimitación en nuestro enfoque cuantitativo” (Hernández, 2018, p. 40).

**Problema general:** ¿Cuál será el resultado al evaluar el comportamiento sismorresistente de una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020?

**Problemas específicos:** ¿Cómo será el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura convencional, Lima 2020? ¿Cómo será el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura con aisladores elastoméricos, Lima 2020? ¿Cómo será el análisis dinámico para una estructura convencional, Lima 2020? ¿Cómo será el análisis dinámico para una estructura con aisladores elastoméricos, Lima 2020?

**Justificación de la investigación:** “Es la descripción precisa de las razones que validan la realización del estudio, se trata de especificar la relevancia de la tesis, su adecuación con los problemas a investigar, el marco de estudio y la proximidad de la información” (Fernández, 2015, p. 86).

**Justificación Práctica:** En el Perú la cultura sobre prevención de sismos en las construcciones es casi nula, por ello la opción de los aisladores elastoméricos para reducir los daños materiales y las pérdidas humanas, el comportamiento de las estructuras a mejorado con aisladores durante sismos en algunos países vecinos, ya sea el caso de Japón, Chile, etc. Todos estos casos nos permiten asegurar los beneficios de estos aisladores para así diseñar y realizar las construcciones de edificaciones con estos elementos, la fuerza sísmica recibida en la estructura con sistema de aislamiento se reduce en semejanza con la estructura convencional. La comparación y los resultados obtenidos servirán de sustento para otras investigaciones similares y la consideración de aisladores sísmicos en las construcciones futuras.

**Justificación Metodológica:** Es importante conocer el comportamiento sismorresistente de una estructura convencional y otra con aisladores elastoméricos con el fin de reducir los daños estructurales frente a un sismo, planteando un análisis estático y un análisis dinámico para conocer el comportamiento de estos sistemas ante un evento sísmico, esta investigación servirá para investigaciones futuras similares con la recopilación de datos obtenidos.

**Objetivos:** “Los objetivos especifican lo que se pretende conocer como resultado del trabajo de investigación y deben manifestarse con transparencia, ya que son las guías del estudio” (Hernández, 2018, p. 43).

**Objetivo general:** Evaluar el comportamiento sismorresistente de una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020.

**Objetivos específicos:** Realizar el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura convencional, Lima 2020. Realizar el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura con aisladores elastoméricos, Lima 2020. Realizar el análisis dinámico para una estructura convencional, Lima 2020. Realizar el análisis dinámico para una estructura con aisladores elastoméricos, Lima 2020.

**HIPÓTESIS:** “Las hipótesis son descripciones tentativas del acontecimiento o problema bajo investigación, formuladas como proposiciones o afirmaciones y establecen las pautas del estudio de investigación” (Hernández, 2018, p. 124).

**Hipótesis general:** Se obtiene el comportamiento sismorresistente de una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020

**Hipótesis específicas:** Se obtiene los resultados del análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura convencional, Lima 2020. Se obtienen los resultados del análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura con aisladores elastoméricos, Lima 2020. Se obtiene el análisis dinámico para una estructura convencional, Lima 2020. Se obtiene el análisis dinámico para una estructura con aisladores elastoméricos, Lima 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

**Antecedentes nacionales:** Quiroz (2016), en la tesis: “Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca” de la UPN, tiene como **objetivo** contrastar el comportamiento sismorresistente de una estructura multifamiliar impulsada sistemáticamente por muros de albañilería y muros con ductilidad limitada en la población ubicada en Cajamarca, en su **metodología** de investigación usa el método científico cuantitativo, nivel explicativo y analítico, los **resultados** obtenidos al realizar la comparación del comportamiento estructural tal como se esperaba, los periodos de las formas de vibración son más notorios en los tres primeros modos (1, 2, 3) para este sistema estructural, la estructura muestra frecuencias en aumento a medida que pasan los modos de vibración en forma ascendente, llegando a la siguiente **conclusión** se concluye que los dos mecanismos en comparación cuentan con un adecuado comportamiento sísmico a nivel de superestructura y cimentación ante el movimiento sísmico, ya que obedecen con las delimitaciones de las normas técnicas peruana (RNE) que rigen estos parámetros de análisis y diseño.

**Herrera** (2018), en la tesis “Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso” de la Universidad Nacional de Piura, tiene como **objetivo** el análisis y la comparación del comportamiento sismorresistente de estructuras de concreto armado con un sistema de aislamiento y amortiguadores sísmicos. Su **metodología** de investigación es descriptiva. Con los **resultados** se comprueba que el sistema de amortiguación no distorsiona el periodo de la edificación, por lo tanto, no afectan su rigidez. Por otro lado, en las edificaciones con aisladores existen más elevados valores de periodo frente a las edificaciones sin aislamiento, debido a que el sistema de aislamiento hace más flexible la base de la edificación y disminuyen las aceleraciones sismológicas, llegando a la **conclusión** que utilizando diferentes dispositivos o sistemas de amortiguamiento de fluido-viscoso en el mismo modelamiento estructural no genera diferentes resultados en las derivas, cortantes basales y desplazamientos laterales, siempre que se mantenga las posibilidades de carga de los amortiguadores.

**Carmona y Rosas** (2015), en la tesis “Análisis comparativo del comportamiento sísmico dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un sistema dual frente

al modelo con aisladores de alto amortiguamiento (HDR) de un sistema aporticado, del edificio de oficinas Schell de seis pisos ubicado en la provincia de Lima – Perú” en la UPC, tiene como **objetivo** efectuar una comparación y modelamiento de una edificación proyectando el modelamiento de aisladores en la estructura (elastómeros, amortiguación excesiva) logrando contrastar el comportamiento estructural de una edificación frente a un sistema convencional dual debajo de una norma sismorresistente, utilizando el software SAP2000, utilizando una **metodología** descriptiva con un enfoque científico cuantitativo. En **los resultados** adquiridos, la edificación con aislamiento nos muestra mayores desplazamientos relativos en los cambios de aislamiento y en aquellos niveles más elevados se verifica una reducción significativa entre ello, mientras que la edificación con sistema dual no existe mayores desplazamientos en la base, pero muestra un elevado desplazamiento relativo y disminución en el desplazamiento máximo con relación al sistema con aislamiento. Por consiguiente, **concluye** que el sistema que tiene aislamiento sucede un menor desplazamiento horizontal relativos al entrepiso, por lo cual otorgará un mejor desempeño de la edificación, al modelar la estructura con aislamiento de base, se observaron superiores periodos en la edificación, de modo que, menores aceleraciones y como consecuencia los movimientos sísmicos se reducirán.

**Gamboa** (2019), en su tesis “Análisis sísmico de hospitales considerando el criterio de funcionalidad continua empleando aisladores de base friccional de triple péndulo en zonas sísmicas 3 y 4 del Perú” por el título de Ingeniería Civil de la Universidad San Cristóbal de Huamanga, el **objetivo** del proyecto fue desarrollar el análisis sismorresistente de la edificación con criterios de diseño de funcionalidad continua, para lo cual usaron aisladores de base triple péndulo de fricción FPT 8827/14-12/10-6, con el fin de reducir el nivel de daños estructurales y no estructurales en una edificación esencial como es un hospital. Su **metodología** de investigación adopta un diseño no experimental, cuantitativo, con un enfoque de carácter científico. Los **resultados** obtenidos para el control del desplazamiento se realizan para Upper Bound “Límite Superior” y Lower Bound “Límite Inferior”, teniendo en cuenta que para el desplazamiento del límite superior no se supere el máximo establecido para la tercera fase del movimiento DM, mientras que para el límite inferior el desplazamiento máximo del aislador no debe superar la capacidad de

desplazamiento  $D_t$  para el cual fue diseñado el aislador. En **conclusión**, teniendo estos resultados se concluye que es difícil que una estructura con apoyo fijo pueda lograr un desempeño con los límites establecidos para la funcionalidad continua.

**Antecedentes Internacionales: Valerio (2015)**, “Análisis comparativo de un edificio fijo en la base vs un edificio aislado utilizando 4 tipos de aisladores sísmicos” de la UPC BARCELONATECH, teniendo como **objetivo** efectuar una comparación del comportamiento sísmico de una estructura fija versus una estructura aislada, para ello se utilizará 4 diferentes sistemas de aislamiento sísmico a través de un análisis tiempo/historia para ello se utilizó el programa computacional software ETABS 2013. La **metodología** de investigación usada es nivel descriptivo usando el método científico, los **resultados** obtenidos son que las derivadas de los pisos del edificio fijo disminuye en un 74% cuando utilizamos el HDBR Y LRB, un 84% cuando se utiliza el RNC, la aceleración en el piso superior del edificio fijo disminuye un 75% cuando se utiliza el aislador HDRB Y LRB, un 93% cuando se utiliza el FPS y un 92% cuando se utiliza el RNC. En **conclusión**, el tipo de aislador más eficaz a usar en una edificación sería el Roll-N-Cage, porque disminuye la aceleración del piso superior en un 92 %, los desplazamientos de la estructura en un 86% y la cortante basal en un 84%.

**Pérez y Vázquez (2016)**, “Diseño de aisladores sísmicos de base para edificio de oficinas de 10 niveles con sistema estructural de pórticos rígidos de concreto reforzado”, tiene como **objetivo** realizar el diseño del sistema de aislamiento de base para una edificación destinada a oficinas de diez niveles a base de pórticos rígidos ubicado en la ciudad de Managua. La **metodología** de investigación usada es nivel descriptivo usando el método científico, los **resultados** en el análisis modal se obtuvieron traslación en la dirección Y y X, pero no rotación. Las masas son muy pocas completándose el 97% hasta en el 12vo modo, pero, se cumple con más del 90% que establece el Arto.33 del RNC-07. Este comportamiento puede ser consecuencia de una estructura irregular y en caso de producirse un evento sísmico podría dañar severamente los elementos estructurales. En **conclusión**, mejora las propiedades físicas de la estructura al usar los aisladores sísmicos en estructuras de pórticos rígidos de concreto reforzado.

**Silva** (2011), “Vulnerabilidad Sísmica estructural en viviendas sociales, y evaluación preliminar de riesgo sísmico en la región metropolitana” de la Universidad de Chile, teniendo el **objetivo** de estimar un nivel de riesgo durante un sismo de diferentes comunas de la región Metropolitana, efectuando un análisis sismorresistente verificando la cantidad de viviendas autoconstruidas de los años 1980 y 2001, utilizando también la generación de mapas de riesgo sísmico probabilístico y determinístico. Siendo la **metodología** usada cualitativa, los **resultados** que se obtuvieron consideramos que no es suficiente obtener altas densidades para obtener un óptimo y estable desempeño del comportamiento sismorresistente, es importante mostrar una excelente disposición de las líneas resistentes. En **conclusión**, la iniciativa de hacer mapas de peligro sísmico es de interés de la sismología aplicada a la ingeniería, para la creación de la zonificación y la actualización y desarrollo de los códigos de diseños actuales, surge la necesidad de ampliar el método expuesto considerando el parámetro de PGA.

**Arriagada** (2005), “Aislación sísmica de un edificio de oficinas de siete pisos (Análisis comparativo de comportamiento y costos con un edificio tradicional)” en Obras Civiles de la Universidad Austral de Chile. El **objetivo** del trabajo de investigación es obtener un análisis comparativo de la estructura a través de ciertos parámetros y costos, la cual incluye posibles daños sísmicos de un edificio convencional frente a la edificación con un sistema de aislamiento, corroborando los beneficios del uso del aislamiento basal para un riesgo independiente. Utilizando un **método** cuantitativo descriptivo, teniendo como **resultados** que el desplazamiento de entrepiso es un aspecto fundamental del diseño debido al hecho de que este entrelazado con el deterioro de elementos estructurales y no estructurales, en vista de que su rendimiento en este aspecto se transfiere en una protección sobre la estructura. Por lo tanto, para que los sistemas de aislamiento sean efectivos, la superestructura ya no debe tener varios desplazamientos relativos. En su **conclusión**, una interpretación dinámica no lineal se llevó a cabo según lo circunscrito dentro de la NCh 2745, con registros, la de Melipilla y la de Llole, siendo la de Melipilla la más exigente, para ejecutar las propiedades dentro del software SAP2000 se cuantificaron las propiedades bilineales de cada dispositivo.

**Teorías: Comportamiento Sismorresistente** Según Barbat nos indica:



Las regulaciones de diseño sismorresistente data del siglo XX, cuando se notó la obligación de incorporar los resultados del movimiento sísmico en los cálculos. En ausencia de mediciones confiables de las cualidades cinemáticas del movimiento sísmico terrestre y del conocimiento inadecuado de la respuesta dinámica, las fuerzas de los sismos de diseño se habían evaluado de una forma totalmente reducida. Típicamente, se adoptaron fuerzas estáticas horizontales del orden del 10% del peso total de la construcción para la acción sísmica. Dado que se utilizó un cálculo elástico basado totalmente en estándares de presión admisibles, las estructuras diseñadas reales tuvieron una mejor resistencia a las fuerzas laterales que las calculadas. (2005, p. 7).

El informe sísmico de 1974 es uno de los máximos consultores y se utiliza con frecuencia para el diseño sísmico en Perú y se proporciona a través del Sistema Nacional de Datos Geofísicos del IGP.

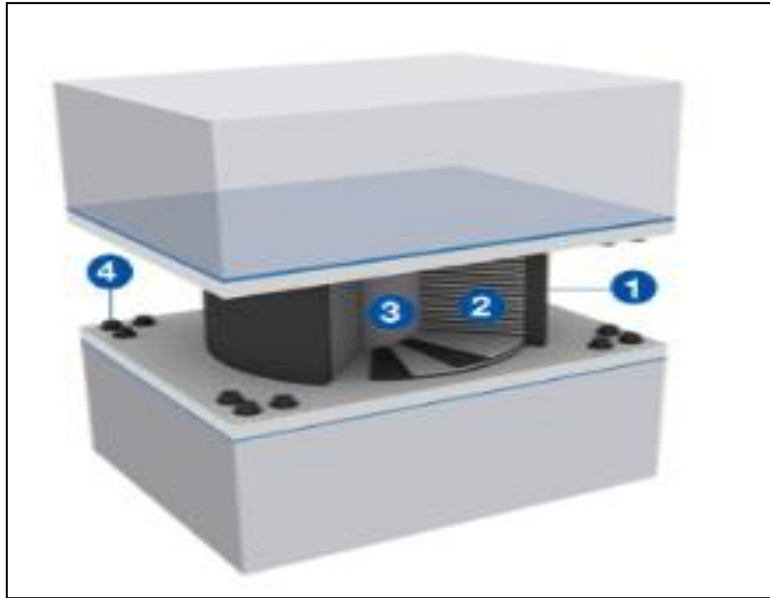
**Análisis sísmico:** Según Genner (2013) menciona que: “La ingeniería sismo-resistente es parte de la dinámica estructural, que investiga el proceder de los edificios dentro de la acción sísmica, aplicando técnicas de diseño estructural, que avalan su verdadero comportamiento y seguridad estructural en caso de terremotos” (p. 3). La evaluación sísmica se realiza de acuerdo con la N.T.P E.030, que tiene como objetivo proporcionar a la estructura resistencia, tensión y ductilidad suficientemente buenas acorde con la importancia, el lugar, las condiciones geotécnicas y las irregularidades de la construcción. El estándar E.030 requiere evaluación o fuerzas estáticas iguales y evaluación modal espectral dinámica, los análisis sísmicos requeridos se hacen en los dos ejes principales. **Análisis Dinámico:** Según Agustín (1996) nos indica: “El propósito del estudio del análisis dinámico de una edificación es analizar el comportamiento estructural para obtener el rango de seguridad frente a un colapso” (p.45). Como se indicó anteriormente el análisis es constantemente la verificación y control de un diseño, en caso que no cumplan con los parámetros requeridos deberá ser corregido hasta obtener el comportamiento requerido. Se conforma por el análisis modal y el análisis espectral.

**Análisis estático:** Según Agustín nos menciona:

Un método comúnmente utilizado para verificar el comportamiento sismorresistente de las edificaciones frente a cargas horizontales es el análisis estático, este análisis nos indica que la fuerza sísmica se aplicará en el centro de masa. Obteniendo periodos de vibración y analizando el peso sísmico. (1996, p. 40).

Este método nos indica las solicitaciones sísmicas por medio de un conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masas de cada piso de la estructura.

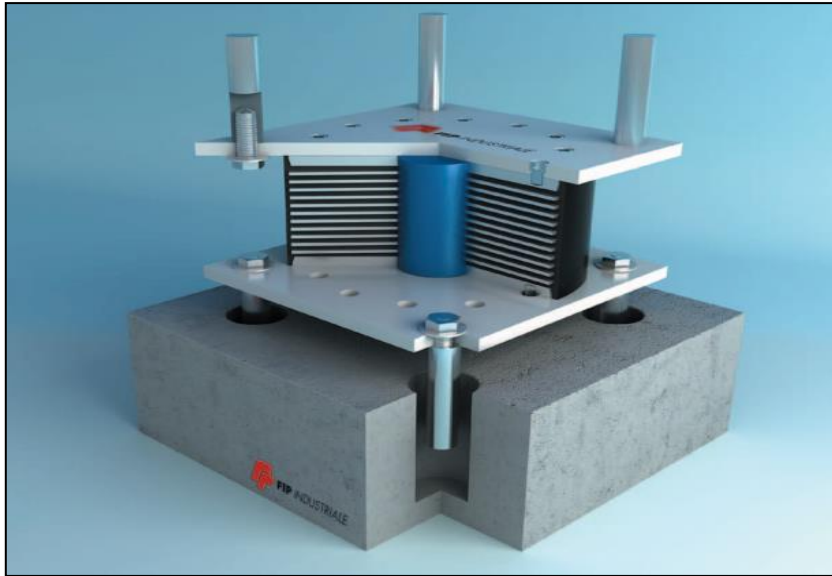
**Sistema de Aislamiento:** Este sistema consiste en desacoplar la estructura del movimiento del suelo para protegerlos de los efectos ocasionados por los sismos. Esto se logra conseguir por medio de dispositivos ubicados entre la base de la cimentación y la estructura que facilitan el movimiento horizontal y son inflexibles al movimiento vertical. Además, es muy común incorporar amortiguamiento estructural para restringir el desplazamiento de la superestructura a registros permitidos según la normativa. Se recomienda el aislamiento de la base para edificaciones rígidas sobre terrenos firmes, también en las estructuras no debe existir una relación altura – base demasiado extensa, debido a que los momentos de vuelco aumentan proporcional a dicha relación, lo que significaría pérdida del equilibrio de la superestructura. **Comportamiento de una estructura aislada:** Cuando ocurre un sismo se transmite energía a la edificación, esta se convierte en energía elástica de movimiento y deformación ( $E$  elástica) y en energía disipada ( $E$  disipada). El principio es que cuando una base no está aislada del soporte el movimiento sísmico afecta a los elementos que se encuentran en la parte superior, por el contrario, cuando la base se aísla, los elementos no se ven afectados. Se sugiere el aislamiento sísmico para el control de vibración, así como de desplazamientos, proporcionándole a la estructura amortiguamiento y una mejor respuesta sísmica. **Aisladores Sísmicos:** Proporcionan a la estructura regular (no aislada y fija) una mayor "flexibilidad" con la ayuda de modificar su periodo natural. Esta flexibilidad tiende a aumentar la duración de la estructura entre 1 y 1.5 segundos en general, mucho para que el periodo tradicional de las estructuras aisladas generalmente se haga referencia a 2 segundos (Constantinou, 1985). Por lo tanto, los grandes beneficios en las estructuras aisladas se determinan en sistemas cuyos periodos fundamentales son breves, menos de 1 segundo (Jain y Thakkar, 2004). Esto no sugiere que el aislamiento no pueda usarse mientras la duración esencial sea más larga, pero el aumento excesivo de la flexibilidad tiende a opacar las ventajas recibidas en la primera ubicación.



*Figura 1. Aislador sísmico*

Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica

**Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LRB):** El aislador elastoméricos con núcleo de plomo fue creado en el país de Nueva Zelanda en el año de 1975 y su uso mayoritariamente a sido en Estados Unidos y Japón, estos aisladores tienen varios orificios en forma circular por donde se incrustan los elementos de plomo con el fin de otorgarle más amortiguamiento al sistema aislado. En el procedimiento de elaboración de estos aisladores, las láminas de caucho se intercalan con las láminas de acero dentro de un molde de metal que tiene la forma del aislante, después de lo cual se aplica presión a las láminas a una temperatura totalmente excesiva, alrededor  $140^{\circ}\text{C}$ , por un tiempo que varía entre 4 y ocho horas. Esto permite que el aislante sea muy flexible horizontalmente debido al caucho, y realmente rígido verticalmente debido a la presencia de láminas de acero que evitan la deformación vertical del caucho (Aguiar, 2008). Una de las ventajas de la LRB es que la amortiguación aumenta apreciablemente, alcanzando entre el 15 y el 35% del amortiguamiento crítico. El núcleo de plomo aumenta el amortiguamiento y evita los desplazamientos de la estructura, colocamos el núcleo de plomo para generar varios ciclos histeréticos y q sean estables.

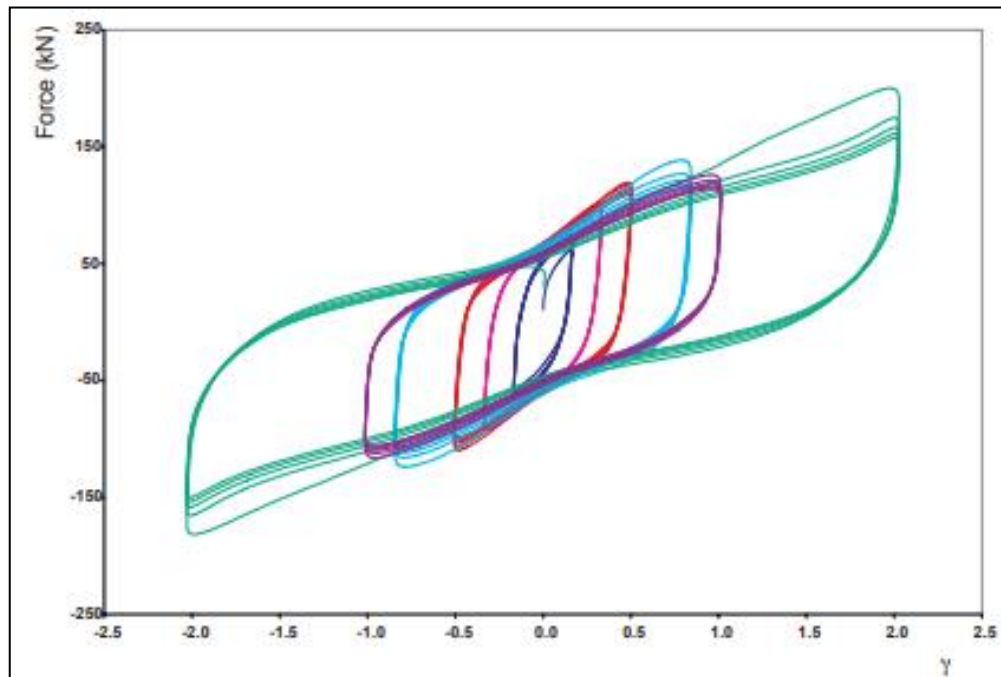


*Figura 2. Aislador elastomérico con núcleo de plomo*

Fuente: FID Industriale

**Propiedades mecánicas:** Los elementos que se coloquen sobre los aisladores (columnas) tienen que estar conectadas con sus respectivas vigas y losas, con el fin de que garantice un diafragma rígido en la estructura, porque se necesitara mantener desplazamientos iguales en todos los elementos con los aisladores, por ello mencionaremos sus propiedades mecánicas que son: Capacidad de carga de gravedad, la cual podemos hallar con la siguiente expresión:  $Q_d = A_p \cdot \tau_p$ , donde  $A_p$  es el área del plomo en ( $m^2$ ) y  $\tau_p$  es el esfuerzo de fluencia del plomo ( $t/ m^2$ ). También tenemos la rigidez lateral, el cual nos indica que la presencia del plomo generará un lazo histerético cuando se creen ciclos de carga horizontal, es decir hallaremos distintas rigideces laterales, la rigidez efectiva se utiliza para el cálculo del amortiguamiento efectivo del aislamiento, por lo cual para tener la rigidez inicial  $K_i$  y la rigidez post/fluencia  $K_d$  del aislador utilizaremos las siguientes ecuaciones:  $K_i = (G_p \cdot A_p + G_r \cdot A_r) / H_i$ , donde  $G_r$  es el módulo de corte de caucho,  $G_p$  es el módulo de corte de plomo,  $A_r$  es el área del caucho,  $A_p$  es el área del núcleo de plomo y  $H_i$  es la altura neta de caucho. La siguiente ecuación es:  $K_d = G_r \cdot A_r / H_i$ . Hay algunos autores que recomiendan otro método para hallar la rigidez  $K_i$ , como 10 veces  $K_d$ , donde  $K_d$  es la rigidez otorgada solamente por el caucho, dicha suposición es conservadora, porque algunas normas y diseñadores piensan que la

rigidez aumenta por la presencia del núcleo de plomo y nos indican que consideremos una rigidez de 1.15 calculada por la segunda ecuación mencionada.



*Figura 3.* Propiedad mecánica Amplitud de deformación por corte

Fuente: FID Industriale

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

#### Tipo de investigación:

La presente investigación será de tipo aplicada. De acuerdo con Borja:

Para decir que una investigación es aplicada, se deberá trabajar con el problema real, debemos entender, formar y modificar el problema, porque este tipo de investigación se basa en la adaptación inmediata del problema, antes de procesar el conocimiento de un valor universal. (2012, p. 10).

En consecuencia, este trabajo de investigación será aplicada porque buscará la aplicación de los conocimientos que se adquieren, teniendo por finalidad la búsqueda y consolidación del conocimiento, y la utilización de los entendimientos obtenidos para el mejoramiento del acervo cultural y científico.



Figura 4. Tipos de investigación

Fuente: Portal Duoc

#### Diseño de investigación:

El diseño de la presente investigación será no experimental. Según Hernández Sampieri (2018) “Se define como aquella investigación que se realiza sin manipular las variables deliberadamente, por lo tanto, se trata de conceptos en la que no haces variar deliberadamente las variables independientes para verificar su impacto sobre otras variables” (p. 174)

La investigación será no experimental transversal porque se obtendrá la recolección de datos después de realizar el análisis y modelamiento en el software ETABS, así mismo la investigación será transversal correlacionales – causales, debido a que obtendremos vínculos entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado.

### 3.2. Variables y operacionalización:

**Variable independiente (x):** Comportamiento sismorresistente

**Definición conceptual:** Según Villarreal Castro (2013) nos indica que: “Analiza el comportamiento de las estructuras ante el movimiento sísmico e indaga los métodos de cálculo de la estructura, que nos aseguran un buen desempeño y comportamiento estructural ante los sismos” (p. 23).

**Definición operacional:** Constituye el método del análisis del comportamiento sismorresistente para estructuras, empezaremos por exponer el Análisis Estático y Análisis Dinámico Modal Espectral.

**Tabla 1.** Variable Independiente

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</b> Comportamiento sismorresistente	Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes	Periodos de vibración
		Cortante basal
		Fuerza cortante
	Análisis Dinámico Modal Espectral	Modos y periodos de vibración
		Derivas
		Aceleraciones
		Cortante basal

Fuente: Elaboración propia

#### **Escala de medición:**

Nuestra escala de medición será de razón, nos indica la distancia exacta dentro de los intervalos de una categoría.

**Primera variable dependiente (Y):** Estructura convencional

**Definición conceptual:** Según Pasquel Carbajal (2010) nos menciona: “Se dirige por normas y códigos que avalan requisitos de seguridad y un buen desempeño estructural, el diseño, ejecución y supervisión por parte de los profesionales a cargo.” (p. 8).



**Definición operacional:** Constituye las normas de edificación E.030 sismorresistente, E.060 concreto armado, E.020 cargas, software ETABS para el modelamiento de edificación y procesos.

**Tabla 2.** *Primera Variable Dependiente*

<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b> Estructura convencional	Criterios de estructuración	Cargas y parámetros de diseño
		Estructuración y dimensionamiento de elementos estructurales
	Modelamiento estructural	Procedimiento de análisis
		Análisis con base fija
	Análisis sísmico según RNE E0.30	Resultados del análisis estático
		Resultados del análisis dinámico Modal Espectral

Fuente: Elaboración propia

**Escala de medición:**

Nuestra escala de medición será de razón, nos indica la distancia exacta dentro de los intervalos de una categoría.

**Segunda variable dependiente (Y):** Estructura con aisladores elastoméricos

**Definición conceptual:** Según Sánchez nos indica:

Es un mecanismo de tecnología elevada que aísla una estructura de los movimientos sísmicos. Esto sucede porque el aislador separa la base de la estructura de la tierra. Así los movimientos sísmicos no afectan la estructura. (2015, p. 34).

**Definición operacional:** Constituye el modelamiento del aislador sísmico, utilizando el software ETABS, la norma ASCE 7 - 16, norma E 0.31 aislamiento sísmico, el presente trabajo tendrá como dimensiones el diseño de los aisladores

elastoméricos, el modelamiento de los aisladores elastoméricos y la aplicación del sistema de aislación.

**Tabla 3. Segunda Variable Dependiente**

<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b> Estructura con aisladores elastoméricos	Diseño de los aisladores elastoméricos	Cargas y parámetros de diseño
		Estructuración y dimensionamiento de elementos estructurales
		Dimensionamiento de los aisladores elastoméricos
	Modelamiento de los aisladores elastoméricos	Modelamiento de la estructura con aisladores (LRB )
		Modelamiento de la estructura con aisladores (HDRB)
	Aplicación del sistema de aislación	Derivas máximas
		Aceleraciones de piso
		Cortante en el sistema de aislamiento ( $V_b$ )
		Cortante basal en la superestructura ( $V_s$ )

Fuente: Elaboración propia

**Escala de medición:**

Nuestra escala de medición será de razón, nos indica la distancia exacta dentro de los intervalos de una categoría.

**Tabla 4. Resumen de variables**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</b> Comportamiento sismorresistente	Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes	Periodos de vibración
		Cortante basal
		Fuerza cortante
	Análisis Dinámico Modal Espectral	Modos y periodos de vibración
		Derivas
		Aceleraciones Cortante basal
<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b> Estructura convencional	Criterios de estructuración	Cargas y parámetros de diseño
		Estructuración y dimensionamiento de elementos estructurales
	Modelamiento estructural	Procedimiento de análisis
		Análisis con base fija
	Análisis sísmico según RNE E0.30	Resultados del análisis estático
		Resultados del análisis dinámico Modal Espectral
<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b> Estructura con aisladores elastoméricos	Diseño de los aisladores elastoméricos	Cargas y parámetros de diseño
		Estructuración y dimensionamiento de elementos estructurales
		Dimensionamiento de los aisladores elastoméricos
	Modelamiento de los aisladores elastoméricos	Modelamiento de la estructura con aisladores (LRB + LDRB)
		Modelamiento de la estructura con aisladores (HDRB)
	Aplicación del sistema de aislación	Derivas máximas
		Aceleraciones de piso
		Cortante en el sistema de aislamiento (Vb)
		Cortante basal en la superestructura (Vs)

Fuente: Elaboración propia

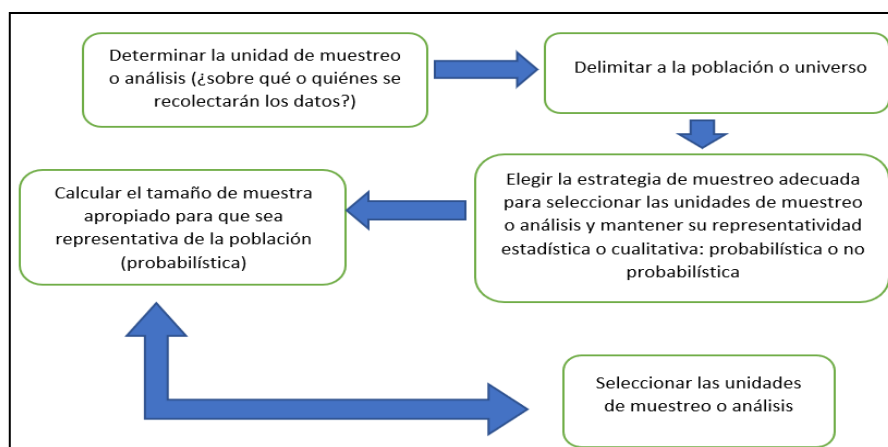
### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Estará formada por un grupo de elementos que tienen características comunes, que serán analizadas por el investigador, las mismas que aprueben realizar las generalizaciones a partir de la observación de la muestra.

Para nuestro trabajo de investigación nuestra población serán las 2 estructuras en estudio, la estructura convencional y la estructura con los dos tipos de aisladores sísmicos.

**Muestra:** Según Hernández Sampieri (2018, pág. 196) nos menciona: “Una muestra es un subgrupo de la población o universo que te interesa, sobre lo cual se recolectarán los datos pertinentes, y deberá ser representativa de dicha población” (p. 196).

Para nuestro trabajo de investigación nuestra muestra será los elementos estructurales de las edificaciones en estudio.



*Figura 5.* Proceso general para seleccionar una muestra

Fuente: Metodología para la investigación

**Muestreo:** Según Hernández Sampieri nos menciona:

El tema central será el sobre qué o quienes se recolectarán las notas (personas u otros seres vivos, objetos, sucesos, colectividades de estudio), ello dependerá del planteamiento del problema, los alcances de la investigación y el diseño de esta. (2018, p. 197).

Para nuestro trabajo de investigación el muestreo será no probabilístico, ya que la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación

**Unidad de análisis:** Según Hernández Sampieri (2018) nos menciona: “Es la unidad de la cual se extraerán los datos o la información final. Frecuentemente son las mismas, pero no siempre” (p. 198).

Para nuestro trabajo de investigación la unidad de análisis será la estructura convencional y la estructura con aisladores elastoméricos.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

**Técnicas:** La técnica de recolección de datos de esta investigación será la recopilación de información a través de libros, videos, capacitaciones sobre diseño de estructuras con aisladores sísmicos, revistas, páginas web, para así obtener una información completa sobre el tema estudiado.

**Instrumentos:** Para el presente trabajo de investigación los instrumentos será la Norma técnica peruana (NTP), el software ETABS, la norma ASCE 7 – 16 y la ficha de recolección de datos.

### **3.5. Procedimientos:**

Primero se realizará el diseño de la estructura convencional sin aisladores elastoméricos para poder realizar el modelamiento de la estructura en el software ETABS, así obtendremos un análisis dinámico y un análisis estático.

Segundo realizaremos los diseños de los dos aisladores elastoméricos, de acuerdo con la norma E0.31 (Aislamiento sísmico) y la norma ASCE 7 -16.

Por último, realizaremos el modelamiento de la estructura con los dos aisladores elastoméricos de acuerdo con la norma E0.31 (Aislamiento sísmico) y la norma ASCE 7 -16, se obtendrá los resultados del análisis dinámico y del análisis estático para realizar la comparación de las estructuras anteriores mencionadas con la actual, para posteriormente verificar cual estructura tiene un mejor comportamiento sísmico y que tipo de aislador otorga un mejor desempeño a la estructura.

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

Se utilizará un método descriptivo porque utilizaremos distintos sistemas como: El software ETABS, Excel, NTP (Norma técnica peruana).

### **3.7. Aspectos éticos:**

Este trabajo de investigación se realizará respetando a los autores y a las diferentes fuentes de donde se a obtenido la información para el desarrollo del presente trabajo, se considerará las NTP (norma técnica peruana) dispuestas por el estado peruano. Así mismo se respetará las políticas de la Universidad César Vallejo y la ley universitaria 30220.

Se tomará en cuenta también la autoría de este trabajo de investigación, respetando los demás trabajos realizados tanto nacionales como internacionales.

## **IV. RESULTADOS**

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO:

El proyecto que lleva por nombre PROGRAMA “VIVIENDA MULTIFAMILIAR”, es una edificación de seis niveles, constituidos por un departamento por cada piso, el área del proyecto es de 160 m<sup>2</sup>, este proyecto ha sido desarrollado sobre las bases del R.N.E, se ha considerado las normas vigentes de carga E- 0.20, suelos y cimentaciones E-0.50, diseño sismorresistente E-0.30 y concreto armado E-0.60.

El presente proyecto, se ha desarrollado sobre la base de los planos arquitectónicos de anteproyecto aprobados correspondiente a la edificación en mención.

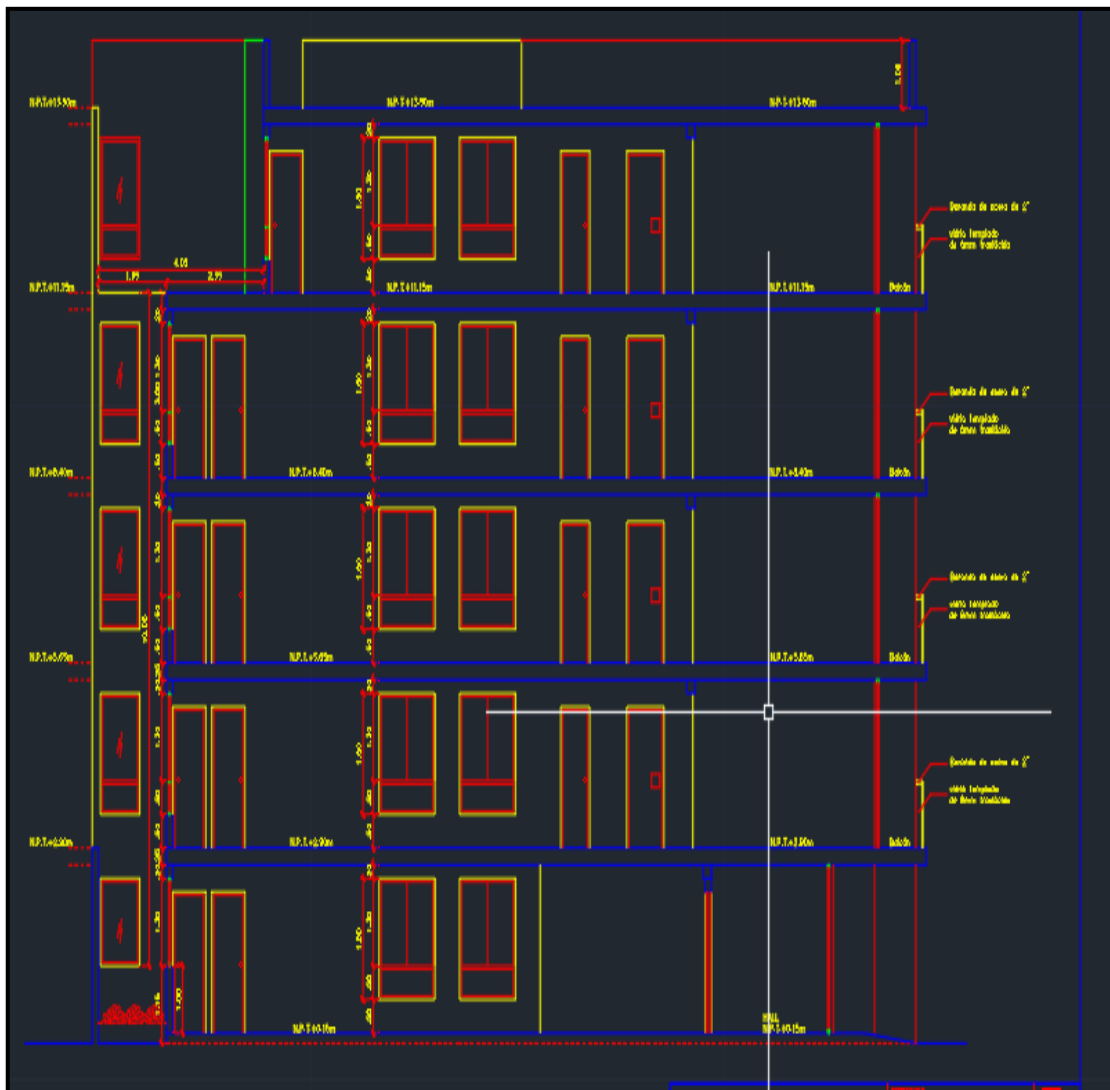


Figura 6. Vista elevación principal

Fuente: Proyecto “Vivienda Multifamiliar”

## UBICACIÓN DEL PROYECTO:

Ubicado en el Pasaje 72, Mz. O Lote 36, Urbanización El Retablo III Etapa - Distrito de Comas., en la Provincia y Departamento de Lima. Se muestra a continuación el plano de ubicación del proyecto.

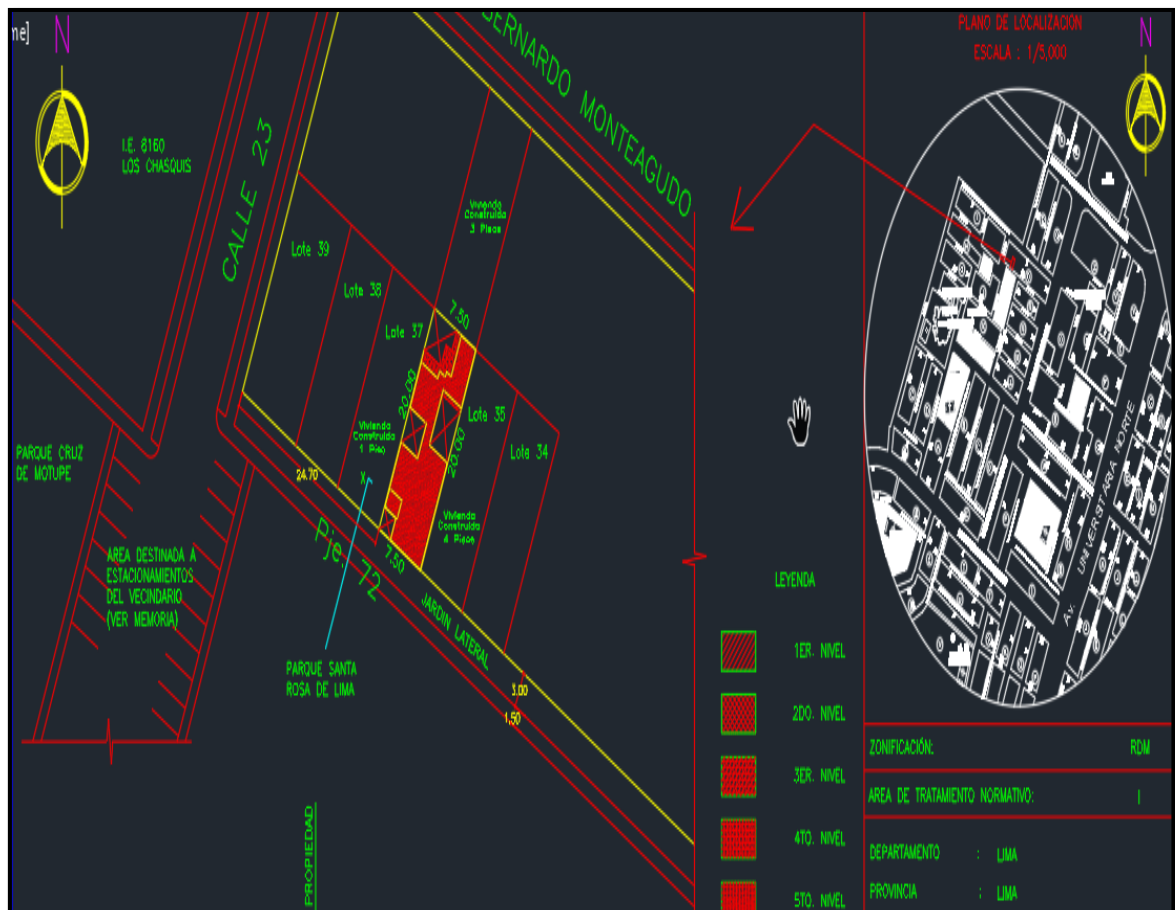


Figura 7. Plano de ubicación

Fuente: Proyecto “Vivienda Multifamiliar”

## DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA:

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Título XI - Obras de Construcción, los proyectos Estructuras e Instalaciones lo deben de realizar especialistas en el diseño de estructuras, tal como se realizó este proyecto.

Para poder hallar los esfuerzos de cada elemento estructural, se tuvo en cuenta las normas dispuestas en el R.N.E, dichas normas fueron la E0.20 y la E0.30.



El edificio del presente proyecto es una estructura compuesta de pórticos de concreto armado. Los techos de entrepiso son losas aligeradas y losas macizas de 20cm de espesor que conforman el diafragma rígido.

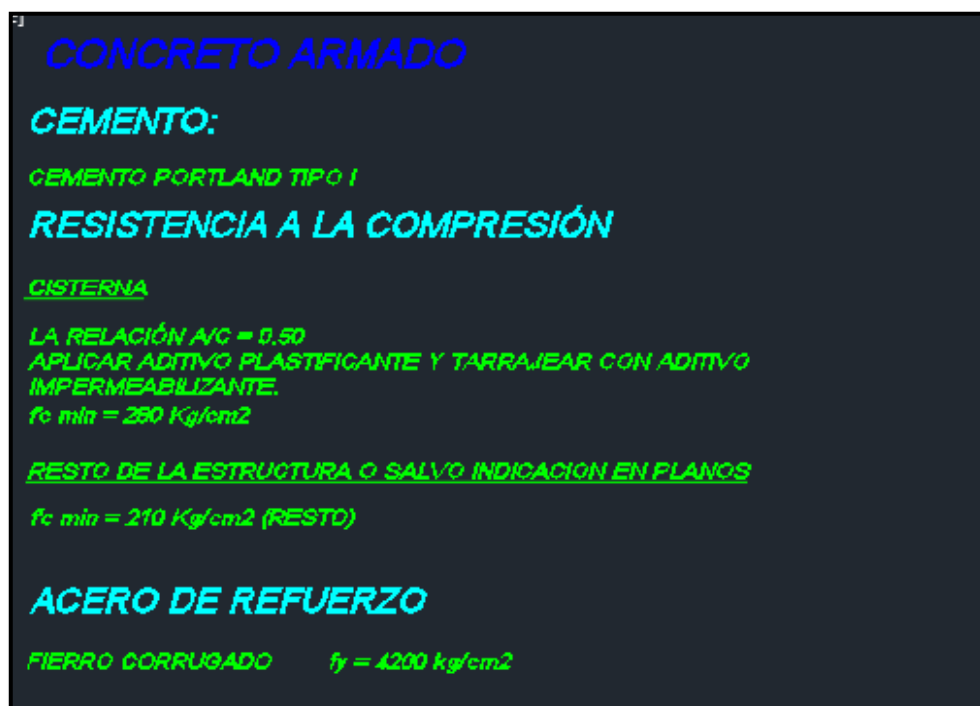


Figura 8. Especificaciones técnicas

Fuente: Proyecto “Vivienda Multifamiliar”

### CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN:

Se optó por un sistema conformado por pórticos de concreto armado, muros de albañilería según la nomenclatura de la Norma de Diseño Sismo resistente Vigente E-030-2018, para las direcciones X se optó por un sistema conformado por pórticos, para la dirección Y se optó por un sistema conformado por pórticos, muros de albañilería. Las columnas de los pórticos aportaran resistencia a las cargas verticales convencionales con poca influencia de la flexión en el diseño y fueron diseñadas para ese fin (flexo compresión) además de considerar los requerimientos de ductilidad y mecanismos de falla esperables. Para todos los casos, se empleó un concreto de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

Para la ejecución del modelo se empleó el programa ETABS tanto para el análisis estructural como para el diseño de las vigas y columnas, para el diseño de las losas se emplearon hojas de cálculo en Excel.

## DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### Losas aligeradas:

Las losas de los techos aligerados se han diseñado para que actúen en el sentido de la menor luz disponible ( $L$ ).

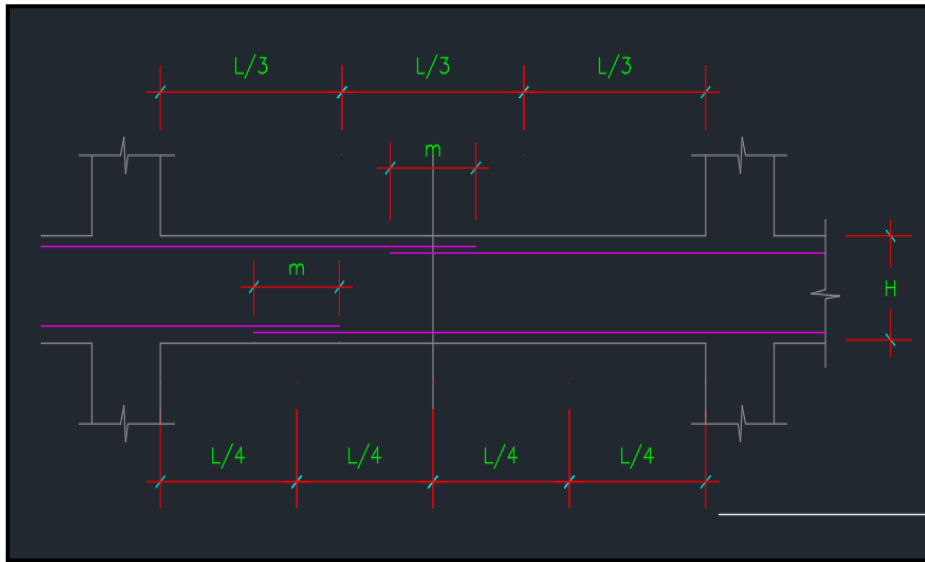


Figura 9. Dimensionamiento losas aligeradas

Fuente: Proyecto "Vivienda Multifamiliar"

### Vigas:

Las vigas principales que reciben las cargas de los techos la más desfavorables tiene una longitud estimada en los planos, razones por índole de arquitectura se determina que las dimensiones para las vigas solera sean convenientemente reforzadas y arriostradas.

### Columnas:

Se consideró las siguientes sobrecargas de diseño, según las normas de Cargas del R.N.E, que considera para:

### CARGAS DE DISEÑO

El peso propio de los elementos estructurales lo cálculo el ETABS, por lo que para la carga muerta se realizará el Metrado de cargas debido al peso de las losas aligeradas y tabiquería, obteniéndose el peso total de la edificación.

## MATERIALES

Los materiales que se han utilizado para el diseño y análisis de la estructura son:

### Concreto:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_c = 2.40 \text{ t/m}^3$$

$$E_c = 217000 \text{ kg/cm}^2$$

### Acero:

$$F'y = 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad ; \quad E_a = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

## PARÁMETROS SÍSMICOS

### Zonificación (Z):

El territorio nacional está establecido en cuatro zonas, basándose en las características generales de los movimientos sísmicos y en la información neotectónica, las cuatro zonas mencionadas se muestran a continuación:

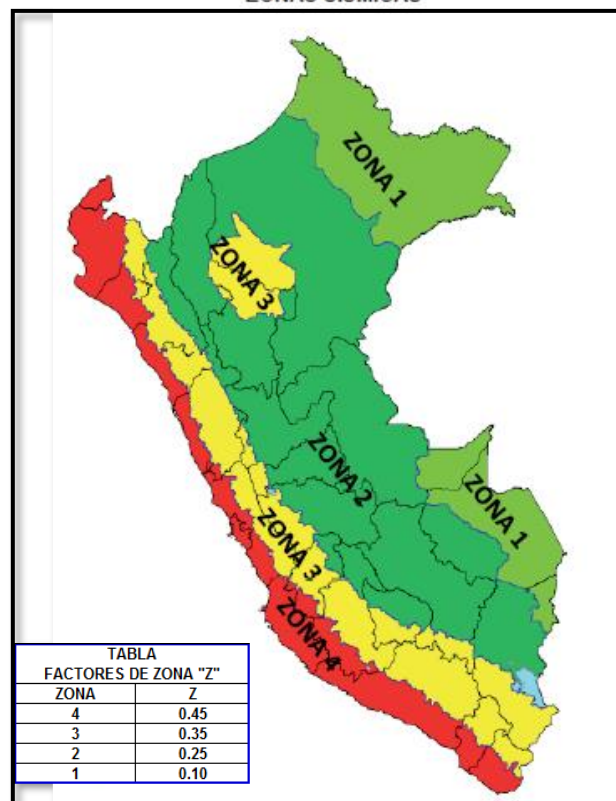


Figura 10. Mapa de zonificación sísmica

Fuente: Norma E 0.30

Para nuestro proyecto, la edificación está ubicada en el distrito de Comas, Departamento de Lima, es por ello que se encuentra ubicada en la Zona 4 según nuestro mapa de zonificación sísmica. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años, Lo cual obtenemos un **factor de zona de 0.45**, según la tabla:

**Tabla 5. Factores de Zona "Z"**

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

Fuente: Norma E0.30

#### PERFILES DE SUELO:

Para la clasificación de los perfiles de suelo, nos basamos utilizando la tabla establecida por la norma E0.30

**Tabla 6. Perfiles de Suelo**

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{s}_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma E0.30

Según la zona ubicada del proyecto, (Zona 4) y el estudio de suelo realizado, mi proyecto tiene un perfil de suelo **S<sub>1</sub>**.

### PARÁMETROS DE SITIO ( $T_P$ , $T_L$ Y $S$ ):

Se considera el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los valores determinados en la siguiente tabla, establecida por la norma E 0.30 "Diseño sismorresistente".

**Tabla 7. Factores de Suelo "S"**

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma E0.30

**Tabla 8. Periodos**

Tabla N° 4 PERÍODOS " $T_P$ " Y " $T_L$ "				
	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
$T_P$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E0.30

Dónde:

$T_P$ : Periodo que define la plataforma del espectro.

$S$ : Factor de amplificación de suelo

En nuestro caso los parámetros de suelo encontrados en sitio son los siguientes según la tabla:

$$T_P = 0.40, T_L = 2.5 \text{ y } S = 1.00$$

## FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C):

De acuerdo con las características de sitio, se establece el factor de amplificación sísmica(C):

**Tabla 9.** Factor de Amplificación Sísmica

$$\begin{array}{l}
 T < T_P \quad C = 2,5 \\
 T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\
 T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{array}$$

Fuente: Norma E0.30

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto a la aceleración en el suelo. Para nuestro caso nuestro **C** será calculado en el análisis estático.

## CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN Y FACTOR DE USO (U):

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la siguiente tabla.

**Tabla 10.** Categoría de las edificaciones y Factor

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Norma E0.30

Para nuestro caso nuestra categoría es de **TIPO C**, ya que es destinada para edificaciones comunes, viviendas.

## CATEGORÍAS Y SISTEMAS ESTRUCTURALES:

Según la clasificación que se haga de una edificación se usará un coeficiente de reducción de fuerza sísmica ( $R_0$ ).

Tabla 11. *Sistemas Estructurales*

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: Norma E0.30

En las direcciones **X-X**, el sistema está conformado un sistema de pórticos de concreto armado, por lo cual se empleará un factor de reducción de fuerzas sísmicas  **$R_x = 8.0$** , en las direcciones **Y-Y**, el sistema está conformado un sistema de pórticos de concreto armado y muros de albañilería, por lo cual se empleará un factor de reducción de fuerzas sísmicas  **$R_y = 8.0$**  respectivamente.

## MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA CONVENCIONAL USANDO EL PROGRAMA ETABS V. 18.02

Etabs es un software de diseño para el análisis estructural y dimensionamiento de los elementos estructurales, ofreciéndonos herramientas de modelado y visualización de objetos 3D, capacidad de análisis lineal y no lineal y abarcando una amplia gama de materiales, así como esclarecedores gráficos, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados.

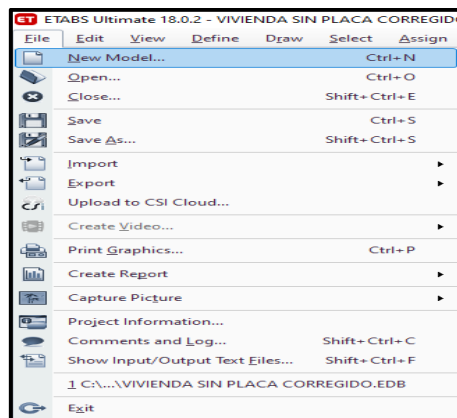


Figura 11. Apertura del programa

Fuente: Elaboración propia

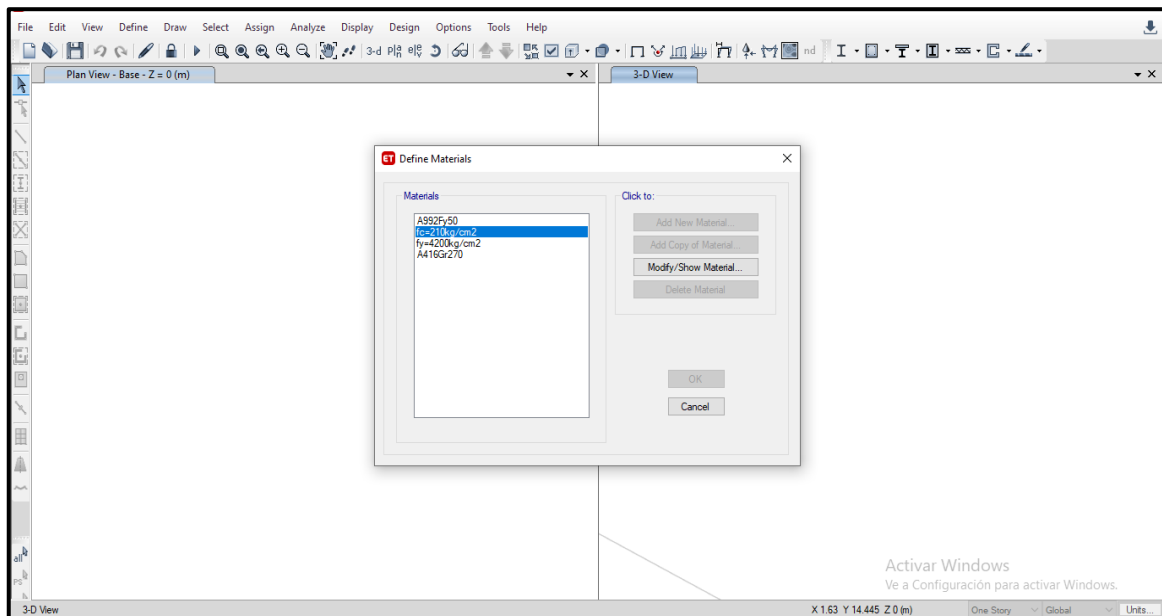


Figura 12. Definición de materiales, secciones y diafragmas

Fuente: Elaboración propia



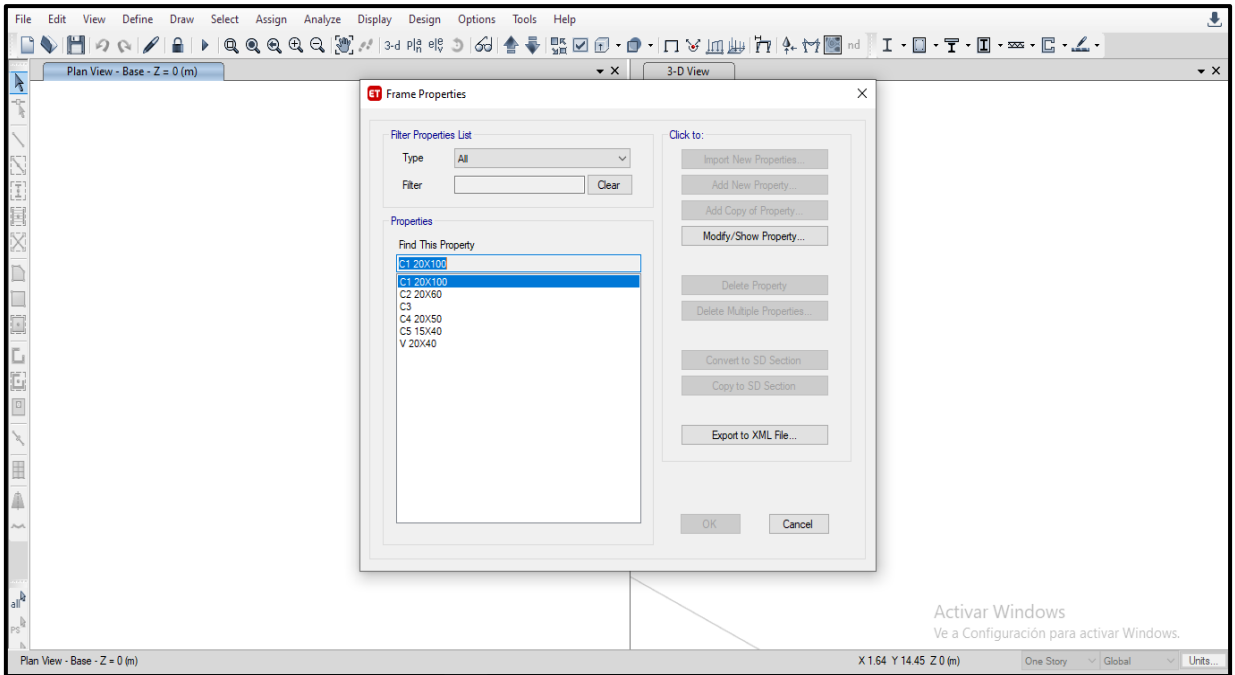


Figura 13. Asignación de elementos estructurales

Fuente: Elaboración propia

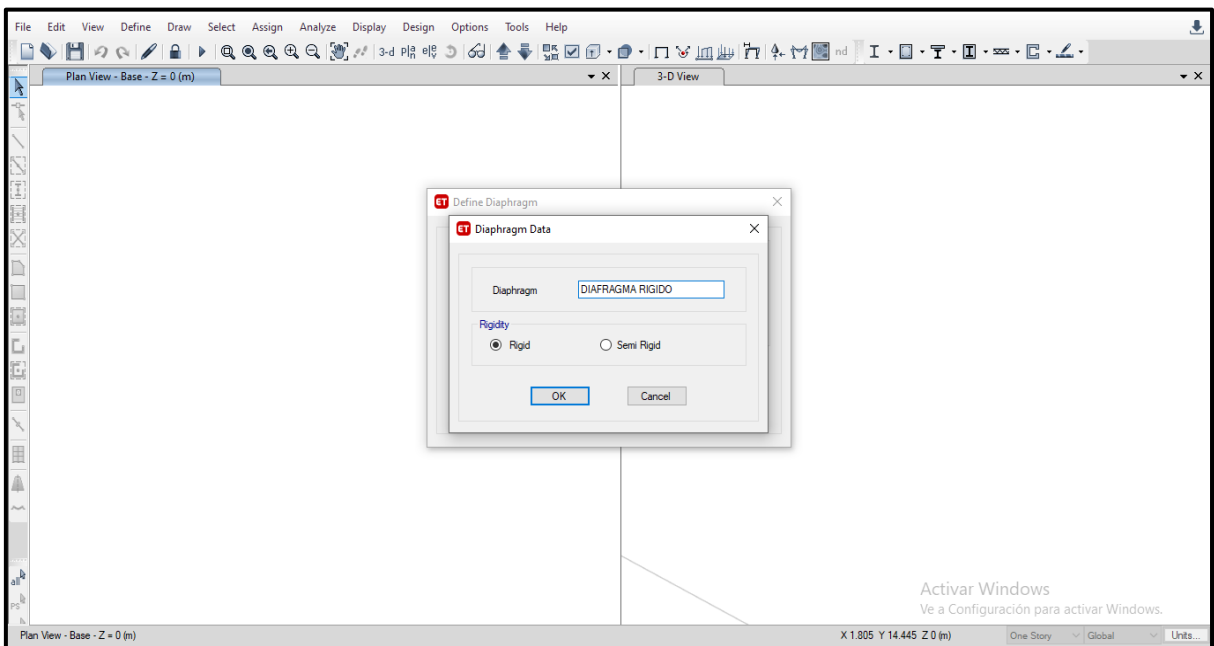


Figura 14. Asignación de diafragmas

Fuente: Elaboración propia

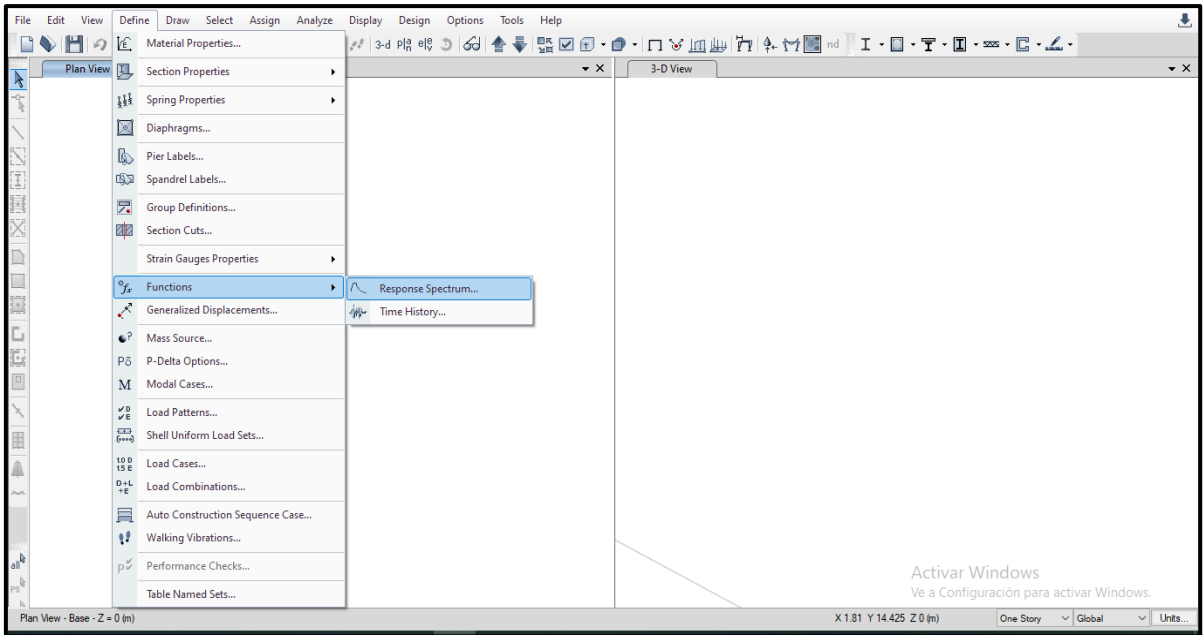


Figura 15. Espectro de diseño I  
Fuente: Elaboración propia

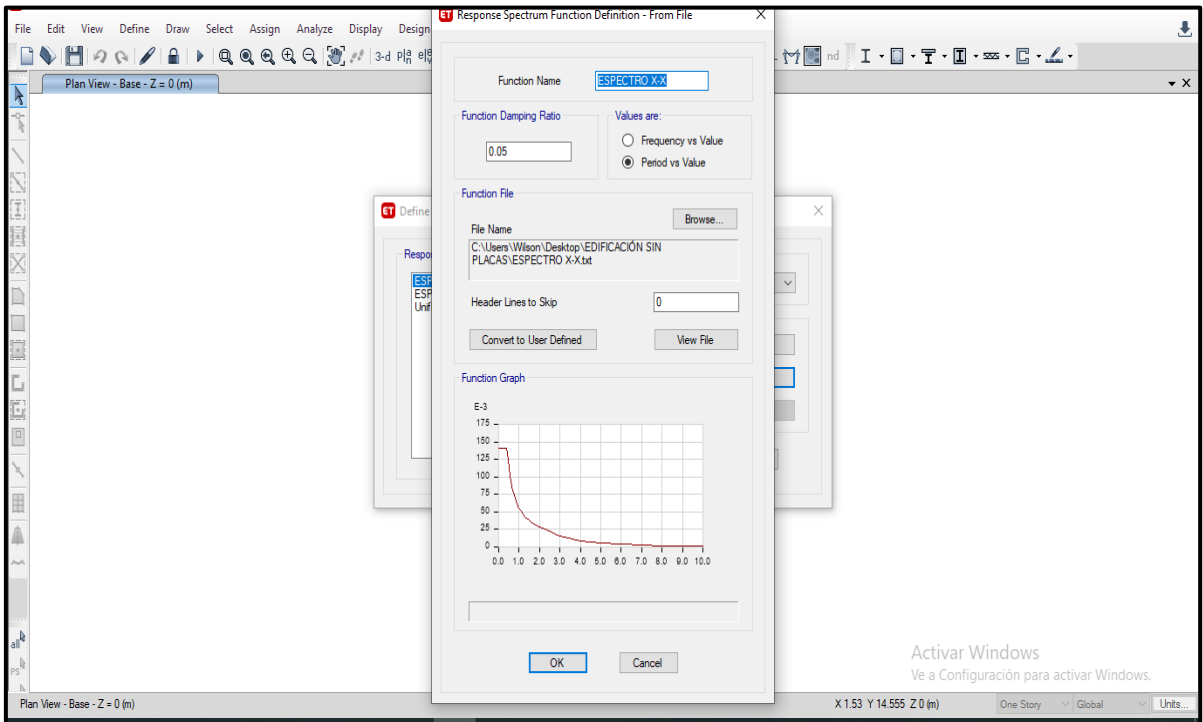


Figura 16. Espectro de diseño II  
Fuente: Elaboración propia

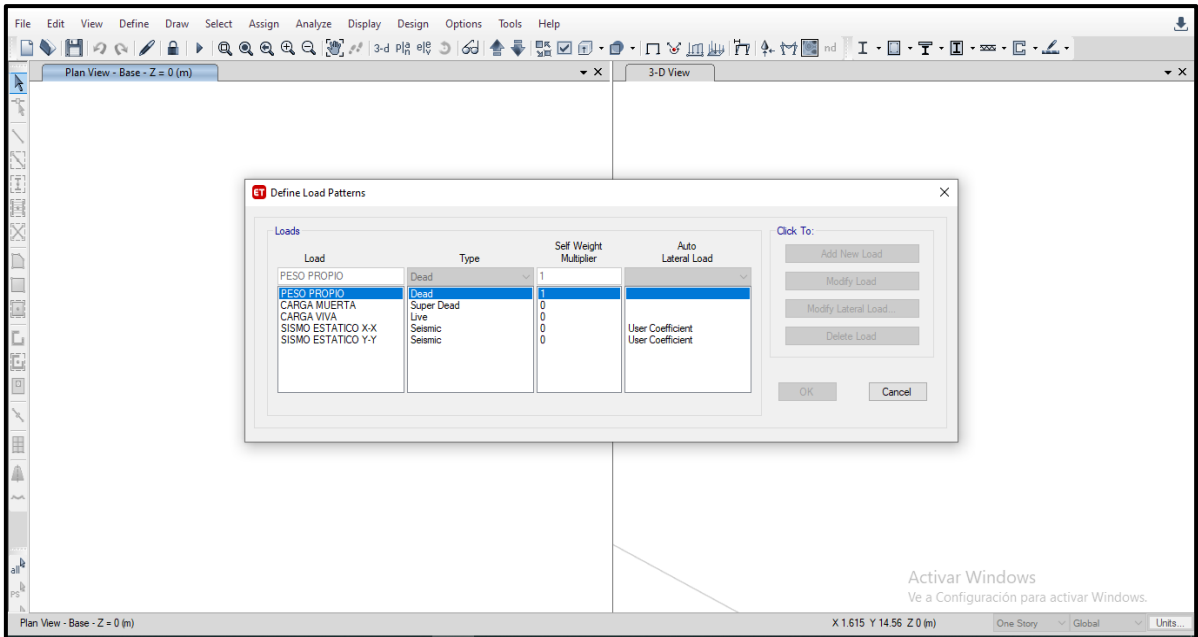


Figura 17. Patrones de carga I

Fuente: Elaboración propia

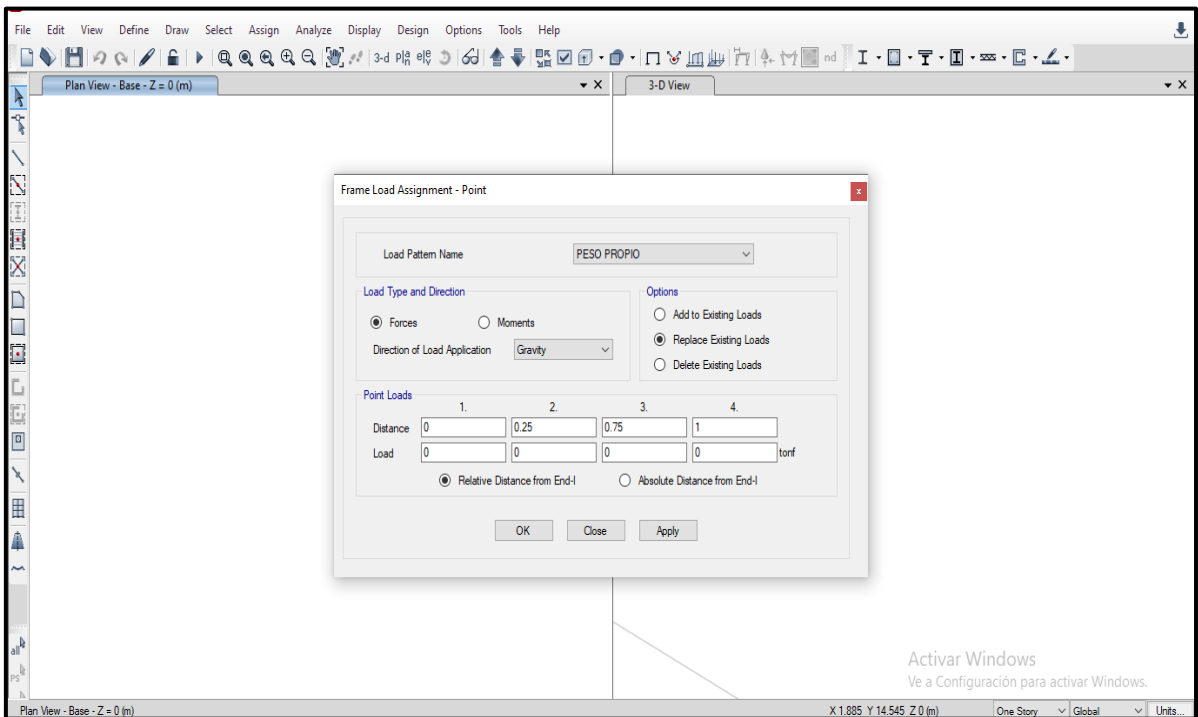
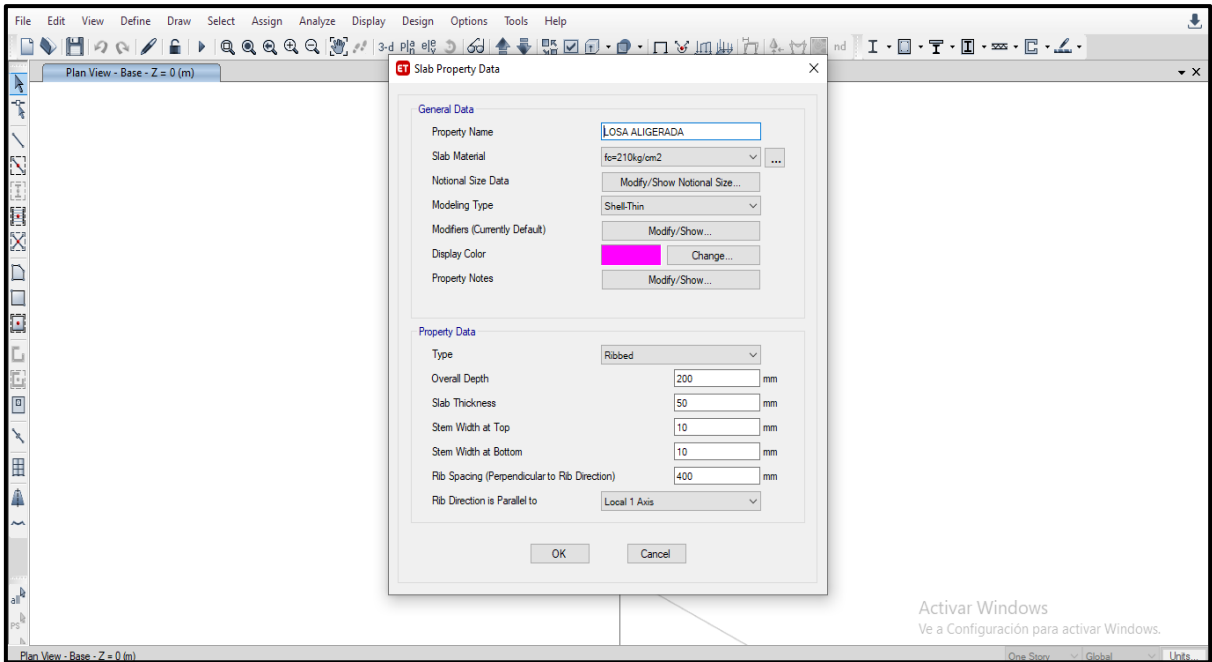
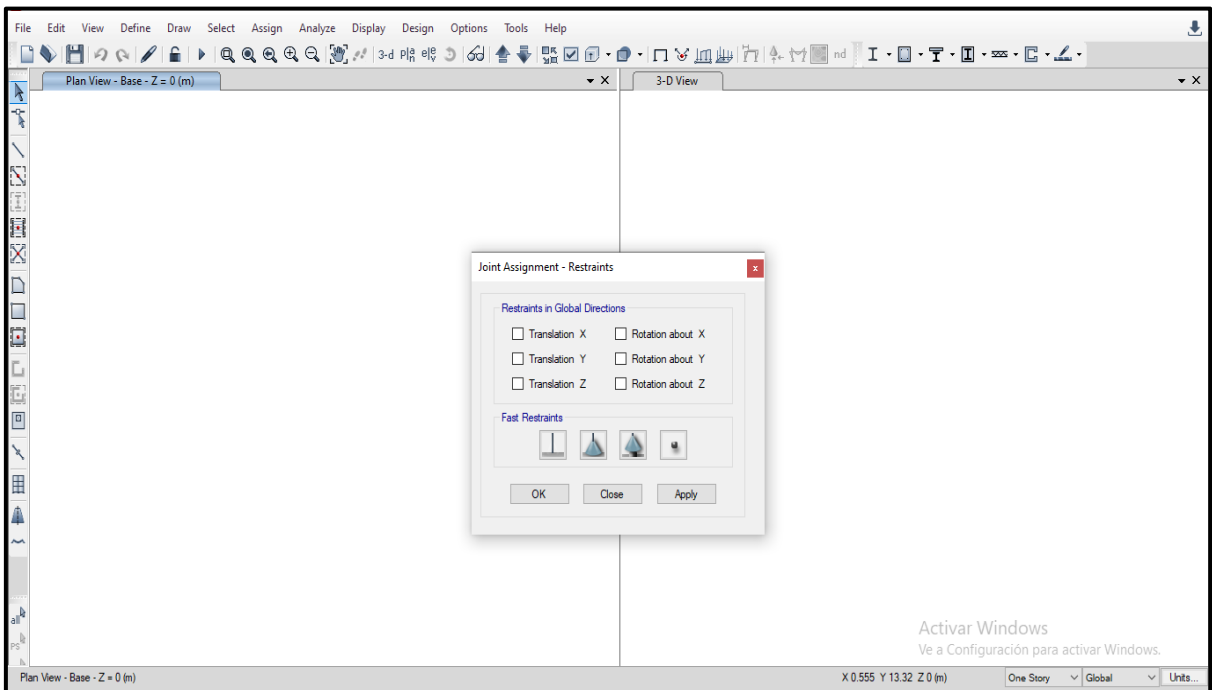


Figura 18. Espectro de cargas II

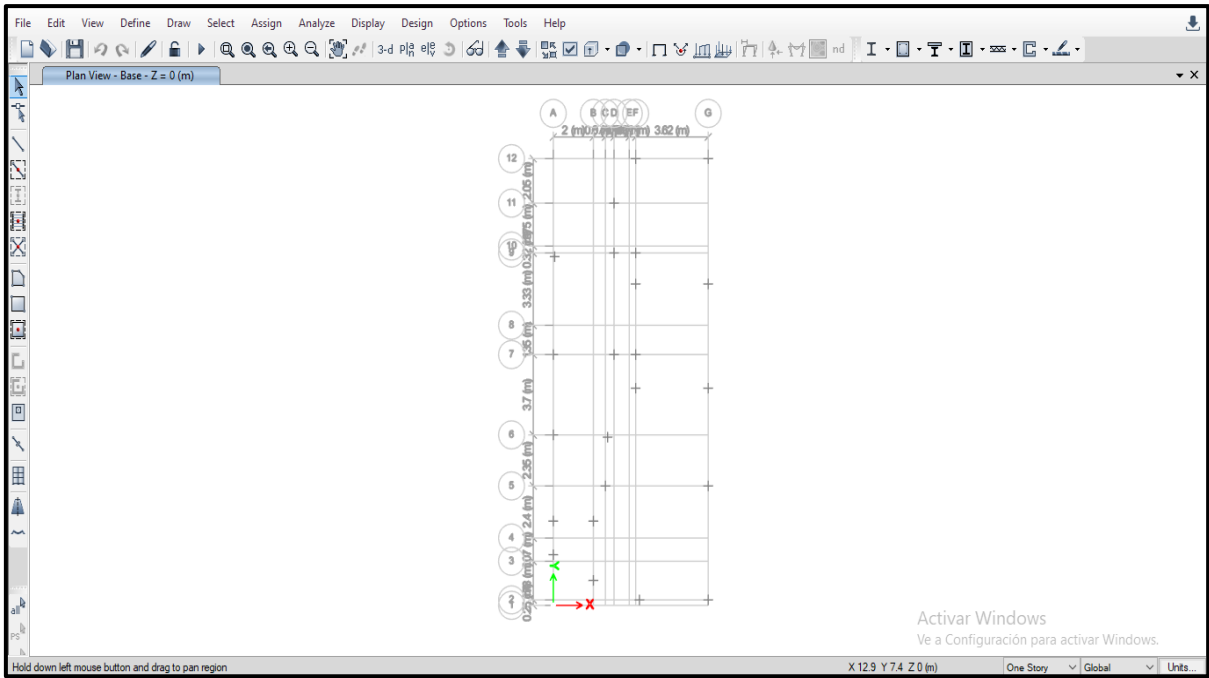
Fuente: Elaboración propia



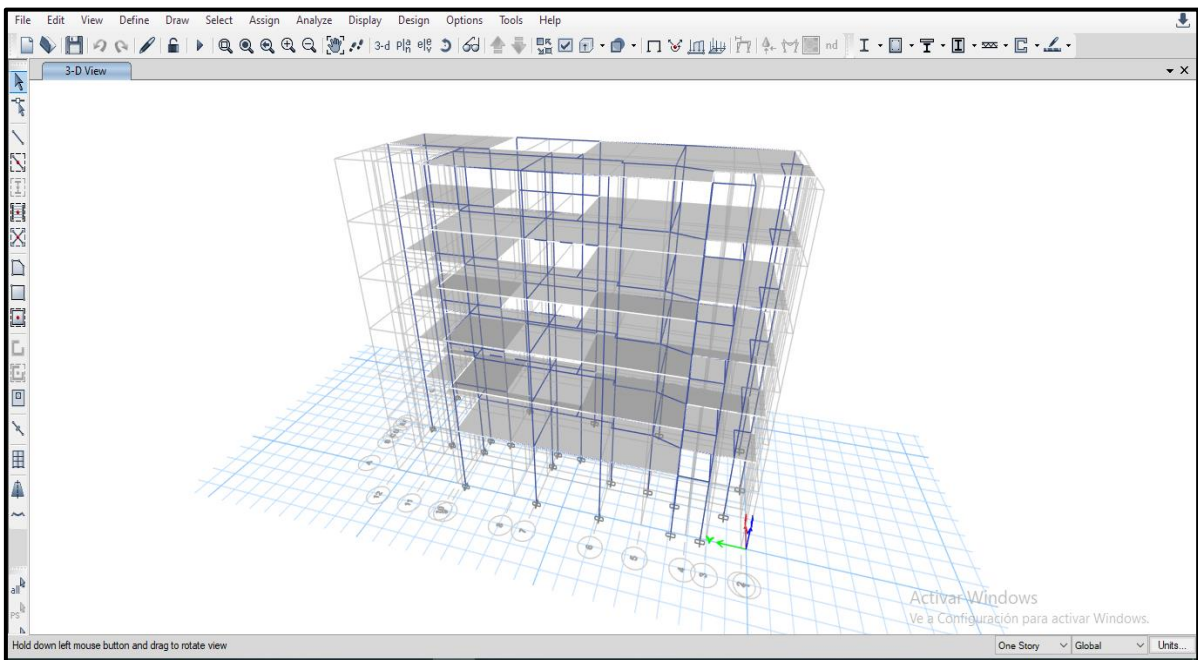
*Figura 19. Losa Aligerada*  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 20. Restricciones*  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 21. Vista en planta*  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 22. Vista en 3 – D*  
Fuente: Elaboración propia

## ESTRUCTURA CONVENCIONAL - ANÁLISIS ESTÁTICO

ALTURA TOTAL DE LA EDIFICACIÓN

$h_n =$  17.55m

PESO TOTAL DE LA EDIFICACIÓN

	<i>Peso (ton)</i>
<i>Piso 6</i>	135.65
<i>Piso 5</i>	157.16
<i>Piso 4</i>	157.16
<i>Piso 3</i>	157.16
<i>Piso 2</i>	157.16
<i>Piso 1</i>	164.24
	928.52

$P =$  928.52 TN

ZONIFICACIÓN E-0.30 2018 (ART. 10)

Zona Sísmica = 4

Zona (**Z**) = 0.45 g

CONDICIONES GEOTÉCNICAS E-0.30 2018 (ART. 12)

PERFIL DEL SUELO TIPO = S1

FACTOR DE SUELO (**S**) = 1.00

PERIODO CORTO (**T<sub>P</sub>**) = 0.40

PERIODO LARGO (**T<sub>L</sub>**) = 2.50

CATEGORÍA DEL EDIFICIO E-030 2018 (ART. 15)

CATEGORIA DEL EDIFICIO = COMÚN

TIPO DE EDIFICACIÓN (**U**) = 1.00

SISTEMA ESTRUCTURAL E-030 2018 (ART. 18.2)

SISTEMA ESTRUCTURAL EJE X PÓRTICOS

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN (**R<sub>o</sub>**) EJE X= 8.00

SISTEMA ESTRUCTURAL EJE Y PÓRTICOS

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN (**R<sub>o</sub>**) EJE X= 8.00

FACTORES DE IRREGULARIDAD E-030 2018 (ART. 20)

IRREGULARIDAD EN ALTURA EJE X =	No irregular
IRREGULARIDAD (Ia) EJE X =	1.00
IRREGULARIDAD EN ALTURA EJE Y =	No irregular
IRREGULARIDAD (Ia) EJE Y =	1.00
IRREGULARIDAD EN PLANTA EJE X =	Esquinas entrantes
IRREGULARIDAD (Ip) EJE X =	0.90
IRREGULARIDAD EN PLANTA EJE Y =	Esquinas entrantes
IRREGULARIDAD (Ip) EJE Y =	0.90

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SISMICAS E-030 2018 (ART. 22)

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

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN (Rx) = 7.2

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN (Ry) = 7.2

PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN E-030 2018 USANDO ETABS

Tabla 12. Periodos y frecuencias

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	0.665	1.503	9.4453	89.213
Modal	2	0.539	1.856	11.6592	135.9368
Modal	3	0.507	1.974	12.404	153.8603
Modal	4	0.205	4.869	30.5921	935.8795
Modal	5	0.164	6.087	38.2461	1462.7679
Modal	6	0.154	6.494	40.8061	1665.1402
Modal	7	0.109	9.19	57.7443	3334.4048
Modal	8	0.086	11.692	73.4625	5396.741
Modal	9	0.079	12.662	79.5608	6329.919
Modal	10	0.07	14.285	89.7579	8056.4792
Modal	11	0.055	18.275	114.8223	13184.1674
Modal	12	0.05	19.931	125.2298	15682.5127
Modal	13	0.05	20.144	126.5694	16019.8031
Modal	14	0.041	24.59	154.505	23871.7802
Modal	15	0.04	25.156	158.0585	24982.5
Modal	16	0.039	25.747	161.7709	26169.8154

Fuente: Elaboración propia

PERIODO INTERMEDIO (Tx) =

0.665Seg

PERIODO INTERMEDIO (Ty) =

0.539Seg

EXPONENTE RELACIONADO CON EL PERIODO FUNDAMENTAL E-030 2018  
(ART. 28.3)

- |   |
|---|
| a) Para $T$ menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$ .               |
| b) Para $T$ mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$ . |

$$K_x = 1.08$$

$$K_y = 1.02$$

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SISMICA: E-030 2018 (ART. 14)

$T < T_P$	$C = 2,5$
$T_P < T < T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$

$$C_x = 1.50$$

$$C_y = 1.86$$

EL VALOR DE C/R NO SE CONSIDERA MENOR QUE: E-030 2018 (ART. 28.2.2)

$\frac{C}{R} \geq 0,11$
-------------------------

$$C_x/R_x = 0.21$$

$$C_y/R_y = 0.26$$



## CONSOLIDACIÓN DE DATOS:

### EJE X

Z =	0.45
U =	1.00
C =	1.50
S =	1.00
R =	7.20

### EJE Y

Z =	0.45
U =	1.00
C =	1.86
S =	1.00
R =	7.20

## DETERMINACIÓN DE LA CORTANTE BASAL E-030 2018 (ART. 28.2.1)

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

$$V_x = 137.447 \text{ TN}$$

$$V_y = 152.337 \text{ TN}$$

## RESULTADOS DEL ETABS

Tabla 13. *Fuerzas Cortantes*

	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	Ecc Overwrite Story	Ecc Overwrite Diaphragm	Ecc Overwrite Length m	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
▶	0.05	Story6	Base				0.14803	1.0825	928.51684	137.4483
	0.05	Story6	Base				0.16406	1.02	928.51684	152.3325

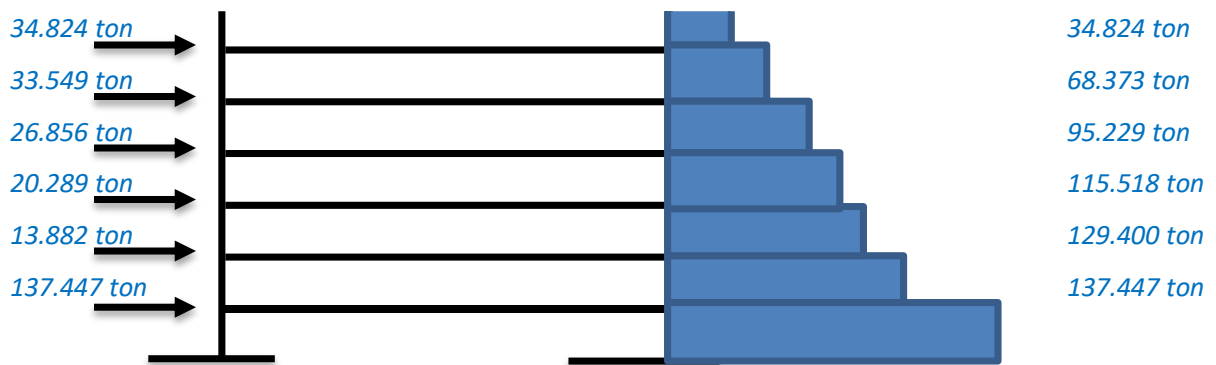
Fuente: Elaboración propia

## DISTRIBUCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS EN ALTURA

E-030 DIRECCIÓN EJE X-X

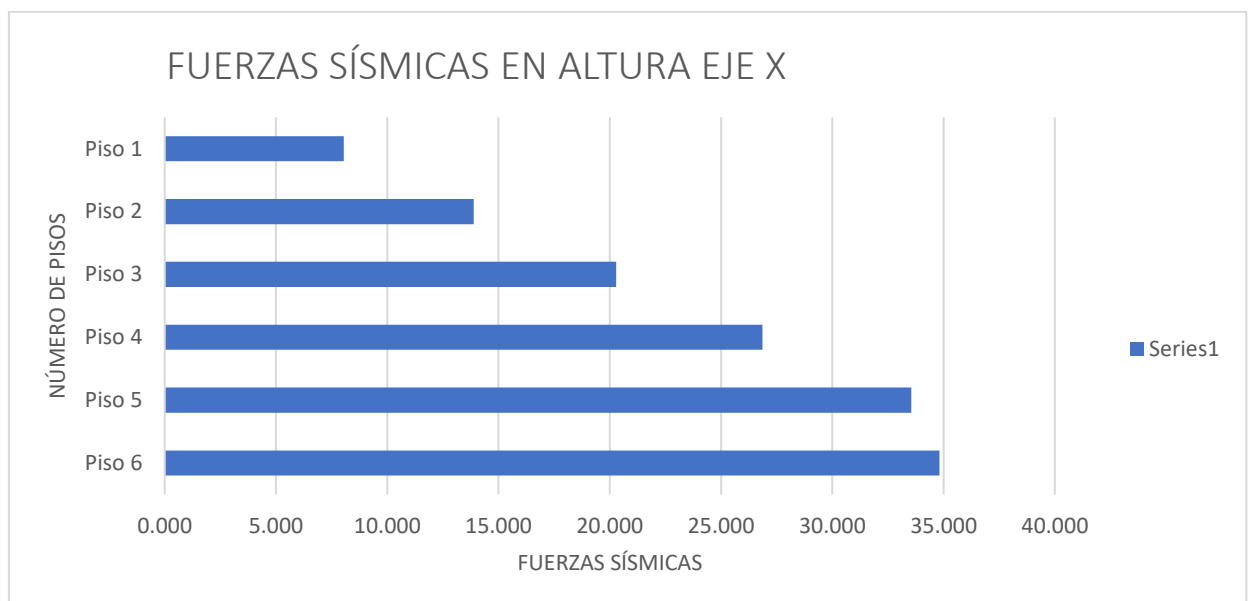
	Peso (ton)	h (m)	$P_i [(h_i)]^k$	$\alpha_i$	$F_i$
<b>Piso 6</b>	135.65	17.55	3015.43	0.253	34.824
<b>Piso 5</b>	157.16	14.80	2905.03	0.244	33.549
<b>Piso 4</b>	157.16	12.05	2325.47	0.195	26.856
<b>Piso 3</b>	157.16	9.30	1756.81	0.148	20.289
<b>Piso 2</b>	157.16	6.55	1202.05	0.101	13.882
<b>Piso 1</b>	164.24	3.80	696.78	0.059	8.047
<b><math>\Sigma = \text{Peso edif.}</math></b>	<b>928.53</b>	<b><math>\Sigma = P_i [(h_i)]^k</math></b>	<b>11901.57</b>	<b>1.000</b>	<b>137.447</b>
				<b>Valor Ok!</b>	

Gráfico de Fuerzas en la base



Fuerzas laterales por piso

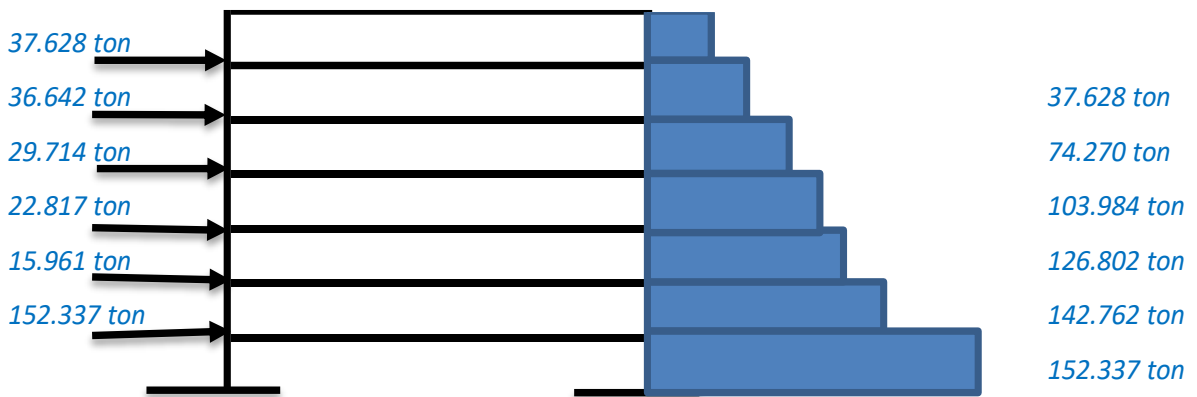
Fuerzas Cortantes por piso



DIRECCIÓN EJE Y-Y

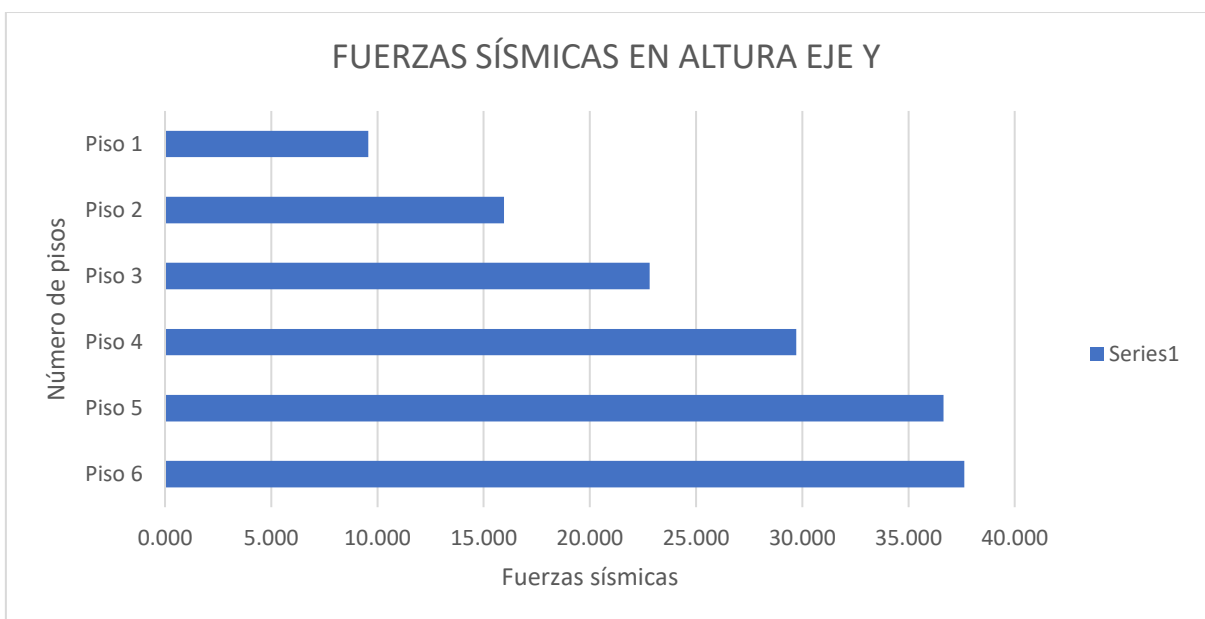
	<b>Peso (ton)</b>	<b>h (m)</b>	$P_i [(h_i)]^k$	$\alpha_i$	<b>Fi</b>
<b>Piso 6</b>	135.65	17.55	2517.45	0.247	37.628
<b>Piso 5</b>	157.16	14.80	2451.45	0.241	36.642
<b>Piso 4</b>	157.16	12.05	1987.96	0.195	29.714
<b>Piso 3</b>	157.16	9.30	1526.55	0.150	22.817
<b>Piso 2</b>	157.16	6.55	1067.82	0.105	15.961
<b>Piso 1</b>	164.24	3.80	640.57	0.063	9.575
<b><math>\Sigma = \text{Peso edif.}</math></b>	<b>928.53</b>	$\Sigma = P_i [(h_i)]^k$	<b>10191.81</b>	<b>1.000</b>	<b>152.337</b>
				<b>Valor Ok!</b>	

Gráfico de Fuerzas en la base



Fuerzas laterales por piso

Fuerzas Cortantes por piso



## INTERPRETACIÓN

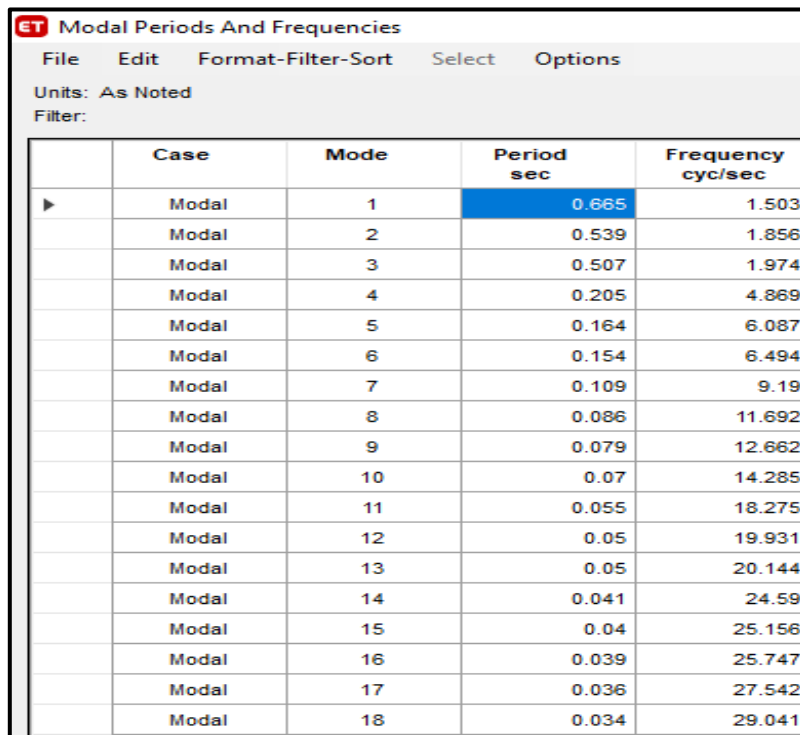
En este análisis estático o de fuerzas equivalentes se determinó la cortante basal, lo cual se distribuye en cada nivel de la edificación, según los cuadros y gráficos presentados. El periodo se obtuvo del modelamiento en el programa ETABS, este dato se reemplaza en la hoja de cálculo para poder obtener nuestro "C" (Factor de Amplificación Sísmica), y así poder obtener nuestro factor inelástico (ZUCS/R), lo cual lo insertaremos en el ETABS, para poder extraer la cortante basal en el eje x y en el eje y respectivamente.

De acuerdo con la norma vigente E 0.30 2018, se halló este cortante estático, para que pueda cumplir lo siguiente: Que el cortante dinámico no deberá ser menor al 80 % del cortante estático para edificios regulares ni del 90 % para edificios irregulares.

## ANÁLISIS DINÁMICO

Según norma E 0.30 cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral.

Tabla 14. Modos



	Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec
▶	Modal	1	0.665	1.503
	Modal	2	0.539	1.856
	Modal	3	0.507	1.974
	Modal	4	0.205	4.869
	Modal	5	0.164	6.087
	Modal	6	0.154	6.494
	Modal	7	0.109	9.19
	Modal	8	0.086	11.692
	Modal	9	0.079	12.662
	Modal	10	0.07	14.285
	Modal	11	0.055	18.275
	Modal	12	0.05	19.931
	Modal	13	0.05	20.144
	Modal	14	0.041	24.59
	Modal	15	0.04	25.156
	Modal	16	0.039	25.747
	Modal	17	0.036	27.542
	Modal	18	0.034	29.041

Fuente: Elaboración propia

## CÁLCULO DEL ESPECTRO DE SISMO DE DISEÑO

$$\frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R}$$

Resultado =

0.164

DESPLAZAMIENTOS LATERALES RELATIVOS ADMISIBLES: **E-030 2018** (ART. 32)

MATERIAL PREDOMINANTE =

CONCRETO ARMADO

$$(\Delta_i / h_{ei})_{(x)} =$$

0.007

MATERIAL PREDOMINANTE =

CONCRETO ARMADO

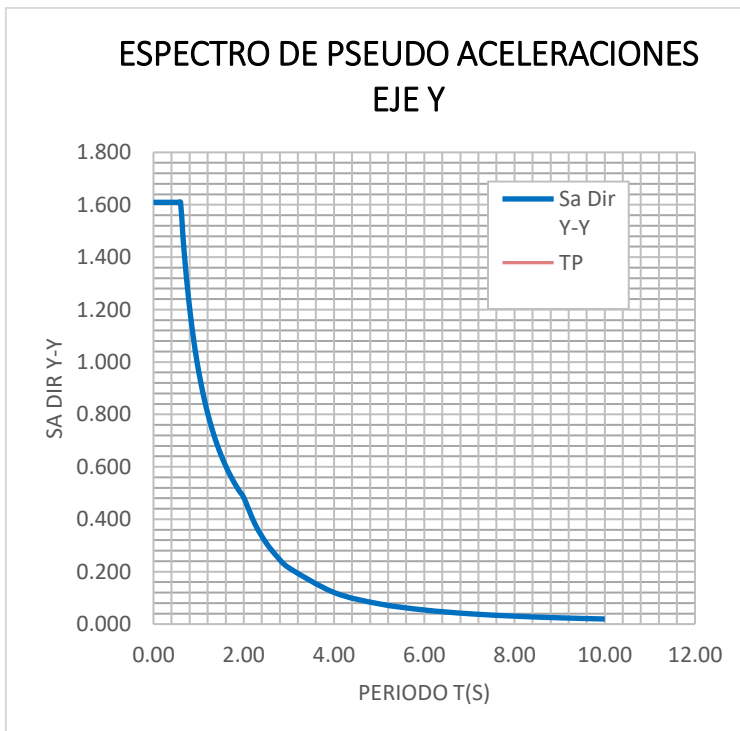
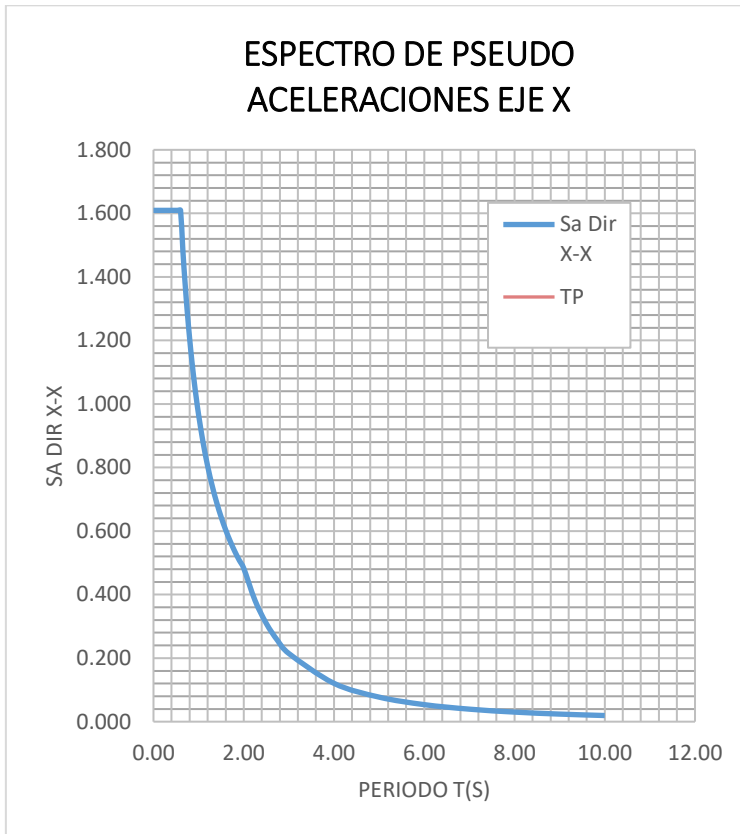
$$(\Delta_i / h_{ei})_{(y)} =$$

0.007

DATOS OBTENIDOS EJE X e Y

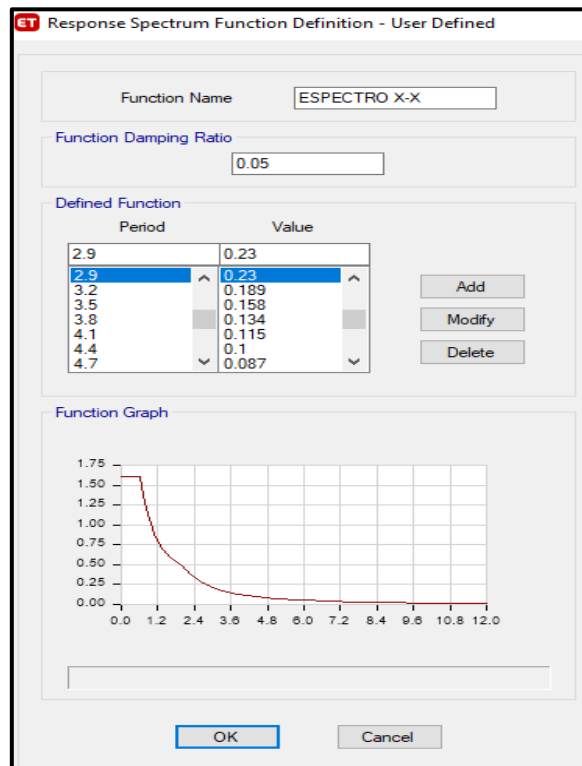
Zona	Z 4	Z = 0.45
Categoría	C	U = 1.00
Suelo	S 1	S = 1.00
Tp (s)	0.4	C = 1.50
Tl (s)	2.5	R = 7.20
T (s)	0.665	
Ro	8.000	
lp	0.900	
la	1.000	

## ESPECTROS DE DISEÑO



C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	1.609	1.609
2.50	0.02	1.609	1.609
2.50	0.04	1.609	1.609
2.50	0.06	1.609	1.609
2.50	0.08	1.609	1.609
2.50	0.10	1.609	1.609
2.50	0.12	1.609	1.609
2.50	0.14	1.609	1.609
2.50	0.16	1.609	1.609
2.50	0.18	1.609	1.609
2.50	0.20	1.609	1.609
2.50	0.25	1.609	1.609
2.50	0.30	1.609	1.609
2.50	0.35	1.609	1.609
2.50	0.40	1.609	1.609
2.50	0.45	1.609	1.609
2.50	0.50	1.609	1.609
2.50	0.55	1.609	1.609
2.50	0.60	1.609	1.609
2.31	0.65	1.486	1.486
2.14	0.70	1.380	1.380
2.00	0.75	1.288	1.288
1.88	0.80	1.207	1.207
1.76	0.85	1.136	1.136
1.67	0.90	1.073	1.073
1.58	0.95	1.016	1.016
1.50	1.00	0.966	0.966
1.36	1.10	0.878	0.878
1.25	1.20	0.805	0.805
1.15	1.30	0.743	0.743
1.07	1.40	0.690	0.690
1.00	1.50	0.644	0.644
0.94	1.60	0.604	0.604
0.88	1.70	0.568	0.568
0.83	1.80	0.536	0.536
0.79	1.90	0.508	0.508
0.75	2.00	0.483	0.483
0.59	2.25	0.382	0.382
0.48	2.50	0.309	0.309
0.40	2.75	0.255	0.255
0.33	3.00	0.215	0.215
0.19	4.00	0.121	0.121
0.12	5.00	0.077	0.077
0.08	6.00	0.054	0.054
0.06	7.00	0.039	0.039
0.05	8.00	0.030	0.030
0.04	9.00	0.024	0.024
0.03	10.00	0.019	0.019

Tabla 15. Espectro de Diseño



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Cortante sísmico

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m
PESO PROPIO	LinStatic				0	0	489.3628	4982.9005
CARGA MUERTA	LinStatic				0	0	423.6188	4031.9634
CARGA VIVA	LinStatic				0	0	147.0899	1399.9873
SISMO ESTATICO X-X	LinStatic				-137.4483	0	0	0
SISMO ESTATICO Y-Y	LinStatic				0	-152.3325	0	1913.9362
Sismo Dinamico X	LinRespSpec	Max			99.809	23.1778	0	281.2696
Sismo Dinamico Y	LinRespSpec	Max			23.1778	121.1868	0	1488.0884
CARGA VIVA TECHO	LinStatic				0	0	17.6508	167.9985
SISMO ESTATICO X - INE...	LinStatic				-841.1839	0	0	0
SISMO ESTATICO Y - INE...	LinStatic				0	-932.2747	0	11713.2895
Sismo Dinamico X - INEL...	LinRespSpec	Max			718.6252	166.8804	0	2025.1408
Sismo Dinamico Y - INEL...	LinRespSpec	Max			166.8804	872.5452	0	10714.2363
PESO SIMICO EXCEL	Combination				0	0	954.1668	9406.8603

Fuente: Elaboración propia

$VD_x = 99.809 \text{ TN}$

$VD_y = 121.1868 \text{ TN}$

## VERIFICACIONES SEGÚN NORMA E0.30

Dirección de análisis en X:

$$\begin{aligned} V_{\text{Basal}} &= & V_{\text{SxE}} &= & 137.447 \text{ ton} \\ & & V_{\text{SxD}} &= & 99.809 \\ 90\% & & V_{\text{SxE}} &= & 123.702 \text{ ton} \end{aligned}$$

Fuerza Cortante Min:  $V_{\text{SxD}} \geq 90\% V_{\text{SxE}}$   
Fuerza Cortante Minima: No Cumple hay que Escalar

$$\text{Factor Escala} = 1.24$$

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} = V_{\text{SxD Esc}} &= & 123.863 \text{ ton} \\ \text{Porcentaje} & & 0.901 \text{ ton} \end{aligned}$$

**Fuerza Cortante Minima: Cumple**

Dirección de análisis en Y:

$$\begin{aligned} V_{\text{Basal}} &= & V_{\text{SyE}} &= & 152.337 \text{ ton} \\ & & V_{\text{SyD}} &= & 121.1868 \\ 90\% & & V_{\text{SyE}} &= & 137.103 \text{ ton} \end{aligned}$$

Fza Cortante Min:  $V_{\text{SyD}} \geq 90\% V_{\text{SyE}} ???$   
Fuerza Cortante Minima: No Cumple hay que Escalar

$$\text{Factor Escala} = 1.14$$

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} = V_{\text{SyD Esc}} &= & 138.274 \text{ ton} \\ \text{Porcentaje} & & 0.908 \text{ ton} \end{aligned}$$

**Fuerza Cortante Minima: Cumple**

## INTERPRETACIÓN

Se incrementó la cortante dinámica para que pueda cumplir con los requisitos mínimos de la norma, escalando proporcionalmente los resultados obtenidos. para cada dirección en la estructura, la fuerza cortante en el primer entrepiso no a sido menor del 90 % de la cortante estática calculada anteriormente, respetando así la norma que nos menciona los parámetros en el Artículo 26.4 – 26.4.1.



## VERIFICACIÓN DE PARTICIPACIÓN MODAL

Tabla 17. Participación modal

Case	ItemType	Item	Static %	Dynamic %
Modal	Acceleration	UX	100	99.94
Modal	Acceleration	UY	100	99.93
Modal	Acceleration	UZ	0	0

<i>Case</i>	<i>ItemType</i>	<i>Item</i>	<i>Static</i>	<i>Dynamic</i>	
			%	%	
<i>Modal</i>	<i>Acceleration</i>	<i>UX</i>	<i>100</i>	<i>99.94</i>	<b>CUMPLE</b>
<i>Modal</i>	<i>Acceleration</i>	<i>UY</i>	<i>100</i>	<i>99.93</i>	<b>CUMPLE</b>
<i>Modal</i>	<i>Acceleration</i>	<i>UZ</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	

Fuente: Elaboración propia

### INTERPRETACIÓN

La suma de masas efectivas es mayor al 90 % de la masa total, tomando en cuenta los 3 primeros modos predominantes en la dirección del análisis, tal como indica la norma en el Artículo 26.1. Por lo tanto, la verificación de participación modal es correcta.

Estos modos de vibración se determinaron mediante un proceso de análisis que consideró apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas.

## CONTROL DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES

Tabla 18. Límites para la distorsión de entrepiso

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
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 son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

Fuente: Norma E 0.30

EJE X:

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	
Piso 6	Deriva	Combination	Max	X	0.006831	CUMPLE
Piso 5	Deriva	Combination	Max	X	0.005411	CUMPLE
Piso 4	Deriva	Combination	Max	X	0.004265	CUMPLE
Piso 3	Deriva	Combination	Max	X	0.004143	CUMPLE
Piso 2	Deriva	Combination	Max	X	0.003092	CUMPLE
Piso 1	Deriva	Combination	Max	X	0.001703	CUMPLE

EJE Y:

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	
Piso 6	Deriva	Combination	Max	Y	0.00329	CUMPLE
Piso 5	Deriva	Combination	Max	Y	0.00475	CUMPLE
Piso 4	Deriva	Combination	Max	Y	0.00614	CUMPLE
Piso 3	Deriva	Combination	Max	Y	0.00675	CUMPLE
Piso 2	Deriva	Combination	Max	Y	0.00662	CUMPLE
Piso 1	Deriva	Combination	Max	Y	0.00593	CUMPLE

### INTERPRETACIÓN

Se observa que todos los entrepisos cumplen con el Desplazamiento relativo máximo permisible de entrepiso para un material predominante de concreto armado (0.007) en ambas direcciones, según lo dispuesto en el artículo 28 "Determinación de desplazamientos laterales" límites para la distorsión del entrepiso.

## **AISLADORES ELASTOMÉRICOS**

Los aisladores son elementos muy flexibles que se colocan en la base de las estructuras con el fin de aislarlas del movimiento del suelo y protegerlas de los efectos destructivos de los sismos. La incorporación de aisladores a la estructura permite reducir la rigidez, logrando que el periodo de vibración de la estructura aislada sea tres veces mayor al periodo de la estructura sin aislamiento.

Debido a la flexibilidad de sus capas de acero y caucho, el aislador funciona durante un sismo, deformándose de lado a lado, de esta forma separa y absorbe la energía que produce el sismo en la estructura, para así poder disipar esa energía

### ➤ **PRINCIPIOS DE ESTRUCTURACIÓN:**

- Alargar el periodo, el periodo aislado tiene que ser 3 veces mayor que el periodo en base fija.
- Incrementar el amortiguamiento, al incrementar el amortiguamiento reducimos la aceleración, así se reducen los daños en contenido de la estructura.
- Fuerza de restitución de los dispositivos debe ser mayor a 2.5 veces del peso del edificio.
- La fuerza cortante para diseñar el sistema de aislamiento ( $V_b$ ), debe ser mayor a la fuerza cortante para diseñar en la superestructura ( $V_s$ ).
- El desplazamiento hallado en la estructura de base aislada, no es el desplazamiento del edificio sino de los aisladores elastoméricos.
- Desacoplar la superestructura de la interfaz de aislación.
- Evitar tracciones en los aisladores sísmicos.
- Reducciones de las aceleraciones entre piso:  $A_c > A_i$ .
- El piso técnico debe tener 1.50 metros como mínimo, lo cual nos ayudara a verificar o cambiar los aisladores después de un evento sísmico.
- Obtener la reducción de demanda, fuerzas y deformaciones en la estructura.

## PARÁMETROS PARA EL DISEÑO LOS AISLADORES ELASTOMÉRICOS LRB Y HDRB:

### DATOS OBTENIDOS EN BASE FIJA:

Se extrae los datos del edificio o de la estructura convencional modelada anteriormente en el programa ETABS.

#### 1. PERIODOS:

- $T_{fx} = 0.670 \text{ s} \dots 85 \%$
- $T_{fy} = 0.539 \text{ s} \dots 86 \%$
- $T_{rz} = 0.507 \text{ s} \dots 85 \%$

#### 2. MASAS:

- Masa b = masa del sistema de aislamiento
- Masa 1 =  $16.748 \text{ tf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$
- Masa 2 =  $16.025 \text{ tf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$
- Masa 3 =  $16.025 \text{ tf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$
- Masa 4 =  $16.025 \text{ tf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$
- Masa 5 =  $16.025 \text{ tf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$
- Masa 6 =  $13.840 \text{ tf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$

#### 3. CALCULANDO LA MASA SÍSMICA DE LA SUPERESTRUCTURA ( $M_s$ ):

- $16.748 + 4 (16.025) + 13.840 = 94.688 \text{ tf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$

#### 4. MASA TOTAL (m):

- Masa b+ ( $m_s$ ) =  $94.688 + 16.748 = 111.436 \text{ tf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$

**BASE AISLADA:** Según norma E0.31 "Aislamiento Sísmico", Artículo 17:

17.5 El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional,  $T_M$ , debe ser mayor que tres veces el periodo elástico de la estructura por encima del sistema de aislamiento sísmico, considerada con base fija.

*Figura 23. Periodo*

Fuente: Norma E 0.31

1. PERIODO OBJETIVO:

➤  $T_M = 0.670 * 3 = 2.01 = 2.10$  segundos

2. AMORTIGUAMIENTO OBJETIVO:

➤ Por proceso iterativo tenemos un amortiguamiento objetivo de = 14%

$$B_{obj} = 14\%$$

**Tabla 19.** Factor de amortiguamiento

Tabla N° 5 Factor de amortiguamiento $B_M$	
Amortiguamiento Efectivo, $\beta_M$ (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor $B_M$
$\leq 2$	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
$\geq 40$	1,9

Fuente: Norma E0.31

➤ Para un amortiguamiento objetivo de 14 % obtenemos un factor  $B_m = 1.36$

3. CÁLCULO DE RIGIDEZ DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO( $K_{Ais}$ ):

$$K_{Ais} = \frac{4\pi^2}{T_{AIS}^2} M$$

Dónde:

- $K_{Ais}$  = Rigidez del sistema de aislamiento
- $T_{Ais}$  = Periodo aislado
- $M$  = masa total

Entonces  $K_{Ais} = 997.61\text{tf/m}$

4. CÁLCULO DE RIGIDEZ PROMEDIO: El K promedio es la rigidez de aislamiento entre el número de dispositivos que se colocaran en la base de la estructura.

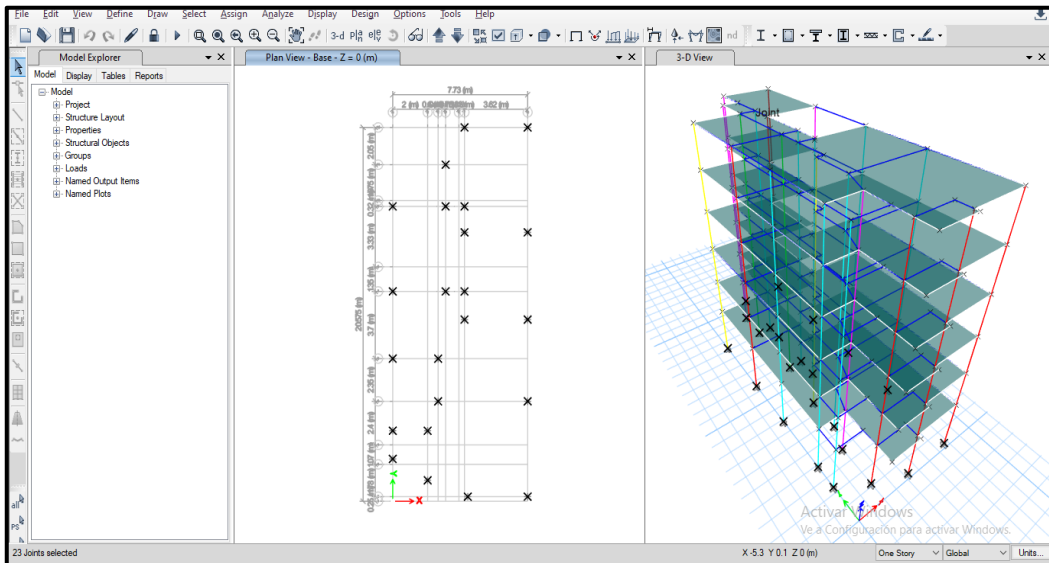


Figura 24. Número de dispositivos

Fuente: Elaboración propia

5. NÚMERO DE AISLADORES: 23

$$K_{\text{promedio}} = K_{\text{Ais}} / 23$$

$$K_{\text{promedio}} = 43.37 \text{ tf/m}$$

6. ACELERACIÓN SÍSMICA: Se define según la norma E0.31.

El parámetro C es definido por las siguientes ecuaciones:		
$T < 0,2 T_P$	→	$C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_P}\right)$
$0,2 T_P < T < T_P$	→	$C = 2,5$
$T_P < T < T_L$	→	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$
$T > T_L$	→	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$

CÁLCULO DE C:

$$T_P = 0.40, T_L = 2.5 \text{ y } S = 1.00$$

$$\longrightarrow C(t) = 0.48$$

### CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN SÍSMICA ( $S_{aM}$ ):

$$S_{aM} = 1.5 * 0.45 * 0.48 * 1$$

$$S_{aM} = 0.32 \text{ g}$$

### 7. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO LATERAL ( $D_M$ ):

$$D_M = \frac{S_{aM} T_M^2}{4 \pi^2 B_M}$$

Dónde:

- $S_{aM}$  = Aceleración sísmica
- $T_M$  = Periodo
- $B_M$  = Factor para amortiguamiento

$$\Rightarrow D_M = 25.86 \text{ cm}$$

### 8. DESPLAZAMIENTO TOTAL MÁXIMO ( $D_{TM}$ ):

Nota: El desplazamiento total ( $D_{TM}$ ) no será menor que  $1.15 D_M$

$$\Rightarrow 1.15 * 25.86 = 29.74 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow D_{TM} = 29.74 \text{ cm}$$

## DISEÑO DEL AISLADOR LRB (LEAD RUBBER BEARING) – NÚCLEO DE PLOMO

Denominado caucho con núcleo de plomo, este tipo de aislador elastomérico tiene un núcleo de plomo, colocado en el centro del aislador, que ayuda a incrementar el nivel de amortiguamiento hasta un 30%, se usan especialmente para que el sistema de aislamiento sea más flexible. Al deformarse lateralmente el aislador durante la acción sísmica, la goma del aislador retorna a la estructura a su posición original, mientras el núcleo de plomo recristaliza.

El proceso de la elaboración del aislador se realiza mediante un proceso conocido como vulcanizado, que se realiza a altas temperaturas, se unen las capas de goma y las capas de acero shim, obteniendo así un dispositivo con una gran flexibilidad lateral y una gran rigidez horizontal,

## PRINCIPIOS DE DISEÑO DEL AISLADOR LRB

- ✓ Debe haber un equilibrio entre el diámetro del núcleo de plomo y el diámetro del aislador.
- ✓ Según norma ASCE 7- 16 se recomienda que el diámetro del núcleo de plomo este entre 1/6 a 1/3 al diámetro del aislador.
- ✓ Así mismo el diámetro del aislador será por lo menos 3.5 veces la suma de los espesores de las gomas:  $D_o/T_r > 3.5$ .
- ✓ El peso total será el peso de la estructura mas el peso del sistema de aislamiento.
- ✓ Los LRB tienen una curva bilineal dentro del modelo histerético.

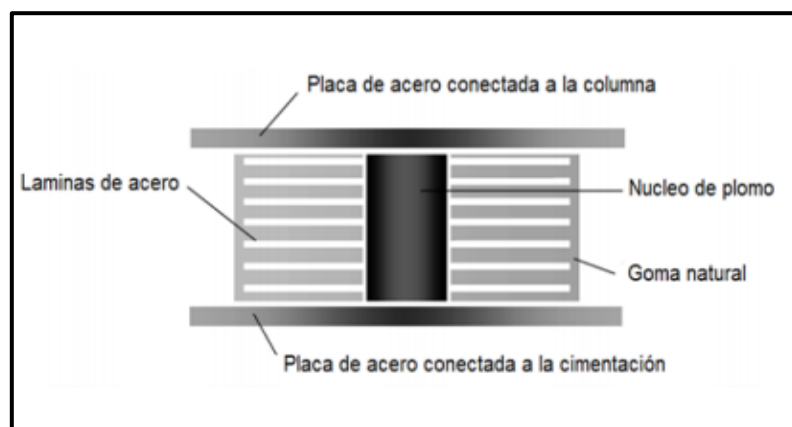


Figura 25. Aislador LRB

Fuente: FIP Industriale

### DATOS OBTENIDOS:

- $DM = 25.86$  cm
- $DTM = 29.74$  cm
- Espesor de una sola goma: 8mm
- Cantidad de láminas de goma: 15
- $P_{serv} = 212.10$
- $P_{max} = 365.00$
- **ESPESOR DE LA GOMA:** Se recomienda que el espesor de la goma sea mayor al espesor de la placa shin.



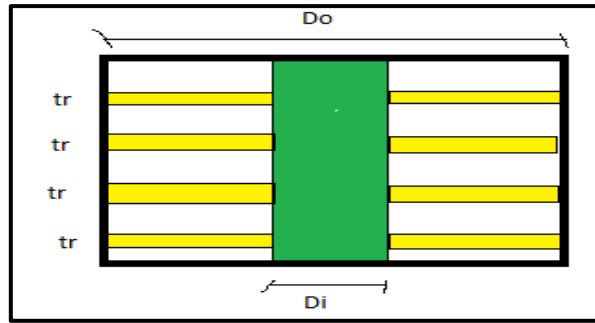


Figura 26. Láminas de goma

Fuente: Elaboración propia

- $Tr = 8 \text{ mm}$  → Espesor de una sola goma
- $N = 15$  → Cantidad de láminas de goma
- Entonces  $Tr =$  Espesor total de la goma

$$Tr = 8 \text{ mm} * 15 = 12 \text{ cm}$$

- DIÁMETRO DEL AISLADOR:

$$D_o > 1.5 * DTM$$

$$D_o > 1.5 * 29.74$$

$$D_o > 45 \text{ cm}$$

$$D_o = 55 \text{ cm}$$

- DIÁMETRO DEL NÚCLEO DE PLOMO ( $D_i$ ):

$$D/6 < D_i < D/3$$

$$D_i = 11 \text{ cm}$$

- ÁREA DEL AISLADOR:

$$\text{Área} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$A = \pi * (55 \wedge 2) / 4$$

$$A = 0.24 \text{ m}^2$$

- ÁREA DE LA GOMA ( $A_{goma}$ ):

$$A_{goma} = \pi (D_e \wedge 2) / 4$$

$$A_{goma} = 0.32 \text{ m}^2$$

## PROPIEDADES HISTERÉTICAS DEL AISLADOR LRB:

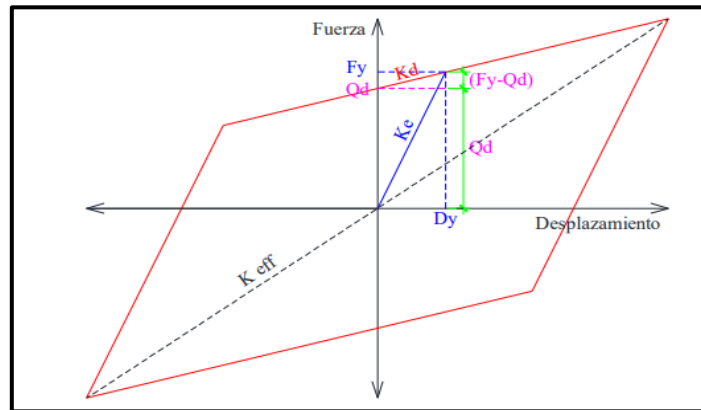


Figura 27. Propiedades histeréticas

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

- $K_d$  = Rigidez de postfluencia
- $K_e$  = Rigidez inicial
- $Q_d$  = Fuerza de Histéresis
- $F_y$  = Fuerza de fluencia
- $K_{eff}$  = Rigidez efectiva

- RIGIDEZ DE POSTFLUENCIA:

$$K_d = \frac{G A_{goma}}{T_r}$$

$$K_d = 140.73 \text{ tn/m}$$

- RIGIDEZ INICIAL:

$$K_e = 10 * K_d$$

$$K_e = 1407.29 \text{ tn/m}$$

- FUERZA DE HISTÉRESIS:

$$Q_d = \sigma_y * A_p$$

$$Q_d = 8.2 \text{ tn}$$

- FUERZA DE FLUENCIA:

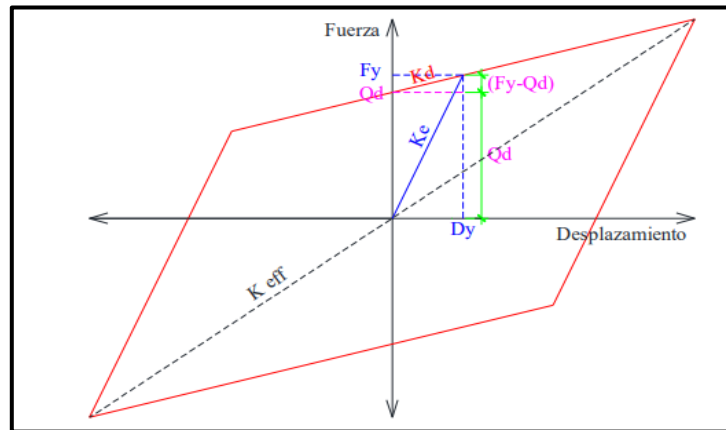


Figura 28. Fuerza de fluencia LRB

Fuente: Elaboración propia

$$F_y = \frac{Q_d * K_e}{K_e - K_d}$$

$$F_y = 9.12 \text{ tn}$$

- DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA:

$$D_y = \frac{F_y}{K_e}$$

$$D_y = 0.00648 \text{ m}$$

- RIGIDEZ EFECTIVA:

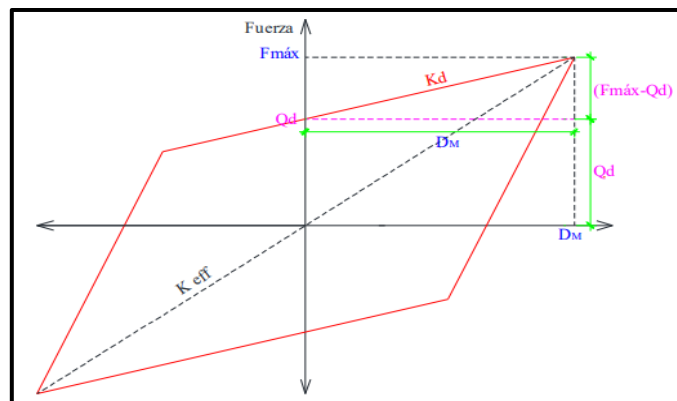


Figura 29. Rigidez efectiva LRB

Fuente: Elaboración propia

$$k_{eff} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|} = \frac{2 * F_{max}}{2 * D_M} = \frac{Q_d + (K_d * D_M)}{D_M}$$

$$K_{eff} = 141.05 \text{ tn/m}$$

- ENERGÍA DISIPADA:

$$EDC = 4 * Q_d * (D_M - D_Y)$$

$$E_{DC} = 4.36 \text{ tn/m}$$

- FRECUENCIA ANGULAR:

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{real}}$$

$$\omega = 9.38 \text{ rad/seg}$$

- AMPRTIGUAMIENTO EFECTIVO:

$$\beta_{eff} = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{EDC}{K_{eff} * D_M^2} \right)$$

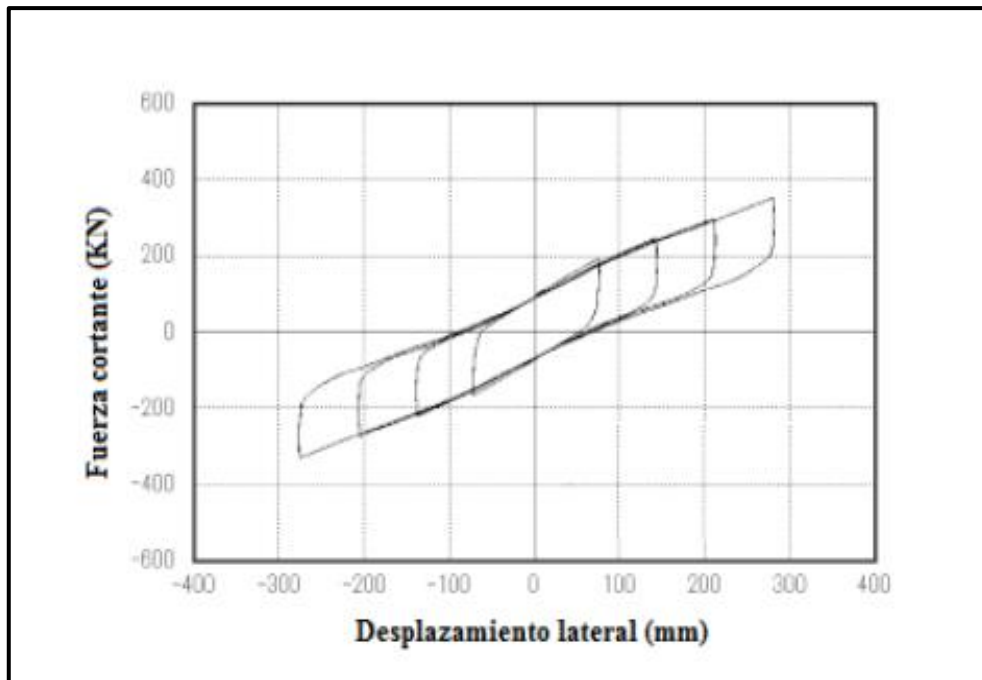
$$B_{eff} = 23.99 \%$$

- COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO HORIZONTAL:

$$C = \frac{EDC * T}{2\pi^2 * D_M^2}$$

$$C_x = 209.916 \text{ tn. s/m}$$

$$C_y = 237.329 \text{ tn. s/m}$$



*Figura 30. Curva Histerética LRB*

Fuente: FIP Industriale

## **DISEÑO DEL AISLADOR HDRB (HIGH DAMPING RUBBER BEARING) – ALTO AMORTIGUAMIENTO**

El aislador HDRB es un tipo de aislador elastomérico cuyas láminas de elastómeros son elaborados adicionando elementos como carbón, resina y aceites, con la finalidad de aumentar el amortiguamiento de la goma, a la vez presentan mayor sensibilidad a los cambios de temperatura y frecuencia que los aisladores LRB.

Su goma esta modificada generalmente con ferrita, sufren de un fenómeno llamada “Scragging” que es la degradación temporal de las propiedades mecánicas como resultado de acciones cíclicas. Así mismo presentan una mayor rigidez para los inicios de los ciclos de cargas, combinando la flexibilidad y disipación de energía en un solo elemento, con la característica de ser relativamente de fácil fabricación.

- **PRINCIPIOS DE DISEÑO DEL AISLADOR HDRB**

- ✓ Presentan un amortiguamiento entre un 8% a 16%
- ✓ El peso total será el peso de la estructura más el peso del sistema de aislamiento.
- ✓ El periodo en la base aislada será tres veces el periodo en base fija.
- ✓ El comportamiento histerético es elastoplástico.

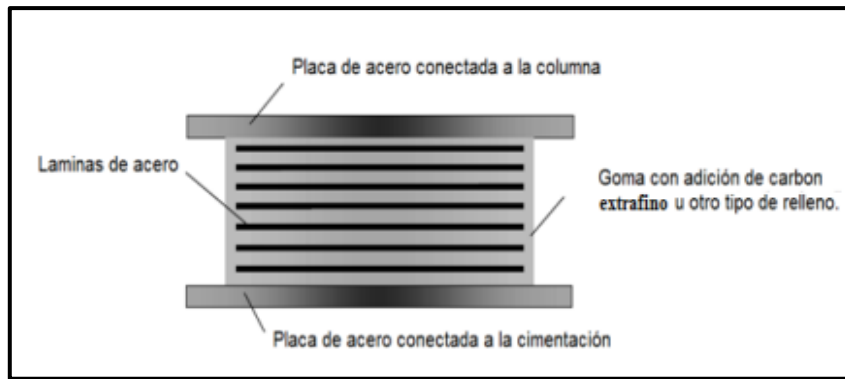


Figura 31. Aislador HDRB

Fuente: FIP Industriale

1. PERIODO OBJETIVO:

➤  $T_M = 0.670 * 3 = 2.01 = 3.30$  segundos

2. AMORTIGUAMIENTO OBJETIVO:

➤ Por proceso iterativo tenemos un amortiguamiento objetivo de = 15%

$B_{obj} = 15\%$

Amortiguamiento Efectivo, $B_M$ (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor $B_M$
$\leq 2$	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
$\geq 40$	1,9

➤ Para un amortiguamiento objetivo de 15 % obtenemos un factor  $B_m = 1.40$

3. CÁLCULO DE RIGIDEZ DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO( $K_{Ais}$ ):

$$K_{Ais} = \frac{4\pi^2}{T_{Ais}^2} M$$

Dónde:

- $K_{Ais}$  = Rigidez del sistema de aislamiento
- $T_{Ais}$  = Periodo aislado
- $M$  = masa total

Entonces  $K_{Ais} = 403.98\text{tf/m}$

4. CÁLCULO DE RIGIDEZ PROMEDIO: El K promedio es la rigidez de aislamiento entre el número de dispositivos que se colocaran en la base de la estructura.

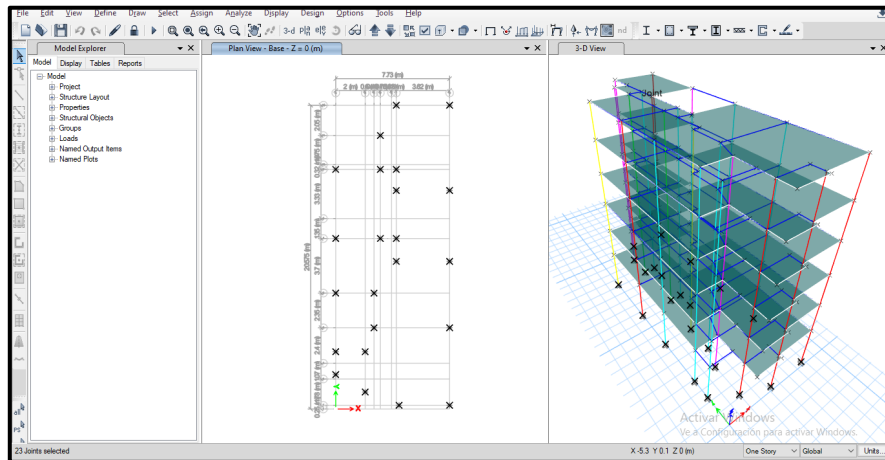


Figura 32. Número de dispositivos II

Fuente: Elaboración propia

5. NÚMERO DE AISLADORES: 23

$$K_{\text{promedio}} = K_{\text{Ais}} / 23$$

$$K_{\text{promedio}} = 17.56 \text{ tf/m}$$

6. ACELERACIÓN SÍSMICA: Se define según la norma E0.31.

El parámetro C es definido por las siguientes ecuaciones:		
$T < 0,2 T_P$	→	$C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_P}\right)$
$0,2 T_P < T < T_P$	→	$C = 2,5$
$T_P < T < T_L$	→	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$
$T > T_L$	→	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$

CÁLCULO DE C:

$$T_P = 0.40, T_L = 2.5 \text{ y } S = 1.00$$

$$\longrightarrow C(t) = 0.23$$

CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN SÍSMICA ( $S_{aM}$ ):

- $S_{aM} = 1.5 \cdot 0.45 \cdot 0.23 \cdot 1$
- $S_{aM} = 0.16 \text{ g}$

7. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO LATERAL(D<sub>M</sub>):

$$D_M = \frac{S_{aM} T_M^2}{4 \pi^2 B_M}$$

Dónde:

- S<sub>aM</sub> = Aceleración sísmica
- T<sub>M</sub> = Periodo
- B<sub>M</sub> = Factor para amortiguamiento

➔ D<sub>M</sub> = 31.52 cm

8. DESPLAZAMIENTO TOTAL MÁXIMO (D<sub>TM</sub>):

Nota: El desplazamiento total (D<sub>TM</sub>) no será menor que 1.15 D<sub>M</sub>

➔ 1.15 \* 31.52 = 36.25 cm

➤ D<sub>TM</sub> = 36.25 cm

**PROPIEDADES HISTERÉTICAS DEL AISLADOR HDRB:**

- RIGIDEZ DE POSTFLUENCIA:

$$K_d = \frac{G * A_e}{hc}$$

K<sub>d</sub> = 29.87 tn/m

- RIGIDEZ INICIAL:

$$K_e = 10 * K_d$$

K<sub>e</sub> = 298.67 tn/m

- FUERZA DE HISTÉRESIS:

$$Q_d = \sigma_y * A_p$$

Q<sub>d</sub> = 76.80 tn



- FUERZA DE FLUENCIA:

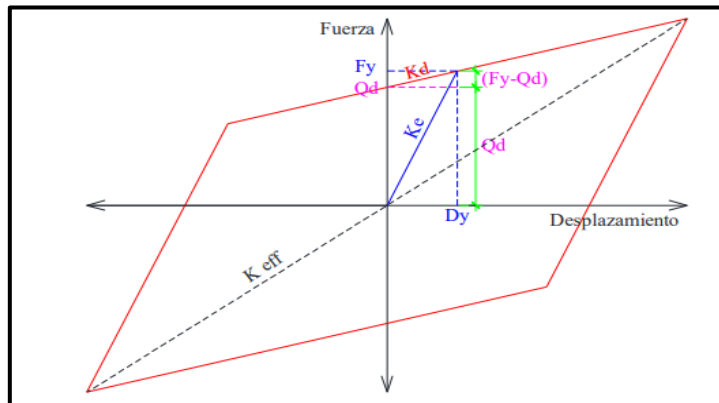


Figura 33. Fuerza de fluencia HDRB

Fuente: Elaboración propia

- DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA:

$$D_Y = 0,1 * t_r$$

$$D_y = 0.027 \text{ m}$$

- RIGIDEZ EFECTIVA:

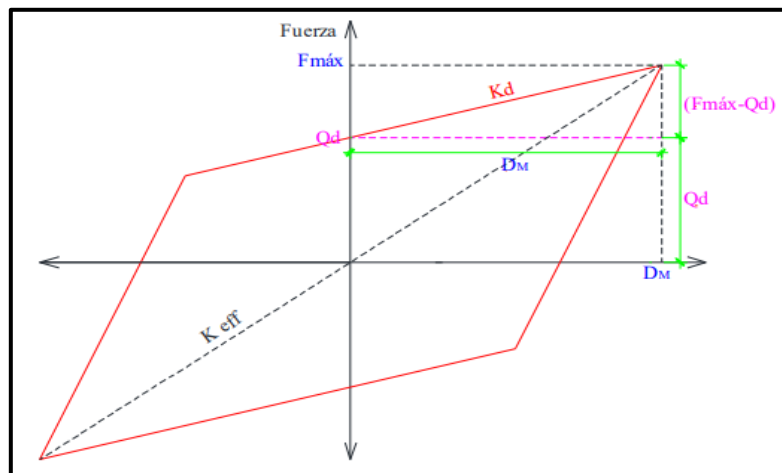


Figura 34. Rigidez efectiva HDRB

Fuente: Elaboración propia

$$k_{eff} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|} = \frac{2 * F_{max}}{2 * D_M} = \frac{Q_d + (K_d * D_M)}{D_M}$$

$$K_{eff} = 106.67 \text{ tn/m}$$

- ENERGÍA DISIPADA:

$$EDC = 4 * Q_d * (D_M - D_Y)$$

$$EDC = 72.14 \text{ tn.m}$$

- AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO:

$$\beta_{eff} = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{EDC}{K_{eff} * D_M^2} \right)$$

$$\beta_{eff} = 13 \%$$

- COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO HORIZONTAL:

$$C = \frac{EDC * T}{2\pi^2 * D_M^2}$$

$$C_x = 359.66 \text{ tn. s/m}$$

$$C_y = 88.87 \text{ tn. s/m}$$

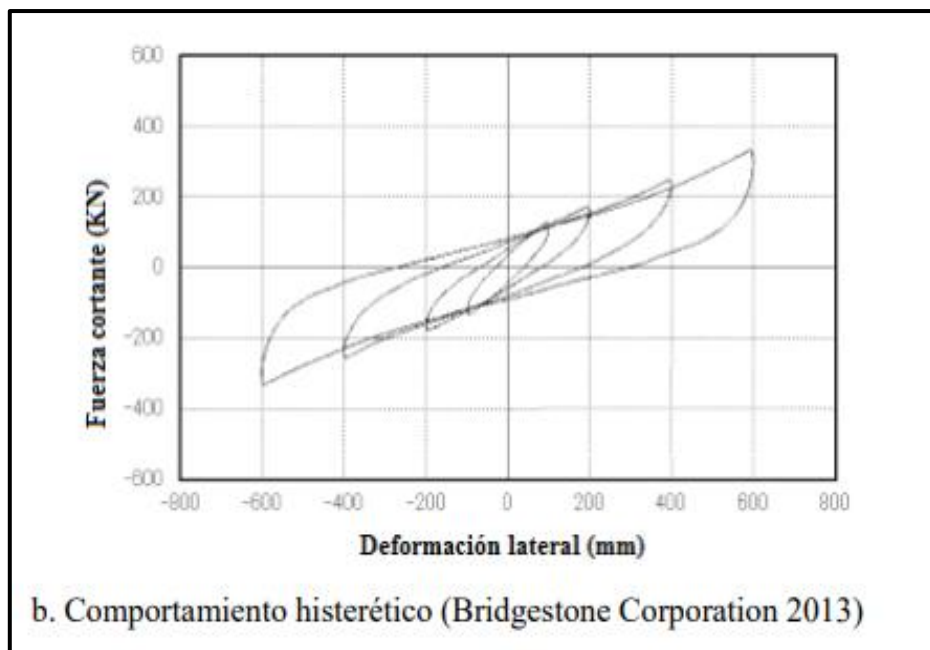


Figura 35. Curva Histerética HDRB

Fuente: FIP Industriale

# MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA CON AISLADORES LRB Y HDRB EN ETABS

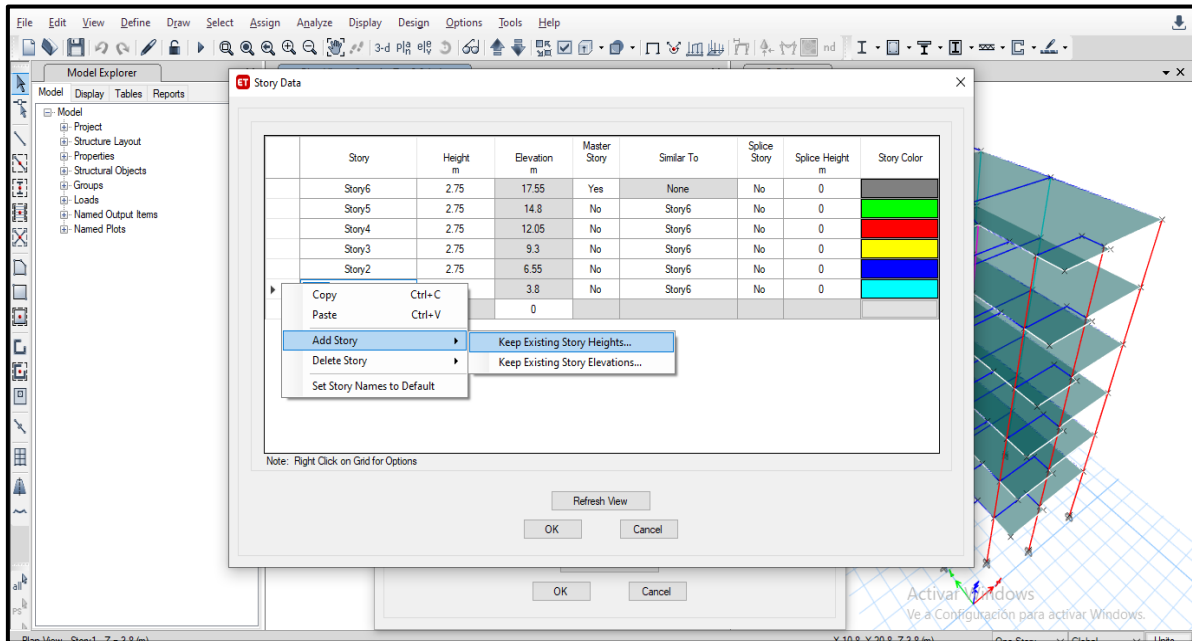


Figura 36. Piso del sistema de aislamiento

Fuente: Elaboración propia

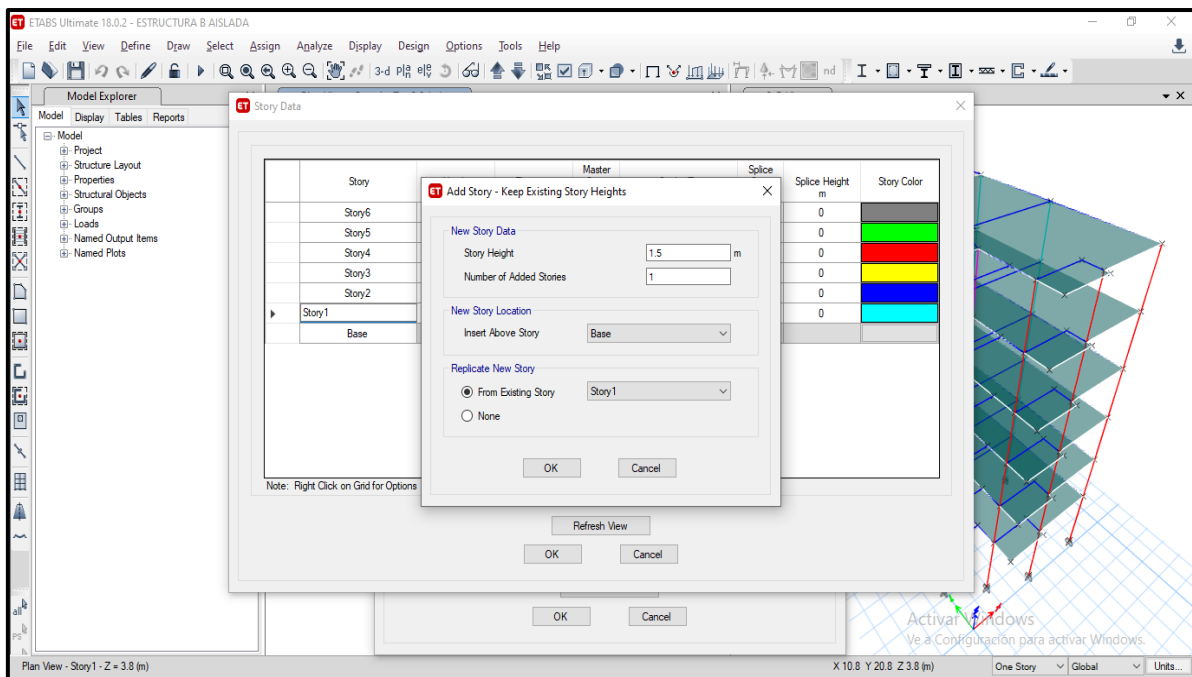


Figura 37. Altura de piso técnico

Fuente: Elaboración propia

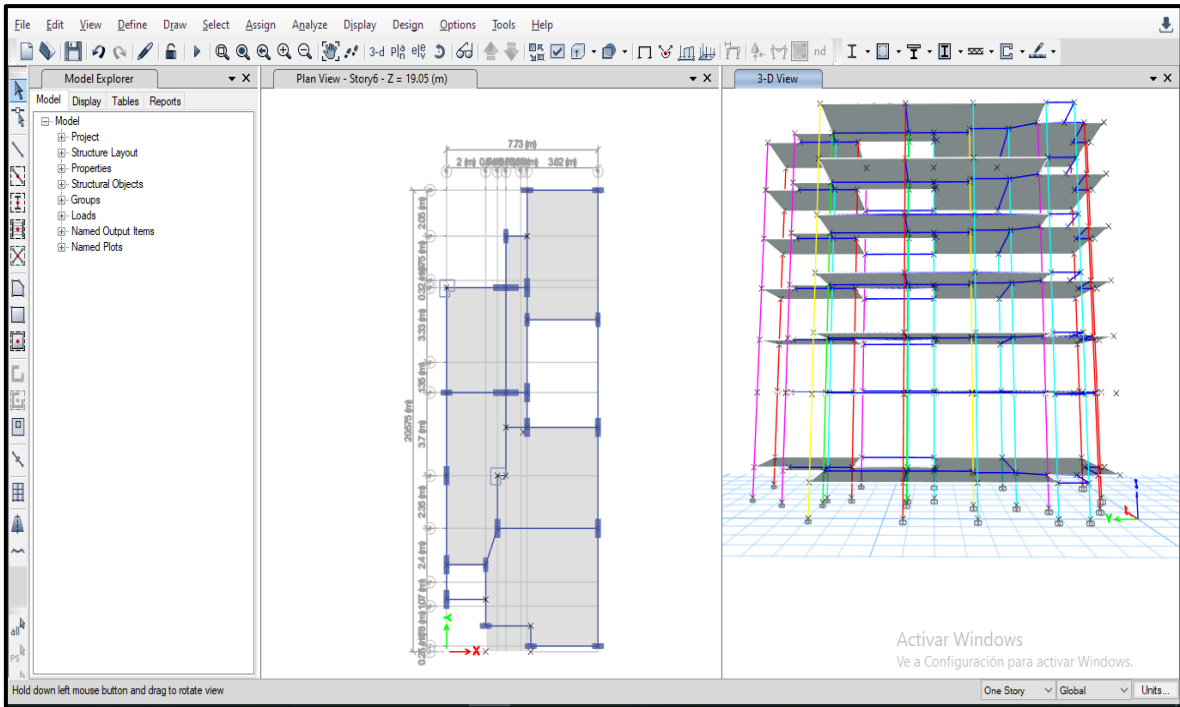


Figura 38. Vista en elevación del piso técnico

Fuente: Elaboración propia

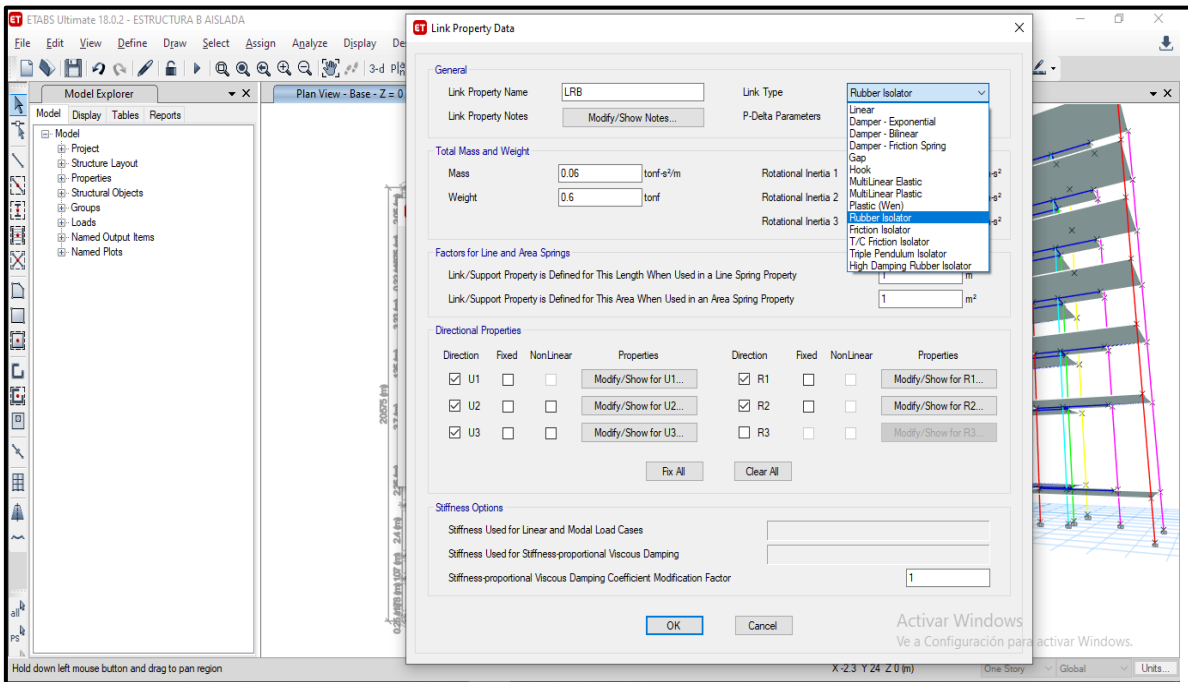


Figura 39. Aislador LRB -Ruber Isolator

Fuente: Elaboración propia

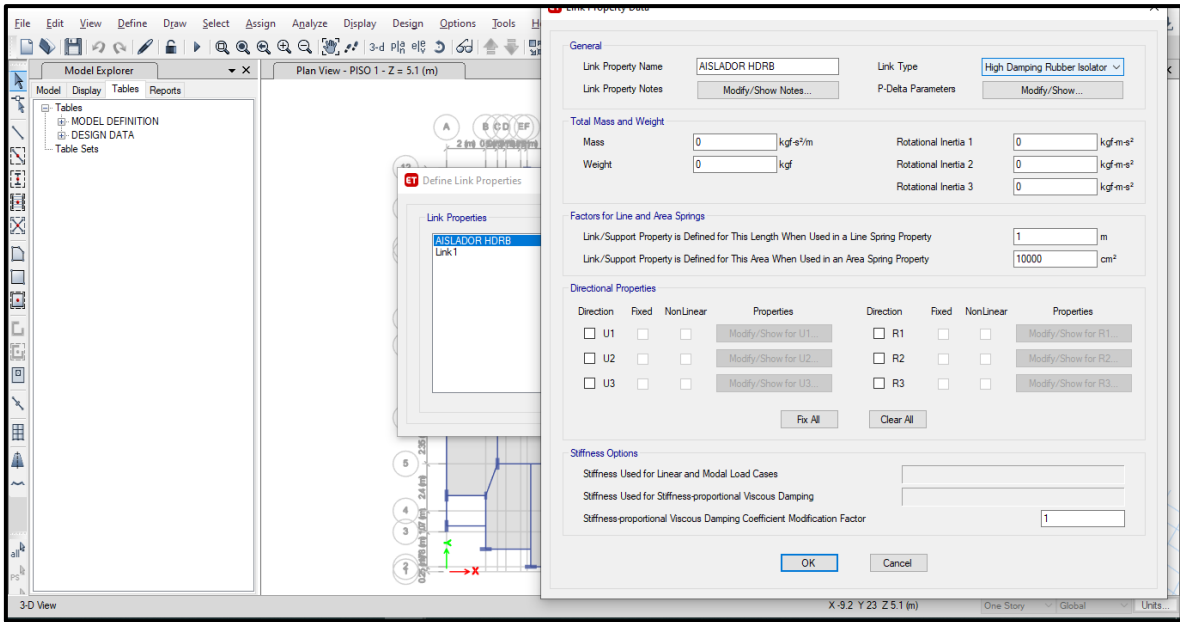


Figura 40. Aislador HDRB – High Damping Rubber Isolator

Fuente: Elaboración propia

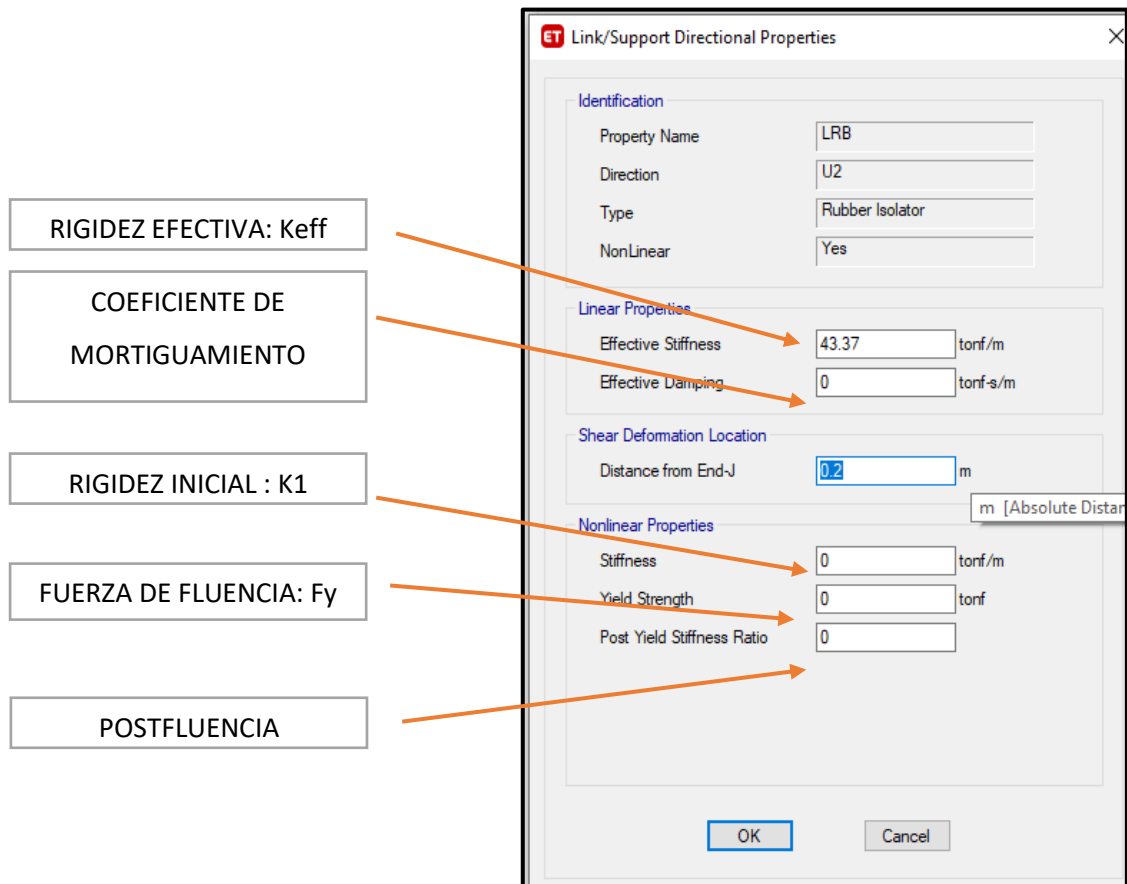


Figura 41. Parámetros

Fuente: Elaboración propia

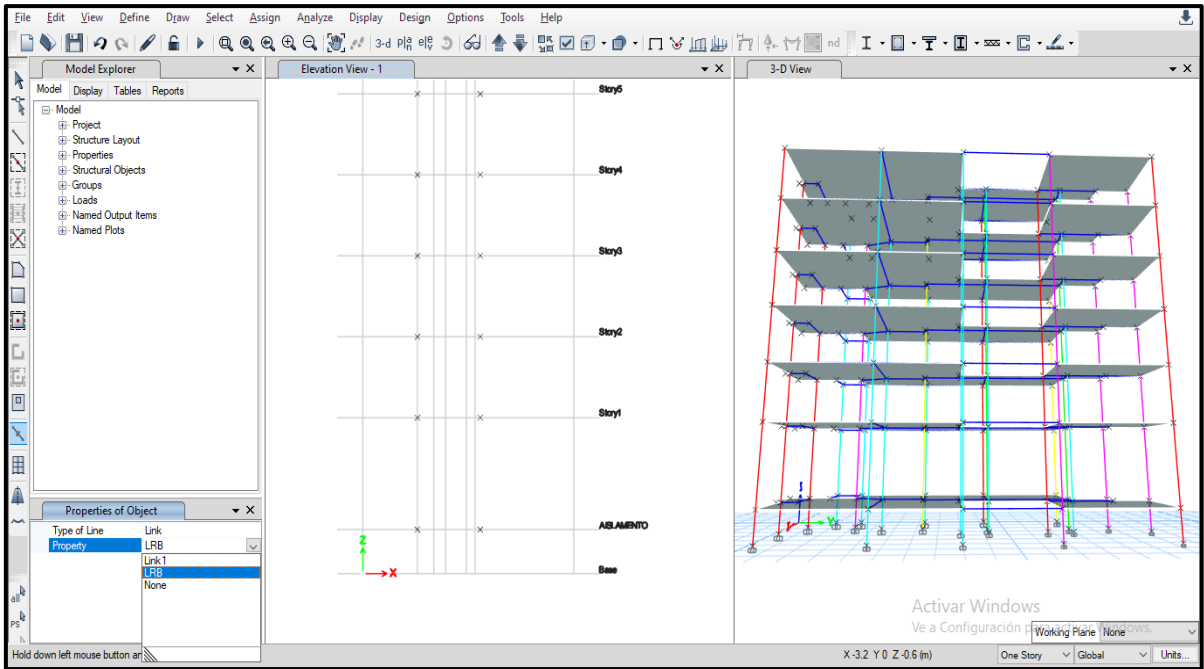


Figura 42. Colocación de los aisladores

Fuente: Elaboración propia

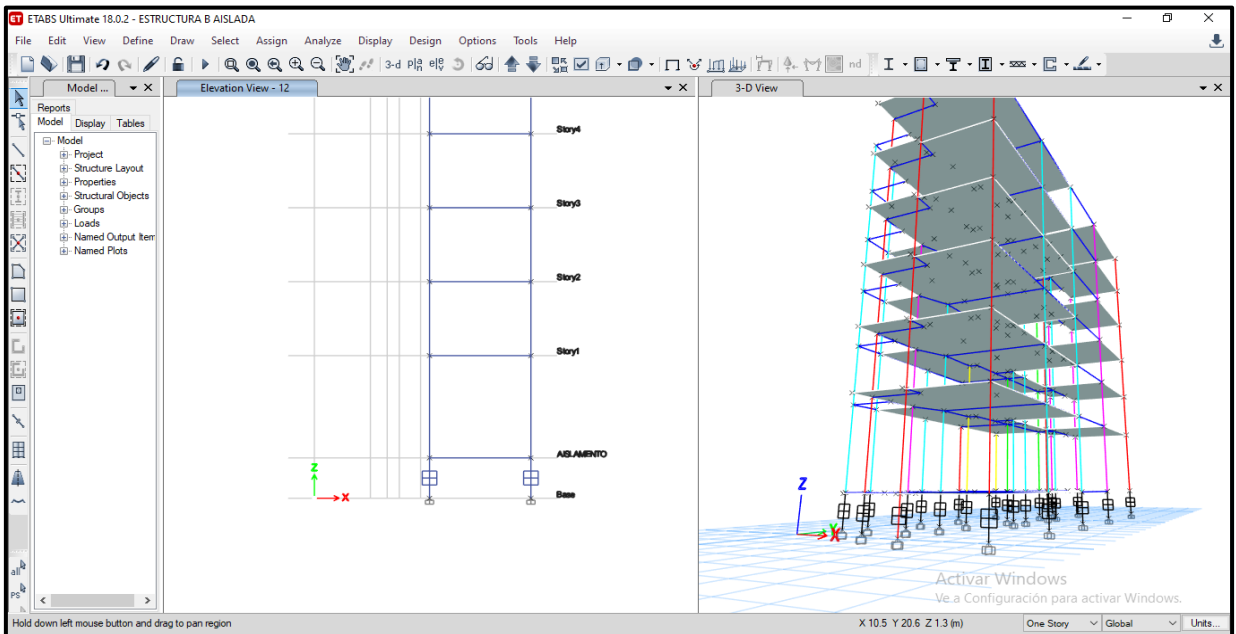


Figura 43. Colocación de los aisladores

Fuente: Elaboración propia

## RESULTADOS

### I. PERIODOS Y FRECUENCIAS MODALES

#### ✓ ESTRUCTURA BASE FIJA

	Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
▶	Modal	1	0.665	1.503	9.4458	89.2232
	Modal	2	0.539	1.856	11.6601	135.9589
	Modal	3	0.507	1.974	12.405	153.8837
	Modal	4	0.205	4.871	30.6081	936.8556
	Modal	5	0.164	6.092	38.2761	1465.0631
	Modal	6	0.154	6.499	40.8351	1667.5044
	Modal	7	0.109	9.204	57.8328	3344.6354
	Modal	8	0.085	11.72	73.6373	5422.4556
	Modal	9	0.079	12.69	79.7362	6357.8682
	Modal	10	0.07	14.337	90.0828	8114.9197
	Modal	11	0.054	18.376	115.4614	13331.3304
	Modal	12	0.05	20.099	126.2846	15947.8086

#### ✓ ESTRUCTURA BASE AISLADA – LRB

	Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
▶	Modal RITZ	1	2.201	0.454	2.8552	8.1522
	Modal RITZ	2	2.128	0.47	2.9522	8.7156
	Modal RITZ	3	1.783	0.561	3.5244	12.4214
	Modal RITZ	4	0.294	3.399	21.3538	455.9848
	Modal RITZ	5	0.163	6.127	38.4951	1481.8729
	Modal RITZ	6	0.003	339.975	2136.1268	4563037.7071
	Modal RITZ	7	0.002	470.415	2955.7042	8736187.3945
	Modal RITZ	8	0.0002788	3586.573	22535.1021	507830827
	Modal RITZ	9	7.897E-05	12663.65	79568.0579	6331075844
	Modal RITZ	10	3.873E-05	25816.757	162211.4698	26312560943
	Modal RITZ	11	7.767E-06	128744.104	808923.0602	654400000000
	Modal RITZ	12	0	849779.906	5339324.6213	28510000000...

✓ ESTRUCTURA BASE AISLADA – HDRB

	Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
▶	Modal RITZ	1	3.381	0.296	1.8584	3.4538
	Modal RITZ	2	3.239	0.309	1.94	3.7638
	Modal RITZ	3	3.004	0.333	2.0914	4.3738
	Modal RITZ	4	0.347	2.881	18.104	327.7549
	Modal RITZ	5	0.344	2.907	18.2638	333.5652
	Modal RITZ	6	0.096	10.442	65.6084	4304.4619
	Modal RITZ	7	0.068	14.709	92.4186	8541.1939
	Modal RITZ	8	0.036	27.405	172.1886	29648.8978
	Modal RITZ	9	0.034	29.166	183.2547	33582.2903
	Modal RITZ	10	0.034	29.739	186.8581	34915.9454
	Modal RITZ	11	0.033	30.428	191.1876	36552.6805
	Modal RITZ	12	0.032	31.615	198.6413	39458.3798

RESUMEN DE PERIODOS:

CLASE	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADORES LRB	ESTRUCTURA CON AISLADORES HDRB
Modal 1	0.665 s	2.201 s	3.381 s
Modal 2	0.539 s	2.128 s	3.239 s
Modal 3	0.507 s	1.783 s	3.004 s

**INTERPRETACIÓN:** Las estructuras con aisladores tienen un mayor periodo en comparación con la estructura convencional, ello debido a que siempre el periodo de una estructura aislada debe ser por lo menos tres veces mayor al periodo de la estructura convencional. Al incrementar el periodo se reduce la demanda sísmica, así como las aceleraciones y desplazamientos, cumpliendo con los parámetros mencionados en la norma.



## II. CONTROL DE DERIVAS:

### ✓ ESTRUCTURA BASE FIJA

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 6	Deriva	Combination	Max	X	0.006831
Piso 5	Deriva	Combination	Max	X	0.005411
Piso 4	Deriva	Combination	Max	X	0.004265
Piso 3	Deriva	Combination	Max	X	0.004143
Piso 2	Deriva	Combination	Max	X	0.003092
Piso 1	Deriva	Combination	Max	X	0.001703

**MAX X = 0.006831**

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 6	Deriva	Combination	Max	Y	0.00329
Piso 5	Deriva	Combination	Max	Y	0.00475
Piso 4	Deriva	Combination	Max	Y	0.00614
Piso 3	Deriva	Combination	Max	Y	0.00675
Piso 2	Deriva	Combination	Max	Y	0.00662
Piso 1	Deriva	Combination	Max	Y	0.00593

**MAX Y = 0.006750**

### ✓ ESTRUCTURA BASE AISLADA – LRB

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 6	Deriva	Combination	Max	X	0.001011
Piso 5	Deriva	Combination	Max	X	0.001504
Piso 4	Deriva	Combination	Max	X	0.001973
Piso 3	Deriva	Combination	Max	X	0.002332
Piso 2	Deriva	Combination	Max	X	0.002512
Piso 1	Deriva	Combination	Max	X	0.001695

**MAX X = 0.002512**

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 6	Deriva	Combination	Max	Y	0.00287
Piso 5	Deriva	Combination	Max	Y	0.00315
Piso 4	Deriva	Combination	Max	Y	0.00468
Piso 3	Deriva	Combination	Max	Y	0.00527
Piso 2	Deriva	Combination	Max	Y	0.00623
Piso 1	Deriva	Combination	Max	Y	0.00472

**MAX Y = 0.00623**

✓ ESTRUCTURA BASE AISLADA – HDRB

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 6	Deriva	Combination	Max	X	0.00014
Piso 5	Deriva	Combination	Max	X	0.00021
Piso 4	Deriva	Combination	Max	X	0.00034
Piso 3	Deriva	Combination	Max	X	0.00212
Piso 2	Deriva	Combination	Max	X	0.00234
Piso 1	Deriva	Combination	Max	X	0.00132

**MAX X = 0.00234**

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 6	Deriva	Combination	Max	Y	0.00022
Piso 5	Deriva	Combination	Max	Y	0.00053
Piso 4	Deriva	Combination	Max	Y	0.00072
Piso 3	Deriva	Combination	Max	Y	0.00378
Piso 2	Deriva	Combination	Max	Y	0.00362
Piso 1	Deriva	Combination	Max	Y	0.00173

**MAX Y = 0.00378**

**RESUMEN DE DERIVAS:**

MAX DRIFT	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADORES LRB	ESTRUCTURA CON AISLADORES HDRB
EJE X	0.006831	0.002512	0.00234
EJE Y	0.006750	0.00623	0.00378

**INTERPRETACIÓN:** El uso de los aisladores elastoméricos en la estructura convencional, permitió la reducción de las derivas, siendo la mas significativa con el aislador HDRB – High Damping Rubber, cumpliendo así con los límites especificados en la norma E0.30 - Artículo 29, con ello la estructura tendrá un mejor comportamiento sismorresistente ante un evento sísmico, reduciendo los daños estructurales y de contenido.

### III. DESPLAZAMIENTOS

#### ESTRUCTURA BASE FIJA

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story6	17.55	Top	0.033281	0.009538
Story5	14.8	Top	0.030575	0.008852
Story4	12.05	Top	0.02652	0.007749
Story3	9.3	Top	0.021154	0.006245
Story2	6.55	Top	0.01477	0.004417
Story1	3.8	Top	0.007873	0.002395
Base	0	Top	0	0

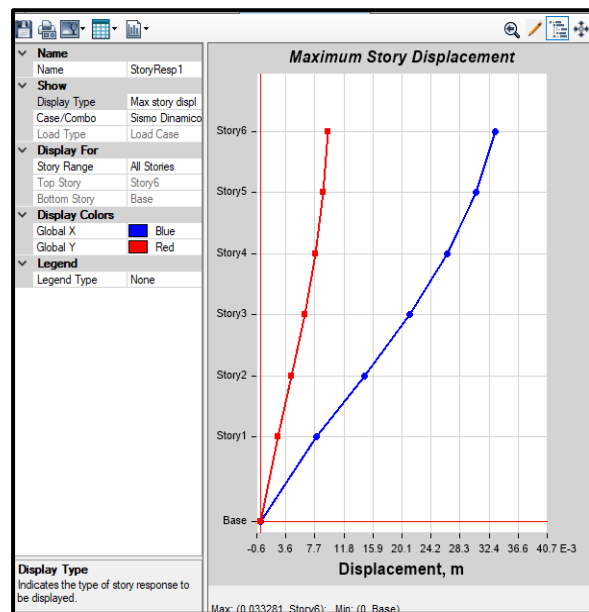


Figura 44. Desplazamiento base fija

Fuente: Elaboración propia

#### ESTRUCTURA BASE AISLADA – LRB

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
06 Piso	18.85	Top	0.000116	0.000251
05 Piso	16.1	Top	0.000116	0.000251
04 Piso	13.35	Top	0.000116	0.000251
03 Piso	10.6	Top	0.000116	0.00025
02 Piso	7.85	Top	0.000116	0.000248
01 Piso	5.1	Top	0.000116	0.000246
CA 1M	1.3	Top	0.000115	0.000243
Al	0.3	Top	0.000115	0.000243
Base	0	Top	0	0

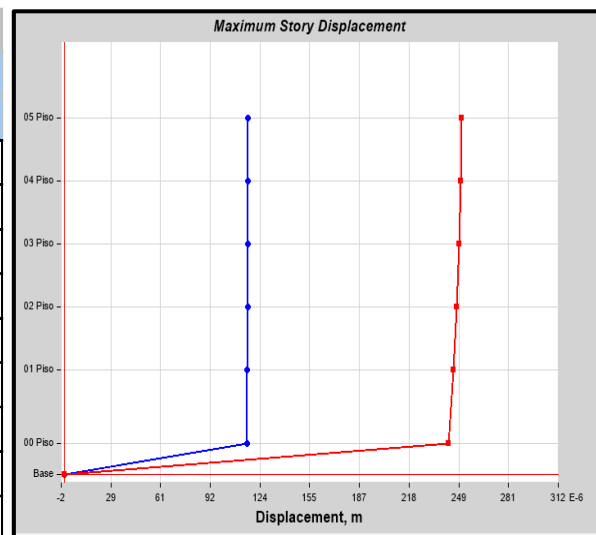


Figura 45. Desplazamiento base aislada - LRB

Fuente: Elaboración propia

## ESTRUCTURA BASE AISLADA – HDRB

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
06 Piso	18.85	Top	0.000002	0.000128
05 Piso	16.1	Top	0.000002	0.000127
04 Piso	13.35	Top	0.000002	0.000125
03 Piso	10.6	Top	0.000002	0.000122
02 Piso	7.85	Top	0.000002	0.000118
01 Piso	5.1	Top	0.000002	0.000112
CA 1M	1.3	Top	0.000002	0.000111
Al	0.3	Top	0.000002	0.000109
Base	0	Top	0	0

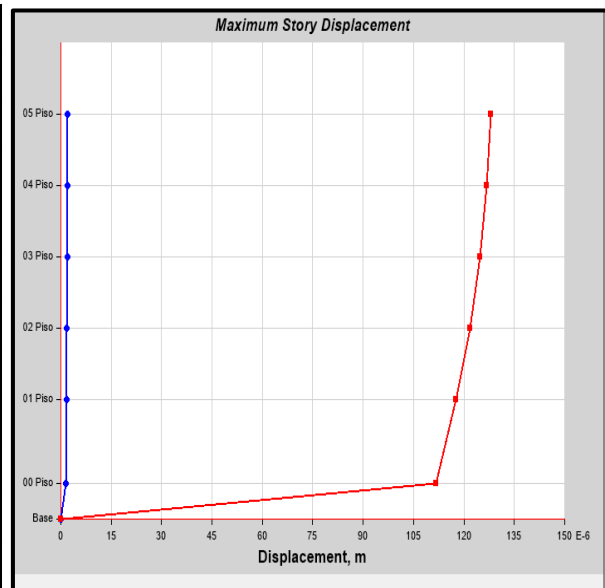


Figura 46. Desplazamiento base aislada – HDRB

Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACIÓN:** En la estructura convencional el desplazamiento máximo es mayor en la parte superior de la edificación, en comparación con los aisladores elastoméricos, los desplazamientos se dan en la base de la estructura, es decir el mayor porcentaje de desplazamiento se dará en los aisladores, y la superestructura funcionará como un solo bloque, así se reduce el riesgo de dañar elementos estructurales y no estructurales.

## V. DISCUSIÓN

### **Discusión 1:**

De los resultados obtenidos, se obtuvieron los periodos de la estructura convencional y de la estructura con base aislada, este diseño se realizó cumpliendo la norma E0.31 “Aislamiento sísmico” que nos indica que el periodo en base aislada debe ser por lo menos tres veces el periodo en base fija, generalmente se considera los 3 primeros modos de la estructura, porque es donde se encuentra el mayor porcentaje de las propiedades de la estructura, uno de los principios del aislamiento sísmico según la norma ASCE 7 – 16 y nuestra norma E 0.31 “Aislamiento sísmico” es alargar o incrementar el periodo para así poder lograr la reducción de la demanda en la estructura.

El autor **Quiroz** (2016), en la tesis nacional anteriormente mencionada, al comparar su edificación multifamiliar, obtuvo que los periodos de la forma de vibración son mas notorios en los tres primeros modos (1, 2, 3), ya que, para ese sistema estructural, la edificación mostró frecuencias en aumento a medida que pasaban los modos de vibración, llegando a la conclusión que sus dos sistemas en estudio cuentan con adecuado comportamiento sismorresistente.

Por ellos los resultados y la forma de analizar las estructuras en estudio, son semejantes al análisis realizado en este trabajo de investigación, entonces se concluye que el parámetro fue alcanzado.

### **Discusión 2:**

En cuanto al control de las derivas, se realizó debidamente con la norma E0.30 “Diseño sismorresistente” del Artículo 29, con la tabla establecida por la norma, se logró verificar los límites para la distorsión dependiendo del material predominante, siendo el limite para concreto armado de 0,007. Así se obtuvo las derivas de entrepiso según los cálculos realizados, para finalmente compararlo con las derivas de la estructura con los sistemas de aislamiento, siendo las derivas en la estructura aislada menores que las derivas en la estructura convencional, siempre verificando que cumplan con lo dispuesto por la norma.

El autor **Valerio** (2015), en su tesis internacional mencionado anteriormente, efectuó una comparación del comportamiento sísmico de una estructura con base fija y otra con base aislada, utilizando cuatro tipos de aisladores sísmicos, obtuvo

que son que la deriva del piso del edificio fijo se reduce en un 74% cuando utilizamos el HDBR Y LRB, un 84% cuando se utiliza el RNC, por lo que concluyó que el tipo de aislador más eficaz a usar en una edificación sería el Roll-N-Cage, porque disminuye la aceleración del piso superior en un 92 %, los desplazamientos de la estructura en un 86% y la cortante basal en un 84%.

Al igual que el análisis que se realizó en este trabajo de investigación, las derivas disminuyeron considerablemente, en comparación con las derivas de una estructura sin un sistema de aislamiento, es por ello por lo que se concluye que los cálculos y diseño para las estructuras son las correctas, logrando así el objetivo propuesto.

### **Discusión 3:**

De los resultados obtenidos para los desplazamientos, al reducir los desplazamientos de entrepiso se reduce también las deformaciones de columnas y vigas, reduciendo así los daños en los elementos estructurales, se pudo verificar en los resultados que los desplazamientos se redujeron considerablemente al usar los aisladores elastoméricos, ya que la superestructura empieza a trabajar como un solo bloque o una sola pieza, y la energía sísmica lo aíslan y disipan los dispositivos.

Las autoras **Carmona y Rosas** (2015), en su tesis nacional mencionada anteriormente, efectuó un modelamiento y comparación de dos estructuras, una con sistema de aislamiento frente a una estructura de sistema dual, obtuvo que la edificación con aislamiento le mostró mayores desplazamientos relativos en los cambios de aislamiento y en aquellos niveles más elevados se verifica una reducción significativa entre ello, mientras que la edificación con sistema dual no existe mayores desplazamientos en la base, pero muestra un elevado desplazamiento relativo y disminución en el desplazamiento máximo con relación al sistema con aislamiento, por ello concluyeron que el sistema que tiene aislamiento sucede un menor desplazamiento horizontal relativos al entrepiso, por lo cual otorgará un mejor desempeño de la edificación, al modelar la estructura con aislamiento de base, se observaron superiores periodos en la edificación, de modo que, menores aceleraciones y como consecuencia los movimientos sísmicos se redujeron.

Por lo consiguiente ambos resultados guardan una gran similitud, es así como se llega al objetivo propuesto.

#### **Discusión 4:**

Uno de los principios de estructuración es que la fuerza cortante para diseñar el sistema de aislamiento sea mayor que la fuerza cortante del diseño en la superestructura, es por ello por lo que se calculó la fuerza cortante en la estructura convencional, a través del análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes y del análisis dinámico modal espectral. En la norma E0.30 “Diseño sismorresistente” capítulo 26, nos da las consideraciones para poder realizar un buena análisis y cálculo de la cortante.

Para el autor **Herrera** (2018), en su tesis anteriormente mencionada, analizó y comparó el comportamiento sismorresistente de dos tipos de estructuras, con sistema de aislamiento y amortiguadores sísmicos, comprueba que el sistema de amortiguación no distorsiona el periodo de la edificación, por lo tanto, no afectan su rigidez. Por otro lado, en las edificaciones con aisladores existen más elevados valores de periodo frente a las edificaciones sin aislamiento, debido a que el sistema de aislamiento hace más flexible la base de la edificación y disminuyen las aceleraciones sismológicas, por ello concluyó que utilizando diferentes dispositivos o sistemas de amortiguamiento de fluido-viscoso en el mismo modelamiento estructural no genera diferentes resultados en las derivas, cortantes basales y desplazamientos laterales, siempre que se mantenga las posibilidades de carga de los amortiguadores.

Por lo consiguiente se determina que los cálculos y diseño para las estructuras son las correctas, logrando así el objetivo propuesto.



## **VI. CONCLUSIONES**

### **CONCLUSIÓN 1:**

Se concluye que en un diseño de estructura con base aislada se debe alargar los periodos para que la estructura pueda reducir sus deformaciones y fuerzas. En una estructura con base aislada, se busca que tenga poca rigidez lateral, es decir se busca que sean sistemas flexibles, es por ello por lo que se alargan o incrementan los periodos, a diferencia de una estructura convencional que busca que tenga una rigidez considerable y la reducción de sus periodos.

### **CONCLUSIÓN 2:**

Se concluye que en las estructuras con los aisladores elastoméricos las derivas se reducen considerablemente, otorgándole a la edificación un mejor comportamiento sismorresistente ante un sismo, esta reducción de derivas es posible porque los dispositivos sísmicos se comportan como un cuerpo rígido, siendo el aislador HDRB – High Damping Rubber el mas efectivo en cuanto a la reducción de las derivas, otorgándoles a la estructura un mejor comportamiento sismorresistente.

### **CONCLUSIÓN 3:**

Se concluye que los aisladores elastoméricos reducen los desplazamientos considerablemente en la estructura, logrando así la reducción de daños en los elementos estructurales de la edificación, tales como vigas y columnas, esto se logra debido a que la superestructura trabaja como un solo cuerpo y los dispositivos elastoméricos aíslan las fuerzas sísmicas, deformándose de lado a lado, de esta manera separa y absorbe la energía que produce el sismo en la edificación.

### **CONCLUSIÓN 4:**

Se concluye que un sistema de aislamiento, en este caso aisladores elastoméricos, logra un desempeño sísmico muy mejorado en comparación a los sistemas convencionales de base fija, al tener un mejor comportamiento sismorresistente se logrará reducir los costos de reparación a elementos estructurales y no estructurales, así mismo se reducirá los tiempos de inactividad de las edificaciones, así como posibles pérdidas humanas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Para el modelamiento de la estructura convencional es recomendable el buen uso del programa ETABS, para que conformen vayan avanzando con el trabajo de investigación no tengan ningún percance, en la actualidad hay cursos de diseño en diferentes programas de modelamiento estructural.
- Es recomendable que el periodo de una estructura convencional no sea mayor a 1.5 segundos, porque cuando se realice el diseño de los aisladores no se exagere en el incremento del periodo aislado, ya que es tres veces el periodo en base fija.
- Para el cálculo de las propiedades de los aisladores elastoméricos es recomendable hacer un buen uso de las normas con la que se trabajará, en este trabajo de investigación se usaron las normas E0.30, E 0.31 Y la norma americana ASCE 7 – 16. Así como interpretar las tablas y gráficos expuestos en dichas normas.
- Para el aislador LRB – Lead Rubber Bearing, es recomendable que el diámetro del aislador sea por lo menos 3.5 veces la suma de los espesores de las gomas, debiendo haber un equilibrio entre el diámetro del aislador y el diámetro del núcleo de plomo
- Es recomendable en proyectos verificar la confiabilidad y garantía del fabricante de los aisladores, la experiencia que tiene realizando estos proyectos y los profesionales con quienes trabajan. Generalmente los fabricantes son los que diseñan los tipos de aisladores sísmicos, nosotros como ingenieros calculistas, solo le otorgamos los parámetros calculados anteriormente, aunque también podemos diseñar los aisladores y le podemos facilitar ese diseño a los fabricantes, para una comparación.

## REFERENCIAS

ALFARO, Andrés. Introducción a la ingeniería sísmológica. 1ª ed. Bogotá: Universidad De La Salle, 2009. 171 pp.

ISBN: 9789588572086

Análisis sísmico de gradas con tres modelos mediante los métodos: espectral y del espectro de capacidad, que sirven de acceso a una estructura con aisladores sísmicos por Aguilar, R [et al]. *Rev. ing. constr*, 32(3): 113-130. Dic 2017.

ISSN 0718-5073

ARROYO, Cynthia. Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación con sistema de acero convencional y acero con amortiguadores, en la ciudad de Chiclayo. Tesis (Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2018. 489 pp.

ARQUIÑIVA, Jorge y CABELLO, Yuliza. Análisis y diseño estructural comparativo con y sin aisladores sísmicos de una edificación de 8 niveles en el distrito de el Tambo, Huancayo – 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo - Perú: Universidad Peruana de los Andes, 2017. 270 pp.

ASENCIO, Edwin. Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en el P.J. primero de mayo sector 1- Nuevo Chimbote. Tesis (Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa. 2018. 188 pp.

BALDEÓN, Miguel. Evaluación de vulnerabilidad sísmica y autoconstrucción de viviendas de la urbanización Carabayllo de Comas, 2016. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima – Perú: Universidad César Vallejo. 160 pp.

BARBAT, Hugo. Cálculo y diseño sismorresistente de edificios aplicación de la norma NCSE-02. España: Barbat, 2005.

ISSN: 8495999897

BENAVENTE, Amadeo. Estructuras sismorresistentes. 1ª ed. Madrid: Maia Ediciones, 2010. 332 pp.

ISBN: 9788492724178

BOZZO, Luis y BARBAT, ALEX. Diseño sismorresistente de edificios. Barcelona: Editorial Reverté, 2000. 384 pp.

ISBN: 9788429120110

CARMONA, Pedro y ROSAS, Angello. Análisis comparativo del comportamiento sísmico dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un sistema dual frente al modelo con aisladores elastoméricos (HDR) de un sistema aporticado, del edificio de oficinas Schell de seis pisos ubicado en la Provincia de Lima – Perú. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima – Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015. 120 pp.

CARRILLO, Robles. Análisis comparativo de diferentes aisladores sísmicos para edificaciones esenciales con fines de reducción de daños – Hospital de llave, Puno 2017. Tesis (Título de ingeniero Civil). Puno – Perú: Universidad César Vallejo, 2017. 137 pp.

CHOPRA, Anil. Dinámica de estructuras. 4ª ed. México, D.F.: Pearson Educación, 2014. 250 pp.

ISBN: 9786073222396

Evaluación del comportamiento sísmico de casas consistoriales de tapia pisada reforzadas con maderas de confinamiento por Ruiz, D [et al]. *Rev. ing. constr*, 32(2): 25-44. Ago. 2017

ISSN 0718-5073

Evaluación sísmica en dos prototipos de vivienda rural construidos con bloques de concreto hueco, en Ocuilapa de Juárez, Chiapas, México por Escamirosa, L. [et al]. *Rev. ing. constr*, 33(1):29-40. Abr 2018

ISSN 0718-5073

Evaluación del comportamiento sísmico de viviendas de estratos marginales con cubiertas verdes: estudio de caso del municipio de Soacha, Colombia por Olaya, Luisa [et al]. *Rev. ing. constr*, 29(1):98-114. May 2014

ISSN 0718-5073

GALLEGO, Mauricio y SARRIA, Alberto. El concreto y los terremotos. Bogotá: Asócreto, 2010. 444 pp.

ISBN: 9589737194

GAMBOA, Russel. Análisis sísmico de hospitales considerando el criterio de funcionalidad continua empleando aisladores de base friccional de triple péndulo en zonas sísmicas 3 y 4 del Perú. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ayacucho - Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2019. 168 pp.

GENATIOS, Carlos y LAFUENTE, Marianela. Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras [en línea]. Caracas: Editor CAF – Banco de Desarrollo de América Latina., 2016 [fecha de consulta:04 de mayo de 2020].

ISBN: 9789804220562

GÓMEZ, Salvador. Análisis sísmico moderno. 1ª ed. México, D.F.: Editorial Trillas, 2007. 192 pp.

ISBN: 9789682473791

GRANADOS, Joel. Vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de 2 pisos en el sector de Año Nuevo distrito de Comas – 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo. 2018. 167 pp.

HERRERA, Marco. Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura - Perú: Universidad de Piura, 2018. 168 pp.

HERNANDEZ, Roberto y MENDOZA, Cristian. Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: MGRW – Hill, 2018.

ISBN: 978-1-4562-6096-5.

HUANCA, Jhessenia y MELÉNDEZ, Marianela. Análisis dinámico modal espectral de una edificación convencional y otra con aisladores sísmicos a nivel intermedio de la estructura en la ciudad de Tacna. Tesis (Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, 2016. 140 pp.

HUAPAYA, Raúl. Evaluación de los indicadores de comportamiento sísmico de edificios con sistema aporticado a través del método estático no lineal. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2017. 153 pp.

LIÑAN, Ricardo y CARRASCO, Darlin. Análisis sísmico comparativa entre los sistemas de concreto armado y con aislamiento sísmico en la base para un edificio

de 5 pisos. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada de Trujillo, 2015. 54 pp.

MARTE, Celio. Calibración de umbrales de daño para el análisis de fragilidad sísmica de estructuras de hormigón armado mediante análisis estático no lineal. Tesis (Ingeniero Civil). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2014. 154 pp.

MARTÍNEZ, Sandra. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Aplicación en la ciudad de Lorca, región de Murcia. Tesis (Ingeniería Topográfica y Cartográfica). Lorca: Universidad Politécnica de Madrid, 2014. 260 pp.

MELI, Roberto. Diseño estructural. 2ª ed. México, D.F.: Editorial Limusa, 2014. 596 pp.

ISBN: 9789681853914

MINISTERIO de fomento. Guía para el proyecto sísmico de puentes de carretera. 1ª ed. Ministerio de fomento: Dirección general de Carreteras, 2019. 363 pp.

ISBN: 161182539

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de edificaciones. E. 030 Diseño sismorresistente. Lima, Perú: Megabyte S.A.C, 2018.

ISBN: 9789588465500

ORILLO, Joseph. Riesgo sísmico del edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. 160 pp.

PASTORA, Alejandra y RÍOS, Marycelia. Análisis del efecto de aisladores sísmicos en la respuesta dinámica de un edificio aporticado de 4 niveles, según las condiciones de suelo de la zona noroeste de la ciudad de Managua, Nicaragua. Trabajo monográfico (Título de Ingeniero Civil). Managua – Nicaragua: Universidad Centroamericana, 2016. 148 pp.



POZO, Frank. Diseño sismorresistente de un edificio de departamentos con 6 niveles en Santiago de Surco. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2019. 91 pp.

QUIROZ, César. Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2016. 208 pp.

ROCHEL, Roberto. Análisis y diseño sísmico de edificios. 2ª ed. Medellín: Fondo Editorial Universidad Eafit, 2012. 200 pp.

ISBN: 9789587201178

RUÍZ, Rafael. Análisis y diseño estructural para la ejecución de edificios en el proyecto “clínica privada” del distrito de Los Olivos, Lima. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima – Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal, 2019. 122 pp.

TRUJILLO, Erick. Diseño integral de estructuras con sistema de aislación sísmica aplicado a un edificio de concreto armado. Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017. 252 pp.

VALCÁRCEL, Jairo. Análisis y gestión del riesgo sísmico de edificios y sistemas esenciales. Tesis (Ingeniero Civil). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2013. 329 pp.

VALERIO, Jacob. Análisis comparativo de un edificio fijo en la base vs un edificio aislado utilizando 4 tipos de aisladores sísmicos. Tesis de Máster (Ingeniería estructural y de la construcción). Barcelona – España: UPC BarcelonaTECH, 2015. 160 pp.

ZURITA, Lushing. Análisis comparativo entre una edificación de mediana altura diseñada con un sistema estructural convencional y con aisladores sísmicos. Tesis (Ingeniero Civil). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2014. 182 pp.

# **ANEXOS**

## ANEXO : MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TÍTULO: "Análisis comparativo del comportamiento sismorresistente entre una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020."					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</b> Comportamiento sismorresistente	Estudia el comportamiento de las edificaciones ante la acción sísmica e investiga los métodos de cálculo estructural, que garantizan su buen comportamiento y seguridad estructural ante los sismos. (Villarreal Castro, 2013, pág 3)	Esta variable será medida realizando el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes y el análisis dinámico	Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes	Periodos de vibración	Razón
				Cortante basal	
				Fuerza cortante	
			Análisis Dinámico Modal Espectral	Modos y periodos de vibración	
				Derivas	
				Aceleraciones	
Cortante basal					
<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b> Estructura convencional	Se rige por normas y códigos que garantizan requisitos de seguridad y eficiencia estructural, diseño, ejecución y supervisión a cargo de profesionales. (Pasquel Carbajal, 2010, pág 8)	Esta variable será medida aplicando las normas de edificación E.030 sismorresistente, E.060 concreto armado, E.020 cargas, software ETABS para el modelamiento de edificación y procesos	Criterios de estructuración	Cargas y parámetros de diseño	Razón
				Estructuración y dimensionamiento de elementos estructurales	
			Modelamiento estructural	Procedimiento de análisis	
				Análisis con base fija	
			Análisis sísmico según RNE E0.30	Resultados del análisis estático	
				Resultados del análisis dinámico Modal Espectral	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b> Estructura con aisladores elastoméricos	Es una herramienta de alta tecnología que protege una estructura de los efectos destructivos de un sismo. Lo hace separando la base de la edificación de la tierra. Así, los movimientos del suelo producidos por un terremoto o sismo, no afectan la estructura.. (Sánchez, 2015, pág 34)	Esta variable será medida modelando los aisladores sísmicos, utilizando el software ETABS, la norma ASCE 7 - 16, norma E 0.31 aislamiento sísmico y aplicando el sistema de aislación	Diseño de los aisladores elastoméricos	Cargas y parámetros de diseño	Razón
				Estructuración y dimensionamiento de elementos estructurales	
				Dimensionamiento de los aisladores elastoméricos	
			Modelamiento de la estructura con base aislada	Modelamiento de la estructura con aisladores (LRB)	
				Modelamiento de la estructura con aisladores (HDRB)	
			Análisis sísmico según RNE E0.30 y E0.31	Derivas máximas	
				Aceleraciones de piso	
				Cortante en el sistema de aislamiento (Vb)	
				Cortante basal en la superestructura (Vs)	

## ANEXO : MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "Análisis comparativo del comportamiento sismorresistente entre una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020."						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
¿Cuál será el resultado al evaluar el comportamiento sismorresistente de una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020?	Evaluar el comportamiento sismorresistente de una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020	Se obtiene el comportamiento sismorresistente de una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</b> Comportamiento sismorresistente	Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes	Periodos de vibración	Norma E.030 Diseño sismorresistente. Norma E. 060 Concreto armado Software ETABS Ficha de recolección de datos
					Cortante basal	
					Fuerza cortante	
				Análisis Dinámico Modal Espectral	Modos y periodos de vibración	
					Derivas	
					Aceleraciones	
Cortante basal						
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>				
¿Cómo será el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura convencional, Lima 2020 ?	Realizar el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura convencional, Lima - 2020	Se obtienen los resultados del análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura convencional, Lima - 2020	<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b> Estructura convencional	Criterios de estructuración	Cargas y parámetros de diseño	Norma E 0.60 Concreto armado. Norma E 0.20 Cargas
					Estructuración y dimensionamiento de elementos estructurales	
				Modelamiento estructural	Procedimiento de análisis	Software ETABS
					Análisis con base fija	
¿Cómo será el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura con aisladores elastoméricos, Lima - 2020 ?	Realizar el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura con aisladores elastoméricos, Lima - 2020	Se obtienen los resultados del análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes para una estructura con aisladores elastoméricos, Lima - 2020		Análisis sísmico según RNE E0.30	Resultados del análisis estático	Norma E.030 Diseño sismorresistente
					Resultados del análisis dinámico Modal Espectral	
¿Cómo será el análisis dinámico para una estructura convencional, Lima - 2020 ?	Realizar el análisis dinámico para una estructura convencional, Lima - 2020	Se obtienen los resultados del análisis dinámico para una estructura convencional, Lima - 2020	<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b> Estructura con aisladores elastoméricos	Diseño de los aisladores elastoméricos	Cargas y parámetros de diseño	*Software ETABS *Norma E 0.30 (Diseño sismorresistente) *Norma E 0.31 (Aislamiento sísmico) *Norma ASCE 7 - 16 Ficha de recolección de datos
					Estructuración y dimensionamiento de elementos estructurales	
Dimensionamiento de los aisladores elastoméricos						
Modelamiento de los aisladores elastoméricos	Modelamiento de la estructura con aisladores (LRB )					
	Modelamiento de la estructura con aisladores (HDRB)					
Aplicación del sistema de aislación	Derivas máximas					
	Aceleraciones de piso					
	Cortante en el sistema de aislamiento (Vb)					
	Cortante basal en la superestructura (Vs)					

## ANEXO : FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### PERIODOS:

CLASE	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADORES LRB	ESTRUCTURA CON AISLADORES HDRB
Modal 1	0.665 s	2.201 s	3.381 s
Modal 2	0.539 s	2.128 s	3.239 s
Modal 3	0.507 s	1.783 s	3.004 s

### CONTROL DE DERIVAS:

#### DERIVAS MÁXIMAS - ESTRUCTURA CONVENCIONAL

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 6	Deriva	Combination	Max	X	0.006831

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 3	Deriva	Combination	Max	Y	0.00675

#### DERIVAS MÁXIMAS - ESTRUCTURA BASE AISLADA – LRB

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 2	Deriva	Combination	Max	X	0.002512

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 2	Deriva	Combination	Max	Y	0.00623

#### DERIVAS MÁXIMAS - ESTRUCTURA BASE AISLADA – HDRB

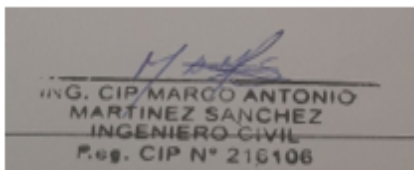
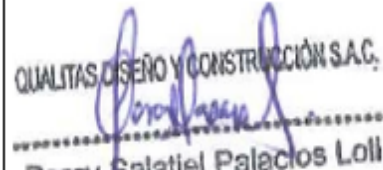
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 3	Deriva	Combination	Max	X	0.00212

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Piso 3	Deriva	Combination	Max	Y	0.00378

## RESUMEN GENERAL

MAX DRIFT	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	ESTRUCTURA CON AISLADORES LRB	ESTRUCTURA CON AISLADORES HDRB
EJE X	0.006831	0.002512	0.00234
EJE Y	0.006750	0.00623	0.00378

## FIRMAS:

 <p>ING. CIP/MARCO ANTONIO MARTINEZ SANCHEZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 216106</p>		 <p>QUALITAS DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN S.A.C. Percy Salatiel Palacios Loli</p>
Ing. Martínez Sánchez, Marco Antonio	Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio	Ing. Palacios Loli, Percy Salatiel

**ANEXO : CURSO DE ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS CON AISLAMIENTO DE BASE**



Certifica que:

**Ing. Wilson Salvatierra Chapoñan**

Ha participado como asistente al curso OnLine:

**ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS CON  
AISLAMIENTO DE BASE**

Con una duración de 18 horas académicas  
Del 03 al 19 de agosto del 2020. Lima, Perú.


**Ing. Hans Huamani Camargo**  
Profesor



CÓDIGO: 20200232

**Dra. Rubi Iñigo Garay**  
Coordinadora académica

## ANEXO 10: CERTIFICADO



**INFORMACIÓN CON FINES ACADÉMICOS**  
PLATAFORMA PARA MODELADO, CALIDAD Y DIMENSIONAMIENTO DE EDIFICIOS

Lima 12 de Noviembre del 2020

PARA: A quien corresponda


**ATENCIÓN:** Ing. Roger Contreras Dávila (Especialista y Asesor en Software de CSI CARIBE – ETABS, SAP 2000, SAFE, PERFROM 3D, CSI BRIDGE Y CSI COL).

Por medio de la presente, se hace Constar que el Tesista:

**WILSON SALVATIERRA CHAPOÑAN**

identificado con DNI: 70027922 Con TITULO: Análisis comparativo del comportamiento sismorresistente entre una estructura convencional versus otra con aisladores elastoméricos, Lima 2020.

Aplicó correctamente el uso del Software ETABS V.2018, verificando los análisis y diseño de acuerdo al RNE (E020 | E-030 2006 y E-030 2018 | E-060) y ASCE07-10.

  
MHR INGENIEROS S.A.C.  
"SE VOTAN SUABILIDADES"  
GRUPO EMPRESARIAL  
M.P. 20117

ROGER CRISTIAN CONTRERAS DAVILA  
RUC: 20605163930



# ANEXO 11: CERTIFICADO MANAGEMENT SYSTEM

DNV·GL

## MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATE

---

Certificate No: 29926-2008-AQ-USA-ANAB	Initial certification date: 26 June 2008	Valid: 05 August 2020 - 04 August 2023
---	---	---

This is to certify that the management system of

**CSI-Computers and Structures, Inc.**  
1646 North California Boulevard, Suite 600, Walnut Creek, CA, 94596, USA

has been found to conform to the Quality Management System standard:  
**ISO 9001:2015**

This certificate is valid for the following scope:  
**The Development, Support and Licensing of Software Tools for Structural and Earthquake Engineering.**

Place and date: Katy, TX, 21 July 2020	For the issuing office: DNV GL - Business Assurance 1400 Ravello Drive, Katy, TX, 77449-5164, USA
---	---

  
Lack of fulfillment of conditions as set out in the Certification Agreement may render this Certificate invalid.  
ACCREDITED UNIT: DNV GL Business Assurance USA, Inc., 1400 Ravello Drive, Katy, TX, 77449, USA TEL: +1 281-386-5300. www.dnvgl.com

  
ANAB ACCREDITED  
MANAGEMENT SYSTEMS  
CERTIFICATION BODY

  
MEMBER OF INTERNATIONAL  
FEDERATION OF  
ACCREDITED BODIES

---

**Sherif Mekkawy**  
Management Representative