



CONSTANCIA DE SIMILITUD DEL COORDINADOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Yo, Mag. Ricardo Jiménez Palacios en mi condición de coordinador de la unidad de investigación de la Escuela de Postgrado, acreditado por la Resolución de Postgrado Nro. 1604-2023-ESPG/UPT de la tesis titulada:

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR CON REFORZAMIENTO SÍSMICO MEDIANTE TRES TIPOS DE AISLADORES, JULIACA-2023, con asesor: Mtro. Edgar Hipólito Chaparro Quispe.

Presentada por el bachiller **TIPULA YANAPA, Carlos Gabriel** para optar el grado académico de **Maestro en Ingeniería Civil con mención en Estructuras**.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad de la producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través de la herramienta tecnológica TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es **20% (Veinte)**. Por lo que **HAGO CONSTAR LA SIMILITUD** de la Tesis está de acuerdo al nivel **ACEPTADO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio Institucional**.

Se emite la presente constancia con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del grado.



DNI: 44042790
Mag. Ricardo Jiménez Palacios
Coordinador de la Unidad de Investigación



TIPULA YANAPA, Carlos Gabriel

por Postgrado UPT

Fecha de entrega: 02-mar-2024 12:05p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2308635632

Nombre del archivo: Tesis.pdf (6.34M)

Total de palabras: 29537

Total de caracteres: 140016

INTRODUCCIÓN

En zonas geográficas propensas a la actividad sísmica, la seguridad y la resiliencia de las edificaciones son aspectos fundamentales para garantizar la protección de vidas humanas y minimizar los daños materiales, nuestro país se ubica en una zona sísmicamente activa, lo que hace que el estudio y la implementación de técnicas de reforzamiento estructural sean de crucial importancia. En este contexto, el presente trabajo se centra en un análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación multifamiliar, abordando específicamente la eficacia de tres variedades de aisladores sísmicos en la mejora de su respuesta ante sismos.

Se espera que este estudio proporcione información valiosa sobre la efectividad de los diferentes tipos de aisladores sísmicos en Edificaciones, los resultados podrían tener implicaciones significativas para futuros proyectos de construcción en zonas sísmicas similares, al ofrecer orientación sobre la selección y aplicación de técnicas de refuerzo sísmico adecuadas. Con la creciente necesidad de mejorar la resiliencia de las edificaciones ante desastres naturales, esta investigación contribuye al avance del conocimiento en ingeniería sísmica y al desarrollo de estructuras más seguras y confiables.

Actualmente se pueden identificar diversos tipos de aisladores de base, en dónde entre los más principales tenemos los Aisladores Elastoméricos, Aisladores Friccionantes de Péndulo Simple, Doble y Triple, Aisladores Deslizantes entre otros.

La presente Tesis se enfoca específicamente en la respuesta comparativa de los ² Aisladores con Núcleo de Plomo (LRB), Aislador de Péndulo de Fricción Doble (PFD) y Aislador de Péndulo de Fricción Triple (PFT) y la presente investigación se encuentra estructurado en 5 capítulos: 1) El Problema, 2) Marco Teórico, 3) Marco Metodológico, 4) Resultados y en la parte final las ³ Conclusiones y Recomendaciones.

Dónde en la Primera parte que es el planteamiento del problema en dónde se da a conocer la importancia de tener protección sísmica en nuestra edificación, y una

alternativa para que nuestra edificación tenga un mejor comportamiento es la aplicación de los Aisladores de base y se plantea el problema general y específicos, seguidamente se tienen las justificaciones, y luego se plantearon los objetivos de la investigación, seguidamente se tiene el Capítulo 2, en donde en la primera parte se mencionan los antecedentes a nivel Nacional y Antecedentes a nivel Internacional referidos a los Aisladores de base y su importancia y aplicación, luego se tiene ² las bases teóricas y definición de conceptos referidas al ² análisis comparativo de los tres tipos de Aisladores que son el Aislador LRB, PFD y PFT y los análisis que se realizaron que fueron el análisis estático, análisis dinámico modal espectral y el análisis tiempo historia, después en el Capítulo 3, se presenta la hipótesis, variables, tipo, nivel de investigación, así como también la Población y Muestra, el procedimiento y las técnicas e instrumentos a usar para poder efectuar adecuadamente la presente investigación, en el Cuarto Capítulo se presenta la descripción del trabajo de campo, el diseño de la presentación de resultados, luego se muestran los resultados obtenidos con cada diseño de cada aislador, seguidamente se realizó ³ una comparación de resultados, como también se realizó las discusiones ³ de resultados y finalmente en la quinta y última parte se muestran las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sismos que ocurrieron anteriormente en nuestro país, nos mostraron sucesos de grandes sismos destructivos que se dieron desde el pasado siglo, lo cual originó inmensas pérdidas humanas y pérdida material, en lo cual se busca aplicar tecnologías nuevas para poder evitar que ocurran estas pérdidas, como el del uso de aisladores en edificaciones, la parte sur del Perú, se encuentra localizada sobre el cinturón del pacífico, el cual está ubicado entre las placas de nazca y la sudamericana, el cual es vulnerable a los eventos sísmicos de magnitud baja y alta. (Arcaya Pancca, 2020)

EL territorio peruano es muy vulnerable a que pueda sufrir fenómenos naturales como desplazamientos de tierra o sismos, a pesar de esto, la autoconstrucción es una práctica muy continua, lo cual trae por consecuencia que la población que la practique esté dentro de un sector de muy alto riesgo. (Espinoza & LLamocca, 2019)

Según estima el Ministerio de Vivienda, casi el 70% de las edificaciones de todo el Perú son informales, lo cual indica que son construidas por el dueño de vivienda y la ayuda de un maestro de obra, por tal razón la edificación en la mayoría de veces presenta deficiencias, y como resultado se tiene edificaciones muy vulnerables a sismos. (Kuroiwa, 2016)

Los sismos severos, son grandes eventos naturales de liberación de energía que fue acumulada dentro de la tierra, la finalidad del aislamiento sísmico es que el movimiento del sismo sea absorbido por estos dispositivos de aislación sísmicas, y su principal característica es que su rigidez sea baja, se busca que la edificación sea resiliente, esto quiere decir que la edificación no sufra daños estructurales y que se mantenga operativa o en el caso más crítico que sea mínimamente el daño que sufra, para que con un monto menor de dinero recuperar la estabilidad de la vivienda. (Vidaurre, 2021)

La primera edificación en aplicar en el Perú los aisladores sísmicos fue la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, el cual está formado por 20 dispositivos de aislación sísmica, los cuales tienen la finalidad de disipar las cargas sísmicas y cumple con lo establecido en las normas E.030 Y E.031 del Reglamento Nacional de edificaciones. (Agencia Nacional de Noticias, 2012)

La protección de una edificación mediante aisladores en las edificaciones es fundamental para el comportamiento de las estructuras, sobre todo en países en desarrollo, el aislamiento de edificios implica añadir una capa flexible entre el suelo y la estructura para disminuir las fuerzas causadas por los movimientos sísmicos. (Korswagen et al., 2012)

La técnica de aislamiento sísmico en la base consiste en separar la estructura del edificio de los movimientos horizontales del suelo, mediante la inserción de elementos de baja rigidez horizontal entre la base y la estructura. Esto permite suavizar la respuesta ante los temblores, logrando una frecuencia fundamental inferior a la de una base rígida convencional. (Arcaya Pancca, 2020)

Los dispositivos de aislamiento sísmico son herramientas de seguridad implementadas en construcciones con el propósito de optimizar la reacción de la estructura durante terremotos. Estos dispositivos incrementan los intervalos temporales y ofrecen capacidad de absorción y disipación de energía. En naciones como Estados Unidos y Japón, se emplean con regularidad estos dispositivos en edificios, con el fin de prevenir deterioros en la integridad estructural. (Herrera, 2018)

3 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Interrogante principal

¿Qué tipo de aislador entre núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional genera un mejor comportamiento estructural sujetos a especificaciones normadas en una edificación multifamiliar, Juliaca-2023?

1.2.2 Interrogantes secundarias

- ¿Cómo será el análisis estático para una edificación multifamiliar aplicando aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca - 2023?
- ¿Cómo será el análisis modal espectral para una edificación multifamiliar aplicando aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca - 2023?
- ¿Cómo será el análisis tiempo - historia para una edificación multifamiliar aplicando aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca - 2023?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Desde el punto de vista práctico, en la investigación presente se examinará la importancia de implementar reforzamientos en edificaciones, como el aislador con núcleo de plomo, el aislador de doble péndulo friccional y el aislador de triple péndulo friccional en edificaciones de apturcadas de concreto armado que albergan un amplia multitud de individuos, de tal forma salvaguardar las vidas de los ocupantes en caso de un movimiento sísmico repentino. Desde una perspectiva práctica, se analizará y demostrará la relevancia de dichos reforzos que en la tesis presente son los tres tipos de Aisladores.

Desde el punto de vista teórico, el presente estudio se realizará con la finalidad de generar una contribución de conocimiento en relación con la técnica de aislamiento sísmico en estructuras de edificios con sistemas de concreto armado, permitiéndonos comprender cómo estos elementos contribuyen en la disipación de energía durante un evento sísmico.

En términos metodológicos, la elaboración de aisladores y la ejecución de evaluaciones sísmicas mediante el uso del programa Etabs, posibilitarán confirmar el cumplimiento de las directrices establecidas en las normativas E.030, E.031 y ASCE 7-16, con el propósito de compartir la técnica empleada.

Desde el punto de vista social, se desarrollará con la finalidad informar a aquellos individuos interesados en fortalecer sus edificaciones, con el fin de evitar la necesidad de demoler dichas construcciones. De esta forma, se les proporcionarán múltiples alternativas para aplicar mejoras estructurales en sus hogares, asegurando tanto su seguridad personal como la preservación de la infraestructura con daños reducidos.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Evaluar y comparar los comportamientos estructurales entre aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional sujetos a especificaciones normadas en una edificación multifamiliar, Juliaca-2023

1.4.2 Objetivos específicos

- Efectuar el análisis estático para una edificación multifamiliar aplicando aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca – 2023.
- Efectuar el análisis modal espectral para una edificación multifamiliar aplicando aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca – 2023.
- Efectuar el análisis tiempo - historia para una edificación multifamiliar aplicando aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca – 2023.

3 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se buscó varias investigaciones previas relacionadas a Aisladores, con el fin de lograr el avance que se pretende en la presente investigación, por lo cual en el ámbito internacional tenemos a:

Aguiar et al. (2014), en el presente artículo académico muestran el marco teórico respecto a como diseñar los aisladores de Péndulo Friccional de generación 1 y 2, y también sobre los aisladores sísmicos con núcleo de plomo, entonces analizaron asientos de apoyo de Simple Péndulo friccional y apoyo elastomérico, como metodología utilizaron el programa Matlab y como conclusiones indican que los aisladores sísmicos con Simple Péndulo friccional y elastoméricos son una opción eficiente en estructuras situadas en zona con alta peligrosidad sísmica.

Villavicencio (2015), la presente tesis de maestría en estructuras consideró como objetivo realizar la comparación técnica entre los aisladores de fricción y elastoméricos en suelos diferentes, como metodología aplicó dos aisladores los cuales son el Aislador Simple Péndulo friccional y el Aislador elastoméricos con núcleo de plomo, el análisis estructural se realizó en dos edificaciones de diez niveles, simétricos en planta y elevación, el primero aporticado y el segundo con muros de corte, como resultados se tuvo que en la edificación aporticada con el aislador con núcleo de plomo se obtuvo una reducción máxima del 62.58 % y con el aislador péndulo de fricción hubo una reducción de 58.98 % y en el edificio con muro de corte se obtuvo una reducción máxima de 66.22 %, y con el aislador péndulo de fricción hubo una reducción de 50.83 %, el que mejor respuesta presenta ante eventos sísmicos es el aislador LRB, tanto para edificaciones con muros de corte como aporticados.

Reveco & Silva (2015), la presente tesis consideró como objetivo analizar las ventajas técnicas que brinda el uso de la aislación sísmica basal elastomérico en una edificación de 13 niveles, como metodología utilizó el uso de aisladores de goma con núcleo de plomo (LRB) en la base, estos fueron diseñados de acuerdo a normas constitutivas, para la realizar la comparación se consideró usar el análisis modal y un

análisis dinámico tiempo historia, en los resultados se tiene que se logró reducir un 52.45 % de los desplazamientos de entrepiso en la estructura con aislador con núcleo de plomo respecto a la convencional, y en el corte por piso se logró una reducción del 70.45 %, lo que indica las ventajas estructurales al usar el aislador LRB, finalmente en los resultados del análisis tiempo historia del terremoto de Antofagasta de 1995 se tuvo una reducción del 93 % en desplazamientos y 87.5 % de aceleraciones por nivel.

Merino (2019), su tesis planteó como propósito realizar el análisis de cómo las estructuras responden en diferentes situaciones, que en esta tesis las situaciones fueron de una edificación convencional frente a una con reforzamiento de aislador sísmico con núcleo de plomo, como metodología utilizó el análisis estático y dinámico de modo espectral en una edificación de siete niveles con 3 sótanos usando la norma Ecuatoriana de Construcción NEC – 15, usando un aislador en donde las dimensiones se obtuvieron usando las cargas mínimas y máximas de acuerdo a las recomendaciones de la norma, en los resultados se tuvo que se redujeron las distorsiones de entrepiso máximas en el eje X se redujeron de 0.0131 a 0.0109 y en el eje Y de 0.0131 a 0.0124, en conclusión indica que la estructura con aislador con núcleo de plomo LRB garantiza un mejor comportamiento de la edificación porque disminuye daños estructurales y no estructurales.

Chiriboga (2013), quien en su investigación plantea por objetivo es llevar a cabo el análisis y diseño de un edificio, tanto con aisladores sísmicos como sin ellos en el Edificio Bloque de Hospitalización "D" DEL Hospital Provincial de Ambato, usó como metodología los análisis estático y dinámico y los aisladores que empleó fueron los elastoméricos y de péndulo friccional, según los resultados, se destaca que el sistema de aisladores mixtos, combinando los aisladores HDR y LRB, fue el que ofreció el mejor rendimiento. Esta combinación logró niveles significativos de protección sísmica tanto para la estructura del edificio como para los elementos no estructurales y respecto a la parte económica el costo es bastante competitivo, y mejorando estos diseños a largo plazo podría disminuir los costos, y concluyen que los aisladores sísmicos en la base mejoran el comportamiento estructural de la edificación.

En los antecedentes nacionales se tiene los siguientes:

Angulo & Escobedo (2020), el propósito que tuvieron fue llevar a cabo el análisis sísmico del edificio SKY UP empleando tanto disipadores como aisladores. Para lograrlo, adoptaron un enfoque metodológico que incluyó análisis estáticos, así como análisis dinámicos en los modos espectrales y tiempo historia. Este proceso permitió establecer una comparación entre los resultados obtenidos con y sin el reforzamiento. Los resultados de los análisis efectuados en la estructura con el reforzamiento de aisladores evidenciaron una reducción del desplazamiento máximo del edificio en un 53,29 % en comparación con la situación sin reforzamiento.

Maquera (2019), consideró como propósito el realizar el comportamiento sísmico del Hospital ubicado en Tacna y se denomina "Hipólito Unanue", en donde en el análisis consideró a la estructura sin aisladores y con aisladores de Péndulo de Fricción Triple, como metodología empleó el análisis de modo espectral y el análisis tiempo historia, y como resultados obtuvieron que entre los resultados máximos de la Edificación sin reforzamiento respecto a las derivas fueron de 0.0054 y 0.0082 en los ejes X y Y respectivamente y aplicando el Aislador Péndulo Friccional Triple estos bajaron a 0.0005 y a 0.0006 lo que nos indica una reducción de derivas del 90.74% y de 92.68 % en los ejes X y Y respectivamente en las distorsiones de entrepiso, los cuales cumplen con la Norma E030 y concluyó que la Edificación que muestra un mejor comportamiento estructural fue con el Aislador Péndulo Friccional Triple.

Vidaurre (2021), consideró como objetivo realizar el análisis sísmico de una edificación de ocho niveles con y sin aisladores sísmicos en Lince – Lima, como metodología utilizaron los análisis estático, dinámico y tiempo historia usando dos tipos de aisladores que son los de núcleo de plomo y doble péndulo friccional, como resultado indica que con los aisladores de núcleo de plomo se obtuvo una reducción de derivas del 50.16 % y con la de doble péndulo friccional obtuvo una reducción de 37.67 %, habiendo una variación de 12.54 % entre estos dos tipos de aislador y llegando a la conclusión que con el aislador de núcleo de plomo se obtuvo una mejor reducción.

E. Garcia (2021), consideró como objetivo hallar la respuesta sísmica de una edificación multifamiliar aplicando aisladores elastoméricos, como metodología empezó a realizar el modelamiento convencional con base fija y seguidamente utilizó dos tipos de aisladores elastoméricos que fueron los aisladores elastoméricos de núcleo de plomo (LRB) y de alto amortiguamiento (HDR), como resultado indica que ambos aisladores reducen en gran medida el porcentaje de derivas, en derivas se redujo un 86 % y respecto a la cortante basal se tuvo una reducción del 82%, concluye que con un reforzamiento de aisladores se disminuye en gran medida las derivas generando así que en la edificación el daño sea menor.

Ruiz (2017), en su tesis planteó como objetivo obtener la respuesta sísmica y el análisis estructural en edificios con aisladores sísmicos de un edificio hospitalario de cuatro niveles, la metodología usada fue realizar el análisis de fuerzas equivalentes, análisis dinámico espectral y tiempo historia no lineal, aplicando la normal ASCE 7-10 y FEMA 750, según el análisis de fuerzas equivalentes, la deriva máxima de entrepiso del edificio con aislador de péndulo de fricción doble en el análisis dinámico modal fue de 1.6 % y en el análisis tiempo historia no lineal fue de 2.4 %, y respecto al aislador de péndulo de fricción triple se obtuvo que en el análisis dinámico modal fue de 1.6 % y en el de tiempo historia no lineal fue de 2.0 %, según estos resultados ambas edificaciones cumplen con los requisitos de funcionalidad continua, respecto a los valores de la reducción de fuerza cortante en la del aislador de fricción doble fue de 9.9 % y en la de fricción triple fue de 8.8 %.

Quispe y Quispe (2021), tuvo como objetivo comparar técnica y económicamente un edificio de siete niveles implementando aisladores con núcleo de plomo (LRB) y aislador de péndulo de fricción simple (FPS), como metodología se utilizó los análisis estático, análisis dinámico modal espectral y análisis tiempo historia en donde como resultados se obtuvieron que respecto a las derivas máximas en el eje X esta se encontró en el tercer piso, en dónde la deriva sin reforzamiento, con aislador LRB y aislador FPS fueron de 0.0063, 0.0024 y 0.0026 respectivamente y en el Y la deriva sin reforzamiento, con aislador LRB y aislador FPS fueron de 0.0058, 0.0031 y 0.0032 respectivamente, se llegó a la conclusión que la reducción de las derivas con estos dos tipos de aisladores son

casi similares, Y la reacción ante movimientos sísmicos del sistema que utiliza **aisladores con núcleo de plomo y péndulo simple** es **más** favorable en comparación con el sistema soportado rígidamente, debido a que logra disminuir a la mitad las inclinaciones laterales de la estructura y mantiene las aceleraciones entre pisos por debajo del valor de 0.5.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Comportamiento sísmico

El comportamiento sísmico es una característica fundamental de las estructuras, y los movimientos horizontales son los que provocan la mayoría de los daños en estos eventos. Por lo tanto, las edificaciones deben ser diseñadas para soportar la máxima aceleración horizontal y mejorar su respuesta sísmica. Estos conceptos son fundamentales para el diseño de estructuras sismorresistentes que puedan salvaguardar las vidas de las personas y sus pertenencias materiales en caso de sismo, últimamente se realizaron varios estudios de investigación sobre el comportamiento estructural de las edificaciones en zonas de alta sismicidad. Para mejorar la capacidad sismorresistente de estas estructuras, se han propuesto soluciones basadas en criterios de redundancia estructural y ductilidad que permiten reducir significativamente las fuerzas generadas por un terremoto severo. (Tapia, 2020)

2.2.2. Comportamientos sísmicos de estructuras aporticadas

El sistema de pórtico en una estructura es encargado de resistir las cargas laterales mediante las deformaciones de flexión de elementos en caso de edificaciones aporticadas son las vigas y columnas, por tanto, respecto a la resistencia y rigidez a cargas laterales, estas cargas pueden ser relativamente bajas a menos que los elementos posean un área de sección transversal gruesa. En términos generales, las estructuras con sistemas de pórticos presentan una alta flexibilidad y plantean un desafío crítico en cuanto a la gestión de los desplazamientos laterales, con el objetivo de mantenerlos dentro de los límites establecidos por las regulaciones vigentes. (Cotrado, 2021)

2.2.3. Análisis estructural sísmico

En el caso de edificaciones regulares puede realizarse de manera independiente el análisis en direcciones ortogonales (**fuerza sísmica en eje X y en Y**). En una estructura

irregular, se estima que ⁸ la fuerza sísmica actúa en la dirección que cause el mayor perjuicio para el diseño de la misma. En este caso, las orientaciones que resultan en las mayores deformaciones globales, tales como giros o derivas, y las orientaciones que generan la mayor demanda de fuerzas internas para cada componente o eje sismorresistente son las que deben ser consideradas para su diseño. Esta consideración es crucial para garantizar la sismorresistencia de las estructuras irregulares y es necesaria para cumplir con los estándares de seguridad vigentes. (RNE E-030 Diseño sismorresistente, 2019)

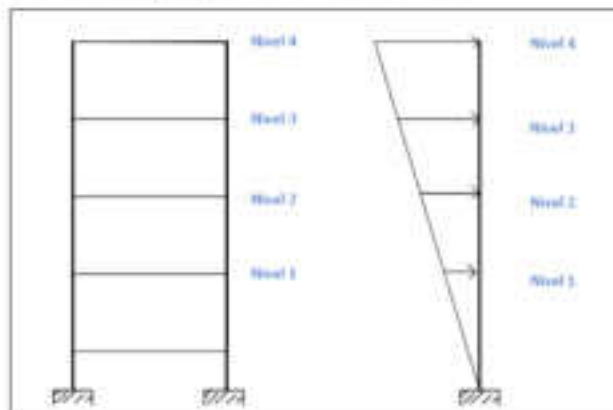
2.2.4. Análisis estático o de fuerzas equivalentes

El análisis sísmico estático implica la ²⁰ reducción de las fuerzas sísmicas a una serie de fuerzas estáticas equivalentes aplicados a la estructura completa, como se muestra en la figura 1.

Para llevar a cabo este tipo de análisis, se utiliza un solo conjunto de fuerzas aplicadas de manera estática en la estructura. Aunque es posible analizar un edificio en dos o tres dimensiones, este tipo de análisis se refiere a un método estático y único para la evaluación de la estructura. (Pique del Pozo & Scaletti Farina, 1991)

Figura 1.

Aplicación de fuerzas laterales distribuidas



Nota: Fuente Elaboración propia

La fuerza cortante en la base se calcula usando la ecuación mostrada a continuación:

$$V = \frac{(Z * U + C * S)}{R} * P$$

4
Dónde:

V: Fuerza cortante de la base

Z: Coeficiente de zonificación

U: Coeficiente de uso

C: Amplificación sísmica

S: Coeficiente de suelo

R: Coeficiente de reducción

P: Peso sísmico de la edificación

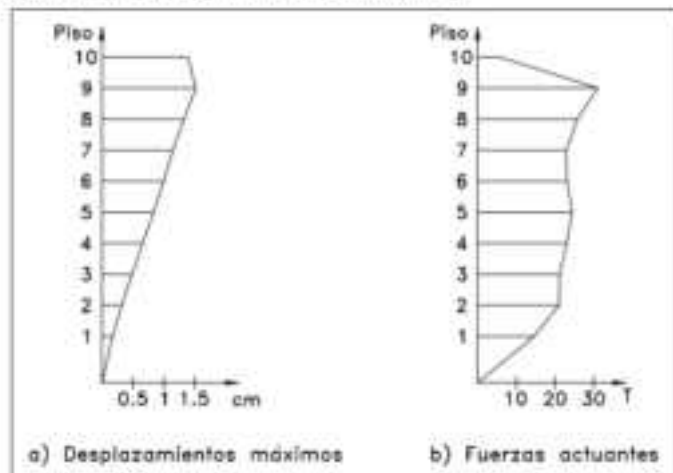
3
2.2.5. Análisis dinámico modal espectral

El análisis espectral representa una táctica contemporánea en el diseño sísmico, que toma en cuenta las características en movimiento de una edificación al calcular las cargas sísmicas y examinar los efectos específicos que se busquen identificar. (Flores, 2023)

Hasta la década de 1980, la aplicación de este tipo de análisis se veía limitada debido a la complejidad de los cálculos, la obligación de emplear maquinaria para procesar y los procedimientos necesarios para identificar las características dinámicas de la estructura, junto con las labores adicionales para determinar y fusionar los efectos modales. Sin embargo, con la disponibilidad y capacidad de las computadoras personales modernas, el análisis dinámico se ha convertido en la herramienta más adecuada para calcular las fuerzas sísmicas en edificios de gran altura, ya que los métodos estáticos equivalentes resultan excesivamente conservadores. En situaciones como estas, la manera en que se distribuyen las fuerzas máximas a lo largo de la altura del edificio difiere considerablemente de la distribución triangular que se supone en los códigos. (Pique del Pozo & Scaletti Farina, 1991)

7
En el análisis modal espectral, la evaluación de los efectos producidos por la superposición de todos los modos de vibración solamente puede realizarse de manera aproximada combinando las respuestas o participaciones modales y no mediante la superposición de dichos modos. Este enfoque permite determinar la respuesta global de la estructura ante las sollicitaciones sísmicas y proporciona resultados precisos al tener en cuenta las diferentes fases de vibración en la estructura. (Flores, 2023)

Figura 2.
Aplicación de fuerzas laterales distribuidas



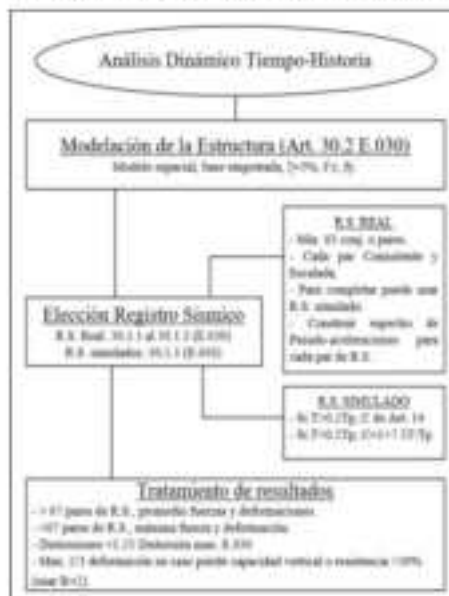
Nota: Fuente (Pique del Pozo & Scaletti Farina, 1991)

Según se puede observar en la figura presentada, los desplazamientos máximos de cada piso muestran configuraciones que no se ajustan a las simplificaciones establecidas en la hipótesis del análisis estático equivalente. Además, cuando las características de la estructura inducen la participación de modos adicionales junto con el modo fundamental en la respuesta, existe el riesgo de subestimar significativamente los efectos locales en los pisos más bajos y más altos. Actualmente, existen procedimientos de análisis sísmico ampliamente utilizados que ofrecen una mayor precisión en este tipo de análisis. Como resultado, en la actualidad, con la facilidad de realizar este tipo de análisis, carece de sentido continuar utilizando procedimientos estáticos equivalentes. (Pique del Pozo & Scaletti Farina, 1991)

2.2.6. Análisis tiempo historia

En el análisis de tiempo historia, se utilizan registros sísmicos representativos del lugar donde se construirá el edificio, los cuales deben ser compatibles con el espectro de diseño propuesto por la norma. Es necesario que el espectro de cada registro sea compatible con el espectro de diseño para poder realizar el análisis correctamente. Durante este proceso, se somete al edificio al registro sísmico para evaluar su comportamiento ante un sismo. (Flores, 2023)

Figura 3.
Secuencia del cálculo del análisis tiempo - historia



Nota: Fuente (Flores, 2023)

El análisis tiempo-historia de la norma no considera sismos frecuentes, sino que se enfoca en sismos raros con un periodo de retorno de 500 años. Para poder expresar los resultados del análisis en el caso de sismos frecuentes, es necesario hacer una escala del sismo. (Quispe, 2021)

2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

2.3.1. Diseño Sismo resistente

El diseño sismo resistente es capaz de resistir cargas sísmicas y su desempeño es aceptable. Se basa en la resistencia lateral y puede absorber la energía de manera estable durante muchos ciclos. La disipación de energía ocurre en las zonas donde se encuentran elementos estructurales, como vigas y columnas, con rótulas plásticas dúctiles, las cuales también están sometidas a cargas gravitatorias. Las áreas plásticas que concentran los daños son conocidas como pórticos de gravedad. (Angulo & Escobedo, 2020)

El propósito de la norma E030 es fijar los requisitos mínimos para diseñar las edificaciones de manera resistente a los terremotos. También establece que en casos donde no existan normas nacionales específicas para estructuras que se comporten de

manera diferente a ² una edificación, se deben usar los valores Z y S de esta norma aumentados según la importancia de la estructura, siguiendo prácticas internacionales. (RNE E-030 Diseño sismorresistente, 2019)

2.3.2. Sismo

Se hace referencia a la liberación de ²⁰ una considerable cantidad de energía que se propaga en forma de ondas en el subsuelo terrestre. Una vez que estas ondas alcanzan la superficie terrestre, son registradas por las estaciones sísmicas y también son perceptibles para la población. Las estructuras son las más susceptibles a ser afectadas por estas ondas. (Tavera, 2012)

2.3.3. Deriva de entrepiso

Es el desplazamiento horizontal entre dos puntos y esto se da entre dos niveles que son consecutivos en algún tipo de edificación. (Cordova & Merino, 2022)

2.3.4. Amplitud

La máxima altura que alcanza la onda sísmica identificada en un registro o sismograma es conocida como la amplitud máxima. Esta amplitud es una señal que está directamente relacionada ⁸ con la cantidad de energía liberada durante el terremoto, lo que permite calcular su magnitud. (Tavera, 2012)

2.3.5. ² Periodo objetivo

Es el tiempo estimado que se requiere para ² que la estructura aislada disminuya las fuerzas que afectan a la superestructura. (Quispe, 2021)

2.3.6. Onda

Una onda es un desplazamiento que se propaga desde su punto de origen en un medio hasta que se debilita y se dispersa. A diferencia de otras formas de ondas, como las electromagnéticas, las ondas requieren de un medio elástico que se deforme y recupere su forma en respuesta a la vibración de la onda. En el ámbito de la sismología, estas ondas se conocen como ondas sísmicas y su período puede variar según su propagación y la naturaleza de los materiales que atraviesan. (Tavera, 2012)

2.3.7. Espectro de diseño

Los reglamentos relacionados con el diseño sismorresistente emplean los espectros de diseño, debido a que estos únicamente representan el impacto de un único registro de aceleración. Los espectros de diseño se definen por la amenaza sísmica inherente a una región específica y se representan mediante gráficas que presentan curvas suavizadas. Estas curvas difieren de manera significativa de las curvas exhibidas por los espectros de respuesta. (Crisafulli, 2018)

2.3.8. Fuerzas sísmicas

Se aplica una fuerza horizontal en el punto donde se concentra el peso de una estructura, para compensar las fuerzas horizontales generadas por las partes que la conforman, debido a sus diferentes masas. (Quispe, 2021)

2.3.9. Fuerza cortante basal

La fuerza lateral total en una edificación es la suma de las fuerzas cortantes acumuladas en cada piso, las cuales son la consecuencia de las fuerzas inerciales generadas por la estructura. (Cordova & Merino, 2022)

2.3.10. Aceleración espectral

Cada dirección de análisis horizontal es evaluada mediante la utilización de un espectro inelástico de pseudo-aceleración, el cual está definido por la fórmula proporcionada. Por otro lado, en la dirección vertical se emplea un espectro compuesto por los dos tercios de los valores del espectro horizontal. Una respuesta espectral se refiere a un diagrama que representa la máxima respuesta de un oscilador unidimensional en función de su período, cuando se somete a un registro sísmico particular. (RNE E-030 Diseño sismorresistente, 2019)

2.3.11. Registro de aceleración

Se deben utilizar al menos tres registros de aceleraciones en las dos direcciones ortogonales de análisis, norte-sur y este-oeste. Estas aceleraciones se obtienen a partir de eventos sísmicos cuya magnitud, distancia del epicentro y mecanismo se consideran como sismos máximos. En situaciones en las que no haya registros apropiados, lo más

recomendable es utilizar registros sísmicos sintéticos para cumplir con el mínimo recomendado por la normativa. (RNE E-030 Diseño sismorresistente, 2019)

2.3.12. Magnitud de los sismos

La introducción de la escala de Richter en 1935 ha tenido un rol esencial en la evaluación de la magnitud de los terremotos, al cuantificar la energía liberada durante los eventos sísmicos. Esta escala no sigue una progresión lineal, lo que implica que un aumento de un grado en ella puede indicar una liberación de energía significativamente mayor que en el grado anterior. Esta característica no lineal se debe a la naturaleza exponencial con que las ondas sísmicas se propagan y los movimientos telúricos se registran. Por ejemplo, un incremento de un grado en la escala puede conllevar a una liberación de energía hasta quince veces mayor que en el grado inmediatamente inferior. En la tabla siguiente se detalla la escala de Richter, donde se relacionan los grados específicos de energía liberada y sus correspondientes descripciones cualitativas de los impactos del terremoto. Esta escala ha sido complementada por enfoques más modernos y precisos, como la escala de magnitud de momento, que brindan una evaluación más integral de la energía liberada y los efectos de los terremotos. (Trujillo P et al., 2010)

²⁴
Tabla I
Escala de Richter

Magnitud de Escala de Richter	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no es percibido, pero es lecturado
3.5 a 5.4	Frecuentemente, se experimenta una sensación perceptible, pero sólo causa daños menores
5.5 a 6.0	Provoca daños menores en las estructuras de los edificios.
6.1 a 6.9	Tiene el potencial de provocar daños significativos en zonas densamente pobladas.
7.0 a 7.9	Un terremoto de gran magnitud. Provoca daños severos.
8 a mayor	Un terremoto de gran magnitud que resulta en la completa destrucción de comunidades cercanas.

Nota :Fuente (Trujillo P et al., 2010)

La escala de Mercalli, una herramienta ampliamente utilizada para evaluar la intensidad de los terremotos, fue concebida por el especialista en sismos Giuseppe Mercalli en el año 1902, luego, en 1931, fue revisada y mejorada por otros especialistas en sismología. A diferencia de la escala Richter, que se basa en registros sismográficos, la escala de Mercalli se centra en los efectos producidos por el terremoto, como los daños en las estructuras y las sensaciones percibidas por las personas. Esta escala consta de doce niveles, representados con números romanos, que van desde el nivel I, indicando una "Sacudida percibida por muy pocas personas", hasta el nivel XII, que indica una "Destrucción total, ondas visibles en el terreno, alteración en el nivel de ríos, lagos y mares, y objetos arrojados hacia arriba en el aire" (Trujillo P et al., 2010)

2.3.13. Centro de masa

El centro de masa se define como el punto en un sistema donde se concentra toda la masa de los objetos que lo componen. Además, puede ser conceptualizado como el centro geométrico del sistema. El punto en el cual la suma total de las fuerzas gravitatorias generadas por todos los cuerpos se cancelan. (Villafuerte, 2020)

2.3.14. Centro de rigidez

El punto central de los elementos verticales de la estructura es el encargado de soportar las fuerzas laterales, y cuando estas fuerzas son aplicadas, la estructura experimenta desplazamiento, pero no rotación. Este punto se refiere al centro geométrico de la rigidez de los elementos estructurales de un piso específico, particularmente en el nivel del entrepiso. Cuando se ejerce una fuerza de corte sobre el nivel, este experimentará un desplazamiento sin rotación en relación a los niveles inferiores. (Villafuerte, 2020)

2.3.15. Norma E.031 Aislamiento sísmico

La Norma Técnica vigente establece los requisitos mínimos obligatorios que deben ser cumplidos en el diseño y construcción de edificios que cuenten con sistemas de aislamiento sísmico. Además, dicha norma también regula el proceso de ensayo necesario para verificar el comportamiento de estos dispositivos utilizados en el aislamiento sísmico. (RNE E-031 Aislamiento sísmico. Diario El Peruano, 2019)

La finalidad de esta norma es mejorar la resistencia sísmica de los edificios, asegurar la integridad estructural y el contenido, y fomentar su operatividad continua. En todo el

territorio nacional, la Norma Técnica debe ser aplicada en todos los edificios con Aisladores, y también considerando aquellos establecidos ⁵ en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones. (RNE E-031 Aislamiento sísmico. Diario El Peruano, 2019)

⁶ 2.3.16. Sistema de Protección Sísmica

Los sistemas de protección sísmica son beneficiosos tanto para puentes como para edificios. En el caso de los puentes, se emplean tecnologías que permiten aislar, amortiguar y monitorear los movimientos del puente. En el caso de los edificios, estos sistemas brindan seguridad en todo tipo de construcciones, incluso durante los terremotos más severos. Actualmente, existen diferentes tipos de sistemas de protección sísmica, que van desde diseños simples hasta sistemas automatizados avanzados. Estos sistemas se clasifican en cuatro categorías: sistemas activos, sistemas semiactivos, sistemas pasivos y sistemas híbridos. (Quispe, 2021)

2.3.17. Reforzamiento estructural

El proceso de reforzamiento de estructuras implica aumentar ²⁶ la capacidad de los elementos estructurales y, por lo tanto, la capacidad de la estructura en su totalidad. Este aumento de capacidad es necesario cuando se presenta alguna deficiencia de la estructura debido a las nuevas solicitudes de demanda, como el viento o los terremotos. El objetivo del reforzamiento es mejorar el comportamiento de la estructura a través de la adición de elementos que reduzcan la demanda sísmica y aumenten la capacidad original. (Proaño, 2014)

2.3.18. Amortiguamiento

Es una característica estructural que influye en las respuestas sísmicas de una edificación, la cual está afectada por su construcción interna, incluyendo la fricción entre sus elementos, los apoyos y la presencia de elementos no estructurales. (Quispe, 2021)

2.3.19. Espectro de respuesta

Una representación gráfica que exhibe la respuesta más intensa resultante de una acción dinámica particular en una estructura o en un oscilador con una única dirección de movimiento. En esta representación visual, se captura de manera destacada el punto donde la estructura experimenta la mayor amplitud de vibración debido a la influencia de una fuerza dinámica específica. (Quispe, 2021)

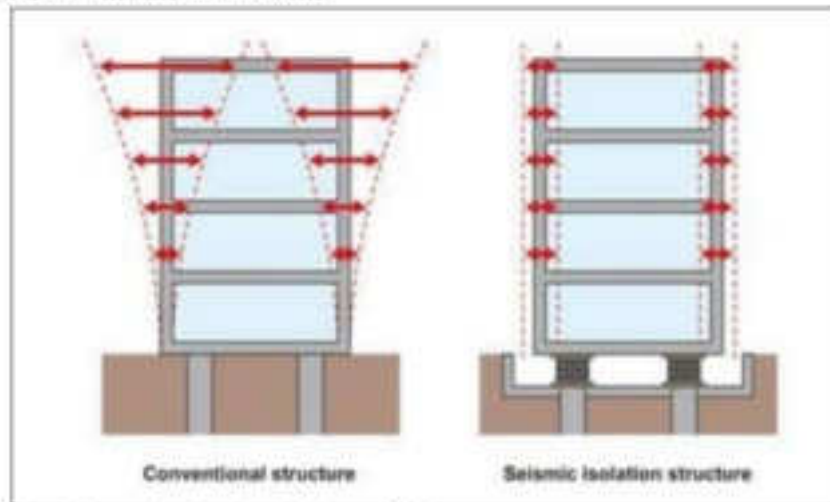
2.3.20. Disipación de energía

Los edificios convencionales tienen limitaciones en la forma en que pueden disipar la energía sísmica debido a las deformaciones elásticas generadas por los materiales de la estructura. Para mejorar la respuesta sísmica, se han ideado aisladores que se deforman transversalmente durante el movimiento oscilatorio del sismo, disipando una gran cantidad de energía a través de varios ciclos de histéresis en un rango inelástico. El amortiguamiento efectivo se refiere al porcentaje de la energía que se disipa y al desplazamiento relativo a ella, y se utiliza un coeficiente de reducción para la aceleración espectral en el diseño práctico. (Quispe, 2021)

2.3.21. Aisladores sísmicos

En los Estados Unidos y Nueva Zelanda, el aislamiento sísmico se considera actualmente como un método aceptado para fortalecer puentes y edificaciones de altura media y baja. Este sistema de aislamiento implica la colocación de una capa flexible entre la estructura y la cimentación, y esto genera que se incremente el periodo fundamental de la edificación y la hace menos vulnerable a la resonancia con la excitación sísmica. El tipo de capa flexible más comúnmente utilizado en este sistema son los cojinetes elastoméricos, los cuales soportan las cargas en el sentido vertical de la edificación y son flexibles en el movimiento horizontal pero rígidos en el desplazamiento vertical. Es importante tener en cuenta que este sistema no protege contra la acción del viento y es no recomendable para muy altos edificios ni para terrenos blandos. Sin embargo, puede ser utilizado de manera efectiva en la rehabilitación de estructuras existentes, especialmente en edificios históricos y de valor patrimonial. (A. García & Quiroz, 2019)

Figura 4.
Edificación con y sin aislador.



Nota: Fuente (A. García & Quiroz, 2019)

Se recurre a dispositivos amortiguadores adicionales con el objetivo de reducir la sensibilidad del sistema ante las frecuencias vibratorias del suelo y su susceptibilidad frente a pulsos prolongados que surgen en registros cercanos al epicentro de un terremoto. La firmeza inicial otorgada por estos amortiguadores desempeña un papel en el control de las vibraciones menores y en la mejora del confort para los usuarios. Además, es viable emplear tanto aisladores flexibles como mecanismos de fricción para transmitir las cargas verticales hacia la base de la estructura. Por lo tanto, es esencial gestionar la firmeza y la resistencia vertical de estos componentes a fin de prevenir el colapso de la edificación.

Los aisladores elastoméricos y los de caucho natural se componen de laminados compuestos que se adhieren entre sí, presentando la capacidad necesaria para soportar cargas verticales y confinar el núcleo de plomo. Estos aisladores deben presentar características como firmeza vertical elevada, flexibilidad horizontal, resistencia torsional, durabilidad, capacidad de resistir cambios de temperatura y fuerzas cortantes. Estas propiedades deben ser validadas en laboratorio antes de su implementación en una estructura. (Oviedo & Duque, 2007)

Figura 5.
Aislador de caucho natural



Nota Fuente (Oviedo & Duque, 2007)

Mediante la utilización de dispositivos tales como aisladores flexibles y dispositivos de fricción deslizante, en conjunto con amortiguadores, se obtiene una reducción parcial de la energía sísmica antes de su transmisión a la superestructura. La función de los aisladores que actúan como elementos flexibles es que operan dentro del rango elástico y su propósito es extender el período de vibración de la estructura para disminuir la energía, mientras que los aisladores de fricción lo hacen minimizando la energía mediante el deslizamiento entre el edificio y los cimientos. Ambos tipos de dispositivos operan como sistemas de transmisión de cargas verticales hacia cimentación. Por lo tanto, es esencial controlar la rigidez y la resistencia vertical de la estructura para evitar posibles colapsos. (A. García & Quiroz, 2019)

Los requisitos que deben ser satisfechos por los aisladores sísmicos son los siguientes:

- Capacidad de deformarse horizontalmente
- Elevada resistencia vertical
- Longevidad
- Capacidad de soportar fuerzas cortantes
- Capacidad de resistir variaciones abruptas de temperatura

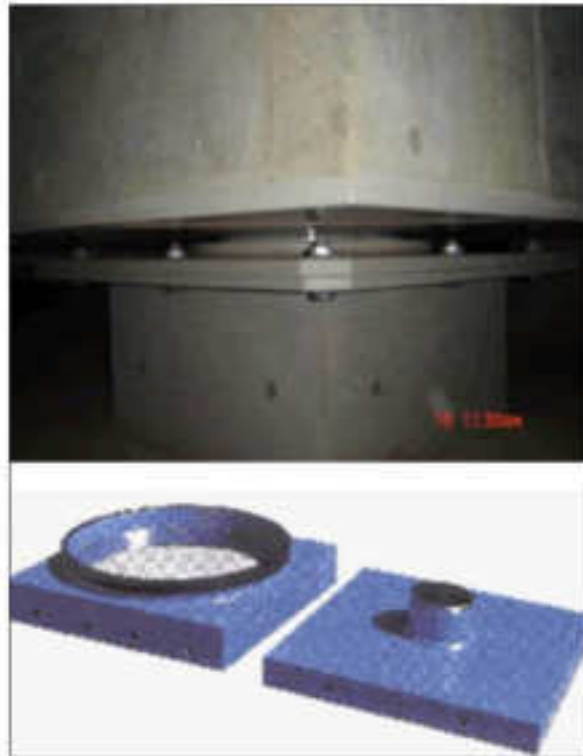
Figura 6.
Aislador elastomérico



Nota: Fuente (A. García & Quiroz, 2019)

Se mencionan dos tipos de aisladores de fricción: los aisladores de péndulo friccional y aisladores deslizantes, en los aisladores deslizantes las columnas se apoyan en elementos de deslizamiento de teflón, lo cual produce amortiguamiento por fricción. Los apoyos basculantes constan de una base cóncava, un patín esférico articulado y una platina de cubierta. El patín esférico articulado y la platina de cubierta permiten que el sistema regrese a su posición original después de un sismo, y las superficies deslizantes disipan la energía producida por la fricción. Durante un sismo, se produce un movimiento similar al de un péndulo dentro del dispositivo.

Figura 7.
Aislador de fricción



Nota: Fuente (Oviedo & Duque, 2007)

2.3.22. Aisladores con núcleo de plomo (LRB)

Los aisladores (LRB) son una variante de aisladores elastoméricos que comprenden capas delgadas ² de caucho natural intercaladas con placas de acero. Estas placas de acero presentan una abertura en el centro, la cual se rellena con un núcleo compuesto de plomo. La conexión entre las placas, el material elastomérico y el núcleo de plomo se establece mediante un proceso de vulcanización de alta presión. La inclusión del núcleo de plomo desempeña un papel fundamental en la mejora de la capacidad de absorción de energía, permitiendo que el aislador se deforme lateralmente durante los movimientos sísmicos. En esta situación, el núcleo de plomo experimenta flujo y deformaciones plásticas, lo que a su vez conduce a la disipación de energía en forma de calor. Además de esto, el núcleo de plomo confiere rigidez frente a las cargas verticales. (López, 2022).

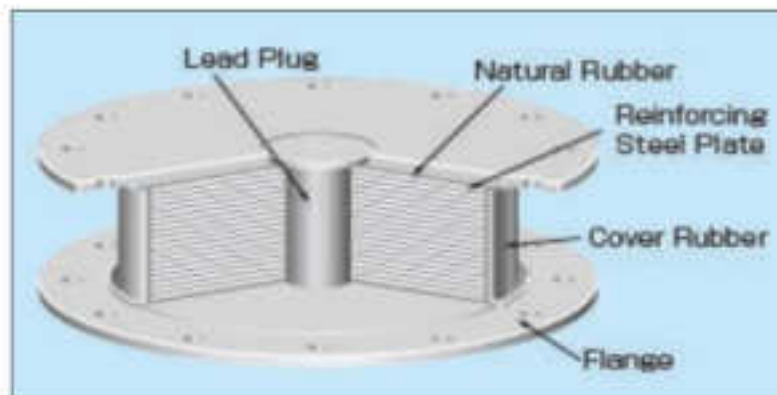
En la concepción de aislantes destinados a dispositivos sismorresistentes, se establece que las gomas de elastómero tienen la función principal de regular la rigidez que se manifiesta después de la fase de fluencia del dispositivo. Por su parte, el núcleo de plomo contribuye en un porcentaje aproximado del 10% a esta rigidez. No obstante, se ha constatado que el núcleo de plomo ejerce control sobre aspectos como la rigidez inicial, la fuerza y el desplazamiento de fluencia del dispositivo.

Según lo establecido por la norma NCh2745 (2003), en casos de deformación lateral, se evidencia una transformación en forma de corte puro que conduce a una tensión que ronda los 10 MPa a temperatura ambiente. Esto provoca la generación de múltiples ciclos histeréticos estables. Cuando se proyectan aislantes con un núcleo hecho de plomo, es imperativo recopilar información como el diámetro exterior del aislante, el diámetro interno del núcleo de plomo, la altura y la cantidad de placas de confinamiento. (Villavicencio, 2015)

Características de los aisladores con núcleo de plomo (LRB):

- El amortiguamiento crítico está entre el 15 y 35%
- El valor del esfuerzo de deformación a corte de plomo se considera de 10 MPa.
- La rigidez del aislador inicialmente se considera de 6.5 y 10 veces su rigidez post-fluencia

Figura 8.
Aislador LRB

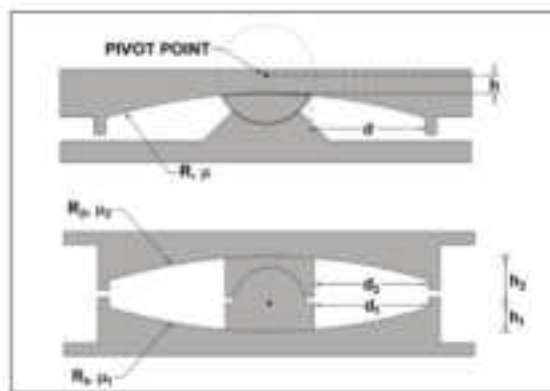


Nota: Fuente Catálogo Bridgestone – aislamiento sísmico.

2.3.23. Aisladores de péndulo de fricción doble

Los dispositivos aisladores de tipo péndulo, tanto en su variante de fricción simple como en la de doble fricción, presentan comportamientos análogos, si bien se distinguen en cuanto al número de radios de curvatura que incorporan. En específico, el aislador de fricción simple se caracteriza por tener un único radio de curvatura (R), mientras que el modelo de fricción doble dispone de dos radios de curvatura, uno superior (R_1) y otro inferior (R_2). Esta configuración se ilustra de manera gráfica en la siguiente figura. (Ruiz, 2017)

Figura 9.
Aislador – péndulo de fricción simple y doble.



Nota: Fuente (Constantinou et al., 2011)

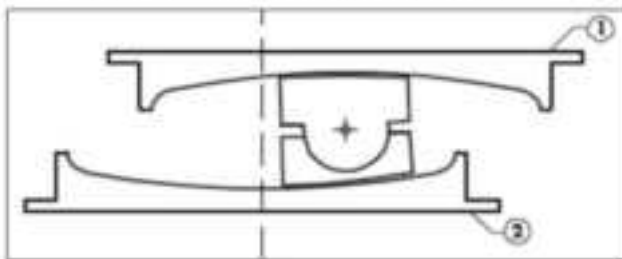
El sistema de doble curvatura de péndulo de fricción pasa por múltiples etapas antes de alcanzar su máxima capacidad de desplazamiento. En la primera etapa, el edificio se comporta de forma convencional, ya que la fuerza lateral aplicada es mucho menor que la fuerza de fricción entre las dos superficies cóncavas. (Villavicencio, 2015)

En el caso en que la fuerza lateral se incremente y sobrepase la resistencia a la fricción en el dispositivo, esto señala que el coeficiente de fricción de la superficie inferior (s_2) es menor que el coeficiente de fricción de la superficie superior (s_1), o viceversa. La

siguiente figura ejemplifica cómo se originará un desplazamiento inicial y se ocasionarán desplazamientos horizontales de menor magnitud. (Villavicencio, 2015)

Figura 10.

Fuerza lateral superando fuerza de fricción del aislador



Nota: Fuente (Constantinou et al., 2011)

En líneas generales, cuando se trata de péndulos dobles, se puede considerar un radio efectivo que es la suma de los radios R_1 y R_2 . En comparación con los aisladores de péndulo simple, los péndulos dobles tienen un radio de curvatura mayor, generalmente el doble, lo que les confiere una mayor capacidad de desplazamiento. Sin embargo, su capacidad de desplazamiento es menor en comparación con los aisladores de péndulo triple, que cuentan con tres radios de curvatura. (Ruiz, 2017)

La carga axial aplicada al aislador genera una fuerza restauradora en dirección opuesta al movimiento del péndulo, lo que intenta devolver el aislador a su posición inicial. Esta carga crea una fuerza de restauración que busca restablecer la posición original del aislador. Durante este proceso, la energía se disipa al convertirse en calor mediante la fricción entre el deslizador articulado y la superficie cóncava. El deslizador curvado determina la fuerza del aislador de péndulo simple, que se compone de dos factores: la fuerza restitutiva, asociada al movimiento pendular, y la fuerza de fricción, relacionada con el contacto entre las superficies. Ambas fuerzas contribuyen a la formación del diagrama de histéresis del aislador friccional. (Ruiz, 2017)

Características del aislador de péndulo de fricción doble

Este sistema puede ajustar de manera gradual diversas propiedades de comportamiento durante distintas fases de la respuesta al desplazamiento. Las propiedades dinámicas se generan mediante dos péndulos de fricción que actúan de manera independiente respecto a la entrada sísmica. Su capacidad de ajustar tanto el amortiguamiento como la rigidez en proporción a los desplazamientos posibilita un rendimiento optimizado en función de distintos niveles de fuerza sísmica de entrada.

2.3.24. Aisladores de péndulo de fricción triple

El aislador de péndulo de fricción de triple curvatura, clasificado como tercera generación, marca un salto tecnológico significativo en relación a sus antecesores: el péndulo de fricción de única curvatura (FPS) y el péndulo de fricción de doble curvatura (DFPS). Este dispositivo de vanguardia se compone de cuatro superficies cóncavas y tres sistemas pendulares autónomos, lo que representa un logro extraordinario en la evolución de esta tecnología. Este innovador dispositivo consta de cuatro superficies cóncavas y tres mecanismos pendulares independientes. (Villavicencio, 2015)

El aislador es un dispositivo compuesto por un deslizador externo que posee superficies cóncavas en la parte superior e inferior. Dentro de este recinto externo se aloja un deslizador interior que incluye un cilindro caracterizado por un coeficiente de fricción mínimo en ambas superficies, dando lugar a la formación de un mecanismo de péndulo primario. El propósito de este sistema es mitigar las aceleraciones máximas tanto en la estructura aislada como en sus elementos constituyentes. Esto se logra al disminuir la influencia de los modos superiores de la estructura y reducir la fuerza de corte generada por los movimientos sísmicos de menor escala. (Villavicencio, 2015)

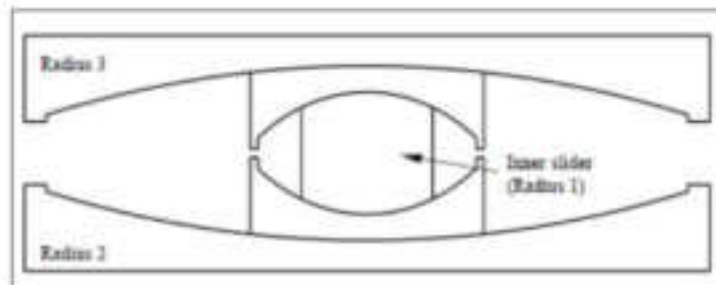
El mecanismo de péndulo se origina mediante el deslizamiento en movimiento de las porciones superior e inferior de las placas, al mismo tiempo que la superficie interna del cilindro esférico experimenta un desplazamiento con relación a la placa externa inferior. En conjunto, este sistema posibilita la reducción al mínimo de las fuerzas de corte que se generan en el sistema durante un episodio sísmico de diseño. (Morgan & Mahin, 2011)

Además, en la parte superior del aislador, hay un deslizador que se desplaza en contacto con una superficie esférica de un radio de curvatura específico, constituyendo

así el tercer mecanismo del péndulo. Esta configuración tiene la finalidad de minimizar los desplazamientos de los rodamientos durante eventos sísmicos de mayor intensidad. En la figura presentada se muestra un esquema ilustrativo de un péndulo de fricción triple. (Villavicencio, 2015)

Figura 11.

Aislador de péndulo de fricción triple



Nota: Fuente (Morgan & Mahin, 2011)

Características del aislador de péndulo de fricción triple

- El período de oscilación del sistema del péndulo no depende de la masa, sino que se determina seleccionando el radio de rodamiento
- El coeficiente de fricción influye en el grado de amortiguamiento, mientras que el núcleo central del péndulo absorbe la carga axial.
- Si aumentamos el desplazamiento, el péndulo se vuelve más largo, lo que aumenta el amortiguamiento y reduce las fuerzas sísmicas. Se han elegido distintas propiedades para los tres péndulos, de manera que cada uno se activa en respuesta a esfuerzos sísmicos específicos.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1.HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis general

Los comportamientos estructurales difieren significativamente entre aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional en una edificación multifamiliar sujetos a especificaciones normadas en una edificación multifamiliar, Juliaca-2023.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Existen diferencias en los resultados análisis estático para una edificación multifamiliar aplicando aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca – 2023.

- Existen diferencias en los resultados del análisis modal espectral para una edificación multifamiliar aplicando aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca – 2023.

- Existen diferencias en los resultados del análisis tiempo – historia para una edificación multifamiliar aplicando aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca – 2023.

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.2.1. Identificación de la variable independiente

(X) = Tipos de aisladores

3.2.1.1. Indicadores

Aisladores con núcleo de plomo

- Coeficiente de amortiguamiento (%)
- Rigidez efectiva (ton/m)
- Características del aislador (m)

Aisladores de doble péndulo de fricción

- Coeficiente de amortiguamiento (%)
- Rigidez efectiva (ton/m)
- Coeficiente de fricción (m)

Aisladores de triple péndulo de fricción

- Coeficiente de amortiguamiento (%)
- Rigidez efectiva (ton/m)
- Coeficiente de fricción (m)

3.2.1.2. Escala para la medición de la variable

Razón

3.2.2. Identificación de la variable dependiente

(Y) = Comportamiento estructural de la edificación multifamiliar

3.2.2.1. Indicadores

Análisis estático

- Fuerza cortante basal (kgf)
- Fuerzas sísmicas (kgf)
- Derivas (m)

1 Análisis modal espectral

- Periodos (%)
- Derivas (m)

Análisis tiempo - historia

- Aceleraciones (cm/s²)
- Derivas (m)

3 3.2.2.2. Escala para la medición de la variable

Razón

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es básica por que se enfoca en la generación de conocimiento conceptual y teórico, sin una aplicación inmediata, **3** el objetivo de este tipo de investigación es ampliar el conocimiento de los principios de un área determinada, en la presente investigación se está analizando y comparando tres tipos de aisladores en edificaciones y esto no con el propósito de crear un producto o solución sino con el propósito de comprender mejor el comportamiento de estos aisladores.

3 3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es descriptivo porque se esta realizando un descripción detallada y sistemática de como los tres tipos de aisladores afectan al comportamiento sísmico de una edificación, en vez de manipular variables, la presente investigación se centra en observar, documentar y presenta las diferencias y similitudes en **1** el comportamiento sísmico de una edificación utilizando distinto tipos de aisladores.

1 3.5. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El enfoque es cuantitativo porque en la presente tesis se utiliza medidas numéricas para obtener datos objetivos y medibles sobre el comportamiento sísmico de edificaciones con tres tipos de aisladores.

3.6. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño es no experimental por que en la presente tesis no se está interviniendo en el entorno de estudio para modificar o controlar las variables, en lugar de esto se está recopilando y observando datos sin intervenir en el ambiente natural.

3.7. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.7.1. Población

La población de estudio, estará compuesto por las viviendas multifamiliares aporticadas de la ciudad de Juliaca.

3.7.2. Muestra

La muestra tomada es una edificación multifamiliar aporticada de 6 pisos ubicada en el Jr. 2 de Mayo N° 131 en la ciudad de Juliaca.

La matriz de operacionalización se muestra en el Anexo 02.

3.8. PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.8.1. Procedimiento

- Como primer paso: Se realizó el modelamiento y análisis estructural de una edificación de seis niveles ubicada en la ciudad de Juliaca aplicando los análisis estático, dinámico espectral y tiempo historia, comparando los resultados con la Norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Como segundo paso: Se realizó el diseño del Aislador Elastomérico de Núcleo de Plomo (LRB) para luego realizar el modelamiento y análisis estructural de la misma edificación considerando el aislador LRB con los análisis estático, dinámico espectral y tiempo historia.

- Como tercer paso: Se realizó el diseño del Aislador de Péndulo de Fricción Doble (FPD) para luego realizar el modelamiento y análisis estructural de la misma edificación considerando el aislador FPD con los análisis estático, dinámico espectral y tiempo historia.

- Como cuarto paso: Se realizó el diseño del Aislador de Péndulo de Fricción Triple (PFT) para luego realizar el modelamiento y análisis estructural de la misma edificación considerando el aislador FPT con los análisis estático, dinámico espectral y tiempo historia.

- Como Quinto paso: Se realizó el análisis comparativo de los resultados de la edificación sin aisladores, de la edificación con el Aislador LRB, de la edificación con el Aislador PFD y de la edificación con el Aislador PFT y así poder determinar cual de los resultados obtenidos es el que genera mejor comportamiento estructural en la edificación.

3.8.2. Técnicas

Como la presente tesis se basa en el modelamiento y análisis estructural de la edificación sin aisladores, con el aislador LRB, con el aislador PFD y PFT, se usó la técnica de la observación de resultados con el fin de verificar que con cual aislador la edificación tiene una mejor respuesta estructural, y a la vez se podrá visualizar un procedimiento de diseño los aisladores, modelamiento y análisis estructural individualmente de la edificación con cada tipo de Aislador.

3.8.3. Instrumentos

El propósito de este trabajo de tesis es emplear listas de verificación con el fin de llevar a cabo la confrontación de los resultados derivados de distintos análisis que incorporan aisladores, utilizando para ello el software Etabs.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

La edificación a analizar se encuentra en la ciudad de Juliaca, provincia San Román y departamento de Puno, cuyo lugar pertenece a la zona 3, según la Norma E030.

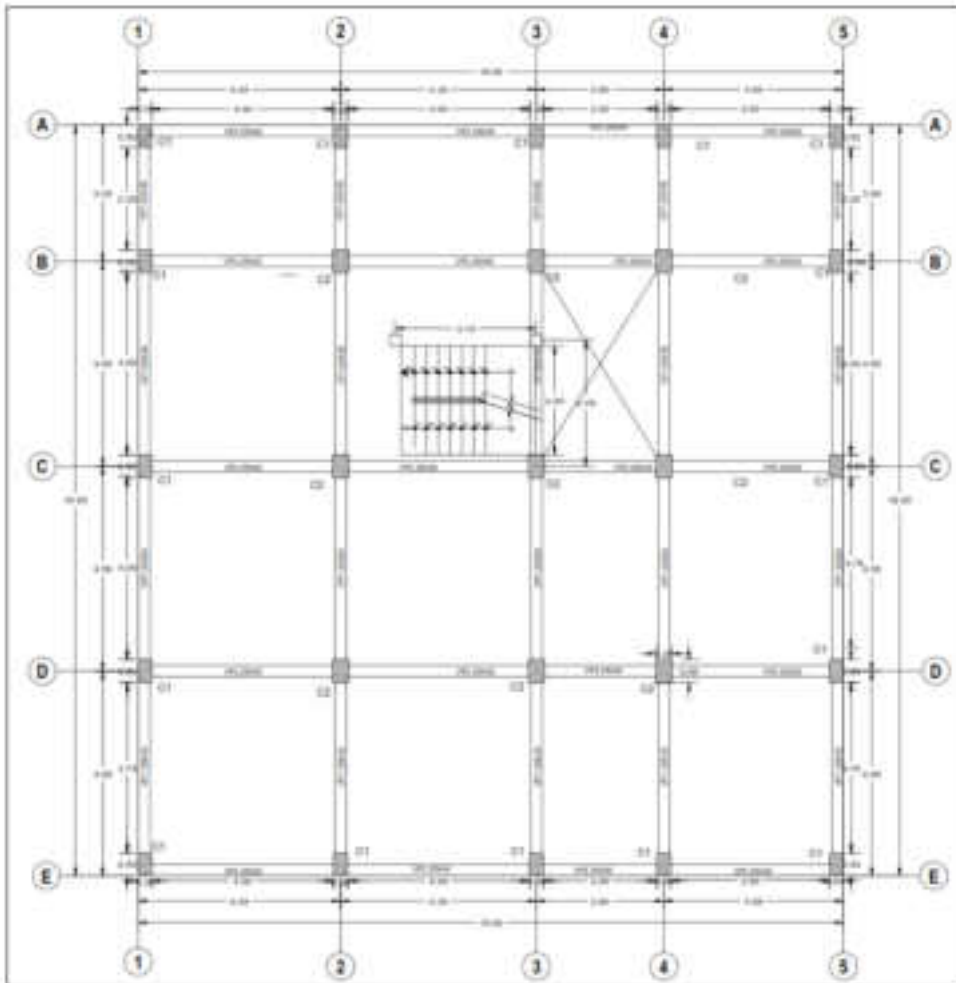
Esta área geográfica está delimitada al sur por dos distritos (Cabana y Caracoto), al norte colinda con los distritos de Calapuja y Caminaca, pertenecientes a las provincias de Lampa y Azángaro respectivamente. Hacia el este limita con los distritos de Pusi y Samán, ubicados en las provincias de Huancané y Azángaro respectivamente. Finalmente, al oeste limita con el distrito de Lampa, perteneciente a la provincia de Lampa.

Las características de la edificación de 6 niveles a analizar son las siguientes:

Este edificio tiene un área total de 255.75 m² y un perímetro de 64 m, donde esta edificación tiene una planta típica ya que es destinado a uso de viviendas, la altura del primer nivel es de 3 m y de los siguientes niveles es de 2.50 m.

A continuación, se muestra la planta típica de la edificación de 6 niveles, donde esta en el eje X tiene una dimensión de 15.50 m y en el eje Y tiene una dimensión de 16.50 m, y como se muestra en la siguiente figura esta tiene ejes del 1 al 5 en X y de la A la E en Y.

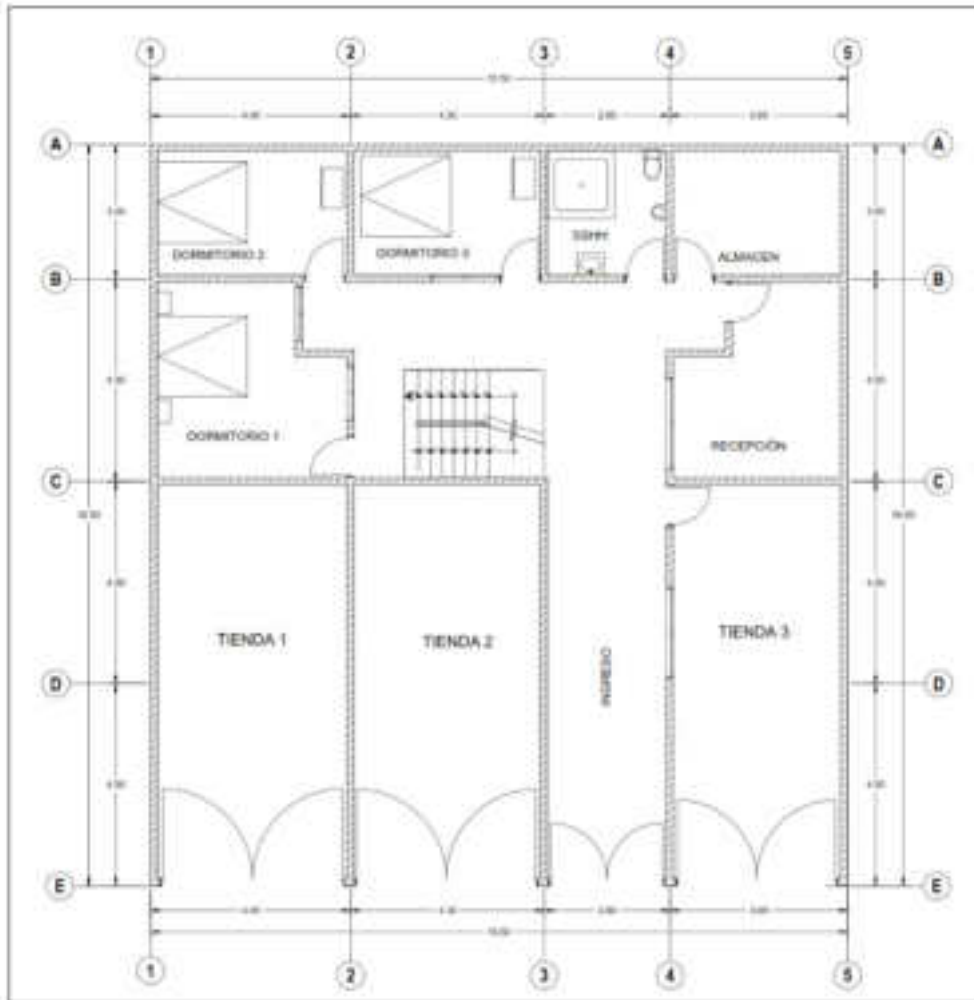
Figura 12.
Planta típica de la estructura de 6 niveles



Nota: Fuente propia

Figura 13.

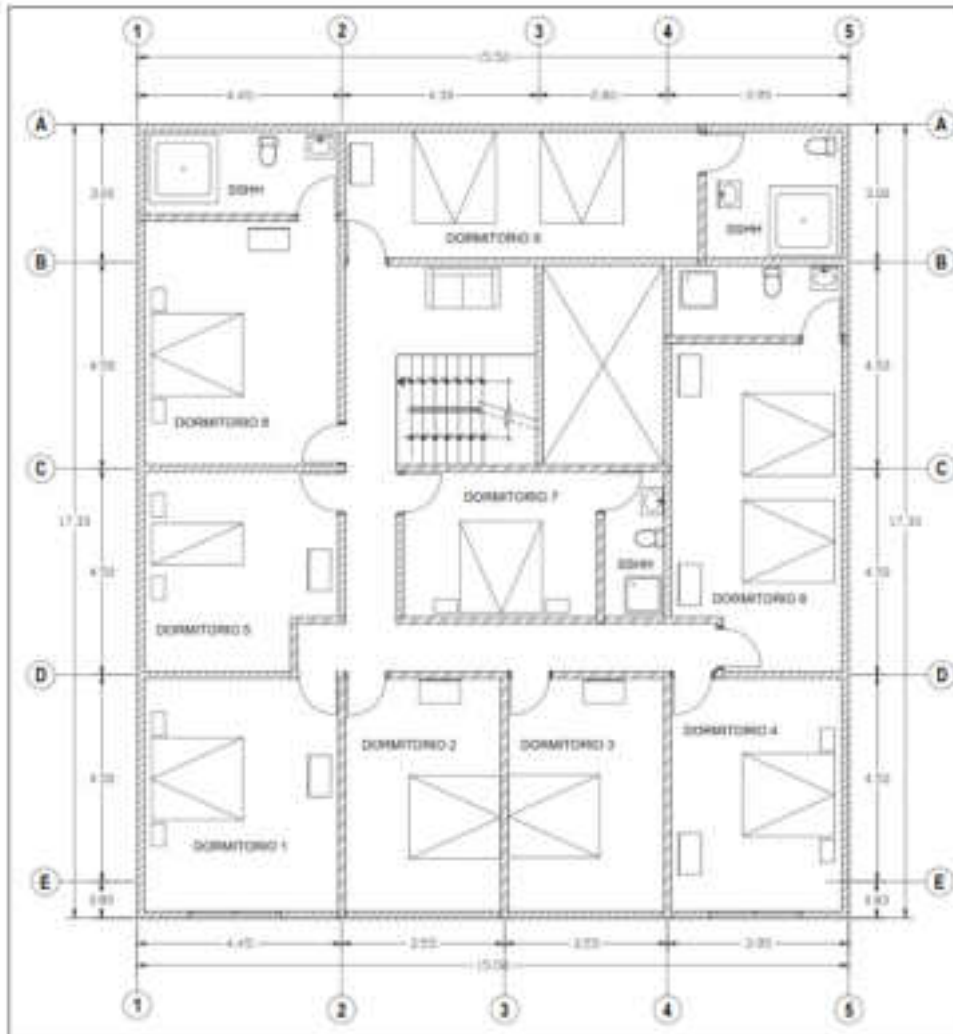
Plano arquitectónico de planta del primer nivel de la edificación de 6 niveles.



Nota: Fuente propia.

Figura 14.

Plano arquitectónico planta del segundo al sexto nivel de la edificación de 6 niveles



3

Nota: Fuente propia

4.1.1. Normas empleadas

Las normas a usar en el presente análisis están basadas en la ³normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el cual se usará las mencionadas a continuación:

- ²NTP E.020 – CARGAS
- NTP E.030 – DISEÑO SISMO RESISTENTE
- NTP E031 – AISLADORES SÍSMICOS
- ²NTP E.050 – SUELOS Y CIMENTACIONES
- NTP E.060 – CONCRETO ARMADO

Para el diseño de los aisladores se aplicará el código ASCE 7-16, el cual fue realizado por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles.

³4.2. DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.2.1. Modelamiento estructural de la edificación sin aisladores

4.2.1.1. Materiales de la edificación:

- Concreto:
 - Resistencia a la compresión ($F'c$) = 210 kg/cm²
 - Densidad del concreto (γ_c) = 2,40 Tonf/m³
 - Módulo de elasticidad (E_c) = 217000 kg/cm²

Figura 15.
Propiedades del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ en el Etabs



Nota:Fuente propia

4.2.1.2. Elementos estructurales
Columna C-01 (0.30x0.50m)

Figura 16.
Especificaciones de la Columna 1 en el Software Etabs



Nota:Fuente propia

Columna C-02 (0.35x0.50m)

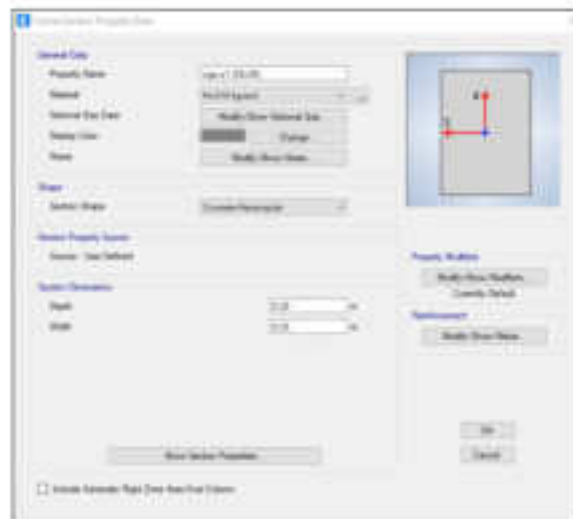
Figura 17.
Especificaciones de la Columna 2 en el Software Etabs



Nota: Fuente propia

Viga P1 (0.25x0.35m)

Figura 18.
Especificaciones de la Viga P1 en el Software Etabs



Nota: Fuente propia

Viga P2 (0.25x0.40m)

Figura 19.
Especificaciones de la Viga P2 en el Software Etabs



Nota:Fuente propia

Losa aligerada de espesor de 20 cm

Figura 20.
Especificaciones de la losa aligerada de 20 cm en el Etabs



Nota:Fuente propia

4.2.1.3. Asignación de cargas

El metrado de cargas está realizado con la normativa vigente ¹⁵ E.020 Cargas, del Reglamento Nacional de Edificaciones, y a continuación se muestra las cargas que se consideraron y también el detalle del cálculo de carga de la escalera que se consideró en la Edificación de seis niveles.

Carga Muerta (CM):

- Carga (losa aligerada) = 300 kg/cm²
- Carga (tabiquería) = 100 kg/m²
- Carga (piso terminado) = 115 kg/m²
- Carga (escalera) = 1725 kg/m
- Muros laterales restandole la ventana de 40 cm = 466 kg/m
- Muros de los volados = 233 kg/m

Carga viva (CV):

- Sobrecarga para vivienda = 200 kg/m²
- Sobrecarga en azotea = 100 kg/m²
- Carga (escalera) = 300 kg/m
- Método para computar las cargas sobre la escalera.

El grosor del descanso se consideró aplicando la Relación de la Longitud entre 20, lo cual nos dio un valor de 15.

Grosor del descanso:

$$h_m = \frac{0.15 \cdot \sqrt{0.25^2 - 0.18^2}}{0.25} + \frac{0.18}{2}$$

$$h_m = 19.4 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

- ✓ Descanso
- Carga de la losa = 360 kgf/m

Carga del piso = 100 kgf/m

Carga del peso de descanso (W1) = 460 kgf/m

✓ Tramo inclinado

Longitud equivalente = 28 cm

Carga de losa = 672 kgf/m

Carga del piso = 100 kgf/m

Carga total en el tramo inclinado (W2) = 772 kgf/m

$W1+W2= 460 \text{ kgf/m} + 772 \text{ kgf/m} = 1232 \text{ kg/m}^2$

$1232 \text{ kg/m}^2 * 1,40 \text{ m} = 1725 \text{ kgf/m}$

✓ Carga Viva de la escalera

Conforme a lo indicado por la normativa E020 del Reglamento Nacional de Edificaciones, una escalera utilizada en una vivienda está sometida a una sobrecarga de 200 kgf/m².

Esta sobrecarga se multiplica por la base de la escalera

$200 \text{ kgf/m}^2 * 1,50 \text{ m} = 300 \text{ kgf/m}$

4.2.1.4. Parámetros Sísmicos

Estos parámetros fueron considerados de acuerdo al lugar, al tipo de suelo y a la estructuración de esta, según la Norma E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Factor de zonificación (Z):

Se estableció tomando en cuenta la región donde está situado el edificio de seis pisos. Dado que la estructura está emplazada en Juliaca, de acuerdo con las pautas de la norma E030, se especifica un coeficiente de zonificación de 0.35.

Tabla 2
Factores de zonificación

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
1	0.10
2	0.25
3	0.35
4	0.45

Nota :Fuente Normativa E030 del RNE

1 Tipo de perfil de suelo:

Según el tipo de suelo de la edificación, este corresponde a un suelo Intermedio (S2), para la presente Tesis se consideró como suelo intermedio (debido a ser el suelo predominante en el entorno urbano de la ciudad de Juliaca).

2 Coeficiente de Suelo "S"

Después de determinar el tipo de suelo y obtener el cálculo de zonificación previo, se llevó a cabo el cálculo del coeficiente de suelo "S", que asciende a 1.15. Este valor se obtuvo siguiendo las directrices de la normativa E030.

Tabla 3
Factor de Suelo

ZONA	Z1	Z2	Z3	Z4
SUELO				
S ₀	0.80	0.80	0.80	0.80
S ₁	1.00	1.00	1.00	1.00
S ₂	1.60	1.20	1.15	1.05
S ₃	2.00	1.40	1.20	1.10

Nota :Fuente Normativa E030 del RNE

3 Parámetros del sitio Tp y TL

Una vez obtenido el coeficiente de suelo, se realizó el cálculo de los periodos T_L y T_p empleando las directrices establecidas en la normativa E030 del RNE. De acuerdo con la tabla 4, los valores resultantes fueron 0.6 y 2 respectivamente.

Tabla 4
Factores T_L y T_p

	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
$T_p(s)$	0.3	0.4	0.6	1
$T_L(s)$	3	2.5	2	1.6

Nota :Fuente Normativa E030 del RNE

6 Factor de Uso (U):

De acuerdo a las categorías establecidas en la normativa E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), la edificación que fue objeto de representación en el modelo corresponde a una residencia, lo que lo ubica en la categoría C según esta normativa. En consecuencia, se requiere emplear el factor de multiplicación 1 para dicho tipo de edificación.

7 Factor de amplificación sísmica (C):

La determinación del coeficiente de aumento sísmico se lleva a cabo considerando los intervalos en las coordenadas horizontal X y vertical Y. Después de este proceso, se aplicaron las fórmulas que se presentan enseguida:

Si T es menor al valor de T_p por consiguiente el valor de C es: 2.5

Si T es mayor T_p pero menor a T_L , se toma un valor de C de $2.5 * (T_p/T)$

Si Si T es mayor a T_L se toma un valor de C es: $2.5 * (T_p * T_L / T^2)$

8 Factor de reducción (R):

Para determinar el coeficiente de reducción, es necesario reconocer el tipo de sistema estructural en uso. En el caso de nuestro edificio de seis pisos, el sistema estructural empleado es de tipo aporticado. De acuerdo con la tabla 5, esta elección nos lleva a un valor de 8 para el factor de reducción R.

Tabla 5
Sistema estructural y coeficiente de reducción básica

Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistente a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (DCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7 (**)

Nota :Fuente Normativa E030 del RNE

- Factores de irregularidad (I_a, I_p):

Se realizó la verificación de irregularidades en la edificación, dónde no se encontró ninguna irregularidad ni en altura ni en planta.

Tabla 6 10
 Verificación de irregularidades en altura

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA		
Irregularidad Estructural	VERIFICACIÓN	Factor de Irregularidad $I_a = 1$
1. Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	NO ES IRREGULAR	
2. Irregularidades de Resistencia - Piso Débil	NO ES IRREGULAR	
3. Irregularidad Extrema de Rigidez	NO ES IRREGULAR	
4. Irregularidad Extrema de Resistencia	NO ES IRREGULAR	
5. Irregularidad de Masa o Peso	NO ES IRREGULAR	
6. Irregularidad Geométrica Vertical	NO ES IRREGULAR	
7. Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	NO ES IRREGULAR	
8. Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	NO ES IRREGULAR	

Nota :Fuente Normativa ED30 del RNE

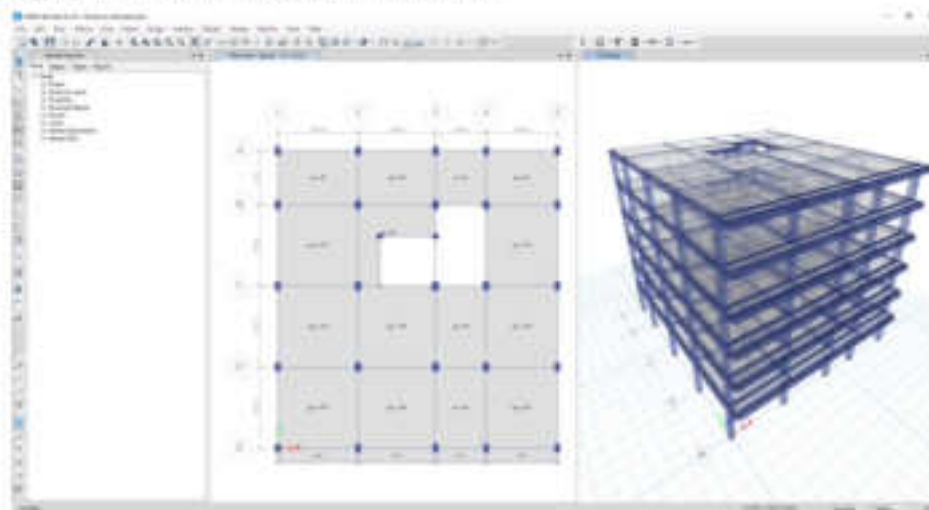
Tabla 7 4
 Verificación de irregularidades en planta

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA		
Irregularidad Estructural	VERIFICACIÓN	Factor de Irregularidad $I_a = 1$
1. Irregularidad Torsional	NO ES IRREGULAR	
2. Irregularidad Torsional Extrema	NO ES IRREGULAR	
3. Esquinas Entrantes	NO ES IRREGULAR	
4. Discontinuidad del Diafragma	NO ES IRREGULAR	
5. Sistemas no Paralelos	NO ES IRREGULAR	

Nota :Fuente Normativa ED30 del RNE

En la figura 19 ¹ se muestra el modelamiento de la edificación sin reforzamiento.

Figura 21.
Modelamiento de la edificación sin aisladores



Nota: Fuente propia

Seguidamente se muestra los modos de vibración de la edificación sin aisladores, a lo que llamamos modo de vibración natural. ²

Figura 22.
Modos de vibración de la edificación sin ningún Aislador

Mode	Mass	Period	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18
1	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Nota: Fuente propia

4.2.1.5. Análisis Estático:

Para poder realizar el análisis estático, requerimos de los pesos de cada nivel, para lo cual la Norma E030 nos recomienda **usar el 100% de la Carga Muerta y el 25% de la Carga Viva**.

Figura 23.
Pesos de cada nivel en tonf

Story	Output Case	Case Type	Location	D load	VS load	VY load	T load	MS load	MY load
Story6	F 10034-250V	Combination	Bottom	107.5724	0	0	0	1433.9391	1440.8962
Story5	F 10034-250V	Combination	Bottom	447.4990	0	0	0	3079.8990	3493.488
Story4	F 10034-250V	Combination	Bottom	737.4487	0	0	0	3824.7616	4430.537
Story3	F 10034-250V	Combination	Bottom	867.3238	0	0	0	3889.9222	4760.9227
Story2	F 10034-250V	Combination	Bottom	1207.2411	0	0	0	3774.4546	4832.9447
Story1	F 10034-250V	Combination	Bottom	1492.1383	0	0	0	1392.2934	1769.628

Nota: Fuente propia

El peso total que se obtuvo fue de 1492.1383 Tonf, donde, para adquirir el valor de la fuerza cortante, se sustituye este dato en la ecuación, tal como es especificado por las directrices de la normativa E030 sobre Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). La expresión correspondiente se presenta de la siguiente manera:

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

A continuación, se llevó a cabo el cálculo del coeficiente correspondiente a cada nivel. Este coeficiente se multiplicó por el valor de la fuerza cortante basal, lo que resultó en las fuerzas laterales tanto en el eje horizontal X como en el eje vertical Y. Estos valores están presentados en la tabla 8 y 9, respectivamente.

1

Tabla 8*Fuerzas laterales en cada piso en el eje X*

PISO	P (kg)	h	hi	hi%k	p*hi%k	alfa	Fi	V	MT accidental
6	187572.38	2.5	15.5	22.409	4203394.97	0.231	33842.3157	33842.3157	27919.91
5	259917.17	2.5	13	18.356	4770937.23	0.262	38411.7042	722540199	31689.66
4	259917.18	2.5	10.5	14.406	3744331.11	0.206	30146.3071	102400.327	24870.70
3	259917.17	2.5	8	10.582	2750366.44	0.151	22143.7124	124544.039	18268.56
2	259917.18	2.5	5.5	6.917	1797945.23	0.099	14475.5919	139019.631	11942.36
1	264897.17	3	3	3.478	921237.021	0.051	7417.05082	146436.682	6119.07

Nota :Fuente propia

Figura 24.*Inserción de fuerzas laterales en el eje X en el Software Etabs*

4

Nota:Fuente propia

Tabla 9*Fuerzas laterales en cada piso en el eje Y*

PISO	P (kg)	h	hi	hi%k	p*hi%k	alfa	Fi	V (Tn)	MT accidental
6	187572.38	2.5	15.5	20.669	3876907.29	0.2283	36209.0085	36209.01	28061.98
5	259917.17	2.5	13	17.018	4423259.04	0.26047	41311.7499	77520.76	32016.61
4	259917.18	2.5	10.5	13.44	3493406.81	0.20571	32627.2432	110148.00	25286.11
3	259917.17	2.5	8	9.9521	2586719.91	0.15232	24159.0929	134307.09	18723.30
2	259917.18	2.5	5.5	6.5781	1709762.39	0.10068	15968.6049	150275.70	12375.67
1	264897.17	3	3	3.3668	891859.217	0.05252	8329.66476	158605.36	6455.49

Nota :Fuente propia

Figura 25.

Inserción de fuerzas laterales en el eje Y en el Software Etabs



Nota: Fuente propia

4.2.1.6. Análisis Dinámico Modal Espectral:

Según lo indicado en la Norma E030 para poder realizar el análisis modal espectral, se requiere de datos como el Espectro de diseño, el cual se muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Espectro de diseño en el eje X y eje Y

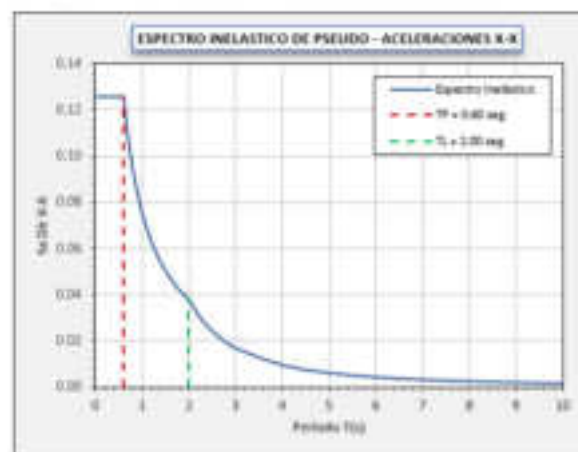
T	Sa Dir X- X	Sa Dir Y- Y	T	Sa Dir X- X	Sa Dir Y- Y
0	0.12578	0.12578	0.85	0.08879	0.08879
0.01	0.12578	0.12578	0.9	0.08385	0.08385
0.02	0.12578	0.12578	0.95	0.07944	0.07944
0.03	0.12578	0.12578	1	0.07547	0.07547
0.04	0.12578	0.12578	1.1	0.06861	0.06861
0.05	0.12578	0.12578	1.2	0.06289	0.06289
0.06	0.12578	0.12578	1.3	0.05805	0.05805
0.08	0.12578	0.12578	1.4	0.05391	0.05391
0.1	0.12578	0.12578	1.5	0.05031	0.05031
0.12	0.12578	0.12578	1.6	0.04717	0.04717
0.14	0.12578	0.12578	1.7	0.04439	0.04439
0.16	0.12578	0.12578	1.8	0.04193	0.04193
0.18	0.12578	0.12578	1.9	0.03972	0.03972
0.2	0.12578	0.12578	2	0.03773	0.03773
0.25	0.12578	0.12578	2.25	0.02981	0.02981
0.3	0.12578	0.12578	2.5	0.02415	0.02415

0.35	0.12578	0.12578	2.75	0.01996	0.01996
0.4	0.12578	0.12578	3	0.01677	0.01677
0.45	0.12578	0.12578	4	0.00943	0.00943
0.5	0.12578	0.12578	5	0.00604	0.00604
0.55	0.12578	0.12578	6	0.00419	0.00419
0.6	0.12578	0.12578	7	0.00308	0.00308
0.65	0.11611	0.11611	8	0.00236	0.00236
0.7	0.10781	0.10781	9	0.00186	0.00186
0.75	0.10063	0.10063	10	0.00151	0.00151
0.8	0.09434	0.09434			

Nota :Fuente propia

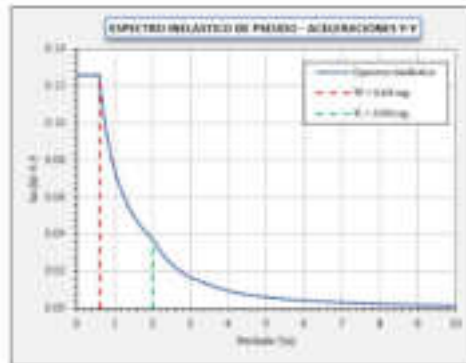
Y con estos datos podemos graficar los espectros de pseudo aceleraciones tanto en el Eje X como en el Eje Y, los cuales visualizamos en las figuras 24 y 25.

Figura 26.
Espectro de Pseudo – Aceleración en el eje X



Nota:Fuente propia

4

Figura 27.**Espectro de Pseudo – Aceleración en el eje Y***Nota: Fuente propia*

Ahora procedemos a la inserción de los valores del espectro de diseño en el eje X y

Y, esto lo realizamos en el Software Etabs tal como se muestra en la figura 26.

Figura 28.**Espectro de pseudo-aceleraciones en el Etabs***Nota: Fuente propia*

4.2.1.7. Análisis Tiempo Historia:

Según la Norma E030 **Diseño sismorresistente** nos **indica que como mínimo se deben de** tomar 3 sismos, por lo cual se tomó los sismos mencionados a continuación:

- Registro de Sismo en La Libertad del 03/02/2022:

Figura 29.

Registro de Sismo en La Libertad del 03/02/2022

```

NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTIONAL CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DISASTER MITIGATION (ICEDM)
INFORMATION CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING (ICEE)
CALLE AMARILLO 2150 - LIMA 25 - PERU
Telephone Numbers (51-1) 422-8777, 422-8799
e-mail: f_civ@nupe.edu.pe http://www.cismid.nu.edu.pe

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION
NETWORK: SI (SI SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - SERVICIO)
STATION: SC01 (Servicio Nacional Sector Construcción, Construye, Lambayeque)
CHANNELS: 01 BY 01
SAMPLING FREQUENCY (Hz): 200
COORDINATES: -4.795712, -76.873480

2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE
DATE (LOCAL): 2022-02-03
ORIGIN TIME (LOCAL): 14:10:30
LATITUDE: -4.80
LONGITUDE: -76.88
DEPTH (km): 36
MAGNITUDE: M 5.1
INFORMATION SOURCE: JEP

3. INFORMATION ABOUT THE RECORD
START TIME (UTC-05): 2022-02-03T14:10:30.000000Z
NUMBER OF SAMPLES: 40960
DATA BITS: 16*16
MAGNITUDE ACCELERATION: 0.394001 0.394001 -0.394001
  
```

Nota:Fuente CISMID

- Registro de Sismo en Lambayeque del 30/07/2021

Figura 30.

Registro de Sismo en Lambayeque del 30/07/2021

```

NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTIONAL CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DISASTER MITIGATION (ICEDM)
INFORMATION CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING (ICEE)
CALLE AMARILLO 2150 - LIMA 25 - PERU
Telephone Numbers (51-1) 422-8777, 422-8799
e-mail: f_civ@nupe.edu.pe http://www.cismid.nu.edu.pe

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION
NETWORK: SI (SI SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - SERVICIO)
STATION: SC01 (Servicio Nacional Sector Construcción, Construye, Lambayeque)
CHANNELS: 01 BY 01
SAMPLING FREQUENCY (Hz): 200
COORDINATES: -4.795712, -76.873480

2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE
DATE (LOCAL): 2021-07-30
ORIGIN TIME (LOCAL): 12:10:10
LATITUDE: -4.80
LONGITUDE: -76.88
DEPTH (km): 36
MAGNITUDE: M 5.1
INFORMATION SOURCE: JEP

3. INFORMATION ABOUT THE RECORD
START TIME (UTC-05): 2021-07-30T12:10:10.000000Z
NUMBER OF SAMPLES: 40960
DATA BITS: 16*16
MAGNITUDE ACCELERATION: 0.394001 0.394001 -0.394001
  
```

Nota:Fuente CISMID

- Registro de Sismo en Piura del 18/03/2023

Figura 31.

Registro de Sismo en Piura del 18/03/2023

GENERAL INFORMATION	
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING	
LAPSA PIURA CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DIAGNOSTIC RESEARCH (LAPSA)	
INSTRUMENTATION CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH	
FUNDING AGENCY NUMBER : 1204-01 - 0001	
PI-PROJECT : 2. Acelerómetros 600-00	
PIU-PIURA : 10001/1000-00000-000000	
1. INFORMATION ABOUT THE RECORD LOCATION	
AC NAME :	CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TRANSMISIÓN DIGITAL DE INGENIERÍA (CITDI) - CENTRO DE MONITOR DE LA FIC-000
CITY/TOWN :	PIURA (080100), TACNA, PERU
LATITUDE :	-4.5554
LONGITUDE :	-78.1760
ACCELERATION UNIT :	100.000 G/1000
SAMPLING FREQUENCY (HZ) :	100
2. INFORMATION ABOUT THE INSTRUMENT	
SEISM. MODEL :	2011-00-00 - 01-01-00
MEASUREMENT CHANNEL :	11-11-10
LATITUDE :	-4.56
LONGITUDE :	-78.16
DEPTH (M) :	0.0
INSTRUMENT NAME :	PIU-1
INSTRUMENT SERIAL :	507
3. INFORMATION ABOUT THE RECORD	
RECORD TIME (LOCAL) :	2023-03-18 07:22:00
NUMBER OF SAMPLES :	10000
DATA OFFSET :	-0.010
BASELINE CORRECTION :	1.00 -0.00 -1.00

Nota: Fuente CISMID

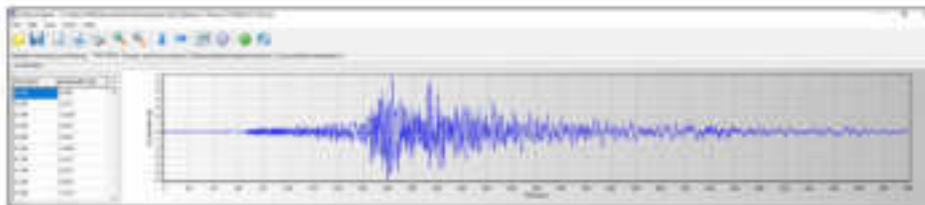
Para poder realizar el modelamiento con el análisis tiempo historia, se realizó la corrección por línea base y filtrado de ruido mediante el Software SeismoSignal, esto para los tres registros sísmicos escogidos.

A continuación se muestra el procedimiento para realizar la corrección por línea base y filtrado de ruido.

En la Figura 30, se puede ver la inserción del sismo de Piura en el sentido Este-Oeste.

Figura 32.

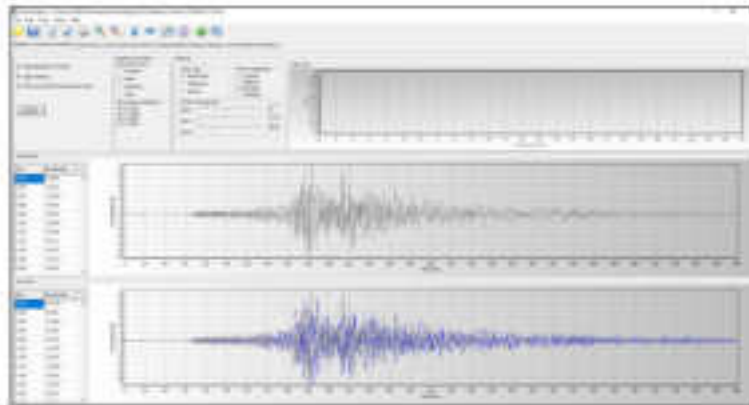
Inserción del registro sísmico de Piura en E-O en el Software SeismoSignal.



Nota: Fuente propia

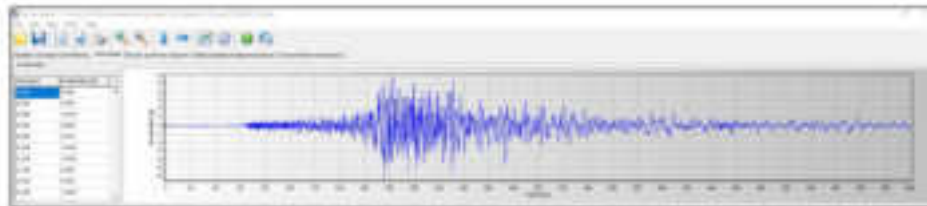
Seguidamente en la Figura 31, se puede ver la corrección del sismo de Piura en el sentido Este-Oeste en el Software SeismoSignal

Figura 33.
Corrección del sismo Piura en E-O en el Software SeismoSignal



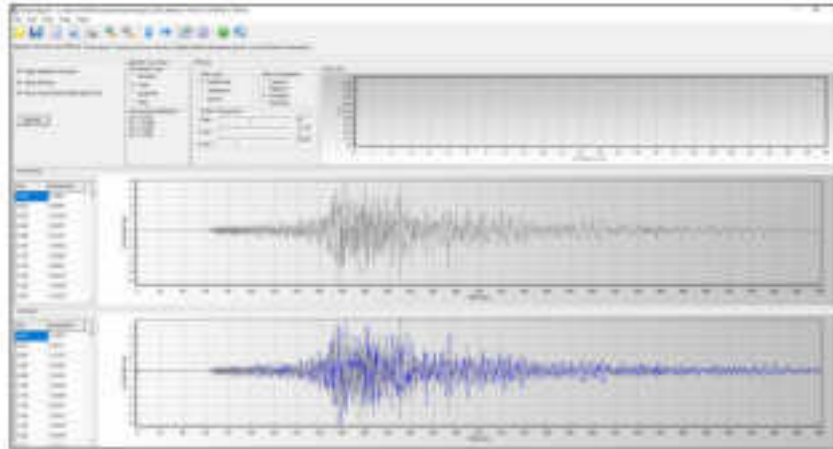
Nota:Fuente propia

Figura 34.
Inserción del registro sísmico de Piura en N-S en el Software SeismoSignal.



Nota:Fuente propia

Figura 35.
Corrección del sismo Piura en N-S en el Software Seismosignal



Nota: Fuente propia

Una vez corregido por línea base y filtrado de ruido, se procedió a realizar el Escalamiento del acelerograma de los sismos al Espectro de diseño, para esto se tiene en cuenta lo siguiente:

- Espectro de diseño:

Para poder realizar el escalamiento de los acelerogramas al espectro de diseño requerimos usar de los parámetros sísmicos que nos brinda la Norma E.030, que serán los mismos que se emplearon en la edificación sin aisladores, con la diferencia que el factor de reducción sísmica será de 1.

Tenemos los datos de la siguiente tabla para poder hallar el Espectro de diseño con el factor $R=1$.

Tabla 11
Valores para hallar el Espectro de diseño

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.35	RO	1	1
U	1.00	Ia	1.00	0.60
S	1.15	Ip	1.80	0.34
TP	0.60	R	1.8	0.20250781
TL	2.00	g	1	

Nota :Fuente propia

Dónde el Espectro de diseño con $R=1$, se visualiza en la siguiente tabla.

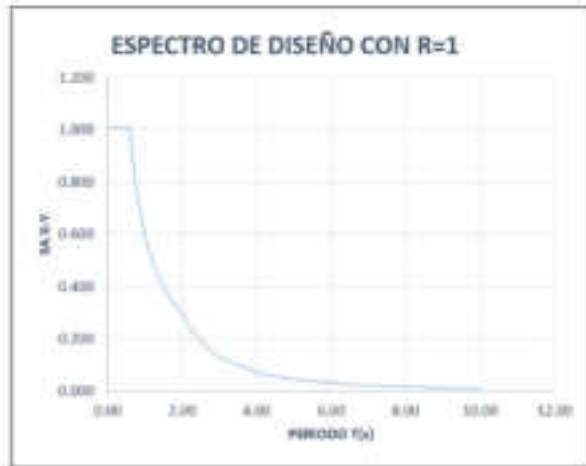
Tabla 12
Valores del Espectro de diseño con $R=1$

T	Sa X-Y	T	Sa X-Y
0.00	1.006	0.90	0.671
0.02	1.006	0.95	0.636
0.04	1.006	1.00	0.604
0.06	1.006	1.10	0.549
0.08	1.006	1.20	0.503
0.10	1.006	1.30	0.464
0.12	1.006	1.40	0.431
0.14	1.006	1.50	0.403
0.16	1.006	1.60	0.377
0.18	1.006	1.70	0.355
0.20	1.006	1.80	0.335
0.25	1.006	1.90	0.318
0.30	1.006	2.00	0.302
0.35	1.006	2.25	0.239
0.40	1.006	2.50	0.193
0.45	1.006	2.75	0.160
0.50	1.006	3.00	0.134
0.55	1.006	4.00	0.075
0.60	1.006	5.00	0.048
0.65	0.929	6.00	0.034
0.70	0.863	7.00	0.025
0.75	0.805	8.00	0.019
0.80	0.755	9.00	0.015
0.85	0.710	10.00	0.012

Nota :Fuente propia

En la siguiente figura se muestra el Espectro de diseño con $R=1$

Figura 36.
Espectro de diseño con $R=1$



Nota: Fuente propia

Seguidamente escalamos acelerogramas al espectro de diseño con la ayuda del Software SeismoMatch, para lo cual requerimos del periodo mínimo y máximo los cuales según la Norma E.030 Diseño Sismorresistente nos indica que el periodo mínimo se calcula como 0.2 por el periodo Natural de la edificación y el periodo máximo como 1.5 por el periodo Natural de la edificación, cuyos valores se muestra en la tabla 13.

Tabla 13
Periodo mínimo y máximo para escalar los acelerogramas

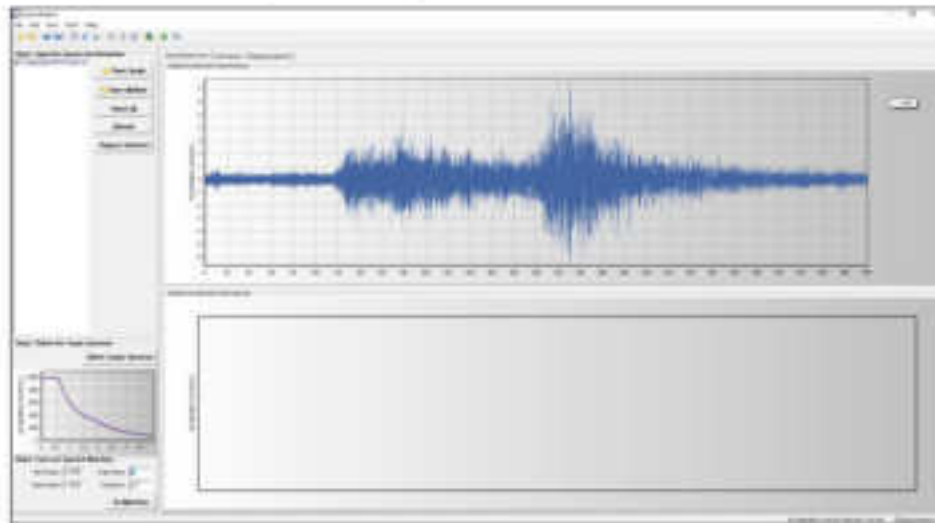
Min	0.1538
Max	1.1535

Nota :Fuente propia

Con los datos que tenemos, procedemos a escalar los acelerogramas al espectro de diseño con $R=1$ en el Software SeismoSignal, como se muestra en la figura 35.

Figura 37.

Escalamiento de acelerogramas al Espectro de diseño

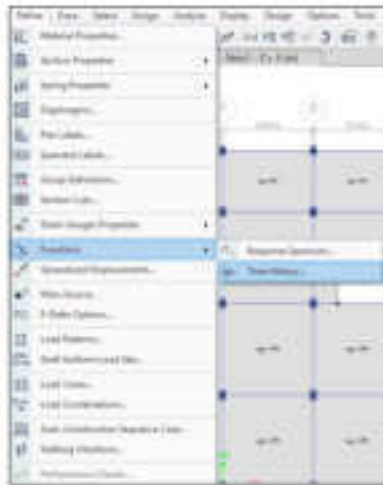


Nota: Fuente propia

Luego guardamos estos acelerogramas para poder insertarlos en el Software Etabs ⁵ para realizar el análisis tiempo-historia, para lo cual seguimos los pasos mostrados a continuación:

1. Definimos la Función Tiempo - Historia como se muestra en la Figura 36.

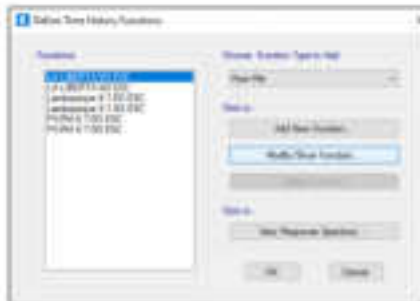
Figura 38.
Definición de la Función Tiempo – Historia.



Nota: Fuente propia

2. En la pestaña que nos aparece pulsamos From File y seguidamente Add New Fuction, como se muestra en la figura 37.

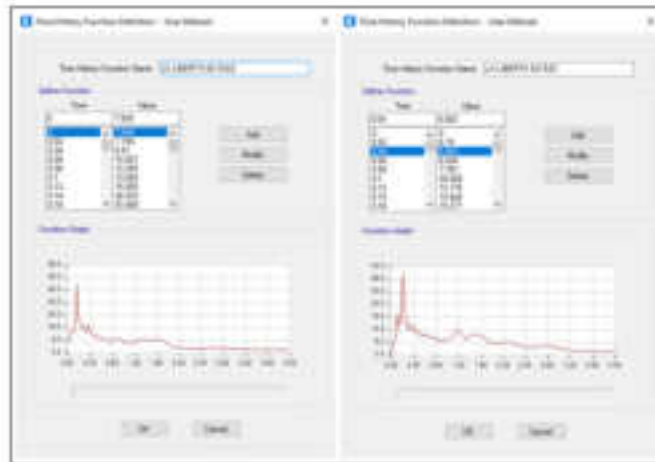
Figura 39.
Inserción de registros acelerométricos en el Etabs



Nota: Fuente propia

3. Luego colocamos nombre tanto para el eje Este-Oeste como para Norte-Sur.

Figura 42.
Inserción de los registros acelerométricos del Sismo La Libertad



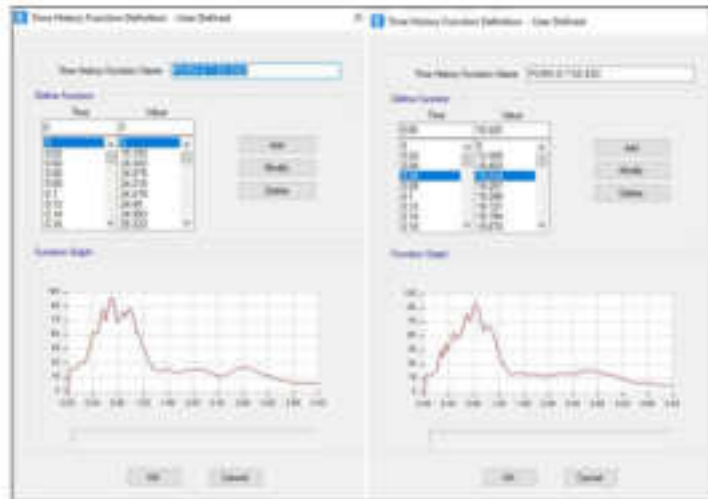
Nota: Fuente propia

Figura 43.
Inserción de los registros acelerométricos del Sismo Lambayeque



Nota: Fuente propia

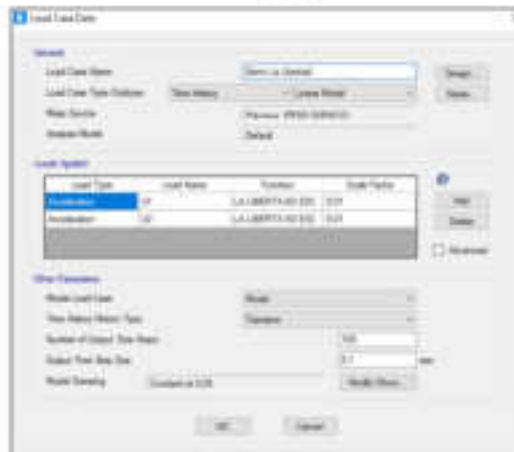
Figura 44.
Inserción de los registros acelerométricos del Sismo Piura



Nota: Fuente propia

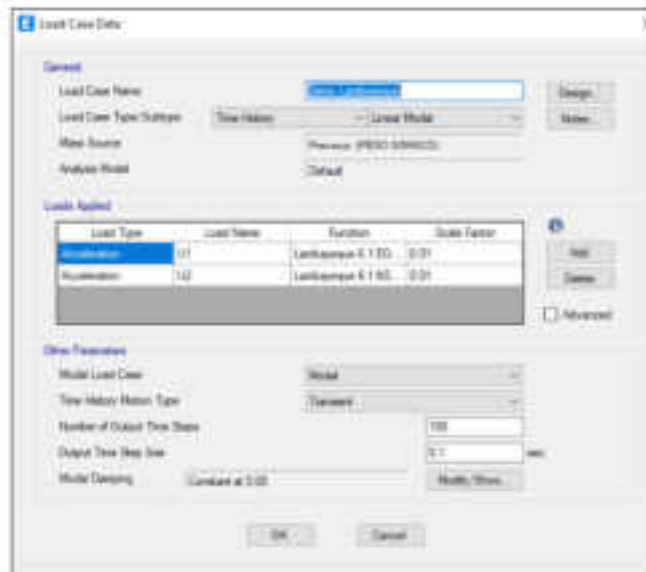
Por último creamos los casos de carga para los tres sismos seleccionados.

Figura 45.
Creación de casos de carga para el Sismo La Libertad



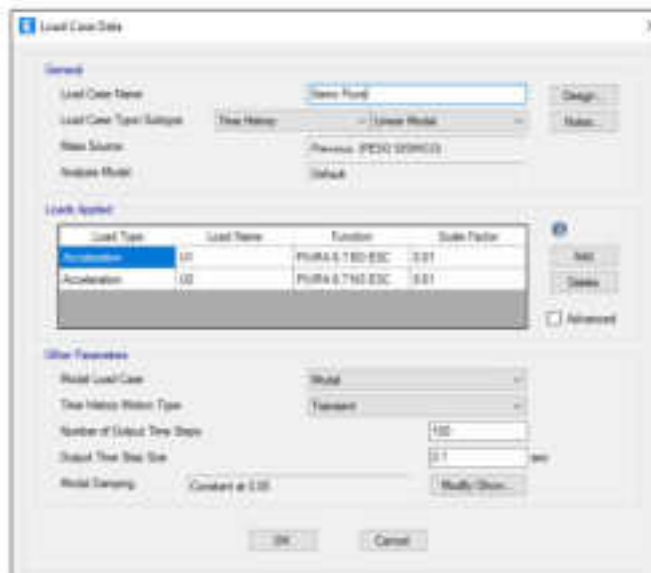
Nota: Fuente propia

Figura 46.
Creación de casos de carga para el Sismo Lambayeque



Nota: Fuente propia

Figura 47.
Creación de casos de carga para el Sismo Piura



Nota: Fuente propia

4.2.2. Diseño y Modelamiento con los Aisladores LRB

Para poder efectuar el diseño de este aislador se aplicó la normativa del ASCE 7-16 y la

Norma E.031, dónde se siguió los siguientes pasos:

1. Datos de la edificación:

Figura 48. Masa por piso de la edificación.

Story	Designation	Mass 1 (tonf-s ² /m ²)	Mass 2 (tonf-s ² /m ²)	M1M	M2M	Cum-Mass 1 (tonf-s ² /m ²)	Cum-Mass 2 (tonf-s ² /m ²)	M1M	M2M	M1M	M2M
1	Story 1	27.17126	27.17126	0.541	0.541	27.17126	27.17126	0.541	0.541	0.541	0.541
2	Story 2	27.17126	27.17126	0.541	0.541	54.34252	54.34252	0.541	0.541	0.541	0.541
3	Story 3	27.17126	27.17126	0.541	0.541	81.51378	81.51378	0.541	0.541	0.541	0.541
4	Story 4	27.17126	27.17126	0.541	0.541	108.68504	108.68504	0.541	0.541	0.541	0.541
5	Story 5	27.17126	27.17126	0.541	0.541	135.85630	135.85630	0.541	0.541	0.541	0.541
6	Story 6	27.17126	27.17126	0.541	0.541	163.02756	163.02756	0.541	0.541	0.541	0.541

Nota: Fuente propia

En dónde observando en la figura 46, el peso total de todos los pisos es de 149.79 tonf-s²/m, y teniendo en cuenta la masa de un nivel más al considerar los aisladores colocados por lo tanto la masa total sería de 176.15 tonf-s²/m.

Los periodos de la edificación sin aisladores fueron los mostrados en la tabla 14.

Tabla 14 Modos y periodos fundamentales de la edificación sin aisladores.

Modo 1	X	0.769
Modo 2	Y	0.71
Modo 3	Z	0.666

Nota :Fuente propia

19 El periodo de la edificación aislada debe ser tres veces el periodo fijo, según la Norma E.031 del Reglamento Nacional de Edificaciones, y a la vez recomienda que estos valores se encuentren entre los rangos de 2.5 s a 3 s.

Por lo tanto el periodo para la edificación de análisis será de 2.5 s.

Se consideró un total de 25 aisladores, debido a que se tiene la misma cantidad de columnas. Empotradas.

2. Cálculo del desplazamiento total máximo:

- Rigidez del aislador

Como ya tenemos los datos del periodo y también de la masa, procedemos a calcular la rigidez del aislador con la fórmula mostrada a continuación:

$$K_{ais} = \frac{4\pi^2}{T_{ais}^2} \cdot M = \frac{4\pi^2}{(2.5)^2} \cdot (176.15) = 1112.66 \text{ Tn/m}$$

Dividimos este valor entre la cantidad de aisladores que tenemos, entonces nos sale una rigidez de 50.56 Tn/m.

3. Factor de amortiguamiento:

De acuerdo a lo que indica el código ASCE 7-16, nos brinda la Figura 47:

Figura 49.

Factor de amortiguamiento.

Effective Damping, β (percentage of critical)	$B_{s1}, B_{1D}, B_S, B_{1M}, B_{sD}, B_{sM}$ (where period of the structure $\geq T_s$)
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4
60	2.7
70	3.0
80	3.3
90	3.6
≥ 100	4.0

Nota: Fuente Norma ASCE 7-16

La figura 47, nos da el valor del amortiguamiento en función al amortiguamiento efectivo β , para lo cual asumimos un valor de β de 15%, e interpolando en la tabla tenemos un valor de 1.40 de β_M .

4. Cálculo del coeficiente espectral

Para esto se tomó en cuenta la Norma UBC 97, este valor se denomina como S_{d1} en donde se consideró de 0.56

5. Cálculo del desplazamiento máximo lateral

Usando la norma E.031 Aislamiento sísmico, nos brinda el dato de que como mínimo el diseño del aislador debe de resistir el desplazamiento lateral máximo, para esto nos da la fórmula siguiente:

$$D_M = \frac{g * S_{d1} * T_M}{4 * \pi^2 * B_M}$$

Reemplazando en la ecuación los valores obtenidos anteriormente, tenemos un Desplazamiento Máximo Lateral de 25 cm.

6. Cálculo del total de desplazamiento máximo

Para obtener este valor, la Norma E.031 Aisladores Sísmicos, nos muestra la fórmula siguiente:

$$D_{TM} = DM * \left[1 + y * \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

Se tiene:

b = dimensión reducida en planta de la estructura

d = dimensión larga en planta de la estructura

e = excentricidad actual y accidental combinada

y = distancia entre el centro de rotación del sistema de aisladores y el elemento de interés más alejado, en una dirección perpendicular a la del sismo.

A continuación se presentan los resultados obtenidos con los datos recopilados:
Dirección "X":

$$y = 8.25 \text{ m}$$

$$e = 0.415$$

$$h = 15.5 \text{ m}$$

$$d = 16.5 \text{ m}$$

$$DTM = 0.2699 \text{ m}$$

Dirección "Y"

$$y = 7.75 \text{ m}$$

$$e = 0.3875$$

$$h = 15.5 \text{ m}$$

$$d = 16.5 \text{ m}$$

$$DTM = 0.2676 \text{ m}$$

Procedemos a realizar la verificación, en dónde se compara el Desplazamiento Máximo Total con el 1.1 multiplicado al Desplazamiento Máximo Lateral, dónde se tiene lo siguiente:

$$DTM \leq 1.1 \cdot d_m$$

$$0.2675 \leq 0.275 \text{ (Cumple)}$$

7. Cálculo de la carga axial última

Se usó las ecuaciones mostradas en la Norma E.031.

$$P_{um\acute{a}x} = 1.25CM + 1.25CV + SISMO$$

Inicialmente recomienda considerar el 30% de la Carga Muerta como la carga de sismo.

Entonces reemplazando se tendría lo siguiente:

Figura 50.
Carga última Axial extraída del Software Etabs

A continuación se muestra la carga última axial que se extrajo del software Etabs, en la cual usaremos el dato máximo para poder calcular el diámetro del Aislador.

Tabla 15
Carga última Axial extraída del Software Etabs

Pu máx tonf
46.4307
65.6416
54.4904
52.6572
43.1019
70.2669
88.4854
88.3896
74.969
75.5886
110.3232
94.5208
89.8945
95.3677
95.2939
81.0388
135.9601
127.382
111.6676
115.4471

90.0373
75.3162
111.2268
102.2256
87.6565
40.5092
37.7908

Nota: Fuente propia

$$P_{um\acute{a}x} = 1.25CM + 1.25CV + SISMO$$

$$P_{um\acute{a}x} = 135.96 T$$

8. En este paso se muestra el **cálculo del diámetro del Aislador**

Considerando **la carga axial última y el desplazamiento total máximo se calcula el diámetro** con la siguiente ecuación:

$$Dl = 1.5 \sqrt{DTM}$$

$$Dl = 0.4014 m$$

9. En este paso se muestra la elección del tipo de Aisladores

A continuación mostramos las **propiedades histeréticas del aislador del fabricante.**

Tabla 16

Propiedades histeréticas del fabricante de aislador LRB

DEVICE				MOUNTING PLATE					
Isolator Diameter D	Isolator Height r	Number of Balls	Lead Diameter	L	t	Hole	Hole Ø	A (mm)	B (mm)
305	125-280	4-14	0-100	355	25	4	27	50	-
355	150-305	5-16	0-100	405	25	4	27	50	-
405	175-330	6-20	0-125	455	25	4	27	50	-
455	175-355	6-20	0-125	510	25	4	27	50	-
520	205-380	8-24	0-180	570	25	8	27	50	50
570	205-380	8-24	0-180	620	25	8	27	50	50
650	205-380	8-24	0-205	700	32	8	27	50	50
700	205-430	8-30	0-205	750	32	8	33	65	75
750	230-455	8-30	0-230	800	32	8	33	65	75
800	230-510	8-33	0-230	850	32	8	33	65	75
850	230-535	8-35	0-255	900	38	12	33	65	95
900	255-560	9-37	0-255	955	38	12	33	65	95
950	255-585	10-40	0-280	1005	38	12	33	65	95

1000	255-635	11-40	0-280	1055	38	12	40	75	115
1050	255-710	12-45	0-305	1105	44	12	40	75	115
1160	330-760	14-45	0-330	1205	44	12	40	75	115
1260	355-760	16-45	0-355	1335	44	16	40	75	115
1360	405-760	18-45	0-380	1435	51	16	40	75	115
1450	430-760	20-45	0-405	1525	51	20	40	75	115
1550	455-760	22-45	0-405	1625	51	20	40	75	115

Nota: Fuente Sistemas de aislamiento sísmico

A través de la tabla proporcionada, se exponen las propiedades del productor, permitiendo seleccionar aquel que se ajuste a los intervalos particulares en función de estas cualidades.

10. Cálculo de Qd (Fuerza de histéresis).

Para esto se considera de 3 a 10% del peso de servicio máximo de la estructura.

Figura 51.

Peso de servicio obtenido del Software Etabs.

Element	Label	Design Weight	Original Level	Element Type	W1	W2	W3	W4	W5	W6
Beam	1	2	Recurso	Columna	0.2301	0.2768	30.0273	0.0000	0.0204	0.0007
Beam	2	3	Recurso	Columna	0.0021	0.0022	40.5588	0.0001	0.0044	0.0007
Beam	3	16	Recurso	Columna	0.0114	0.0091	30.1080	0.0002	0.0009	0.0007
Beam	4	23	Recurso	Columna	0.0176	0.0001	14.34	0.0000	0.0000	0.0001
Beam	5	10	Recurso	Columna	0.1101	0.0000	30.0000	0.0000	0.0001	0.0007
Beam	6	27	Recurso	Columna	0.1499	0.0000	40.0000	0.0001	0.0007	0.0007
Beam	7	44	Recurso	Columna	0.1000	0.0000	30.0000	0.0000	0.0002	0.0007
Beam	8	31	Recurso	Columna	0.1007	0.0001	30.0000	0.0002	0.0001	0.0007
Beam	9	18	Recurso	Columna	0.1000	0.0001	40.0000	0.0001	0.0000	0.0007
Beam	10	35	Recurso	Columna	0.0000	0.0001	30.0000	0.0000	0.0001	0.0007
Beam	11	32	Recurso	Columna	0.0000	0.0001	30.0000	0.0000	0.0000	0.0007
Beam	12	19	Recurso	Columna	0.0000	0.0000	40.0000	0.0000	0.0000	0.0007
Beam	13	38	Recurso	Columna	0.0000	0.0001	30.0000	0.0000	0.0000	0.0007
Beam	14	51	Recurso	Columna	0.0000	0.0001	40.0000	0.0000	0.0001	0.0007
Beam	15	100	Recurso	Columna	0.0001	0.0004	40.0000	0.0000	0.0001	0.0007
Beam	16	107	Recurso	Columna	0.0000	0.0001	30.0000	0.0001	0.0000	0.0007
Beam	17	114	Recurso	Columna	0.0000	0.0001	40.0000	0.0001	0.0000	0.0001
Beam	18	121	Recurso	Columna	0.0000	0.0001	40.0000	0.0000	0.0000	0.0001
Beam	19	128	Recurso	Columna	0.0000	0.0001	30.0000	0.0000	0.0001	0.0001
Beam	20	135	Recurso	Columna	0.0000	0.0000	30.0000	0.0000	0.0000	0.0001
Beam	21	142	Recurso	Columna	0.0000	0.0000	40.0000	0.0001	0.0001	0.0001
Beam	22	149	Recurso	Columna	0.0007	0.0002	40.0000	0.0001	0.0001	0.0001
Beam	23	156	Recurso	Columna	0.0000	0.0000	30.0000	0.0000	0.0001	0.0001
Beam	24	163	Recurso	Columna	0.0000	0.0000	40.0000	0.0000	0.0001	0.0001
Beam	25	170	Recurso	Columna	0.0000	0.0000	30.0000	0.0000	0.0001	0.0001
Beam	26	177	Recurso	Columna	0.0000	0.0000	40.0000	0.0000	0.0001	0.0001
Beam	27	184	Recurso	Columna	0.0000	0.0000	30.0000	0.0000	0.0001	0.0001

Nota: Fuente propia

Para obtener la carga de servicio se considera una mayoración del 100 % de la Carga Muerta y un 50 % de la Carga viva, y se utiliza el 6% de W.

Tabla 17
Peso de servicio obtenido del Software Etabs.

P servicio tonf
30.8273
43.5388
36.1494
34.94
28.6223
46.6218
58.6843
58.6269
49.7434
50.1481
73.1258
62.6427
59.591
63.394
63.3457
53.7572
90.152
84.2502
73.9717
76.4363
59.3949
49.9042
73.6525
67.7357
58.133
26.7278
24.7274

Nota: Fuente propia

De la tabla mostrada tenemos que para la carga axial última máxima le corresponde una carga de servicio de 90.152 Tn, calculando el 6% de este valor tenemos un resultado de:

$$Q_d = 6\% W = 5.40912 \text{ Tn.}$$

11. Cálculo del diámetro del núcleo de plomo

$$A_{plomo} = \frac{F_y}{\sigma_y (10 \text{MPa})}$$

$$F_y = 1.1 \cdot Q_d$$

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.10 \cdot Q_d}{\pi \cdot \sigma_y}}$$

En el catálogo Dynamic Isolation Systems (DIS), cada diámetro tiene un rango

DL

$$F_y = 5.95$$

$$DL = 0.08619 \text{ m}$$

12. Cálculo de la altura del aislador sin usar algún tipo de plantas (H)

Esta medida se establece en relación con el nivel de deformación cortante, con un umbral máximo del 250%, y el desplazamiento total máximo (DTM).

$$HI = \frac{DTM}{2.5}$$

$$HI = 0.1070 \text{ m}$$

13. Cálculo de Kd o K2

Depende principalmente del caucho, cuyo cálculo implica el uso del módulo de corte (G), el área de caucho y la altura de este material.

$$K_d = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(D_i^2 - D_c^2) \cdot G}{H_i}$$

El valor de G=0.4 a 0.7 MPA, en la presente investigación se trabajó con 40.78 T/m².

$$K_d = 45.98 \text{ Tn/m}$$

14. Cálculo de Keff

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

$$K_{\text{eff}} = 46.31 \text{ Tn/m}$$

15. Cálculo de Beff

$$B_{\text{eff}} = \frac{4Q_v(D_{\text{TM}} - F_v / 10K_d)}{2\pi * K_{\text{eff,max}} D_{\text{TM}}^2}$$

$$B_{\text{eff}} = 0.2645 \text{ m}$$

16. Cálculo de la rigidez vertical

$$K_v = \frac{E_c A}{H_f}$$

E_c = Módulo de elasticidad que viene a ser de las láminas de caucho y acero.

A = Área transversal del aislador.

Para el cálculo de " E_c ", se aplica la ecuación siguiente:

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

Se tiene:

G = Módulo de corte del material de caucho, se asume un rango de valores entre 0.38 a 0.70 Mpa (Para este estudio, se empleó un valor de 0.5 Mpa = 50.985 Tn/m²).

S = Coeficiente de forma, obtenido al dividir el diámetro del aislador D entre cuatro veces el grosor de una lámina de caucho t .

K = Módulo de compresibilidad del caucho, recomendable es el valor de 2000MPa.

$$T = 8 \text{ mm}$$

$$S = 14.3955$$

$$E_c = 48361.2289 \text{ Tn/m}^2$$

$$A = 0.3618 \text{ m}^2$$

$$K_v = 163475.0688 \text{ Tn/m}$$

17. Cálculo de la rigidez elástica K_e

$$K_e = 10 \cdot K_d$$

$$K_e = 459.84 \text{ Tn/m}$$

A continuación, se presentan las características físicas y mecánicas del aislador recién diseñado.

Tabla 18

Resumen de las propiedades físicas y mecánicas del aislador.

DI	HI	K_{eff}	β_{eff}	K_e	F_y	K_d/K_e	Puman	K_v
460.656042	107.031707	46.3061509	0.26447805	459.840263	5.950032	0.1	135.96	163475.07
mm	mm	T/m		T/m	T		T	T/m

Nota :Fuente propia

A continuación se puede visualizar las propiedades del aislador LRB a insertar al

Software Etabs.

Tabla 19

propiedades del aislador LRB a insertar al Software Etabs.

Dirección	Propiedades	Cantidad	Unidad
Ejes X y Y	Rigidez efectiva lineal=	46.3061509	T/m
	Amortiguamiento efectivo lineal	0.2	T.s/m
	Rigidez no lineal=	459.840263	T/m
	Fluencia	5.950032	T
	Radio de rigidez post fluencia=	0.1	
Eje Z	Rigidez efectiva=	163475.069	T/m
	Amortiguamiento efectivo lineal=	0.2	T.s/m

Nota :Fuente propia

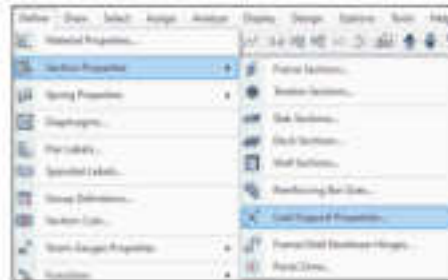
A continuación se muestran los pasos para la inserción de los datos del aislador LRB diseñado en el software Etabs:

Paso 01: Seleccionamos la opción Define luego Section Properties y después la opción

3 Link/Support Properties.

Figura 52.

Paso 01 del modelamiento del aislador LRB



Nota:Fuente propia

Paso 02: Colocamos los datos del diseño del aislador referidos al eje Z.

3 Figura 53.

Paso 02 del modelamiento del aislador LRB

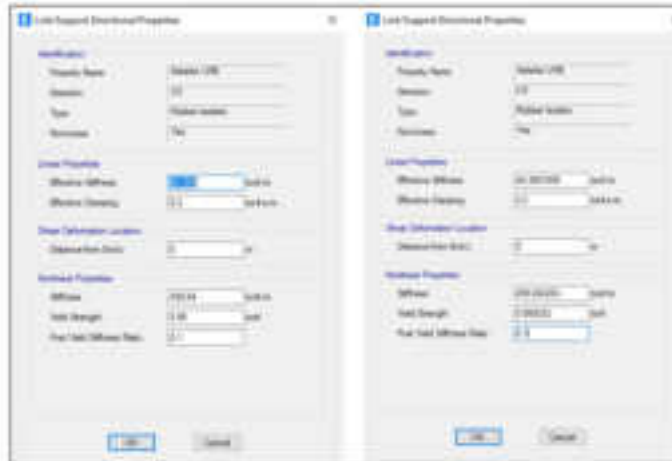


Nota:Fuente propia

Paso 03: Colocamos los datos del diseño del aislador referidos al eje X (U2) y Y (U3)

Figura 54.

Paso 03 del modelamiento del aislador LRB



Nota: Fuente propia

Paso 04: Una vez colocados los datos del aislador, procedemos a la definición del mismo yendo a la opción Define luego a Spring Properties y después a Point Spring.

Figura 55.

Paso 04 del modelamiento del aislador LRB

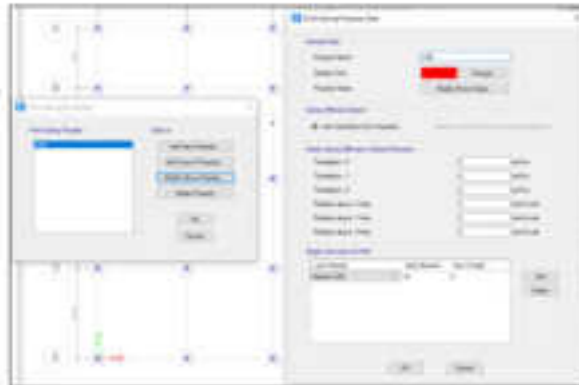


Nota: Fuente propia

Paso 05: Seguidamente Definimos el Aislador LRB creando una nueva propiedad y colocando el nombre "Aislador LRB" y luego escogiéndola esta y colocamos la opción "OK".

Figura 56.

Paso 05 del modelamiento del aislador LRB



Nota:Fuente propia

Paso 06: Seguidamente seleccionamos los nodos de la base en donde iran los aisladores LRB y lo asignamos con la opción "Join Assignment Spring".

Figura 57.

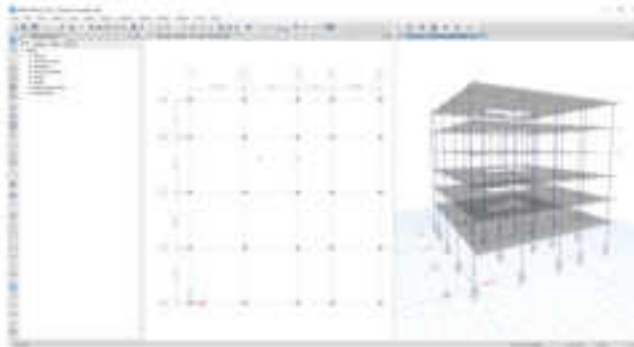
Paso 06 del modelamiento del aislador LRB



Nota:Fuente propia

Finalmente se puede apreciar la edificación modelada con los Aisladores LRB.

Figura 58.
Edificación modelada con aisladores LRB



Nota: Fuente propia

4.2.3. Diseño y Modelamiento con los Aisladores Péndulo de Fricción Doble

Para el diseño del aislador de doble péndulo friccional se toma en cuenta los siguientes pasos:

1. Datos de la edificación:

Figura 59.
Masa por piso de la edificación.

Floor	Height (m)	Mass (tonf)	Mass (tonf)	Mass (tonf)	Mass (tonf)	Mass (tonf)	Mass (tonf)	Mass (tonf)	Mass (tonf)	Mass (tonf)	Mass (tonf)
1	21	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	20	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	19	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	18	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	17	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	20.0000	20.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	16	17.0000	17.0000	0.0000	0.0000	17.0000	17.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Nota: Fuente propia

En dónde observando en la figura 57, el peso total de todos los pisos es de 149.79 tonf-s²/m, y tomando en consideración la masa adicional de otro nivel al incorporar los aisladores, esta masa total resultante ascendería a 176.15 tonf-s²/m.

Los periodos de la edificación sin aisladores fueron los mostrados en la tabla 20.

Tabla 20

Modos y periodos fundamentales de la edificación sin aisladores.

Modo 1	X	0.769
Modo 2	Y	0.71
Modo 3	Z	0.666

Nota :Fuente propia

Según nos brinda el 17.4.1 de la Norma E031, esta nos indica que el periodo de aislamiento sísmico debe ser tres veces más al periodo de base empotrada, por lo tanto el periodo que se considera será de 2.037 s.

A la vez la Norma E.031 nos recomienda que este valor este dentro de los rangos entre 2.5 – 3 s, por lo cual se consideró un periodo de la edificación aislada de 2.5 s.

Se consideró un total de 25 aisladores, debido a que se tiene la misma cantidad de columnas. Empotradas.

2. Cálculo del desplazamiento total máximo:

- Rigidez del aislador

Una vez obtenidos los datos del periodo y también de la masa, procedemos a calcular la rigidez del aislador con la fórmula mostrada a continuación:

$$K_{ais} = \frac{4\pi^2}{T_{ais}^2} \cdot M = \frac{4\pi^2}{(2.5)^2} \cdot (176.15) = 1112.66 \text{ Tn/m}$$

Dividimos este valor entre la cantidad de aisladores que tenemos, entonces nos sale una rigidez de 50.56 Tn/m.

3. Factor de amortiguamiento:

De acuerdo a lo que indica el código ASCE 7-16, nos brinda la Figura 58.

Figura 60.*Factor de amortiguamiento.*

Effective Damping, β (percentage of critical)	$R_{v1}, B_{1D}, B_D, B_{1M}, B_{vD}, R_{vM}$ (where period of the structure $\geq T_n$)
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4
60	2.7
70	3.0
80	3.3
90	3.6
≥ 100	4.0

Nota: Fuente Norma ASCE 7-16

La figura 58 nos da el valor del amortiguamiento en función al amortiguamiento efectivo β , para lo cual asumimos un valor de β de 15%, e interpolando en la tabla tenemos un valor de 1.40 de βM .

4. Cálculo del coeficiente espectral

Para esto se tomó en cuenta la Norma UBC 97, este valor se denomina como S_d1 en donde se consideró de 0.56

5. Cálculo del desplazamiento máximo lateral

Usando ² norma E.031 Aislamiento sísmico, nos brinda ¹ el dato de que como ¹ mínimo el diseño del aislador debe de resistir el desplazamiento lateral máximo, para esto nos da la fórmula siguiente:

$$D_M = \frac{g * S_{d1} * T_M}{4 * \pi^2 * B_M}$$

Reemplazando en la ecuación los valores obtenidos anteriormente, ² tenemos un Desplazamiento Máximo Lateral de 25 cm.

6. Propiedades de resistencia ² del aislador de péndulo de fricción doble:

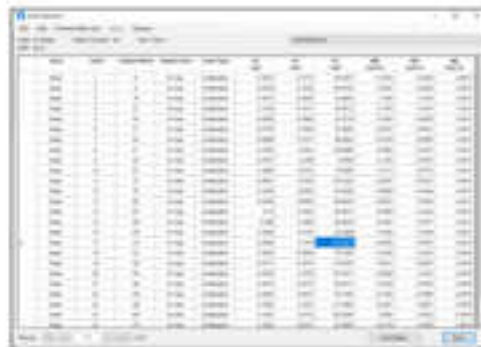
- 1 **Esfuerzo axial permisible en servicio del teflón = 2243 Tn.m2**
- **Esfuerzo axial permisible en combinación del teflón = 4598 Tn.m2**

Respecto al peso, se tomó consideró dos criterios:

- Primera combinación: 23 1.5 de la Carga Muerta y de 1.25 de la Carga Viva.
- Segunda combinación: 23 1.5 de la Carga Muerta y de 1.25 de la Carga Viva y adicionalmente el sismo

Los cuales se muestran en las figura 59 y 60 respectivamente.

Figura 61.
Carga última Axial con la primera combinación - Etabs



Nota: Fuente propia

En la siguiente tabla se muestra la extracción de resultados de la carga última axial con la primera combinación que es la de 1.5 CM y 1.25 CV

Tabla 21
Carga última Axial con la primera combinación - Etabs

Pu máx tonf
46.4307
65.6416
54.4904
52.6572
43.1019
70.2669
88.4854

88.3896
74.969
75.5886
110.3232
94.5208
89.8945
95.3677
95.2939
81.0388
135.9601
127.382
111.6676
115.4471
90.0373
75.3162
111.2268
102.2256
87.6565
40.5092
37.7908

Nota:Fuente propia

Figura 62.

Carga última Axial con la segunda combinación - Etabs

Nota:Fuente propia

Tabla 22*Carga última Axial con la segunda combinación - Etabs*

1.5CM+1.25CV+SISMO
tonf
93.4447
131.7765
109.4435
105.8132
86.7842
141.177
177.5873
177.4416
150.638
151.834
221.0989
189.3621
180.203
192.5077
192.3648
162.7308
272.7305
253.8928
223.4482
230.7129
178.2727
150.8052
222.3585
204.6967
175.9117
80.2467
73.2845

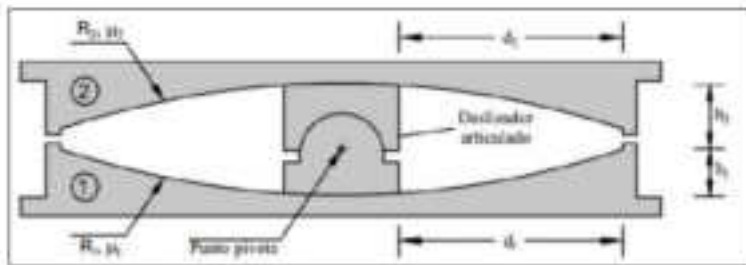
Nota:Fuente propia

Extrayendo los datos, se tiene el siguiente resultado:

- Peso a = 135.96 Tn

- Peso b = 272.73 Tn

Estos datos numéricos obtenidos son de vital importancia para poder llegar a obtener las propiedades histeréticas del aislador de péndulo de fricción ³ doble ⁴ diseñar, ⁵ también para poder comprender la composición de este ⁶ aislador.

Figura 63.**Sección transversal de Aislador de Péndulo Friccional Doble****Nota:** Fuente *DIESCON Ingenieros***7. Determinación del diámetro del teflón, del POT y del deslizador:**

Con la información que se tiene, hallamos el área mínima y máxima del aislador con la siguiente ecuación:

$$A = \max\left(\frac{P_a}{\sigma_s}, \frac{P_b}{\sigma_u}\right)$$

Reemplazando en la ecuación mostrada, obtenemos los siguientes valores:

$$A_{\max} = 0.061 \text{ m}^2.$$

$$A_{\min} = 0.059 \text{ m}^2.$$

Para poder determinar el diámetro se escoge el área máxima, por lo que el diámetro de teflón se calcula con la ecuación mostrada.

$$D_{t,\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.061}{\pi}}$$

$$D_{t,\min} = 0.2787 \text{ m} \cong 28 \text{ cm}$$

Por otro lado, para poder determinar el diámetro del POT, se considera añadir 2.5 cm en cada lado, obteniendo un valor de 33 cm esto ya que el POT está referida a parte segunda interna del aislador de péndulo de fricción doble, esto debajo de la placa principal.

Por lo tanto, obtenemos la quinta parte del POT, cuyo resultado nos da 5.6 cm.

8. Determinación del radio de curvatura y efectivo:

El radio de curvatura se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$R = \left(\frac{T}{2 \cdot \pi}\right)^2 \cdot g$$

Teniendo en cuenta que el periodo objetivo es de 2.5 s, se tiene un valor de **radio de curvatura de 1.55 m**, seguidamente empleamos **la tabla** mostrada a continuación:

Tabla 23

Lista de diámetros de radio de curvatura y de la superficie

TABLE 4-2 Partial List of Standar Sizes of FP Bearing Concave Plates	
Radius of Curvature, mm (inch)	Diameter of Concave Surface, mm (inch)
1555 (61)	356 (14)
	457 (18)
	559 (22)
	787 (31)
	914 (36)
2235 (88)	686 (27)
	787 (31)
	914 (36)
	991 (39)
	1041 (41)
	1118 (44)
	1168 (46)
	1295 (51)
3048 (120)	1422 (56)
	1600 (63)
3692 (156)	1778 (70)
	2692 (106)
	3150 (124)
	1981 (78)
6045 (238)	2388 (94)
	2692 (106)
	3327 (131)
	3632 (143)

Nota : Fuente Constantinou et al, 2011

Seguidamente, se considerará un radio efectivo 1 y 2 de un valor de 1.45 m para los siguientes cálculos.

9. Propiedades histeréticas del aislador

- Coeficiente de fricción:

Este dato numérico es un porcentaje que se da al aislador de péndulo de fricción doble al existir el rozamiento entre el deslizador y la superficie cóncava, por lo que se tomará el valor usando la tabla mostrada a continuación:

Tabla 24

Coefficientes de fricción recomendados por su uso.

Use	Value
Análisis bajo condiciones de carga sísmica (alta velocidad)	0.06
Análisis bajo condiciones de carga sísmica (baja velocidad)	0.03
Diseño de apoyo, subestructura y superestructura bajo condiciones de carga de servicio*	0.10
Diseño de apoyo, subestructura y superestructura bajo condiciones de carga sísmica	0.15
* Utilice el valor de 0.06 únicamente al verificar la ecuación (7-1)	

Nota :Fuente (Constantinou et al, 2011)

Considerando la importancia del coeficiente en ambos análisis, se ha optado por elegir 0.04 como el valor inicial del coeficiente de fricción (u_1). En el contexto de los aisladores de péndulo de fricción doble, surgen dos coeficientes para cada superficie cóncava. En consecuencia, para calcular el segundo coeficiente de fricción (u_2), se aplicó la fórmula correspondiente:

$$u_2 = \frac{1}{3} * \left(\frac{D_M}{R_{eff1}} - u_1 \right)$$

En la ecuación, el R_{eff1} es el radio de curvatura 1, el D_M es el desplazamiento máximo y u_1 es el primero coeficiente de fricción, reemplazando los valores obtenidos en la ecuación, obtenemos un valor de 5.74 % como el segundo coeficiente de fricción (u_2).

10. Propiedades de rigidez a corte:

En la siguiente **tabla de** muestra las propiedades de rigidez al **corte de un aislador de péndulo de fricción doble**.

Tabla 25 **Propiedades de rigidez a corte del aislador de péndulo de fricción doble.**

Coeficiente de fricción absoluto			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
Reff1	1.45	m	$u_e = \frac{u_1 * R_{eff1} + u_2 * R_{eff2}}{R_{eff1} + R_{eff2}}$
Reff2	1.45	m	
u1	4		
u2	5.74		
ue	4.87		
Fuerza de histéresis			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
P. aislador	135.96	Tn	$Qd = u_e * P$
ue	4.87		
Qd	6.621252	Tn	
Rigidez post fluencia			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
P. aislador	135.96	Tn	$Kd = \frac{P}{R_{eff1} + R_{eff2}}$
Reff1	1.45	m	
Reff2	1.45	m	
Kd	46.8827586	Tn/m	
Rigidez efectiva			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
Qd	6.621252	Tn	$Kef = Kd + \frac{Qd}{D_M}$
DM	0.25	m	
Kd	46.8827586	Tn/m	
Kef	73.3677666	Tn/m	
Fuerza efectiva			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
Kef	73.3677666	Tn/m	$F = Kef * D_M$
DM	0.25	m	
F	18.3419417	Tn	

Nota :Fuente propia

- Propiedades del régimen I:

Principalmente se conoce como la fase inicial del deslizamiento sobre superficies cóncavas, en la cual se cumple la condición de que el coeficiente de fricción 1 es inferior al coeficiente de fricción 2.

Tabla 26
Propiedades del régimen I

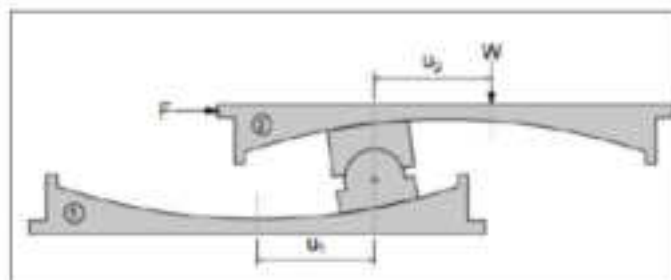
Fuerza de fricción 1			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
Paislador	135.96	Tn	$F_{f1} = u_1 \cdot P$
u1	4%	%	
Ff1	5.4384	Tn	
Desplazamiento de fricción 1			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
F	18.34	Tn	$D_{u1} = (F - F_{f1}) \cdot \frac{R_{eff1}}{P}$
Ff1	5.4384	Tn	
Reff1	1.45	m	
Paislador	135.96	Tn	
Du1	13.7594	cm	

Nota :Fuente propia

- Propiedades del régimen II:

Se refiere además como la segunda instancia en la que el deslizador se mueve sobre superficies cóncavas, en la cual se verifica que el coeficiente de fricción 1 es equivalente al coeficiente de fricción 2.

Figura 64.
Régimen II del aislador de péndulo friccional doble



Fuente: DIESCON Ingenieros

Las propiedades correspondientes referidas a este régimen son los siguientes:

Tabla 27

Propiedades del régimen II

Fuerza de fricción 2			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
Paislador	135.96	Tn	$F_{f2} = u_2 \cdot P$
u2	5.74%	%	
Ff2	7.804104	Tn	
Desplazamiento de fricción 1			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
F	18.34	Tn	$D_{u2} = (F - F_{f2}) \cdot \frac{R_{eff2}}{P}$
Ff2	7.804104	Tn	
Reff2	1.45	m	
Paislador	135.96	Tn	
Du2	11.2364	cm	

Nota :Fuente propia

- Propiedades dinámicas:

Tabla 28

Propiedades dinámicas del aislador de péndulo de fricción doble

Energía disipada			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
Qd	6.62125	Tn	$ED = 4 \cdot Qd \cdot D_M$
DM	0.25	m	
ED	6.62125	Tn	
Energía elástica			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
Kef	73.3677	Tn/m	$E_E = K_{ef} \cdot (D_M)^2$
DM	0.25	m	
EE	4.58548125	tn.m	
Amortiguamiento efectivo			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
ED	6.62125	Tn.m	$\beta = \frac{ED}{2 \cdot \pi \cdot EE}$
EE	4.58548125	Tn.m	
Beta	22.98	%	

Nota :Fuente propia

- **Coeficientes de amortiguamiento:****Tabla 29***Coeficientes de amortiguamiento del aislador de doble péndulo de fricción.*

Coeficiente de amortiguamiento vertical			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
Kv	408399	Tn/m	$C_v = 2 * 5\% \sqrt{K_v * \frac{P_a}{g}}$
Pa	135.96	Tn	
g	9.81	m/s ²	
Cv	237.91	Tn-s/m	
Energía elástica			
Valor	Cantidad	Unid.	Fórmula
ED	6.62125	Tn.m	$C_H = \frac{E_D * T_a}{2 * \pi^2 * D_M^2}$
Taislado	2.5	s	
DM	0.25	m	
CH	13.42	Tn-s/m	

Nota :Fuente propia

Propiedades del aislador de péndulo friccional doble a insertar al Software Etabs.

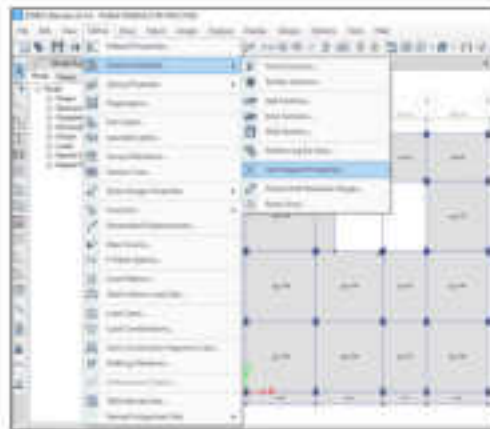
Dirección	Propiedades	Cantidad	Unidad
Ejes X y Y	Rigidez efectiva lineal (Kef)	73.34	Tn
	Coeficiente de amortiguamiento horizontal (CH)	13.42	Tn/m
	Rigidez	1800	Tn-s/m
	Índice de fricción lento (u)	0.04	
	Índice de fricción rápido (u)	0.06	
	Factor de tasa	1	s/m
Eje Z	Radio neto del péndulo	1000	M
	Rigidez efectiva (kv)	408399	Tn.m
	Factor de amortiguamiento vertical (Cv)	237.91	Tn-s/m

Nota :Fuente propia

27 A continuación se muestran los pasos para la inserción de los datos del aislador PFD diseñado en el software Etabs:

Paso 01: Seleccionamos la opción Define luego Section Properties y después la opción 3 Link/Support Properties.

Figura 65.
Paso 01 del modelamiento del aislador PFD



Nota :Fuente propia

Paso 02: Colocamos los datos del diseño del aislador referidos al eje Z.

Figura 66.
Paso 02 del modelamiento del aislador PFD



Nota :Fuente propia

Paso 03: Colocamos los datos del diseño del aislador referidos al eje X (U2) y Y (U3)

Figura 67.

Paso 03 del modelamiento del aislador PFD

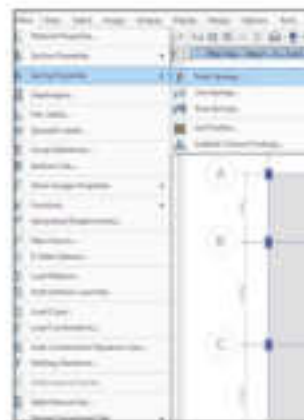


Nota :Fuente propia

Paso 04: Una vez colocados los datos del aislador, procedemos a la definición del mismo yendo a la opción Define luego a Spring Properties y después a Point Spring.

Figura 68.

Paso 04 del modelamiento del aislador PFD

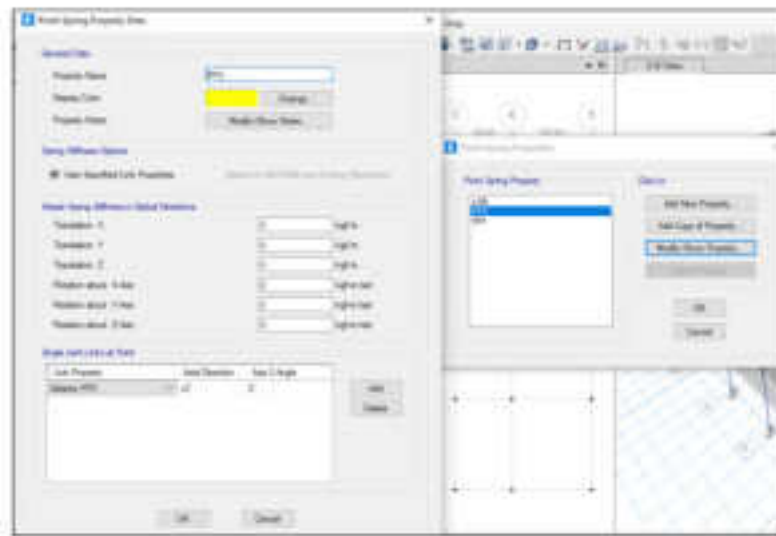


Nota :Fuente propia

Paso 05: Seguidamente Definimos el Aislador PFD creando una nueva propiedad y colocando el nombre "Aislador PFD" y luego escogiéndola esta y colocamos la opción "OK".

Figura 69.

Paso 05 del modelamiento del aislador PFD



Nota:Fuente propia

Paso 06: Seguidamente seleccionamos los nodos de la base en donde iran los aisladores PFD y lo asignamos con la opción "Join Assignment Spring".

Figura 70.

Paso 06 del modelamiento del aislador PFD

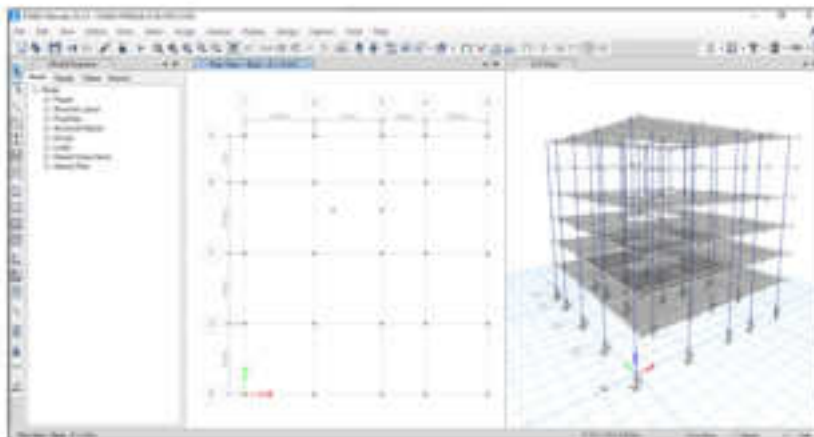


Nota:Fuente propia

Finalmente se puede apreciar la edificación modelada con los Aisladores PFD.

Figura 71.

Edificación modelada con aisladores PFD



Nota:Fuente propia

4.2.4. Diseño y Modelamiento con los Aisladores Péndulo de Fricción Triple

Para poder efectuar el diseño del aislador de Péndulo de Fricción Triple se aplicó la normativa del ASCE 7-16 y la Norma E.031, dónde se siguió los siguientes pasos:

1. Datos de la edificación;

Figura 72. Masa por piso de la edificación.

Story	Deadweight	Mass 1	Mass 2	M1	M2	Cum. Mass 1	Cum. Mass 2	M1/M2	M2/M1	M1/M2	M2/M1
Story 1	27	20.0000	20.0000	0.540	0.540	20.0000	20.0000	1.000	1.000	1.000	1.000
Story 2	22	20.0000	20.0000	0.540	0.540	40.0000	40.0000	1.000	1.000	1.000	1.000
Story 3	22	20.0000	20.0000	0.540	0.540	60.0000	60.0000	1.000	1.000	1.000	1.000
Story 4	20	20.0000	20.0000	0.540	0.540	80.0000	80.0000	1.000	1.000	1.000	1.000
Story 5	20	20.0000	20.0000	0.540	0.540	100.0000	100.0000	1.000	1.000	1.000	1.000
Story 6	20	17.0000	17.0000	0.468	0.468	117.0000	117.0000	0.936	1.064	0.875	1.143

Nota: Fuente propia

En dónde observando en la figura 70 el peso total de todos los pisos es de 149.79 tonf-s²/m, y teniendo en cuenta la masa de un nivel más al considerar los aisladores colocados por lo tanto la masa total sería de 176.15 tonf-s²/m.

Los periodos de la edificación sin aisladores fueron los mostrados en la tabla 30.

Tabla 30
Modos y periodos fundamentales de la edificación sin aisladores.

Modo 1	X	0.769
Modo 2	Y	0.71
Modo 3	Z	0.666

El periodo de la edificación aislada debe ser tres veces el periodo fijo, según la Norma E.031 del Reglamento Nacional de Edificaciones, y a la vez recomienda que estos valores se encuentren entre los rangos de 2.5 s a 3 s.

Por lo tanto el periodo para la edificación de análisis será de 2.5 s.

Se consideró un total de 25 aisladores, debido a que se tiene la misma cantidad de columnas. Empotradas.

2. Cálculo del desplazamiento total máximo:

- Rigidez del aislador

Como ya tenemos los datos del periodo y también de la masa, procedemos a calcular la rigidez del aislador con la fórmula mostrada a continuación:

$$K_{ais} = \frac{4\pi^2}{T_{ais}^2} \cdot M = \frac{4\pi^2}{(2.5)^2} \cdot (176.15) = 1112.66 \text{ Tn/m}$$

Dividimos este valor entre la cantidad de aisladores que tenemos, entonces nos sale una rigidez de 50.56 Tn/m.

3. Factor de amortiguamiento:

De acuerdo a lo que indica el código ASCE 7-16, nos brinda la Figura 71.

Figura 73.

Factor de amortiguamiento.

Effective Damping, β (percentage of critical)	$B_{v+1}, B_{12}, B_R, B_{1M}, B_{m2}, B_{mM}$ (where period of the structure $\geq T_0$)
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4
60	2.7
70	3.0
80	3.3
90	3.6
≥ 100	4.0

Nota: Fuente Norma ASCE 7-16

La figura 71 nos da el valor del amortiguamiento en función al amortiguamiento efectivo β , para lo cual asumimos un valor de β de 15%, e interpolando en la tabla tenemos un valor de 1.40 de β_M .

4. Cálculo del coeficiente espectral

Para esto se tomó en cuenta la Norma UBC 97, este valor se denomina como S_d1 en donde se consideró de 0.56

5. Cálculo del desplazamiento máximo lateral

Tomando en cuenta lo indicado en la Norma E031, nos brinda el dato de que como **1** mínimo el diseño del aislador debe de resistir el desplazamiento lateral máximo, para esto nos da la fórmula siguiente:

$$D_M = \frac{g \cdot S_{d1} \cdot T_M}{4 \cdot \pi^2 \cdot B_M}$$

Reemplazando en la ecuación los valores obtenidos anteriormente, **2** tenemos un Desplazamiento Máximo Lateral de 25 cm.

6. Cálculo de la carga promedio en el aislador de Péndulo de Fricción Triple

Para realizar este diseño se requiere los datos calculados anteriormente como a la vez también se requiere del diámetro del deslizador rígido (DR).

El diámetro de este aislador no puede ser menor a 8 pulgadas (Constantinou, 2011)

Para poder realizar el diseño requerimos del peso sísmico de la edificación, el cual está mostrado en la tabla 31.

Tabla 31

Calculo del peso sísmico de la edificación – tabla extraída del Etabs

TABLE: Story Forces						
Story	Output Case	Case Type	Location	P	MX	MY
				kgf	kgf-m	kgf-m
Story6	P 100CM+25CV	Combination	Bottom	187572.38	1435039.13	1448969.24
Story5	P 100CM+25CV	Combination	Bottom	447489.55	3519900.48	3463485.02
Story4	P 100CM+25CV	Combination	Bottom	707406.73	5604761.84	5490506.97
Story3	P 100CM+25CV	Combination	Bottom	967323.9	7689623.19	7505022.75
Story2	P 100CM+25CV	Combination	Bottom	1227241.08	9774484.55	-9532044.7
Story1	P 100CM+25CV	Combination	Bottom	1492138.25	11903393.4	-11586525

Nota: Fuente propia

Procedemos a dividir el peso entre el número de aisladores que en la presente tesis son

25.

$$P_{med} = \frac{Ws}{n}$$

Dónde:

Pmed= Carga promedio

Ws = Peso sísmico de la edificación

n = Número de aisladores

Reemplazando tenemos lo siguiente.

$$P_{med} = \frac{1492.147n}{25}$$

$$P_{med} = 59.69 Tn$$

2 Aplicando el criterio de estabilidad, tenemos:

$$\frac{h_2 + h_3}{D_n} \leq 1.0$$

Entonces:

- Cálculo del diámetro DR.

Para ²calcular el diámetro del deslizador rígido se usará la ecuación mostrada a continuación:

$$D_R \geq \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{P_{med}}{10}}$$

Reemplazando los datos en la ecuación mostrada, tenemos:

$$D_R \geq \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{59,69}{10}}$$

$$D_R \geq 2,76 \text{ pulgadas}$$

Como el diámetro debe ser mayor a 2.75 pulgadas

asumimos un diámetro de 8 pulgadas.

Usamos el criterio de estabilidad:

$$\frac{h_2 + h_3}{D_R} \leq 1$$

$$\frac{2h_2}{8} \leq 1$$

$$h_2 = h_3 \leq 4$$

Como el valor de h2 debe ser menor o igual a 4, asumimos un valor de 2.5 pulgadas.

Para las alturas h1=h4, consideramos que el espesor de las placas 2 y 3 en el centro es igual a 1 pulgada.

$$h_1 + h_4 \geq h_2 + h_3 + 2 \text{ pulg}$$

$$h_1 = h_4 = 4 \text{ pulgadas}$$

Entonces tenemos las alturas de:

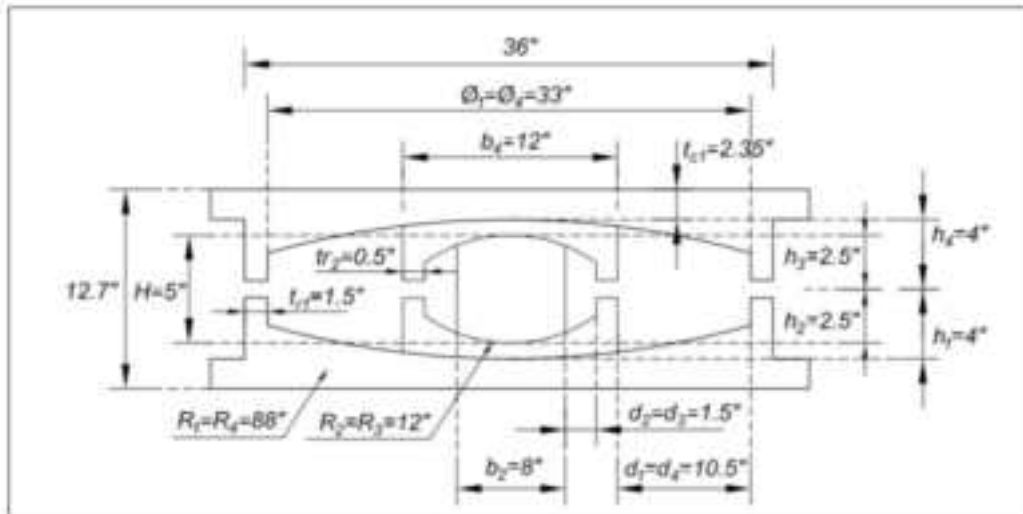
$$h_2 = h_3 = 2,5 \text{ pulg}$$

$$h1 = h4 = 4 \text{ pulg}$$

Cuyas alturas coinciden con las dimensiones del Aislador FPT8833/12-12/8-5, la cual se muestra en la figura 72.

Figura 74.

Geometría del aislador FPT8833/12-12/8-5



Nota: Fuente Constantinaou ,2011)

De dónde también extraemos los Radios que son:

$$R1 = R4 = 88 \text{ ''}$$

$$R2 = R3 = 12 \text{ ''}$$

Al igual que las distancias de la placa interna que es de 1.5" y de la placa externa que es 10.5", las cuales nos servirán para poder realizar el análisis en el Etabs.

De acuerdo a la condición mostrada, el diámetro debe de ser mayor a 2.76 pulgadas y también se debe tener en consideración la sección de las columnas, es decir el aisladore debe ser proporcional a la sección sobre este, por tal razón se asume un diámetro de 5 pulgadas para el diámetro de curvatura, ya que valores inferiores a este no concordarían con la geometría de fabricación en dispositivos FTP de catálogo, en los cuales los cuales los diámetros toman datos desde las 5 pulgadas.

- **2** Cálculo de la rigidez efectiva vertical

Usamos 70 veces la rigidez horizontal. Lo cual nos da un valor de:

$$1112.66 \frac{Tn}{m} * 70 = 77886.2 Tn/m$$

- **2** Propiedades para modelar en Etabs del Aislador FPT8833/12-12/8-5

- Peso del aislador: $W = 2.26796 \text{ tonf}$

- Masa del aislador: $M = 0.23127 \text{ tonf}\cdot\text{s}^2/\text{m}$

2 - Inercia rotacional en las direcciones horizontales

- Rigidez parte superior exterior = 1260 Tonf/m

- Rigidez parte superior interior = 840 Tonf/m

$$I_x = 0.0967 \text{ Ton}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$$

$$I_x = I_y = \frac{I_x}{2} = \frac{0.0967}{2} = 0.0483 \text{ Ton}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$$

Seguidamente se presentan una secuencia de pasos a seguir para la inserción de los datos del aislador PFT diseñado en el software Etabs:

Paso 01: Seleccionamos la opción Define luego "Section Properties" y después la opción "Link/Support Properties".

Paso 03: Colocamos los datos del diseño del aislador referidos al eje X (U2) y Y (U3)

Figura 77.
Paso 03 del modelamiento del aislador PFT

Link Support Definition Properties

Identification

Property Name: Type:
 Number: Restraint:

Link Properties

Effective Stiffness (U2): kN/m Effective Stiffness (U3): kN/m
 Effective Damping (U2): kN·s/m Effective Damping (U3): kN·s/m

Base Definition Location

Definition Point (U2): m Definition Point (U3): m

Height and Geometry of Sliding Surface

Height for Slip Surface: m Slap Bottom Surface is Specified on Slap Top Surface
 Height for Isol. Surface: m Slap Bottom Surface Specified on Slap Top Surface

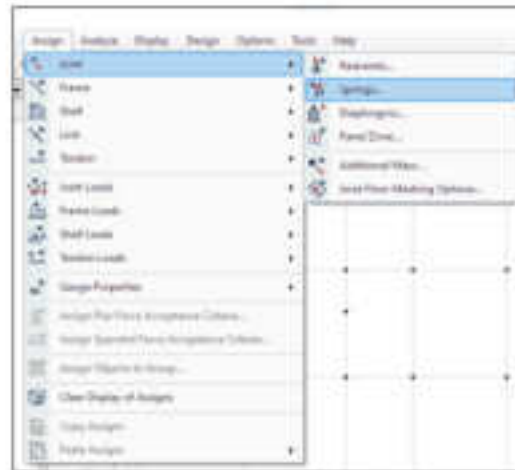
Restraint Properties for Degrees of Freedom

	Slip Top	Slap Bottom	Slap Top	Slap Bottom
Stiffness	<input type="text" value="1.00"/> kN/m	<input type="text" value="1.00"/> kN/m	<input type="text" value="50"/> kN/m	<input type="text" value="50"/> kN/m
Friction Coefficient, Base	<input type="text" value="0.000"/> kN/m	<input type="text" value="0.000"/> kN/m	<input type="text" value="0.000"/> kN/m	<input type="text" value="0.000"/> kN/m
Friction Coefficient, Pad	<input type="text" value="0.000"/> kN/m	<input type="text" value="0.000"/> kN/m	<input type="text" value="0.40"/> kN/m	<input type="text" value="0.40"/> kN/m
Slap Resistance	<input type="text" value="0"/> kN	<input type="text" value="0"/> kN	<input type="text" value="0"/> kN	<input type="text" value="0"/> kN
Radius of Sliding Surface	<input type="text" value="0.000"/> m	<input type="text" value="0.000"/> m	<input type="text" value="0.000"/> m	<input type="text" value="0.000"/> m
Slap Thickness	<input type="text" value="0.000"/> m	<input type="text" value="0.000"/> m	<input type="text" value="0.100"/> m	<input type="text" value="0.100"/> m

Nota :Fuente propia

Paso 04: Una vez colocados los datos del aislador, procedemos a la definición del mismo yendo a la opción Define luego a Spring Properties y después a Point Spring.

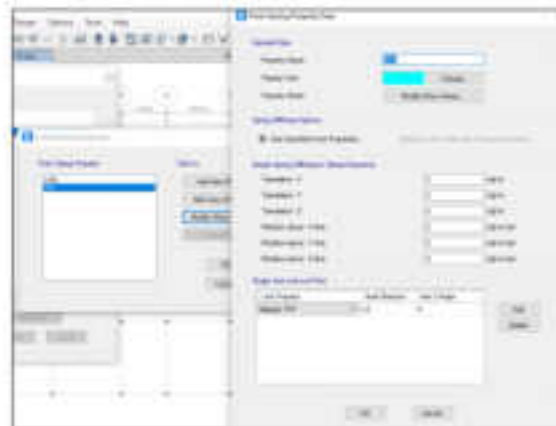
Figura 78.
Paso 04 del modelamiento del aislador PFD



Nota :Fuente propia

Paso 05: Seguidamente Definimos el Aislador PFT creando una nueva propiedad y colocando el nombre "Aislador PFD" y luego escogiéndola esta y colocamos la opción "OK".

Figura 79.
Paso 05 del modelamiento del aislador PFT

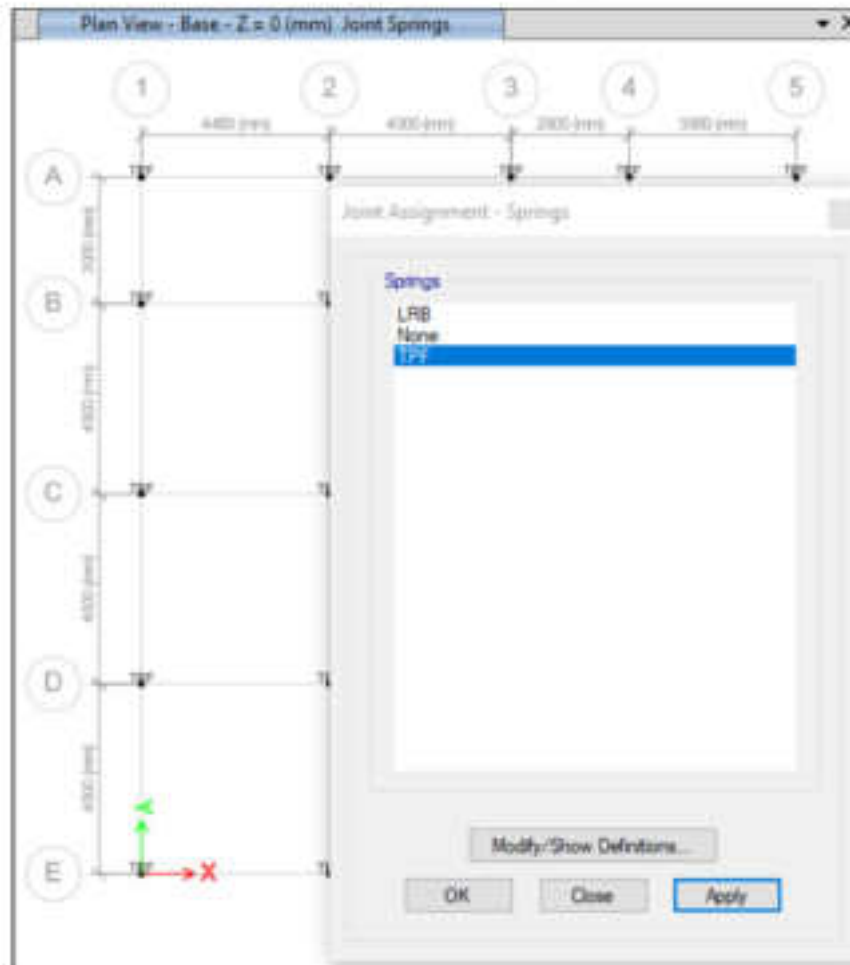


Nota:Fuente propia

Paso 06: Seguidamente seleccionamos los nodos de la base en donde iran los aisladores PFT y lo asignamos con la opción "Join Assignment Spring".

Figura 80.

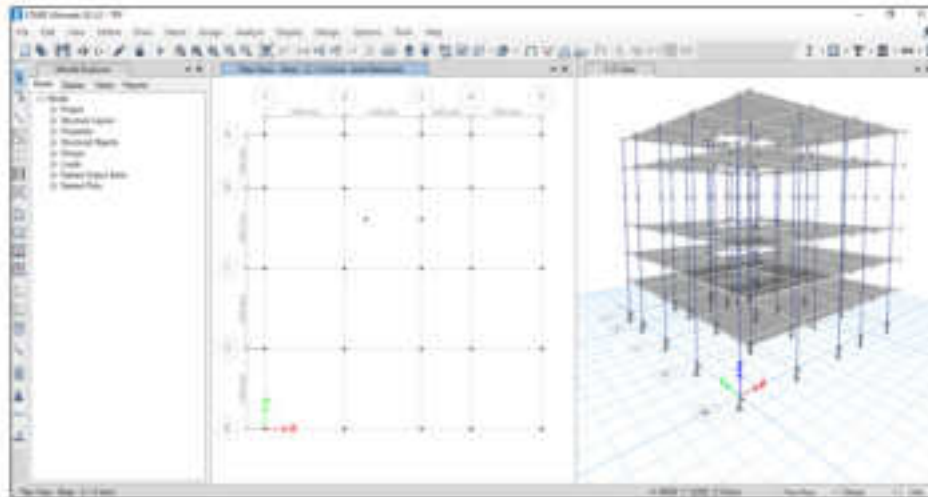
Paso 06 del modelamiento del aislador PFT



Nota: Fuente propia

Finalmente se puede apreciar la edificación modelada con los Aisladores PFT.

Figura 81.
Edificación modelada con aisladores PFT



Nota: Fuente propia

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Edificación Sin Aisladores

4.3.1.1 Modos y periodos de vibración

En la siguiente figura se muestra los valores de los periodos de vibración y las frecuencias, donde el periodo fundamental es de 0.769 segundos.

Figura 82.

Periodos y frecuencias de la edificación sin aislamiento sísmico.

Case	Mode	Period (sec)	Frequency (cycles/sec)	Circfreq (rad/sec)	Eigenvalue (rad/Sec ²)
Modal	1	0.769	1.301	8.1726	86.7622
Modal	2	0.71	1.408	8.8476	78.2595
Modal	3	0.668	1.502	9.4387	83.000
Modal	4	0.247	4.043	25.4336	646.0671
Modal	5	0.223	4.479	28.141	791.9144
Modal	6	0.208	4.791	30.1811	866.878
Modal	7	0.138	7.194	45.1962	2042.8794
Modal	8	0.122	8.171	51.3428	2636.058
Modal	9	0.113	8.885	55.8233	3116.243
Modal	10	0.094	10.63	67.1868	4571.3524
Modal	11	0.08	12.485	78.5598	6163.7883
Modal	12	0.072	13.884	87.2342	7008.8105
Modal	13	0.07	14.234	90.9637	8111.4762
Modal	14	0.058	17.24	108.3214	11735.5172
Modal	15	0.057	17.457	109.3694	11981.8801
Modal	16	0.051	19.684	123.8705	15795.8988
Modal	17	0.047	21.484	134.9867	18221.4132
Modal	18	0.04	25.042	157.3464	24757.9

Nota: Fuente propia

En la siguiente figura se muestra los valores de los modos y periodos de vibración, dónde podemos observar que el primer modo de vibración se da ¹ en el eje X, el segundo modo en el eje Y y el tercer modo en el eje Z.

Figura 83.
Modos y periodos de la edificación sin aislamiento sísmico;

Modo	Periodo (s)	Ux	Uy	Uz	Ux1	Uy1	Uz1	Ux2	Uy2	Uz2	Ux3	Uy3	Uz3
1	0.181	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.177	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Nota: Fuente propia

¹ En la figura 82 se puede apreciar que la participación de los modos es más que el 90%, cumpliendo lo que indica la norma E030 Diseño sismorresistente.

4.3.1.2. Análisis Estático

Seguidamente se aprecia ⁵ los resultados de las Derivas de entrepiso de la edificación sin aislamiento sísmico tanto en el Eje X y en eje Y, los cuales están mostrados en las figuras 82 y 84 respectivamente, y también se muestran las gráficas de deriva máxima para cada caso.

Figura 84. **Derivas de entrepiso en dirección X sin aisladores sísmicos.**

Story	Output Case	Case Type	Direction	Drift	Label	X in	Y in	Z in
Story6	Demos_S2a	Combination	0	0.003497	36	15.0	-0.0	10.0
Story5	Demos_S2a	Combination	0	0.007191	36	15.0	-0.0	10.0
Story4	Demos_S2a	Combination	0	0.00988	36	15.0	-0.0	10.0
Story3	Demos_S2a	Combination	0	0.01091	36	15.0	-0.0	0
Story2	Demos_S2a	Combination	0	0.01125	36	15.0	-0.0	0.0
Story1	Demos_S2a	Combination	0	0.01024	12	11.00	0	0

Nota: Fuente propia

Figura 85. **Gráfico de deriva máxima en el Eje X sin aisladores sísmicos.**



Nota: Fuente propia

Figura 86.
Derivas de entrepiso en dirección Y sin aisladores sísmicos.

Story	Output Case	Case Type	Direction	Drift	Label	X in	Y in	Z in
Story6	Drifts_30y	Combination	Y	0.009071	30	15.3	-0.0	15.3
Story6	Drifts_30y	Combination	Y	0.012182	30	15.0	-0.0	15.0
Story6	Drifts_30y	Combination	Y	0.021191	30	15.5	-0.0	15.5
Story5	Drifts_30y	Combination	Y	0.030020	30	15.2	-0.0	0
Story5	Drifts_30y	Combination	Y	0.039445	30	15.5	-0.0	5.5
Story7	Drifts_30y	Combination	Y	0.011221	0	15.1	15.1	0

Nota: Fuente propia

Figura 87.
Gráfico de deriva máxima en el Eje Y sin aisladores sísmicos.



Nota: Fuente propia

Con los resultados obtenidos se verificó que las derivas cumplen con lo establecido en la Norma E030.

Tabla 32.
Resultados de derivas estáticas en los ejes X y Y sin aisladores.

PISO	ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO X			ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO Y		
	DIST.	Admitido	VERIFICACIÓN	DIST.	Admitido	VERIFICACIÓN
6	0.0040	0.007	CONFORME	0.0067	0.007	CONFORME
5	0.0072		NO CONFORME	0.0126		NO CONFORME
4	0.0099		NO CONFORME	0.0211		NO CONFORME
3	0.0119		NO CONFORME	0.0308		NO CONFORME
2	0.0131		NO CONFORME	0.0395		NO CONFORME
1	0.0116		NO CONFORME	0.0333		NO CONFORME

Nota: Fuente propia

Seguidamente se muestra los resultados de la distribución de fuerzas sísmicas en las direcciones X y Y sin el uso de aisladores sísmicos.

Figura 88.
Distribución de fuerzas sísmicas en el eje X sin aisladores sísmicos



Nota: Fuente propia

Figura 89.

Distribución de fuerzas sísmicas en el eje Y sin aisladores sísmicos



Nota:Fuente propia

Seguidamente se ¹ muestra los resultados de la distribución de fuerzas cortantes en la direcciones X y Y sin el uso de aisladores sísmicos.

Figura 90. ²

Distribución de fuerzas cortantes en el eje X sin aisladores sísmicos



Nota:Fuente propia

Figura 91. ²
Distribución de fuerzas cortantes en el eje Y sin aisladores sísmicos



¹¹
Nota: Fuente propia

4.3.1.3. Análisis Dinámico Modal

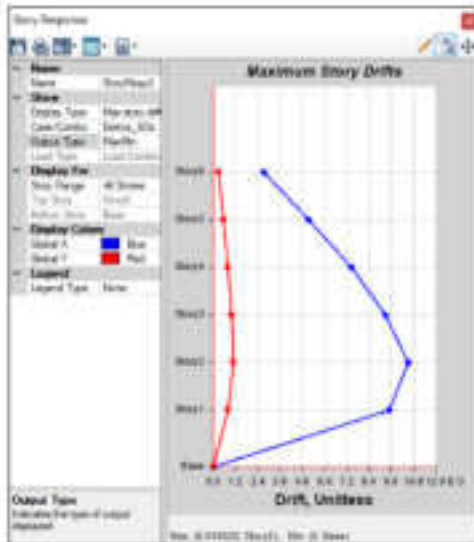
Se aprecia los resultados de las Derivas de entrepiso con el análisis dinámico en la edificación sin aislamiento sísmico tanto en el Eje X y en eje Y, los cuales están mostrados en las figuras 90 y 92 respectivamente, y también se muestran las gráficas de deriva máxima para cada caso,

Figura 92. ¹
Derivas de entrepiso en dirección X sin aisladores sísmicos.

Story	Default Case	Case Type	Story Type	Direction	Drift	Label	X (in)	Y (in)	Z (in)
Story6	Deriva_30a	Combination	Max	X	0.007722	0	19.0	19.0	19.0
Story5	Deriva_30a	Combination	Max	X	0.00744	0	19.0	19.0	19.0
Story4	Deriva_30a	Combination	Max	X	0.017446	0	19.0	19.0	19.0
Story3	Deriva_30a	Combination	Max	X	0.00627	0	19.0	19.0	0
Story2	Deriva_30a	Combination	Max	X	0.019209	0	19.0	19.0	0.0
Story1	Deriva_30a	Combination	Max	X	0.019471	0	19.0	19.0	0

Nota: Fuente propia

Figura 93.
Gráfico de deriva máxima en el Eje X sin aisladores sísmicos.



Nota: Fuente propia

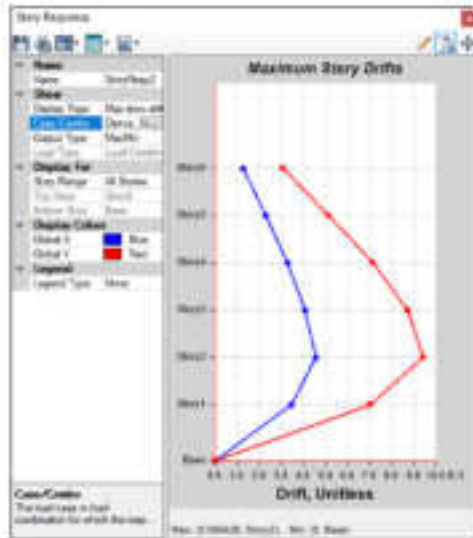
Figura 94.
Derivas de entrepiso en dirección Y sin aisladores sísmicos.

Story	Output Case	Case Type	Sign Type	Direction	Drift	Load	A	B	C
Story1	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007001	38	10.0	-0.0	10.0
Story2	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007102	38	10.0	-0.0	10.0
Story3	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007203	38	10.0	-0.0	10.0
Story4	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007304	38	10.0	-0.0	10.0
Story5	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007405	38	10.0	-0.0	10.0
Story6	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007506	38	10.0	-0.0	10.0
Story7	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007607	38	10.0	-0.0	10.0
Story8	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007708	38	10.0	-0.0	10.0
Story9	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007809	38	10.0	-0.0	10.0
Story10	Deriva_YDr	Combination	Max	Y	0.007910	38	10.0	-0.0	10.0

Nota: Fuente propia

Figura 95.

Gráfico de deriva máxima en el Eje Y sin aisladores sísmicos.



Nota: Fuente propia

Con los resultados obtenidos se verificó que las derivas están conforme con lo establecido en la Norma E030.

Tabla 33

Resultados de derivas dinámicas en los ejes X y Y sin aisladores.

PISO	ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO X			ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.0027	0.007	CONFORME	0.0031	0.007	CONFORME
5	0.0052		CONFORME	0.0052		CONFORME
4	0.0074		NO CONFORME	0.0072		NO CONFORME
3	0.0093		NO CONFORME	0.0087		NO CONFORME
2	0.0105		NO CONFORME	0.0094		NO CONFORME
1	0.0095		NO CONFORME	0.0070		NO CONFORME

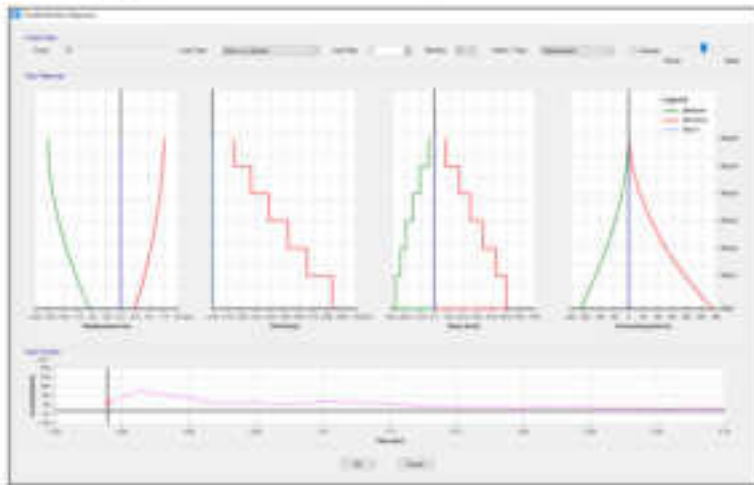
Nota: Fuente propia

4.3.1.4. Análisis Tiempo Historia

En las siguientes figuras se muestran los resultados gráficos de los Sismos La Libertad, Lambayeque y Piura.

Figura 96.

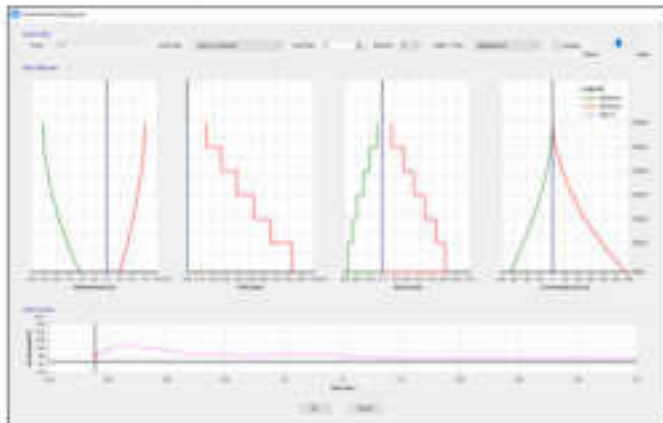
Resultado gráfico del Sismo La Libertad, sin aisladores sísmicos



Nota: Fuente propia

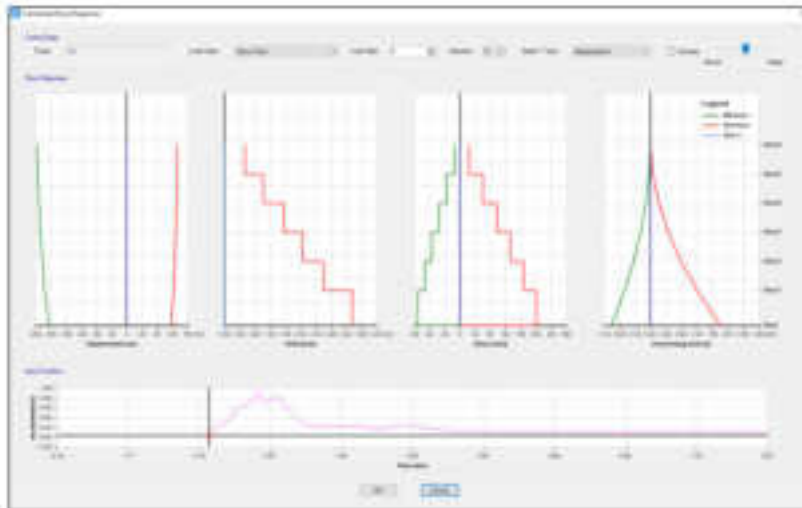
Figura 97.

Resultado gráfico del Sismo La Lambayeque, sin aisladores sísmicos



Nota: Fuente propia

Figura 98.
Resultado gráfico del Sismo Piura, sin aisladores sísmicos



Nota: Fuente propia

Seguidamente se muestran las **derivadas de entrepiso** aplicando el **análisis dinámico tiempo** historia de la edificación sin aisladores sísmicos.

Figura 99.
Derivas del análisis TH del sismo La Libertad – Sin aisladores

The figure shows a software interface displaying a table of inter-story drifts. The table has multiple columns, including 'Etapa', 'Tipo de Carga', 'Carga', 'Desplazamiento', 'Velocidad', 'Aceleración', 'Deriva', 'Desplazamiento', 'Velocidad', 'Aceleración', 'Deriva', 'Desplazamiento', 'Velocidad', 'Aceleración', 'Deriva'. The rows represent different stages of the analysis, with the 'Deriva' column showing the inter-story drift values.

Nota: Fuente propia

Tabla 34

Resultados de derivas del análisis TH del sismo La Libertad – Sin aisladores sísmicos

PISOS	SISMO LA LIBERTAD					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.00007	0.007	CONFORME	0.00007	0.007	CONFORME
5	0.00013		CONFORME	0.00011		CONFORME
4	0.00019		CONFORME	0.00014		CONFORME
3	0.00024		CONFORME	0.00015		CONFORME
2	0.00028		CONFORME	0.00015		CONFORME
1	0.00025		CONFORME	0.00011		CONFORME

Nota:Fuente propia

Figura 100.

Derivas del análisis TH del sismo Lambayeque – Sin aisladores

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X mm	Y mm	Z mm
7	Story7	Story Lamba...	Unisolated	Max	0.00001	7C-01	11.50	0	0
7	Story7	Story Lamba...	Unisolated	Min	0.00001	7C-02	11.50	0	0
6	Story6	Story Lamba...	Unisolated	Max	0.00017	6	10.0	13.0	10.0
6	Story6	Story Lamba...	Unisolated	Min	0.00017	6	10.0	13.0	10.0
5	Story5	Story Lamba...	Unisolated	Max	0.00020	5	10.0	0.0	10.0
5	Story5	Story Lamba...	Unisolated	Min	0.00020	5	10.0	0.0	10.0
4	Story4	Story Lamba...	Unisolated	Max	0.00029	4	10.0	0.0	10.0
4	Story4	Story Lamba...	Unisolated	Min	0.00029	4	10.0	0.0	10.0
3	Story3	Story Lamba...	Unisolated	Max	0.00049	3	10.0	0.0	10.0
3	Story3	Story Lamba...	Unisolated	Min	0.00049	3	10.0	0.0	10.0
2	Story2	Story Lamba...	Unisolated	Max	0.00071	2	10.0	0.0	10.0
2	Story2	Story Lamba...	Unisolated	Min	0.00071	2	10.0	0.0	10.0
1	Story1	Story Lamba...	Unisolated	Max	0.00020	1	10.0	10.0	10.0
1	Story1	Story Lamba...	Unisolated	Min	0.00020	1	10.0	10.0	10.0

Nota:Fuente propia

PISOS	SISMO PIURA					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.000387	0.007	CONFORME	0.000393	0.007	CONFORME
5	0.000741		CONFORME	0.000669		CONFORME
4	0.001156		CONFORME	0.000966		CONFORME
3	0.00156		CONFORME	0.001223		CONFORME
2	0.001913		CONFORME	0.001389		CONFORME
1	0.001859		CONFORME	0.00109		CONFORME

Nota:Fuente propia

4.3.2. Edificación Con Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo

4.3.2.1 Modos y periodos de vibración

En la siguiente figura se muestra los valores de los periodos de vibración y las frecuencias,

dónde el periodo fundamental es de 2.561 segundos.

Figura 102.

Periodos y frecuencias de la edificación con aislador LRB

Case	Mode	Period (sec)	Frequency (cycles/sec)	Damping (rad/sec)	Eigenvalue (rad/Sec ²)
1	1	2.561	0.391	2.4026	-0.0214
2	2	2.249	0.445	2.4026	-0.0201
3	3	2.752	0.363	2.0717	-1.120
4	4	0.409	2.442	15.9401	226.1942
5	5	0.289	3.460	16.2151	266.7221
6	6	0.264	3.787	17.2865	296.6155
7	7	0.258	3.876	16.5440	303.2194
8	8	0.166	6.024	15.5217	1127.6274
9	9	0.161	6.198	16.719	1266.726
10	10	0.136	7.353	16.3626	2201.5401
11	11	0.116	8.620	16.3697	2627.2196
12	12	0.101	9.899	16.3627	3162.5572
13	13	0.091	10.978	17.262	4024.1191
14	14	0.08	12.504	16.2256	5123.0264
15	15	0.071	14.087	16.3666	6462.6146
16	16	0.07	14.271	16.3671	6546.1324
17	17	0.069	14.366	17.2229	6666.7456
18	18	0.068	14.572	16.3666	6811.02

Nota:Fuente propia

4.3.2.2. Análisis Estático

Seguidamente se aprecia los resultados de las Derivas de entrepiso de la edificación con Aisladores LRB tanto en el Eje X y en eje Y, los cuales están mostrados en las figuras

101 y 103 respectivamente, y también se muestran las gráficas de deriva máxima para cada caso:

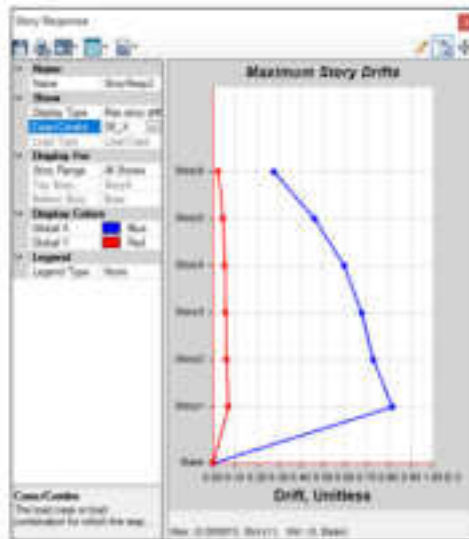
Figura 103.
Derivas de entrepiso en dirección X con Aislador LRB.



Story	Output Case	Case Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
Story1	10_2	LRBasis	X	0.002271	36	10.0	-0.0	10.0
Story2	10_2	LRBasis	X	0.002410	36	10.0	-0.0	10.0
Story3	10_2	LRBasis	X	0.002341	36	10.0	-0.0	10.0
Story4	10_2	LRBasis	X	0.002470	36	10.0	-0.0	8
Story5	10_2	LRBasis	X	0.002737	36	10.0	-0.0	5.5
Story7	10_2	LRBasis	X	0.002271	10	0	0	0

Nota: Fuente propia

Figura 104.
Gráfico de deriva máxima en el Eje X con Aislador LRB.



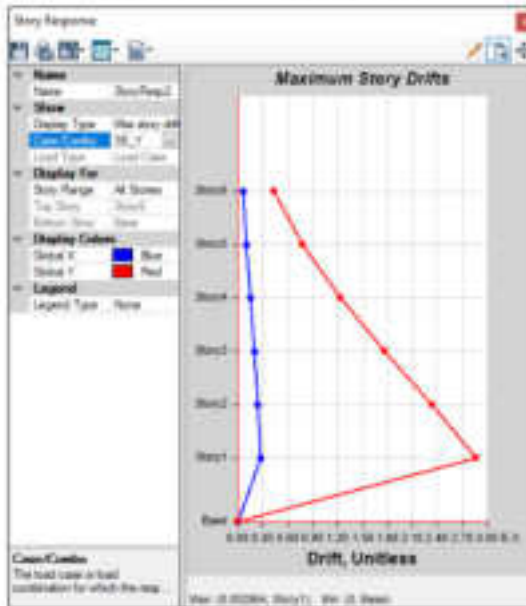
Nota: Fuente propia

Figura 105.
Derivas de entrepiso en dirección Y con Aislador LRB.

Story	Element Code	Load Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
5	95_1	Uniform	+	0.00219	0	10.0	-0.0	10.0
5	95_2	Uniform	-	0.00274	0	10.0	-0.0	10.0
5	95_3	Uniform	+	0.00237	0	10.0	-0.0	-10.0
5	95_4	Uniform	-	0.00198	0	10.0	-0.0	0
5	95_5	Uniform	+	0.00211	0	10.0	-0.0	0
5	95_6	Uniform	-	0.00244	0	10.0	-0.0	0

Nota: Fuente propia

Figura 106.
Gráfico de deriva máxima en el Eje Y con Aislador LRB.



Nota: Fuente propia

Con los resultados obtenidos se verificó que las derivas están conforme con lo establecido en la Norma E030.

Tabla 37

Resultados de derivas estáticas en los ejes X y Y con Aislador LRB

PISO	ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO X			ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.0003	0.007	CONFORME	0.0004	0.007	CONFORME
5	0.0005		CONFORME	0.0008		CONFORME
4	0.0006		CONFORME	0.0012		CONFORME
3	0.0007		CONFORME	0.0018		CONFORME
2	0.0007		CONFORME	0.0023		CONFORME
1	0.0008		CONFORME	0.0029		CONFORME

Nota: Fuente propia

Seguidamente se muestra los resultados de la distribución de fuerzas sísmicas en las direcciones X y Y con el Aislador LRB

Figura 107.

Distribución de fuerzas sísmicas en el eje X con aislador LRB



Nota: Fuente propia

Figura 108. ²

Distribución de fuerzas sísmicas en el eje Y con aislador LRB



Nota: Fuente propia

Seguidamente se ¹ muestra los resultados de la distribución de fuerzas cortantes en la direcciones X y Y con el Aislador LRB.

Figura 109.

Distribución de fuerzas cortantes en el eje X con el Aislador LRB



Nota: Fuente propia ¹

Figura 110.

Distribución de fuerzas cortantes en el eje Y con el Aislador LRB



Nota: Fuente propia

4.3.2.3. Análisis Dinámico Modal

Se aprecia los resultados de las Derivas de entrepiso con el análisis dinámico en la edificación con el Aislador LRB tanto en el Eje X y en eje Y, los cuales están mostrados en las figuras 109 y 111 respectivamente, y también se muestran las gráficas de deriva máxima para cada caso.

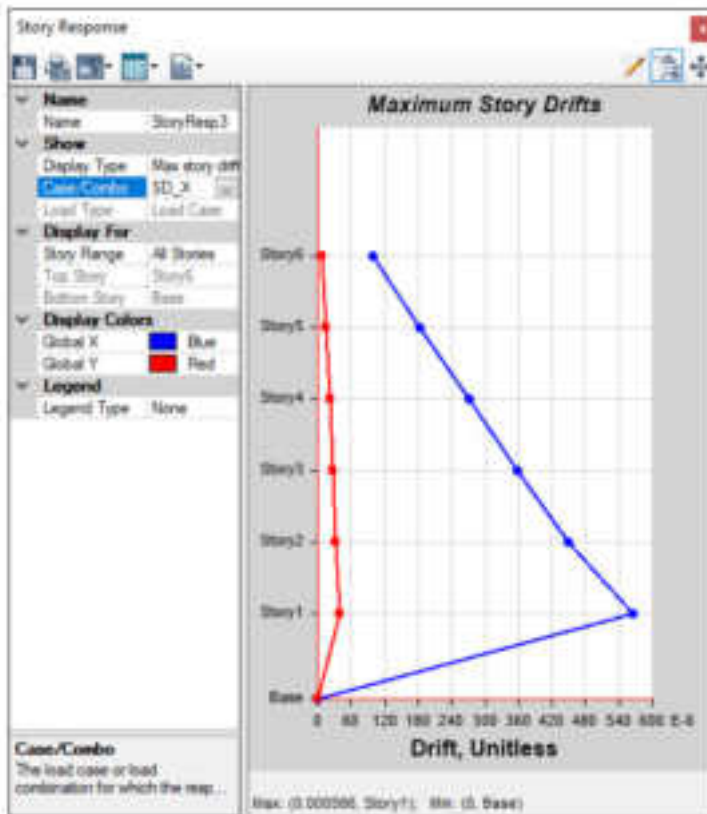
Figura 111.

Derivas de entrepiso en dirección X con Aislador LRB.

Story	Support Level	Case Type	Base Type	Direction	DRIF	Label	U	V	Z
6	02_0	LRBAsocias	Fix	0	0.00000	0	10.0	10.0	10.0
5	02_1	LRBAsocias	Fix	1	0.00000	0	10.0	10.0	10.0
4	02_2	LRBAsocias	Fix	0	0.00000	0	10.0	10.0	10.0
3	02_3	LRBAsocias	Fix	1	0.00000	0	10.0	10.0	10.0
2	02_4	LRBAsocias	Fix	0	0.00000	0	10.0	10.0	10.0
1	02_5	LRBAsocias	Fix	1	0.00000	0	10.0	10.0	10.0

Nota: Fuente propia

Figura 112.
Gráfico de deriva máxima en el Eje X con el Aislador LRB



Nota: Fuente propia

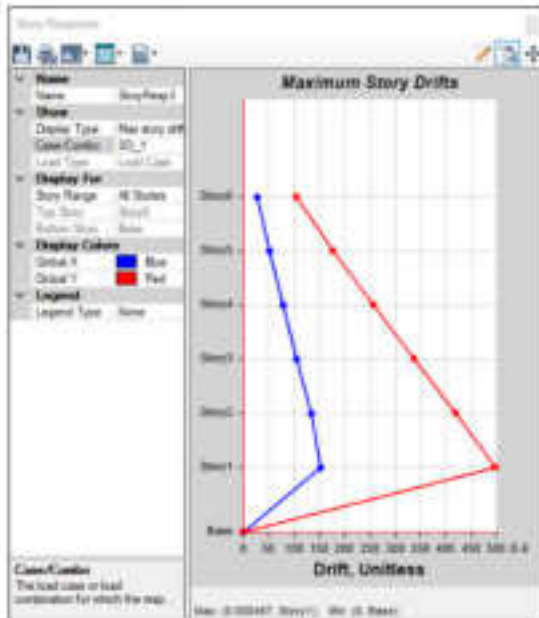
Figura 113.
Derivas de entrepiso en dirección Y con Aislador LRB.

The figure shows a software interface for 'Story Drifts' with a table of drift data. The table has columns for Story, Output Case, Case Type, Step Type, Direction, Drift, Label, X, Y, and Z. The data is as follows:

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
Story6	SD_Y	LnRespSpec	Max	Y	0.000104	38	-10.0	-0.0	10.0
Story6	SD_Y	LnRespSpec	Max	Y	0.000170	38	-10.0	-0.0	10.0
Story4	SD_Y	LnRespSpec	Max	Y	0.000220	38	-10.0	-0.0	10.0
Story3	SD_Y	LnRespSpec	Max	Y	0.000320	38	-10.0	-0.0	0.0
Story2	SD_Y	LnRespSpec	Max	Y	0.000410	38	-10.0	-0.0	0.0
Story1	SD_Y	LnRespSpec	Max	Y	0.000407	0	-10.0	0.0	0.0

Nota: Fuente propia

Figura 114.
Gráfico de deriva máxima en el Eje Y con el Aislador LRB



Nota: Fuente propia

Con los resultados obtenidos se verificó que las derivas están conformes con lo establecido en la Norma E030.

Tabla 38
Resultados de derivas dinámicas en los ejes X y Y con el Aislador LRB

PISO	ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO X			ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	9.90E-05	0.007	CONFORME	0.000104	0.007	CONFORME
5	0.000182		CONFORME	0.000176		CONFORME
4	0.000271		CONFORME	0.000258		CONFORME
3	0.000359		CONFORME	0.000338		CONFORME
2	0.000449		CONFORME	0.000419		CONFORME
1	0.000566		CONFORME	0.000497		CONFORME

Nota: Fuente propia

4.3.2.4. Análisis Tiempo Historia

16

En las siguientes figuras se muestran las derivas de entepiso aplicando el análisis dinámico tiempo historia de la edificación con el aislador LRB.

Figura 115.
Derivas del análisis TH del sismo La Libertad – Aislador LRB

Nota: Fuente propia

Tabla 39
Resultados de derivas del análisis TH del sismo La Libertad – Aislador LRB

PISOS	SISMO LA LIBERTAD					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.00015	0.007	CONFORME	0.00015	0.007	CONFORME
5	0.00027		CONFORME	0.00027		CONFORME
4	0.00039		CONFORME	0.00039		CONFORME
3	0.00053		CONFORME	0.00053		CONFORME
2	0.00066		CONFORME	0.00066		CONFORME
1	0.00083		CONFORME	0.00083		CONFORME

Nota: Fuente propia

Figura 116.
Derivas del análisis TH del sismo Lambayeque – Aislador LRB

Story	Output Label	Code Type	Mass Type	Direction	Dist	Label	1	2	3
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	W	0	0.00164	1	0.00164	0.00164
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	N	1	0.00031	2	0.00031	0.00031
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	E	3	0.000467	3	0.000467	0.000467
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	S	4	0.000625	4	0.000625	0.000625
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	W	2	0.000795	5	0.000795	0.000795
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	N	1	0.001028	6	0.001028	0.001028
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	E	3	0.000164	7	0.000164	0.000164
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	S	4	0.00031	8	0.00031	0.00031
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	W	2	0.000467	9	0.000467	0.000467
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	N	1	0.000625	10	0.000625	0.000625
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	E	3	0.000795	11	0.000795	0.000795
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	S	4	0.001028	12	0.001028	0.001028
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	W	2	0.000164	13	0.000164	0.000164
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	N	1	0.00031	14	0.00031	0.00031
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	E	3	0.000467	15	0.000467	0.000467
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	S	4	0.000625	16	0.000625	0.000625
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	W	2	0.000795	17	0.000795	0.000795
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	N	1	0.001028	18	0.001028	0.001028
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	E	3	0.000164	19	0.000164	0.000164
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	S	4	0.00031	20	0.00031	0.00031
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	W	2	0.000467	21	0.000467	0.000467
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	N	1	0.000625	22	0.000625	0.000625
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	E	3	0.000795	23	0.000795	0.000795
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	S	4	0.001028	24	0.001028	0.001028
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	W	2	0.000164	25	0.000164	0.000164
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	N	1	0.00031	26	0.00031	0.00031
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	E	3	0.000467	27	0.000467	0.000467
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	S	4	0.000625	28	0.000625	0.000625
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	W	2	0.000795	29	0.000795	0.000795
6	Derivs TH	Derivs TH	Lambayeque	N	1	0.001028	30	0.001028	0.001028

Nota:Fuente propia

Tabla 40
Resultados de derivas del análisis TH del sismo Lambayeque – Aislador LRB

PISOS	SISMO LAMBAYEQUE					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.000164	0.007	CONFORME	0.000171	0.007	CONFORME
5	0.00031		CONFORME	0.00031		CONFORME
4	0.000467		CONFORME	0.000467		CONFORME
3	0.000625		CONFORME	0.000625		CONFORME
2	0.000795		CONFORME	0.000795		CONFORME
1	0.001028		CONFORME	0.001028		CONFORME

Nota:Fuente propia

Figura 117.
Derivas del análisis TH del sismo Piura – Aislador LRB

Story	Output Case	Case Type	Area Type	Direction	Dist.	Label	U	V	Z
Story6	Story Para	Lateral	Area	U	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story6	Story Para	Lateral	Area	V	0.00200	30	0.0	-0.0	0.0
Story6	Story Para	Lateral	Area	U	0.00041	30	0.0	-0.0	0.0
Story6	Story Para	Lateral	Area	V	0.00017	30	0.0	-0.0	0.0
Story5	Story Para	Lateral	Area	U	0.00050	30	0.0	-0.0	0.0
Story5	Story Para	Lateral	Area	V	0.00020	30	0.0	-0.0	0.0
Story5	Story Para	Lateral	Area	U	0.00022	30	0.0	-0.0	0.0
Story5	Story Para	Lateral	Area	V	0.00009	30	0.0	-0.0	0.0
Story4	Story Para	Lateral	Area	U	0.00070	30	0.0	-0.0	0.0
Story4	Story Para	Lateral	Area	V	0.00134	30	0.0	-0.0	0.0
Story4	Story Para	Lateral	Area	U	0.00034	30	0.0	-0.0	0.0
Story4	Story Para	Lateral	Area	V	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story3	Story Para	Lateral	Area	U	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story3	Story Para	Lateral	Area	V	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story3	Story Para	Lateral	Area	U	0.00047	30	0.0	-0.0	0.0
Story3	Story Para	Lateral	Area	V	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story3	Story Para	Lateral	Area	U	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story3	Story Para	Lateral	Area	V	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story2	Story Para	Lateral	Area	U	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story2	Story Para	Lateral	Area	V	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story2	Story Para	Lateral	Area	U	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story2	Story Para	Lateral	Area	V	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story1	Story Para	Lateral	Area	U	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story1	Story Para	Lateral	Area	V	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story1	Story Para	Lateral	Area	U	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0
Story1	Story Para	Lateral	Area	V	0.00100	30	0.0	-0.0	0.0

Nota:Fuente propia

Tabla 41

Resultados de derivas del análisis TH del sismo Piura – Aislador LRB

PISOS	SISMO PIURA					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.000541	0.007	CONFORME	0.000541	0.007	CONFORME
5	0.001022		CONFORME	0.001022		CONFORME
4	0.001541		CONFORME	0.001541		CONFORME
3	0.002056		CONFORME	0.002056		CONFORME
2	0.002606		CONFORME	0.002606		CONFORME
1	0.003365		CONFORME	0.003365		CONFORME

Nota:Fuente propia

4.3.3. Edificación Con Aislador de Péndulo de Fricción Doble

4.3.3.1 Modos y periodos de vibración

En la siguiente figura se muestra los valores de los periodos de vibración y las frecuencias, donde el periodo fundamental es de 2.081 segundos.

Figura 118.
Periodos y frecuencias de la edificación con aislador PFD

Case	Mode	Period sec	Frequency cycles	Coefficient	Eigenvalue rad/sec ²
Modal	1	2.081	0.481	0.0180	0.110
Modal	2	2.080	0.480	0.0180	0.2212
Modal	3	0.91	0.923	0.0091	10.0100
Modal	4	0.4	2.497	0.0040	246.1277
Modal	5	0.217	4.593	0.0020	2177.8032
Modal	6	0.167	5.993	0.0015	346.1422
Modal	7	0.204	4.898	0.0020	346.5284
Modal	8	0.160	6.250	0.0015	1140.4214
Modal	9	0.16	6.250	0.0015	3217.8020
Modal	10	0.130	7.583	0.0012	3232.2893
Modal	11	0.110	9.090	0.0011	3880.8014
Modal	12	0.111	9.007	0.0011	3262.0758
Modal	13	0.081	12.344	0.0008	4530.1872
Modal	14	0.08	12.427	0.0008	4190.1000
Modal	15	0.073	13.692	0.0007	7360.8000
Modal	16	0.07	14.28	0.0007	8000.2115
Modal	17	0.059	16.949	0.0006	11400.1000
Modal	18	0.058	17.236	0.0006	10000.0000

Nota: Fuente propia

4.3.3.2 Análisis Estático

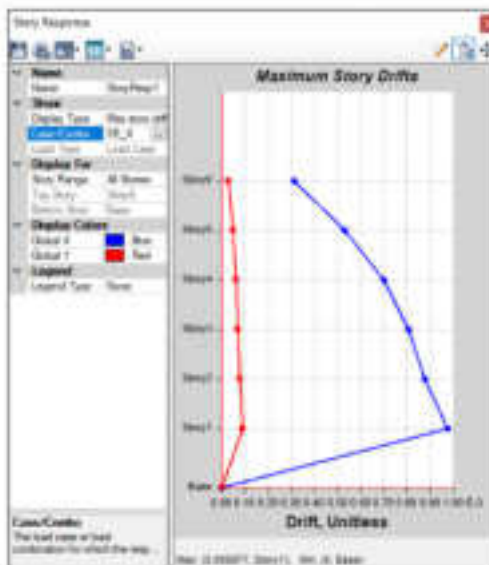
Seguidamente se aprecia los resultados de las Derivas de entrepiso de la edificación con Aisladores PFD tanto en el Eje X y en eje Y, los cuales están mostrados en las figuras 117 y 119 respectivamente, y también se muestran las gráficas de deriva máxima para cada caso.

Figura 119. Derivas de entrepiso en dirección X con Aislador PFD

Story	Output Case	Case Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
Story6	SR_3	LCDrifts	0	0.000112	SR	10.2	-0.0	10.2
Story6	SR_3	LCDrifts	0	0.000010	SR	10.0	0.0	10.0
Story4	SR_3	LCDrifts	0	0.000000	SR	10.0	-0.0	10.0
Story3	SR_3	LCDrifts	0	0.000000	SR	10.2	-0.0	0
Story2	SR_3	LCDrifts	0	0.000015	SR	10.0	0.0	0.0
Story1	SR_3	LCDrifts	0	0.000011	SR	0	0	0

Nota: Fuente propia

Figura 120. Gráfico de deriva máxima en el Eje X con Aislador PFD.



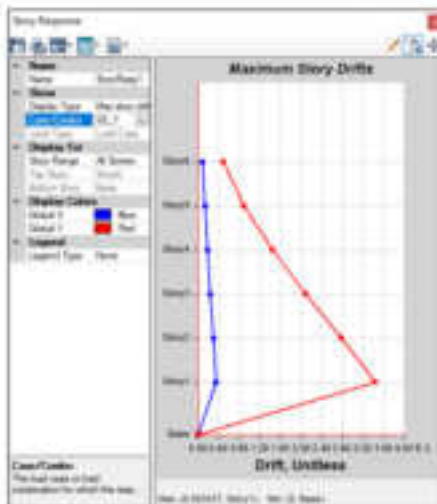
Nota: Fuente propia

Figura 121.
Derivas de entepiso en dirección Y con Aislador PFD

Story	Output Case	Case Type	Direction	Drift	Label	X in	Y in	Z in
Story6	SE_Y	Lateral	Y	0.001402	36	15.3	-0.0	15.3
Story4	SE_Y	Lateral	Y	0.000883	36	15.3	-0.0	15.3
Story4	SE_Y	Lateral	Y	0.001649	36	15.3	-0.0	15.3
Story3	SE_Y	Lateral	Y	0.002082	36	15.3	-0.0	0
Story2	SE_Y	Lateral	Y	0.001794	36	15.3	-0.0	5.5
Story1	SE_Y	Lateral	Y	0.003417	0	15.3	0	0

Nota: Fuente propia

Figura 122.
Gráfico de deriva máxima en el Eje Y con Aislador PFD.



Nota: Fuente propia

Con los resultados obtenidos se verificó que las derivas cumplen con lo establecido en la Norma E030.

Tabla 42

Resultados de derivas estáticas en los ejes X y Y con Aislador PFD

PISO	ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO X			ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.000312	0.007	CONFORME	0.000492	0.007	CONFORME
5	0.000532		CONFORME	0.000893		CONFORME
4	0.000699		CONFORME	0.001449		CONFORME
3	0.000805		CONFORME	0.002092		CONFORME
2	0.000875		CONFORME	0.002784		CONFORME
1	0.000977		CONFORME	0.003437		CONFORME

Nota: Fuente propia

Seguidamente se muestra los resultados de la distribución de fuerzas sísmicas en las direcciones X y Y.

Figura 123.

Distribución de fuerzas sísmicas en el eje X con aislador PFD



Nota: Fuente propia

Figura 124.

Distribución de fuerzas sísmicas en el eje Y con aislador PFD



Nota: Fuente propia

Seguidamente se muestra los resultados de la distribución de fuerzas cortantes en la direcciones X y Y con el Aislador PFD.

Figura 125.

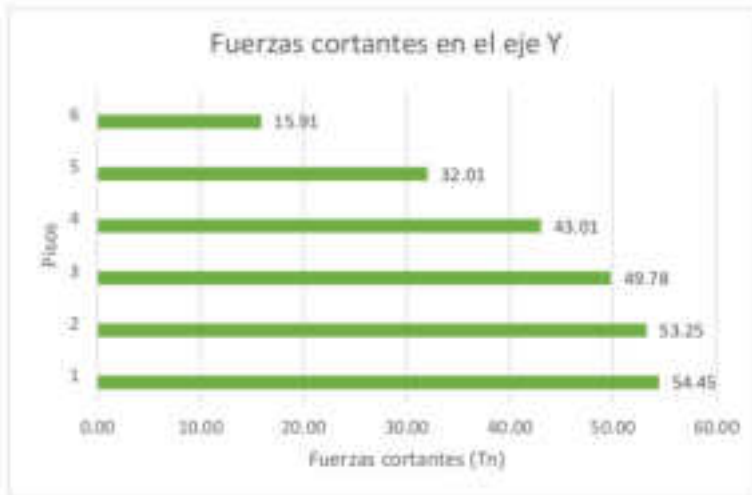
Distribución de fuerzas cortantes en el eje X con el Aislador PFD



Nota: Fuente propia

Figura 126.

Distribución de fuerzas cortantes en el eje Y con el Aislador PFD



11

Nota: Fuente propia

4.3.3.3. Análisis Dinámico Modal

Se aprecia los resultados de las Derivas de entrepiso con el análisis dinámico en la edificación con el Aislador PFD tanto en el Eje X y en eje Y, los cuales están mostrados en las figuras 125 y 127 respectivamente, y también se muestran las gráficas de deriva máxima para cada caso.

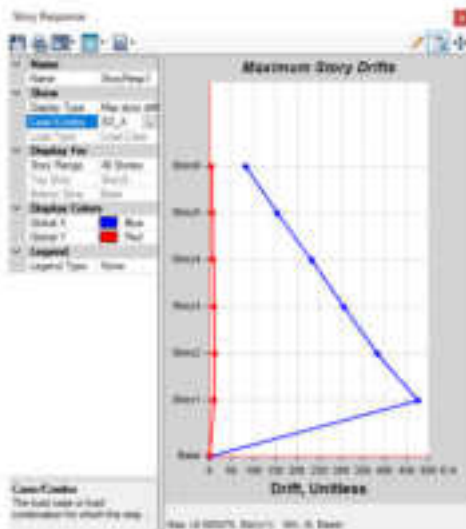
Figura 127.

Derivas de entrepiso en dirección X con Aislador PFD

Story	Input Case	Case Type	Story Type	Direction	Shift	Layer	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Story6	SD_X	UniformDisp	Flex	X	0.00000	0	10.0	10.0	10.0
Story5	SD_X	UniformDisp	Flex	X	0.00015	0	10.0	10.0	-11
Story4	SD_X	UniformDisp	Flex	X	0.00022	0	10.0	10.0	10.0
Story3	SD_X	UniformDisp	Flex	X	0.00037	0	10.0	10.0	0
Story2	SD_X	UniformDisp	Flex	X	0.00052	0	10.0	10.0	0.5
Story1	SD_X	UniformDisp	Flex	X	0.00075	1	0	10.0	1

Nota: Fuente propia

Figura 128.
Gráfico de deriva máxima en el Eje X con el Aislador PFD



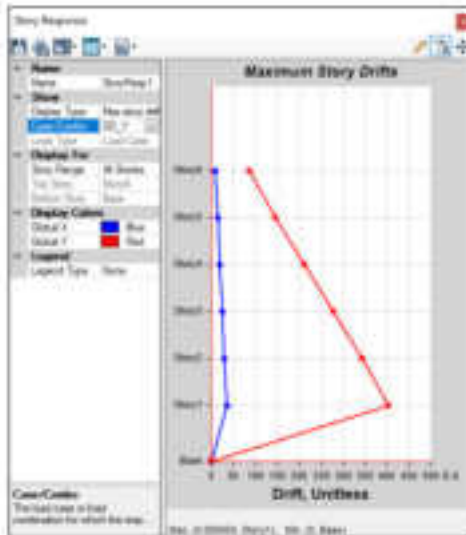
Nota: Fuente propia.

Figura 129.
Derivas de entrepiso en dirección Y con Aislador PFD

Story	Hublot Case	Case Type	Story Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
Story6	SD_1	LateralOpen	Max	Y	0.0205	30	10.0	-0.0	10.0
Story5	SD_1	LateralOpen	Max	Y	0.00198	30	10.0	-0.0	10
Story4	SD_1	LateralOpen	Max	Y	0.00217	30	10.0	-0.0	10.0
Story3	SD_1	LateralOpen	Max	Y	0.00226	30	10.0	-0.0	0
Story2	SD_1	LateralOpen	Max	Y	0.00247	30	10.0	-0.0	0.0
Story1	SD_1	LateralOpen	Max	Y	0.00404	0	10.0	0	0

Nota: Fuente propia.

Figura 130.
Gráfico de deriva máxima en el Eje Y con el Aislador PFD



Nota: Fuente propia

Con los resultados obtenidos se verificó que las derivas cumplen con lo establecido en la Norma E030.

Tabla 43
Resultados de derivas dinámicas en los ejes X y Y con el Aislador PFD

PISO	ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO X			ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.000083	0.007	CONFORME	0.000086	0.007	CONFORME
5	0.000155		CONFORME	0.000146		CONFORME
4	0.000232		CONFORME	0.000213		CONFORME
3	0.000307		CONFORME	0.000278		CONFORME
2	0.000382		CONFORME	0.000343		CONFORME
1	0.000475		CONFORME	0.000404		CONFORME

Nota: Fuente propia

4.3.3.4. Análisis Tiempo Historia

16

En las siguientes figuras se muestran las derivas de entrepiso aplicando el análisis dinámico tiempo historia de la edificación con el aislador PFD.

Figura 131.
Derivas del análisis TH del sismo La Libertad – Aislador PFD

Story	Displacement Color	Color Type	Base Type	Direction	Drift	Lateral	X Drift	Y Drift
6	0.00007	CONFORME	0.00007	CONFORME	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007
5	0.00014	CONFORME	0.00011	CONFORME	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011
4	0.00021	CONFORME	0.00017	CONFORME	0.00017	0.00017	0.00017	0.00017
3	0.00027	CONFORME	0.00022	CONFORME	0.00022	0.00022	0.00022	0.00022
2	0.00035	CONFORME	0.00028	CONFORME	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028
1	0.00044	CONFORME	0.00033	CONFORME	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033

Nota: Fuente propia

Tabla 44
Resultados de derivas del análisis TH del sismo La Libertad – Aislador PFD

PISOS	SISMO LA LIBERTAD					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.00007	0,007	CONFORME	0.00007	0,007	CONFORME
5	0.00014		CONFORME	0.00011		CONFORME
4	0.00021		CONFORME	0.00017		CONFORME
3	0.00027		CONFORME	0.00022		CONFORME
2	0.00035		CONFORME	0.00028		CONFORME
1	0.00044		CONFORME	0.00033		CONFORME

Nota: Fuente propia

Figura 132.
Derivas del análisis TH del sismo Lambayeque – Aislador PFD

Distorsión	Case Type	Story Type	Direction	DIST	Lateral	U (mm)	V (mm)	D (mm)
Distorsión 6	Sismo Lambayeque	Lambayeque	XX	0.000122	30	71.0	-2.0	10.0
Distorsión 5	Sismo Lambayeque	Lambayeque	YY	0.000135	30	71.0	-2.0	10.0
Distorsión 4	Sismo Lambayeque	Lambayeque	XX	0.000235	30	71.0	-2.0	10.0
Distorsión 3	Sismo Lambayeque	Lambayeque	YY	0.000357	30	71.0	-2.0	10.0
Distorsión 2	Sismo Lambayeque	Lambayeque	XX	0.000479	30	71.0	-2.0	10.0
Distorsión 1	Sismo Lambayeque	Lambayeque	YY	0.000609	30	71.0	-2.0	10.0
Distorsión 1	Sismo Lambayeque	Lambayeque	XX	0.000781	0	71.0	0	0
Distorsión 1	Sismo Lambayeque	Lambayeque	YY	0.000684	0	71.0	0	0

Nota:Fuente propia

Tabla 45
Resultados de derivas del análisis TH del sismo Lambayeque – Aislador PFD

PISOS	SISMO LAMBAYEQUE					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.000122	0.007	CONFORME	0.000135	0.007	CONFORME
5	0.000235		CONFORME	0.00023		CONFORME
4	0.000357		CONFORME	0.00034		CONFORME
3	0.000479		CONFORME	0.000452		CONFORME
2	0.000609		CONFORME	0.000567		CONFORME
1	0.000781		CONFORME	0.000684		CONFORME

Nota:Fuente propia

Figura 133.
Derivas del análisis TH del sismo Piura – Aislador PFD

Floor	Drift Case	Class Type	Max Type	Direction	DRF	Limit	X	Y	Z
6	Sismo Piura	Lockdown	Max	0	0.000418	0.007	0.000418	0.000418	0.000418
5	Sismo Piura	Lockdown	Max	1	0.000802	0.007	0.000802	0.000802	0.000802
4	Sismo Piura	Lockdown	Max	0	0.001215	0.007	0.001215	0.001215	0.001215
3	Sismo Piura	Lockdown	Max	1	0.001622	0.007	0.001622	0.001622	0.001622
2	Sismo Piura	Lockdown	Max	0	0.002053	0.007	0.002053	0.002053	0.002053
1	Sismo Piura	Lockdown	Max	1	0.002619	0.007	0.002619	0.002619	0.002619

Nota:Fuente propia

Tabla 46
Resultados de derivas del análisis TH del sismo Piura – Aislador PFD

PISOS	SISMO PIURA					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.000418	0.007	CONFORME	0.000418	0.007	CONFORME
5	0.000802		CONFORME	0.000802		CONFORME
4	0.001215		CONFORME	0.001215		CONFORME
3	0.001622		CONFORME	0.001622		CONFORME
2	0.002053		CONFORME	0.002053		CONFORME
1	0.002619		CONFORME	0.002619		CONFORME

Nota:Fuente propia

4.3.4. Edificación Con Aislador de Péndulo de Fricción Triple

4.3.4.1. Modos y periodos de vibración

En la siguiente figura se muestra los valores de los periodos de vibración y las frecuencias, dónde el periodo fundamental es de 2.189 segundos.

Figura 134.

Periodos y frecuencias de la edificación con aislador PFT

Modo	Periodo (s)	Frecuencia (rad/s)	Coeficiente de amortiguamiento	Parte Real del Eigenvalor	Parte Imaginaria del Eigenvalor
1	2.189	0.457	0.010	-0.001	0.173
2	0.375	2.667	0.010	-0.001	0.169
3	0.772	1.295	0.010	-0.001	0.169
4	0.648	1.543	0.010	-0.001	0.169
5	0.387	2.584	0.010	-0.001	0.169
6	0.342	2.924	0.010	-0.001	0.169
7	0.315	3.174	0.010	-0.001	0.169
8	0.292	3.424	0.010	-0.001	0.169
9	0.272	3.674	0.010	-0.001	0.169
10	0.255	3.924	0.010	-0.001	0.169
11	0.241	4.174	0.010	-0.001	0.169
12	0.229	4.424	0.010	-0.001	0.169
13	0.219	4.674	0.010	-0.001	0.169
14	0.211	4.924	0.010	-0.001	0.169
15	0.204	5.174	0.010	-0.001	0.169
16	0.198	5.424	0.010	-0.001	0.169
17	0.193	5.674	0.010	-0.001	0.169
18	0.189	5.924	0.010	-0.001	0.169
19	0.186	6.174	0.010	-0.001	0.169
20	0.184	6.424	0.010	-0.001	0.169

Nota: Fuente propia

4.3.4.2. Análisis Estático

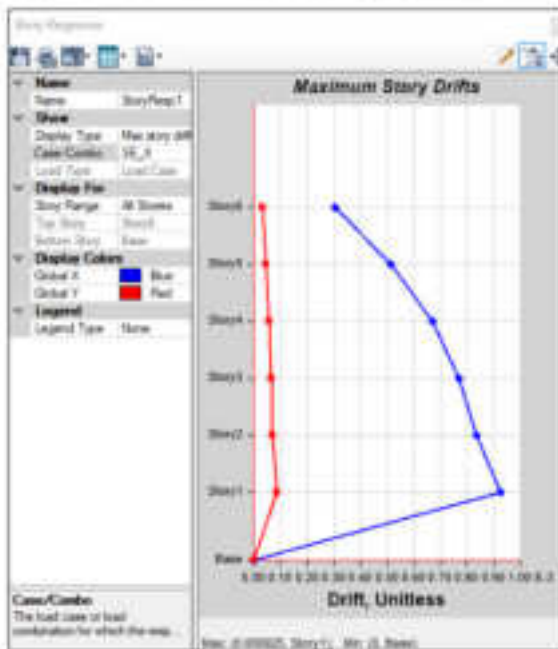
Seguidamente se aprecia las respuestas de las distorsiones de entrepiso de la edificación con Aisladores PFT tanto en el Eje X y en eje Y, los cuales están mostrados en las figuras 133 y 135 respectivamente, y también se muestran las gráficas de deriva máxima para cada caso.

Figura 135.
Derivas de entrepiso en dirección X con Aislador PFT

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X in	Y in	Z in
Story0	18_X	LCStair		0	0.000002	0	0.0	-0.0	0.0
Story0	18_X	LCStair		0	0.000010	0	0.0	-0.0	0.0
Story0	18_X	LCStair		0	0.000010	0	0.0	-0.0	0.0
Story0	18_X	LCStair		0	0.000077	0	0.0	-0.0	0.0
Story0	18_X	LCStair		0	0.000020	0	0.0	-0.0	0.0
Story0	18_X	LCStair		0	0.000020	0	0	0	0

Nota: Fuente propia

Figura 136.
Gráfico de deriva máxima en el Eje X con Aislador PFT.



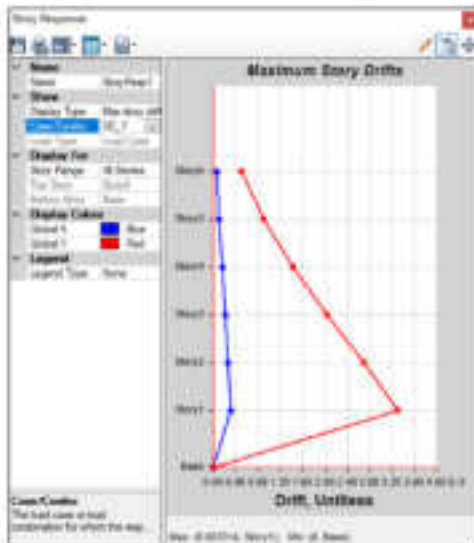
Nota: Fuente propia

Figura 137.
Derivas de entepiso en dirección Y con Aislador PFT

Story	Default Case	Case Type	Story Type	Direction	IPR	Label	X in	Y in	Z in
Story1	30_Y	LeDano		Y	0.00211	30	15.5	-0.5	15.5
Story2	30_Y	LeDano		Y	0.00260	30	15.5	-0.5	15
Story3	30_Y	LeDano		Y	0.001432	30	15.5	-0.5	15.5
Story4	30_Y	LeDano		Y	0.002840	30	15.5	-0.5	8
Story5	30_Y	LeDano		Y	0.002780	30	15.5	-0.5	0.5
Story6	30_Y	LeDano		Y	0.002114	0	15.5	0	0

Nota: Fuente propia

Figura 138.
Gráfico de deriva máxima en el Eje Y con Aislador PFT.



Nota: Fuente propia

Los resultados obtenidos han sido verificados y confirman que las derivas cumplen con las especificaciones establecidas en la Norma E030.

Tabla 47

Resultados de derivas estáticas en los ejes X y Y con Aislador PFT.

PISO	ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL EJE X			ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.000303	0.007	CONFORME	0.000515	0.007	CONFORME
5	0.000512		CONFORME	0.000899		CONFORME
4	0.000672		CONFORME	0.001432		CONFORME
3	0.00077		CONFORME	0.002046		CONFORME
2	0.000835		CONFORME	0.002705		CONFORME
1	0.000925		CONFORME	0.003314		CONFORME

Nota: Fuente propia

Seguidamente se muestra los resultados de la distribución de fuerzas sísmicas en las direcciones X y Y.

Figura 139.

Distribución de fuerzas sísmicas en el eje X con aislador PFT



Nota: Fuente propia

Figura 140. ²
Distribución de fuerzas sísmicas en el eje Y con aislador PFT



Nota: Fuente propia

Seguidamente se aprecia las respuestas de la ¹² distribución de fuerzas de cortantes en la direcciones X y Y con el Aislador PFT.

Figura 141. ²
Distribución de fuerzas cortante en el eje X con aislador PFT



Nota:Fuente propia

Figura 142. ²
Distribución de fuerzas cortante en el eje Y con aislador PFT



Nota:Fuente propia

4.3.4.3. Análisis Dinámico Modal

Se aprecia los resultados de las Distorsiones de entrepiso con el análisis modal en la edificación con el Aislador PFT tanto en el Eje X y en eje Y, los cuales están mostrados en las figuras 141 y 143 respectivamente, y también se muestran las gráficas de deriva máxima para cada caso.

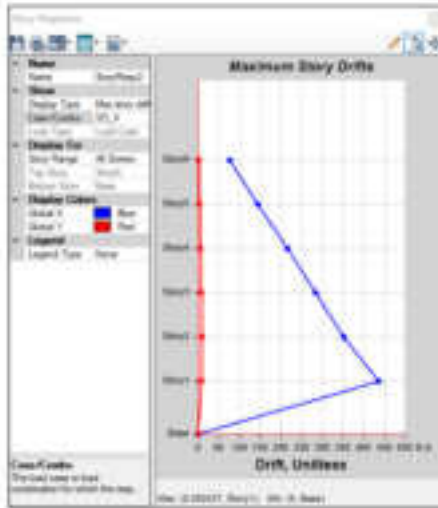
Figura 143. ¹
Derivas de entrepiso en dirección X con Aislador PFT

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X (in)	Y (in)	Z (in)
Story1	SD_X	Unrestrained	Max	X	7.79E-01	0	10.0	10.0	10.0
Story1	SD_X	Unrestrained	Max	X	8.20E-01	0	10.0	10.0	10.0
Story1	SD_Y	Unrestrained	Max	Y	8.20E-01	0	10.0	10.0	10.0
Story1	SD_X	Unrestrained	Max	Y	8.20E-01	0	10.0	10.0	0
Story1	SD_Y	Unrestrained	Max	Y	8.20E-01	0	10.0	10.0	0.0
Story1	SD_X	Unrestrained	Max	Y	8.20E-01	1	0	10.0	0

Nota: Fuente propia

Figura 144.

Gráfico de deriva máxima en el Eje X con el Aislador PFT



Nota: Fuente propia

Figura 145.

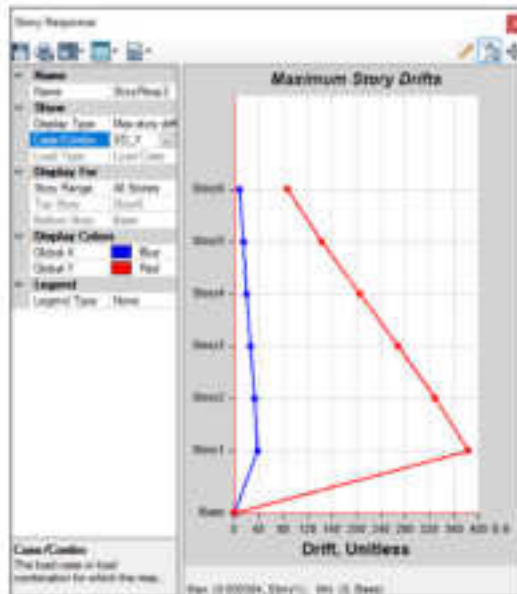
Derivas de entrepiso en dirección Y con Aislador PFT

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	DRF	Label	X in	Y in	Z in
Story1	02_1	LinearCase	Max	Y	0.15105	30	15.1	-0.0	0.0
Story2	02_2	LinearCase	Max	Y	0.16142	30	16.1	-0.0	0.0
Story3	02_3	LinearCase	Max	Y	0.16229	30	16.2	-0.0	0.0
Story4	02_4	LinearCase	Max	Y	0.16290	30	16.3	-0.0	0.0
Story5	02_5	LinearCase	Max	Y	0.16329	30	16.3	-0.0	0.0
Story6	02_6	LinearCase	Max	Y	0.16364	30	16.4	0.0	0.0

Nota: Fuente propia

Figura 146.

Gráfico de deriva máxima en el Eje Y con el Aislador PFT



Nota: Fuente propia

Con los resultados obtenidos se verificó que las derivas cumplen con lo establecido en la Norma E030.

Tabla 48

Resultados de derivas dinámicas en los ejes X y Y con el Aislador PFT

PISO	ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO X			ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO Y		
	DIST.	Admitido	VERIFICACIÓN	DIST.	Admitido	VERIFICACIÓN
6	7.70E-05	0,007	CONFORME	8.70E-05	0,007	CONFORME
5	0.000144		CONFORME	0.000143		CONFORME
4	0.000215		CONFORME	0.000206		CONFORME
3	0.000283		CONFORME	0.000268		CONFORME
2	0.000353		CONFORME	0.000329		CONFORME
1	0.000437		CONFORME	0.000384		CONFORME

Nota: Fuente propia

4.3.4.4. Análisis Tiempo Historia

16

En las siguientes figuras se muestran las derivas de entreciso aplicando el análisis dinámico tiempo historia de la edificación con el aislador PFT.

Figura 147.
Derivas del análisis TH del sismo La Libertad – Aislador PFT

Story	Output Case	Case Type	Story Type	Direction	Dist.	Label	X	Y	Z
6	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0007	6	10.0	0.0	11.3
6	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0007	6	10.0	0.0	11.3
6	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0014	6	10.0	0.0	11.3
6	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0021	6	10.0	0.0	11.3
6	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0028	6	10.0	0.0	11.3
6	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0035	6	10.0	0.0	11.3
6	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0045	6	10.0	0.0	11.3
5	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0007	5	10.0	0.0	11.3
5	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0007	5	10.0	0.0	11.3
5	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0014	5	10.0	0.0	11.3
5	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0021	5	10.0	0.0	11.3
5	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0028	5	10.0	0.0	11.3
5	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0035	5	10.0	0.0	11.3
5	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0045	5	10.0	0.0	11.3
4	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0007	4	10.0	0.0	11.3
4	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0007	4	10.0	0.0	11.3
4	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0014	4	10.0	0.0	11.3
4	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0021	4	10.0	0.0	11.3
4	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0028	4	10.0	0.0	11.3
4	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0035	4	10.0	0.0	11.3
4	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0045	4	10.0	0.0	11.3
3	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0007	3	10.0	0.0	11.3
3	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0007	3	10.0	0.0	11.3
3	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0014	3	10.0	0.0	11.3
3	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0021	3	10.0	0.0	11.3
3	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0028	3	10.0	0.0	11.3
3	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0035	3	10.0	0.0	11.3
3	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0045	3	10.0	0.0	11.3
2	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0007	2	10.0	0.0	11.3
2	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0007	2	10.0	0.0	11.3
2	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0014	2	10.0	0.0	11.3
2	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0021	2	10.0	0.0	11.3
2	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0028	2	10.0	0.0	11.3
2	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0035	2	10.0	0.0	11.3
2	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0045	2	10.0	0.0	11.3
1	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0007	1	10.0	0.0	11.3
1	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0007	1	10.0	0.0	11.3
1	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0014	1	10.0	0.0	11.3
1	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0021	1	10.0	0.0	11.3
1	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0028	1	10.0	0.0	11.3
1	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	0	0.0035	1	10.0	0.0	11.3
1	Disto	Sismo La Lib.	Continuo	90	0.0045	1	10.0	0.0	11.3

Nota:Fuente propia

Tabla 49
Resultados de derivas del análisis TH del sismo La Libertad – Aislador PFT

PISOS	SISMO LA LIBERTAD					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE X		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.00007	0.007	CONFORME	0.00007	0.007	CONFORME
5	0.00014		CONFORME	0.00012		CONFORME
4	0.00021		CONFORME	0.00018		CONFORME
3	0.00028		CONFORME	0.00023		CONFORME
2	0.00035		CONFORME	0.00029		CONFORME
1	0.00045		CONFORME	0.00034		CONFORME

Nota:Fuente propia

Figura 148.
Derivas del análisis TH del sismo Lambayeque – Aislador PFT

Story	Output Code	Case Type	Story Type	Direction	Dist.	Label	U	V	Z
6	DistX6	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00013	36	15.0	-0.0	10.0
6	DistY6	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00015	36	15.0	-0.0	10.0
6	DistZ6	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00244	36	15.0	-0.0	10
5	DistX5	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00247	36	15.0	-0.0	10
5	DistY5	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00368	36	15.0	-0.0	10.0
5	DistZ5	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00493	36	15.0	-0.0	10.0
4	DistX4	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00493	36	15.0	-0.0	0
4	DistY4	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00626	36	15.0	-0.0	0
4	DistZ4	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	36	15.0	-0.0	0
3	DistX3	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	36	15.0	-0.0	0
3	DistY3	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	36	15.0	-0.0	0
3	DistZ3	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	36	15.0	-0.0	0
2	DistX2	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	36	15.0	-0.0	0
2	DistY2	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	36	15.0	-0.0	0
2	DistZ2	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	36	15.0	-0.0	0
1	DistX1	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	10	0	0	0
1	DistY1	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	10	0	0	0
1	DistZ1	Sismo Lamba.	Linfinito	No	0.00797	10	0	0	0

Nota:Fuente propia

Tabla 50
Resultados de derivas del análisis TH del sismo Lambayeque – Aislador PFT

PISOS	SISMO LAMBAYEQUE					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE Y		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.00013	0.007	CONFORME	0.00015	0.007	CONFORME
5	0.000244		CONFORME	0.000247		CONFORME
4	0.000368		CONFORME	0.000359		CONFORME
3	0.000493		CONFORME	0.000472		CONFORME
2	0.000626		CONFORME	0.000588		CONFORME
1	0.000797		CONFORME	0.000703		CONFORME

Nota:Fuente propia

Figura 149.
Derivas del análisis TH del sismo Piura – Aislador PFT

Floor	Isolation	Floor Type	Isol Type	Isolation	Dist	Max	Result	Dist	Max	Result
6	Yes	Isolated	Yes	Yes	0.000439	0.007	CONFORME	0.000439	0.007	CONFORME
5	Yes	Isolated	Yes	Yes	0.000824	0.007	CONFORME	0.000824	0.007	CONFORME
4	Yes	Isolated	Yes	Yes	0.001239	0.007	CONFORME	0.001239	0.007	CONFORME
3	Yes	Isolated	Yes	Yes	0.00165	0.007	CONFORME	0.00165	0.007	CONFORME
2	Yes	Isolated	Yes	Yes	0.002085	0.007	CONFORME	0.002085	0.007	CONFORME
1	Yes	Isolated	Yes	Yes	0.002641	0.007	CONFORME	0.002641	0.007	CONFORME

Nota: Fuente propia

Tabla 51
Resultados de derivas del análisis TH del sismo Piura – Aislador PFT

PISOS	SISMO PIURA					
	SISMO T-H EN EJE X			SISMO T-H EN EJE X		
	DIST.	Máximo	RESULTADO	DIST.	Máximo	RESULTADO
6	0.000439	0.007	CONFORME	0.000439	0.007	CONFORME
5	0.000824		CONFORME	0.000824		CONFORME
4	0.001239		CONFORME	0.001239		CONFORME
3	0.00165		CONFORME	0.00165		CONFORME
2	0.002085		CONFORME	0.002085		CONFORME
1	0.002641		CONFORME	0.002641		CONFORME

Nota: Fuente propia

4.3.5. Comparación de resultados

Comparación de resultados calculados respecto a las distorsiones de entre piso del análisis de fuerzas equivalentes **en el eje X.**

Tabla 52

Resultados de derivas estáticas sin aislador y con aislador LRB – Eje X

ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO X					
PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	% DISMIN (%)
6	0.003997	NO CONFORME	0.000275	CONFORME	93.11984
5	0.007161	NO CONFORME	0.000459	CONFORME	93.59028
4	0.009896	NO CONFORME	0.000595	CONFORME	93.98747
3	0.011891	NO CONFORME	0.000676	CONFORME	94.31503
2	0.013133	NO CONFORME	0.000727	CONFORME	94.46433
1	0.011634	NO CONFORME	0.000815	CONFORME	92.99467

Nota: Fuente propia

Tabla 53

Resultados de derivas estáticas con aislador PFD y PFT – Eje X

ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO X						
PISO	VIVIENDA CON AISLADOR DE DOBLE PÉNDULO DE FRICCIÓN			VIVIENDA CON AISLADOR DE TRIPLE PÉNDULO DE FRICCIÓN		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000312	CONFORME	92.194146	0.000303	CONFORME	92.41931
5	0.000532	CONFORME	92.57087	0.000512	CONFORME	92.85016
4	0.000699	CONFORME	92.93654	0.000672	CONFORME	93.20938
3	0.000805	CONFORME	93.230174	0.00077	CONFORME	93.52451
2	0.000875	CONFORME	93.337394	0.000835	CONFORME	93.64197
1	0.000977	CONFORME	91.6022	0.000925	CONFORME	92.04917

Nota: Fuente propia

A través de las tablas 52 y 53, podemos visualizar que la edificación sin aisladores sísmicos tiene una máxima deriva de valor de 0.013133, por otro lado, la deriva máxima con el aislador LRB tiene 0.000815, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.000977 y la con el Aislador de PFT es de 0.000925, y respecto a los porcentajes totales de

reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 93.75 %, en la con el Aislador PFD se tiene 92.65 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 92.95 %.

Comparación de resultados calculados respecto a las distorsiones de entre piso del análisis de fuerzas equivalentes en el eje Y.

Tabla 54

Resultados de derivas estáticas sin aislador y con aislador LRB – Eje Y

ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO Y

PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.006673	NO CONFORME	0.000436	CONFORME	93.46621
5	0.012582	NO CONFORME	0.000774	CONFORME	93.84835
4	0.02106	NO CONFORME	0.001237	CONFORME	94.12631
3	0.030828	NO CONFORME	0.001766	CONFORME	94.27144
2	0.039465	NO CONFORME	0.002331	CONFORME	94.0935
1	0.033325	NO CONFORME	0.002864	CONFORME	91.40585

Nota:Fuente propia

Tabla 55

Resultados de derivas estáticas con aislador PFD y PFT – Eje Y

ANÁLISIS DE FUERZAS EQUIVALENTES EN EL SENTIDO Y

PISO	VIVIENDA CON AISLADOR DE DOBLE PÉNDULO DE FRICCIÓN			VIVIENDA CON AISLADOR DE TRIPLE PÉNDULO DE FRICCIÓN		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000492	CONFORME	92.627004	0.000515	CONFORME	92.28233
5	0.000893	CONFORME	92.902559	0.000899	CONFORME	92.85487
4	0.001449	CONFORME	93.119658	0.001432	CONFORME	93.20038
3	0.002092	CONFORME	93.213961	0.002046	CONFORME	93.36318
2	0.002784	CONFORME	92.945648	0.002705	CONFORME	93.14583
1	0.003437	CONFORME	89.686422	0.003314	CONFORME	90.05551

Nota:Fuente propia

A través de las tablas 54 y 55, podemos apreciar que la edificación sin aisladores sísmicos tiene como deriva máxima un valor de 0.03947, mientras que la deriva máxima con el aislador LRB tiene 0.002864, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.003437

y la con el Aislador de PFT es de 0.003314, y respecto a los porcentajes totales de reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 93.53 %, en la con el Aislador PFD se tiene 92.42 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 92.48 %.

Comparación de resultados calculados respecto a las derivas del Sismo dinámico en el eje X.

Tabla 56

Resultados de derivas dinámicas sin aislador y con aislador LRB – Eje X

ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO X					
PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.002722	CONFORME	0.000099	CONFORME	96.362968
5	0.00516	NO CONFORME	0.000182	CONFORME	96.472868
4	0.007446	NO CONFORME	0.000271	CONFORME	96.360462
3	0.00927	NO CONFORME	0.000359	CONFORME	96.127292
2	0.010528	NO CONFORME	0.000449	CONFORME	95.735182
1	0.009472	CONFORME	0.000566	CONFORME	94.024493

Nota: Fuente propia

Tabla 57

Resultados de derivas dinámicas con aislador PFD y PFT – Eje X

ANÁLISIS MODAL EN EL SENTIDO X						
PISO	VIVIENDA CON AISLADOR DE PÉNDULO DE FRICCIÓN DOBLE			VIVIENDA CON AISLADOR DE PÉNDULO DE FRICCIÓN TRIPLE		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000083	CONFORME	96.950771	0.000077	CONFORME	97.1712
5	0.000155	CONFORME	96.996124	0.000144	CONFORME	97.2093
4	0.000232	CONFORME	96.884233	0.000215	CONFORME	97.11254
3	0.000307	CONFORME	96.688242	0.000283	CONFORME	96.94714
2	0.000382	CONFORME	96.371581	0.000353	CONFORME	96.64704
1	0.000475	CONFORME	94.98522	0.000437	CONFORME	95.3864

Nota: Fuente propia

A través de las tablas 56 y 57, podemos apreciar que la edificación sin aisladores sísmicos tiene como deriva máxima un valor de 0.010528, mientras que la deriva máxima con el aislador LRB tiene 0.000566, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.000475

y la con el Aislador de PFT es de 0.000437, y respecto a los porcentajes totales de reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 95.85 %, en la con el Aislador PFD se tiene 96.48 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 96.75 %.

Comparación de resultados calculados respecto a las derivas del Sismo dinámico en el eje Y.

Tabla 58

Resultados de derivas dinámicas sin aislador y con aislador LRB – Eje Y

SISMO DINÁMICO EN Y					
PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.003081	NO CONFORME	0.000104	CONFORME	96.624473
5	0.005153	NO CONFORME	0.000176	CONFORME	96.584514
4	0.007177	NO CONFORME	0.000258	CONFORME	96.405183
3	0.008718	NO CONFORME	0.000338	CONFORME	96.122964
2	0.009429	NO CONFORME	0.000419	CONFORME	95.556263
1	0.007043	CONFORME	0.000497	CONFORME	92.943348

Nota:Fuente propia

Tabla 59

Resultados de derivas dinámicas con aislador PFD y PFT – Eje Y

SISMO DINÁMICO EN Y						
PISO	VIVIENDA CON AISLADOR DE PÉNDULO DE FRICCIÓN DOBLE			VIVIENDA CON AISLADOR DE PÉNDULO DE FRICCIÓN TRIPLE		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000086	CONFORME	97.208698	0.000087	CONFORME	97.17624
5	0.000146	CONFORME	97.166699	0.000143	CONFORME	97.22492
4	0.000213	CONFORME	97.032186	0.000206	CONFORME	97.12972
3	0.000278	CONFORME	96.811195	0.000268	CONFORME	96.9259
2	0.000343	CONFORME	96.362287	0.000329	CONFORME	96.51076
1	0.000404	CONFORME	94.263808	0.000384	CONFORME	94.54778

Nota:Fuente propia

A través de las tablas 58 y 59, podemos apreciar que la edificación sin aisladores sísmicos tiene como deriva máxima un valor de 0.009429, mientras que la deriva máxima

con el aislador LRB tiene 0.000497, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.000404 y la con el Aislador de PFT es de 0.000384, y respecto a los porcentajes totales de reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 95.71 %, en la con el Aislador PFD se tiene 96.47 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 96.59 %.

Comparación de resultados calculados respecto a las distorsiones de entrepiso del análisis dinámico Tiempo Historia para el Sismo de la Libertad

Tabla 60

Derivas en el Sismo La Libertad sin aislador y con aislador LRB – Eje X

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO X					
PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000068	CONFORME	0.0001	CONFORME	54.3624161
5	0.00013	CONFORME	0.0003	CONFORME	51.4925373
4	0.00019	CONFORME	0.0004	CONFORME	51.5306122
3	0.000242	CONFORME	0.0005	CONFORME	53.9047619
2	0.000281	CONFORME	0.0007	CONFORME	57.2298326
1	0.000252	CONFORME	0.0008	CONFORME	69.7478992

Nota:Fuente propia

Tabla 61

Derivas en el Sismo La Libertad TH con aislador PFD y PFT – Eje X

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO X						
PISO	VIVIENDA CON AISLADOR PFD			VIVIENDA CON AISLADOR PFT		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000071	CONFORME	4.22535211	0.00007	CONFORME	8.10810811
5	0.000135	CONFORME	3.7037037	0.00014	CONFORME	7.14285714
4	0.000205	CONFORME	7.31707317	0.00021	CONFORME	9.52380952
3	0.000274	CONFORME	11.6788321	0.00028	CONFORME	12.9496403
2	0.000347	CONFORME	19.0201729	0.00035	CONFORME	19.9430199
1	0.000444	CONFORME	43.2432432	0.00045	CONFORME	43.3707865

Nota:Fuente propia

A través de las tablas 60 y 61, podemos apreciar que la edificación sin aisladores sísmicos **1** tiene como deriva máxima un valor de 0.000281, mientras que la deriva máxima con el aislador LRB tiene 0.000833, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.000444 y la con el Aislador de PFT **1** es de 0.000445, y respecto a los porcentajes totales de reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 56.38 %, en la con el Aislador PFD se tiene 14.86 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 16.84 %.

Tabla 62

Derivas en el Sismo La Libertad sin aislador y con aislador LRB – Eje Y

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO Y					
PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000066	CONFORME	0.0001	CONFORME	55.704698
5	0.000106	CONFORME	0.0003	CONFORME	60.4477612
4	0.000137	CONFORME	0.0004	CONFORME	65.0510204
3	0.000152	CONFORME	0.0005	CONFORME	71.047619
2	0.000145	CONFORME	0.0007	CONFORME	77.9299848
1	0.000107	CONFORME	0.0008	CONFORME	87.1548619

Nota: Fuente propia

Tabla 63

Derivas en el Sismo La Libertad TH con aislador PFD y PFT – Eje Y

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO Y						
PISO	VIVIENDA CON AISLADOR PFD			VIVIENDA CON AISLADOR PFT		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000066	CONFORME	0	0.00007	CONFORME	9.5890411
5	0.000113	CONFORME	6.19469027	0.00012	CONFORME	12.3966942
4	0.000167	CONFORME	17.9640719	0.00018	CONFORME	21.7142857
3	0.000221	CONFORME	31.2217195	0.00023	CONFORME	33.9130435
2	0.000276	CONFORME	47.4637681	0.00029	CONFORME	49.122807
1	0.000332	CONFORME	67.7710843	0.00034	CONFORME	68.5294118

Nota: Fuente propia

A través de las tablas 62 y 63, podemos apreciar que la edificación sin aisladores sísmicos **1** tiene como deriva máxima un valor de 0.000152, mientras que la deriva máxima

con el aislador LRB tiene 0.000833, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.000332 y la con el Aislador de PFT es de 0.00034, y respecto a los porcentajes totales de reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 69.56 %, en la con el Aislador PFD se tiene 28.43 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 32.54 %.

Comparación de resultados calculados respecto a las derivas del Análisis dinámico Tiempo Historia para el Sismo Lambayeque

Tabla 64

Derivas en el Sismo Lambayeque sin aislador y con aislador LRB – Eje X

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO X					
PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000047	CONFORME	0.000164	CONFORME	71.3414634
5	0.000084	CONFORME	0.00031	CONFORME	72.9032258
4	0.000109	CONFORME	0.000467	CONFORME	76.6595289
3	0.000116	CONFORME	0.000625	CONFORME	81.44
2	0.000099	CONFORME	0.000795	CONFORME	87.5471698
1	0.000055	CONFORME	0.001028	CONFORME	94.6498054

Nota: Fuente propia

Tabla 65

Derivas en el Sismo Lambayeque TH con aislador PFD y PFT – Eje X

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO X						
PISO	VIVIENDA CON AISLADOR PFD			VIVIENDA CON AISLADOR PFT		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000122	CONFORME	61.4754098	0.00013	CONFORME	63.8461538
5	0.000235	CONFORME	64.2553191	0.000244	CONFORME	65.5737705
4	0.000357	CONFORME	69.4677871	0.000368	CONFORME	70.3804348
3	0.000479	CONFORME	75.782881	0.000493	CONFORME	76.4705882
2	0.000609	CONFORME	83.7438424	0.000626	CONFORME	84.1853035
1	0.000781	CONFORME	92.9577465	0.000797	CONFORME	93.0991217

Nota: Fuente propia

A través de las tablas 64 y 65, podemos apreciar que la edificación sin aisladores sísmicos tiene como deriva máxima un valor de 0.000116, mientras que la deriva máxima con el aislador LRB tiene 0.001028, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.000781 y la con el Aislador de PFT es de 0.000797, y respecto a los porcentajes totales de reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 80.76 %, en la con el Aislador PFD se tiene 74.61 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 75.59 %.

Tabla 66

Derivas en el Sismo Lambayeque sin aislador y con aislador LRB – Eje Y

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO Y					
PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.00005	CONFORME	0.00017	CONFORME	72.5146199
5	0.00008	CONFORME	0.00031	CONFORME	72.9032258
4	0.00011	CONFORME	0.00047	CONFORME	76.6595289
3	0.00012	CONFORME	0.00063	CONFORME	81.44
2	0.00010	CONFORME	0.00080	CONFORME	87.5471698
1	0.00006	CONFORME	0.00103	CONFORME	94.6498054

Nota: Fuente propia

Tabla 67

Derivas en el Sismo Lambayeque TH con aislador PFD y PFT – Eje Y

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO Y						
PISO	VIVIENDA CON AISLADOR PFD			VIVIENDA CON AISLADOR PFT		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000135	CONFORME	65.1851852	0.00015	CONFORME	68.6666667
5	0.00023	CONFORME	63.4782609	0.000247	CONFORME	65.9919028
4	0.00034	CONFORME	67.9411765	0.000359	CONFORME	69.637883
3	0.000452	CONFORME	74.3362832	0.000472	CONFORME	75.4237288
2	0.000567	CONFORME	82.5396825	0.000588	CONFORME	83.1632653
1	0.000684	CONFORME	91.9590643	0.000703	CONFORME	92.1763869

Nota: Fuente propia

A través de las tablas 66 y 67, podemos apreciar que la edificación sin aisladores sísmicos tiene como deriva máxima un valor de 0.000116, mientras que la deriva máxima

con el aislador LRB tiene 0.001028, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.000684 y la con el Aislador de PFT es de 0.000703, y respecto a los porcentajes totales de reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 80.95 %, en la con el Aislador PFD se tiene 74.24 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 75.84 %.

Comparación de resultados calculados respecto a las distorsiones de entepiso del análisis dinámico Tiempo Historia para el Sismo Piura

Tabla 68

Derivas en el Sismo Piura sin aislador y con aislador LRB – Eje X

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO X					
PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.00039	CONFORME	0.000541	CONFORME	28.4658041
5	0.00074	CONFORME	0.001022	CONFORME	27.4951076
4	0.00116	CONFORME	0.001541	CONFORME	24.9837768
3	0.00156	CONFORME	0.002056	CONFORME	24.1245136
2	0.00191	CONFORME	0.002606	CONFORME	26.5924789
1	0.00186	CONFORME	0.003365	CONFORME	44.7548291

Nota:Fuente propia

Tabla 69

Derivas en el Sismo Piura TH con aislador PFD y PFT – Eje X

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO X						
PISO	VIVIENDA CON AISLADOR PFD			VIVIENDA CON AISLADOR PFT		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000418	CONFORME	7.41626794	0.000439	CONFORME	11.8451025
5	0.000802	CONFORME	7.60598504	0.000824	CONFORME	10.0728155
4	0.001215	CONFORME	4.85596708	0.001239	CONFORME	6.69895077
3	0.001622	CONFORME	3.82244143	0.00165	CONFORME	5.45454545
2	0.002053	CONFORME	6.81928885	0.002085	CONFORME	8.24940048
1	0.002619	CONFORME	29.0187094	0.002641	CONFORME	29.6099962

Nota:Fuente propia

A través de las tablas 68 y 69, podemos apreciar que la edificación sin aisladores sísmicos tiene como deriva máxima un valor de 0.001913, mientras que la deriva máxima

con el aislador LRB tiene 0.003365, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.02619 y la con el Aislador de PFT es de 0.002641, y respecto a los porcentajes totales de reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 29.40 %, en la con el Aislador PFD se tiene 9.92 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 11.99 %.

Tabla 70

Derivas en el Sismo Piura sin aislador y con aislador LRB – Eje Y

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO Y					
PISO	VIVIENDA SIN AISLADORES		VIVIENDA CON AISLADOR LRB		
	DIST.	RNE E030	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.00039		0.000541	CONFORME	27.3567468
5	0.00067	CONFORME	0.001022	CONFORME	34.5401174
4	0.00097	CONFORME	0.001541	CONFORME	37.3134328
3	0.00122	CONFORME	0.002056	CONFORME	40.5155642
2	0.00139	CONFORME	0.002606	CONFORME	46.6999233
1	0.00109	CONFORME	0.003365	CONFORME	67.6077266

Nota: Fuente propia

Tabla 71

Derivas en el Sismo Piura TH con aislador PFD y PFT – Eje Y

ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA EN EL SENTIDO Y						
PISO	VIVIENDA CON AISLADOR PFD			VIVIENDA CON AISLADOR PFT		
	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)	DIST.	RNE E030	DISMIN (%)
6	0.000418	CONFORME	5.98086124	0.000439	CONFORME	10.4783599
5	0.000802	CONFORME	16.5835411	0.000824	CONFORME	18.8106796
4	0.001215	CONFORME	20.4938272	0.001239	CONFORME	22.0338983
3	0.001622	CONFORME	24.5992602	0.00165	CONFORME	25.8787879
2	0.002053	CONFORME	32.3429128	0.002085	CONFORME	33.381295
1	0.002619	CONFORME	58.3810615	0.002641	CONFORME	58.7277546

Nota: Fuente propia

A través de las tablas 70 y 71, podemos apreciar que la edificación sin aisladores sísmicos tiene como deriva máxima un valor de 0.001389, mientras que la deriva máxima

con el aislador LRB tiene 0.003365, la deriva máxima con el aislador PFD es de 0.02619 y la con el Aislador de PFT es de 0.002641, y respecto a los porcentajes totales de reducción en la estructura con el Aislador LRB se tiene 42.34 %, en la con el Aislador PFD se tiene 26.40 % y en la con el Aislador de PFT se tiene 28.22 %.

Comparación de Modos de Vibración

Tabla 72

Comparación de periodos de vibración con y sin aisladores.

MODO	VIVIENDA SIN AISLADOR	VIVIENDA CON AISLADOR LRB		VIVIENDA CON AISLADOR PFD		VIVIENDA CON AISLADOR PFT	
	Periodo (seg)	Periodo (seg)	% Incremento	Periodo (seg)	% Incremento	Periodo (seg)	% Incremento
1	0.769	2.561	333.03	2.081	270.61	2.189	284.66
2	0.71	2.546	358.59	2.068	291.27	2.173	306.06
3	0.666	2.352	353.15	1.91	286.79	0.772	115.92
4	0.247	0.409	165.59	0.4	161.94	0.418	169.23
5	0.223	0.385	172.65	0.377	169.06	0.397	178.03
6	0.209	0.364	174.16	0.357	170.81	0.242	115.79
7	0.139	0.206	148.20	0.204	146.76	0.213	153.24
8	0.122	0.186	152.46	0.185	151.64	0.19	155.74
9	0.113	0.181	160.18	0.18	159.29	0.136	120.35
10	0.094	0.134	142.55	0.133	141.49	0.133	141.49
11	0.08	0.118	147.50	0.118	147.50	0.114	142.50
12	0.072	0.111	154.17	0.111	154.17	0.094	130.56
13	0.07	0.093	132.86	0.093	132.86	0.093	132.86
14	0.058	0.08	137.93	0.08	137.93	0.079	136.21
15	0.057	0.073	128.07	0.073	128.07	0.074	129.82
16	0.051	0.07	137.25	0.07	137.25	0.07	137.25
17	0.047	0.059	125.53	0.059	125.53	0.059	125.53
18	0.04	0.058	145.00	0.058	145.00	0.058	145.00

Nota: Fuente propia

En los datos presentados en la tabla 72, se observa que el primer modo de vibración en la edificación sin aisladores sísmicos tiene un periodo de 0.769 segundos. Al introducir el Aislador LRB, este periodo se extiende a 2.561 segundos. Asimismo, con el Aislador PFD, el periodo es de 2.081 segundos, y con el Aislador PFT es de 2.189 segundos.

Comparación de Fuerzas Sísmicas

Tabla 73

Comparación de Fuerzas sísmicas sin y con aisladores LRB.

PISO	VIVIENDA SIN AISLADOR		VIVIENDA CON AISLADOR LRB			
	X (Tn)	Y (Tn)	X (Tn)	% RED.	Y (Tn)	% RED.
6	33.84	36.21	13.88	58.98	13.83	61.80
5	38.41	41.31	13.48	64.91	13.41	67.54
4	30.15	32.63	8.75	70.98	8.69	73.36
3	22.14	24.16	5.05	77.21	5.00	79.29
2	14.48	15.97	2.37	83.66	2.34	85.36
1	7.42	8.33	0.71	90.46	0.70	91.64
TOTAL			74.37		76.50	

Nota:Fuente propia

Tabla 74

Comparación de Fuerzas sísmicas con aisladores PFD y PFT.

PISO	VIVIENDA CON AISLADOR PFD				VIVIENDA CON AISLADOR PFT			
	X (Tn)	% RED.	Y (Tn)	% RED.	X (Tn)	% RED.	Y (Tn)	% RED.
6	15.84	53.20	15.91	56.07	15.31	54.76	15.39	57.49
5	16.02	58.30	16.10	61.02	15.34	60.07	15.44	62.62
4	10.93	63.75	11.00	66.28	10.34	65.69	10.43	68.02
3	6.72	69.67	6.77	71.97	6.26	71.71	6.33	73.79
2	3.43	76.28	3.47	78.26	3.14	78.32	3.18	80.07
1	1.18	84.06	1.20	85.60	1.05	85.90	1.07	87.20
TOTAL	67.55		69.87		69.41		71.53	

Nota:Fuente propia

Tomando la mayor fuerza sísmica que es 41.31 Tn en el eje Y, entonces, según las tablas 75 y 76, podemos apreciar una reducción de 64.91 % con el Aislador LRB, 61.02 con el Aislador PFD y de 62.62 con el Aislador PFT, los Aisladores sísmicos cumplen con el objetivo de disminuir fuerzas sísmicas lo cual vemos que si ocurre con los aisladores diseñados, teniendo los porcentajes totales de reducción de 74.37% en el eje X y de 76.50 % en el eje Y con el Aislador LRB, con el Aislador PFD se tiene porcentajes

de reducción de 67.55 % y 69.87 % en los ejes X y Y respectivamente y con el Aislador de PFT se tiene una reducción de 69.41 % y de 71.53 % en los ejes X y Y respectivamente.

³ 4.4. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

- Comprobación de Hipótesis General

Los comportamientos estructurales difieren significativamente entre aisladores con ² núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional sujetos a especificaciones normadas en una edificación multifamiliar, Juliaca-2023.

Si se cumple, se demostró que los comportamientos estructurales difieren significativamente entre aisladores con ³ núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional en una edificación multifamiliar sujetos a especificaciones normadas, se demostró ² que el aislador que mejor comportamiento tuvo en la edificación de 6 niveles fue ² el Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo.

- Comprobación de Hipótesis Específica 1

¹ Existen diferencias en los resultados análisis estático para una edificación multifamiliar aplicando ² aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca – 2023.

Los resultados de la tesis confirman la hipótesis específica 1, que planteaba que ¹ existen diferencias en los resultados del análisis estático para una edificación multifamiliar aplicando ² aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional Juliaca 2023.

- Comprobación de Hipótesis Específica 2

1 Existen diferencias en los resultados del análisis modal espectral para una edificación multifamiliar aplicando 2 aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca – 2023.

Los resultados de la tesis confirman la hipótesis específica 2, que planteaba que 1 existen diferencias en los resultados del análisis modal espectral para una edificación multifamiliar aplicando 2 aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional Juliaca 2023.

- Comprobación de Hipótesis Específica 3

1 Existen diferencias en los resultados del análisis tiempo – historia para una edificación multifamiliar aplicando 2 aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional, Juliaca – 2023.

Los resultados de la tesis confirman la hipótesis específica 3, que planteaba que 1 existen diferencias en los resultados del tiempo - historia para una edificación multifamiliar aplicando 2 aisladores con núcleo de plomo, de doble y triple péndulo friccional Juliaca 2023.

4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2 Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo

Derivas

Consistencia.

Según Villavicencio (2015), en la construcción sin aislador sísmico mediante el análisis estático, las reducciones más notables se presentaron en la deriva, registrando valores de 0.02211 en el eje X y 0.02222 en el eje Y. Con la incorporación del 5 Aislador elastomérico con Núcleo de Plomo, estos valores

disminuyeron a 0.00161 en el eje X y 0.00134 en el eje Y. La introducción del aislador condujo a una reducción significativa del 92.72 % en la deriva del eje X y del impresionante 93.97 % en el eje Y.

En el curso de esta investigación, se observó que la construcción sin refuerzos experimentó una reducción máxima de deriva de 0.013133 en el eje X y 0.03947 en el eje Y. Con la adición del aislador LRB, estos valores descendieron a 0.000727 en el eje X y 0.002331 en el eje Y. Evidentemente, el refuerzo con el aislador se tradujo en una impresionante disminución del 94.46 % en la deriva del eje X y del 94.09 % en el eje Y. Al comparar ambas reducciones, se destaca una notoria coincidencia en los resultados obtenidos.

Modos de vibración

Consistencia.

Para Villavicencio (2015) la vibración inicial ocurrió en el eje Y, seguida por la vibración en el eje X y luego en el eje Z. El tiempo que tomó para que el edificio vibrara sin reforzamiento fue de 0.81 segundos, mientras que con el aislador LRB fue de 3.75 segundos, mostrando una relación de periodos de 4.63.

En este estudio, se identificó que el primer modo de vibración ocurrió a lo largo del eje X, seguido por el segundo modo en el eje Y y el tercer modo en el eje Z. Además, se observó que el periodo de vibración de la edificación sin aislador es de 0.769 segundos, mientras que con la incorporación del aislador elastomérico se incrementó a 2.561 segundos, habiendo una relación de periodos de 3.33, comparando ambas reducciones podemos interpretar que hay coincidencia en los resultados porque la relación entre estos periodos según el periodo objetivo debe ser tres veces mayor que el periodo natural.

Según Villavicencio (2015), en la estructura sin aislador sísmico mediante el análisis estático, las disminuciones más notables se manifestaron en la deriva, con valores de 0.00471 en el eje X y 0.00441 en el eje Y. Con la incorporación del Aislador de Péndulo de Fricción Doble, estos valores descendieron a 0.00162 en el eje X y 0.00117 en el eje Y. La introducción del aislador resultó en una reducción sustancial del 65.61 % en la deriva del eje X y del 73.47 % en el eje Y.

En el desarrollo de esta tesis, se constató que la estructura sin refuerzos experimentó una reducción máxima de deriva de 0.013133 en el eje X y 0.03947 en el eje Y. Con la adición del Aislador de Péndulo de Fricción Doble, estos valores disminuyeron a 0.00088 en el eje X y 0.00278 en el eje Y. Evidentemente, el refuerzo con el aislador se tradujo en una impresionante disminución del 93.34 % en la deriva del eje X y del 92.95 % en el eje Y. Al comparar ambas reducciones, se destaca una notoria coincidencia en los resultados obtenidos.

Aislador de Péndulo de Fricción Doble.

Derivas

Consistencia,

De acuerdo con los hallazgos de Vidaurre (2021), en la construcción sin aislador sísmico mediante el análisis estático, las reducciones más pronunciadas se manifestaron en la deriva, con valores de 0.00471 en el eje X y 0.00441 en el eje Y. Tras la implementación del Aislador de Péndulo de Fricción Doble, estos valores descendieron a 0.00162 en el eje X y 0.00117 en el eje Y. La introducción del aislador resultó en una reducción sustancial del 65.61 % en la deriva del eje X y del 73.47 % en el eje Y.

En el curso de esta tesis, se observó que la estructura sin refuerzos experimentó una reducción máxima de deriva de 0.013133 en el eje X y 0.03947 en el eje Y. Con la adición del Aislador de Péndulo de Fricción Doble, estos valores disminuyeron a 0.00088 en el eje X y 0.00278 en el eje Y. Evidentemente, el refuerzo con el aislador se tradujo en una impresionante disminución del 93.34 % en la deriva del eje X y del 92.95 % en el eje Y. Al comparar ambas reducciones, se destaca una notable coincidencia en los resultados obtenidos.

Fuerzas Sísmicas

Consistencia,

Según Vidaurre (2021), en la estructura desprovista de aislador sísmico, las disminuciones más notables se presentaron en la fuerza sísmica, alcanzando valores de 2.696 Tn en el eje X y 1.346 Tn en el eje Y. Con la incorporación del Aislador de Péndulo de Fricción Doble, estas cifras descendieron a 1.472 Tn en el eje X y 0.086 Tn en el eje Y. La introducción del aislador condujo a una

reducción significativa del 45.40 % en la fuerza sísmica del eje X y del impresionante 93.61 % en el eje Y.

En el transcurso de la tesis presente, se observó que la estructura sin aisladores experimentó una reducción máxima de fuerza sísmica de 7.42 Tn en el eje X y 8.33 Tn en el eje Y. Con la adición del Aislador de Péndulo de Fricción Doble, estos valores se redujeron a 1.18 Tn en el eje X y 1.20 Tn en el eje Y. La incorporación del aislador resultó en una disminución sustancial del 84.06 % en la fuerza sísmica del eje X y del 85.60 % en el eje Y. Al comparar ambas reducciones, se evidencia una coincidencia significativa en los resultados obtenidos.

Fuerzas Cortantes

Consistencia.

Según Vidaurre (2021), en la construcción sin aislador sísmico, las mayores reducciones se evidenciaron en la fuerza cortante, registrando valores de 146.30 Tn en el eje X y 103.633 Tn en el eje Y. Tras la implementación del Aislador de Péndulo de Fricción Doble, estos valores se redujeron a 107.955 Tn en el eje X y 42 Tn en el eje Y. La incorporación del aislador resultó en una disminución del 26.21 % en la fuerza cortante del eje X y del 59.47 % en el eje Y.

En el curso de la tesis presente, se constató que la construcción sin aisladores presentó una reducción máxima de fuerza cortante de 146.44 Tn en el eje X y 158.61 Tn en el eje Y. Al añadir el Aislador de Péndulo de Fricción Doble, estas cifras descendieron a 54.11 Tn en el eje X y 63.05 Tn en el eje Y. Evidentemente, el refuerzo con el aislador se tradujo en una significativa disminución del 63.05 % en la fuerza cortante del eje X y del 65.67 % en el eje Y.

Aislador de Péndulo de Fricción Triple

Derivas

Consistencia.

Según Maquera (2019), al emplear el análisis dinámico en la construcción sin aislador sísmico, se destacan reducciones máximas de deriva, alcanzando valores de 0.0054 en el eje X y 0.0082 en el eje Y. Con la introducción del Aislador de

Péndulo de Fricción Triple, estos valores se redujeron a 0.0005² en el eje X y 0.0006 en el eje Y. De manera significativa, la incorporación del aislador se tradujo en una disminución del 90.74 % en la deriva del eje X y del 92.68 % en el eje Y.

En esta investigación, se ha comprobado que la estructura sin refuerzos experimentó una reducción máxima de deriva de 0.00516⁶ en el eje X y 0.005153 en el eje Y. Al incorporar el aislador PFT, estas cifras disminuyeron a 0.000144² en el eje X y 0.000143 en el eje Y. Notablemente, el refuerzo con el aislador resultó en una impresionante disminución del 97.21 % en la deriva del eje X y del 97.22 % en el eje Y. comparando ambas reducciones podemos interpretar que hay coincidencia en los resultados superando el 90%

CONCLUSIONES

En relación a las distorsiones de entrepiso del análisis estático respecto al sentido en dirección X se obtuvo como distorsión de entrepiso máxima sin Aisladores es de 0.01313 y la distorsiones de entrepiso empleando el aislador LRB tuvo una respuesta de 0.0001815, con el Aislador PFD es de 0.000977 y Aislador PFT es de 0.00093, y respecto a los porcentajes de reducción totales con el aislador LRB se tiene un 93.75 %, con el Aislador PFD un 92.65 % y Aislador PFT un 92.95 %, por tal razón la mejor alternativa para controlar las distorsiones de entrepiso en el sismo estático es en primer lugar con el Aislador LRB, seguido del Aislador PFT y por último el Aislador de PFD, ya que los tres aisladores no varían los resultados de la reducción significativamente, en relación con las distorsiones de entrepiso del eje Y se tiene que la distorsión máxima sin aislador es de 0.03947 y la distorsión con el aislador LRB es de 0.00286, con el Aislador PFD es de 0.00344 y con el Aislador PFT es de 0.00331 y respecto a los porcentajes de reducción totales con el aislador LRB se tiene un 93.53 %, con el Aislador PFD un 92.42 % y Aislador PFT un 92.48 %, por tal razón la mejor alternativa al igual que en el eje X, es mediante el Aislador LRB.

Con respecto a las fuerzas sísmicas aislador con mejor rendimiento fue el de aislador LRB con un promedio de % de reducción de 74.37 % en el eje X y de 76.50 % en el eje Y, seguida del Aislador PFT donde se tiene un promedio de % de reducción de 69.41 % en el eje X y de 71.53 % en el eje Y y por último el Aislador PFD con un promedio de % de reducción de 67.55 % y 69.87 % en los ejes X y Y respectivamente, se concluye que los tres Aisladores tienen buen porcentaje de reducción pero la mejor alternativa es con el Aislador LRB, y respecto a los modos de vibración, el primer modo de la edificación sin ningún Aislador tiene un valor de 0.769 segundos, la edificación con aislador LRB tiene 2.561 segundos, la edificación con Aislador PFD un valor de 2.081 segundos y la edificación con Aislador PFT 2.189 segundos, se concluye que el mayor valor respecto al periodo de vibración lo tuvo la edificación con el aislador LRB.

Con respecto a las distorsiones de entrepiso del análisis dinámico modal espectral del eje X se tiene que la distorsión máxima sin Aisladores es de 0.01053, la distorsión máxima con el aislador LRB es de 0.000566, la distorsión máxima con el Aislador PFD es de 0.000437 y con el Aislador PFT es de 0.00044, y respecto a los porcentajes de reducción totales con el aislador se tiene con el Aislador LRB un 95.85 %, con el Aislador PFD un

96.48 % y con el Aislador PFT un 96.75 %, por tal razón la mejor opción para controlar las distorsiones en el sismo dinámico en el eje X es el aislador PFT, respecto a las distorsiones de entrepiso del análisis dinámico modal espectral del eje Y se tiene que la distorsión máxima sin Aisladores es de 0.009429, la distorsión máxima con el aislador LRB es de 0.000497, con el Aislador PFD es de 0.000404 y Aislador PFT es de 0.000384, y respecto a los porcentajes de reducción totales con el aislador LRB se tiene un 95.71 %, con el Aislador PFD un 96.47 % y Aislador PFT un 96.59 %, razón por la cual la opción más optima para controlar las distorsiones en el sismo dinámico modal espectral es el aislador PFT.

En relación con las distorsiones de entrepiso del análisis tiempo historia del Sismo La Libertad respecto se tiene que la reducción máxima de la deriva aplicando el Aislador LRB fue de 80.95 %, con el Aislador PFD la reducción máxima fue de 74.24 % y con el Aislador PFT fue de 75.84 %, por tal razón la mejor opción el uso de los Aisladores LRB, respecto a las distorsiones de entrepiso del análisis tiempo historia del Sismo Lambayeque se tiene que la reducción máxima de la distorsión aplicando el Aislador LRB fue de 80.76 %, con el Aislador PFD la reducción máxima fue de 74.61 % y con el Aislador PFT fue de 75.59 %, por tal razón la mejor opción el uso de los Aisladores LRB y por último relación con las derivas de entrepiso del análisis tiempo historia del Sismo Piura se tiene que la reducción máxima de la distorsión de entrepiso aplicando el Aislador LRB fue de 42.34 %, con el Aislador PFD la reducción máxima fue de 28.40 % y con el Aislador PFT fue de 28.22 %, por tal razón la mejor opción el uso de los Aisladores LRB.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a estudios futuros efectuar un análisis técnico de resultados de la respuesta sísmica con los Aisladores LRB, PFD y PFT en función a especificaciones normadas, adicionando un análisis comparativo de costos entre estos tres tipos de Aisladores con la finalidad de verificar las ventajas y desventajas a corto y largo plazo.
- Se recomienda a investigaciones por venir efectuar un análisis técnico de resultados de la respuesta sísmica con los Aisladores LRB, PFD y PFT con el análisis estático de fuerzas equivalentes, adicionando otros sistemas de protección sísmicas ya sean nuevos tipos de aisladores o disipadores de energía.
- Se recomienda a futuras investigaciones efectuar un análisis técnico de resultados de la respuesta sísmica con los Aisladores LRB, PFD y PFT con el análisis modal espectral, adicionando otros sistemas de protección sísmicas ya sean nuevos tipos de aisladores o disipadores de energía.
- Se recomienda a investigaciones por venir efectuar un análisis técnico de resultados de la respuesta sísmica con los Aisladores LRB, PFD y PFT con el análisis dinámico tiempo historia, adicionando otros sistemas de protección sísmicas ya sean nuevos tipos de aisladores o disipadores de energía.

TIPULA YANAPA, Carlos Gabriel

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	11%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%

10	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	biblioteca2.ucab.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
20	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Católica de Santa María	<1 %

22

mceer.buffalo.edu

Fuente de Internet

<1 %

23

PUKUNI CONSULTORES Y SERVICIOS
GENERALES S.A.C.. "EIA Linea de Transmisión
138 kV y Subestaciones para el Proyecto
Ángeles en los distritos de Ollachea y San
Gabán-IGA0002966", R.D. N° 382-2013-
MEM/AAE, 2020

Publicación

<1 %

24

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

26

upc.aws.openrepository.com

Fuente de Internet

<1 %

27

www.ibm.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo