

Comparative Analysis of the Seismic Behavior of a Hysteretic Energy Dissipation System and an Elastomeric Isolation System in Reinforced Concrete Buildings

Edwin Fidel Chanduví Nuñez, Ingeniero¹, Rosa Jennifer Santillán Plaza, Ingeniera¹, Josualdo Carlos Villar Quiroz, Maestro¹, Karina Jacqueline Cárdenas Rodríguez, Maestra¹, Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora¹
¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00065348@upn.pe, N00144665@upn.pe, josualdo.villar@upn.edu.pe,
Karina.cardenas@upn.edu.pe, flor.calvanapón@upn.pe

Abstract - This article was carried out in the city of Trujillo - Peru, with the objective of performing a comparative analysis of the seismic behavior between a hysteretic energy dissipation system and an elastomeric isolation system in reinforced concrete buildings, using; according to its purpose, a research of the applied type, with non-experimental, transversal design and according to its level, descriptive, where the technique for data collection was used direct observation with observation guides and help of analysis software and design of buildings ETABS V19. 1.0; the data analysis process was carried out through the construction of mathematical models in the aforementioned software, which allowed idealizing the mechanical properties of the structural elements of each building and of the LRB elastomeric isolation devices and SLB energy dissipaters. In order to calculate the structural response of each building, a modal analysis was first performed, obtaining the free vibration periods of the structures with conventional system and with seismic protection systems, as well as a nonlinear seismic analysis Time History considering a maximum earthquake, with a 5% probability of occurrence in 50 years, under the requirements of standards E0.30, E0. 31 and ASCE 7-16 to obtain the behavior of the seismic protection devices, shear, energy dissipation, displacements, accelerations and interstory distortions, with the results it was concluded that as the levels of the structures increase, starting from the eight-story structure, the effectiveness of the isolators is reduced by (3.13%) while the effectiveness of the dissipaters increases by (11.56%).

Keywords -- Seismic behavior, Hysteretic energy dissipation system, Elastomeric isolation system and Reinforced concrete buildings.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico entre un Sistema de Disipación de Energía Histerético y un Sistema de Aislamiento Elastomérico en Edificios de Hormigón Armado

Edwin Fidel Chanduví Nuñez, Ingeniero¹, Rosa Jennifer Santillán Plaza, Ingeniera¹, Josualdo Carlos Villar Quiroz, Maestro¹, Karina Jacqueline Cárdenas Rodríguez, Maestra¹, Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00065348@upn.pe, N00144665@upn.pe, josualdo.villar@upn.edu.pe, Karina.cardenas@upn.edu.pe, flor.calvanapón@upn.pe

Resumen – Este artículo se realizó en la ciudad de Trujillo - Perú, con el objetivo de realizar un análisis comparativo del comportamiento sísmico entre un sistema de disipación de energía histerético y un sistema de aislamiento elastomérico en edificaciones de concreto armado, utilizando; según su propósito, una investigación del tipo aplicada, con diseño no experimental, transversal y según su nivel, descriptiva, donde la técnica para la recolección de datos se utilizó la observación directa con guías de observación y ayuda de software de análisis y diseño de edificios ETABS V19.1.0; el proceso de análisis de datos se llevó a cabo mediante la construcción de modelos matemáticos, en el software antes mencionado; el cual permitió, idealizar las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de cada edificación y de los dispositivos de aislamiento elastomérico LRB y disipadores de energía SLB. Para calcular la respuesta estructural de cada edificación, se realizó en primera instancia un análisis modal, con lo que se obtuvo los periodos de vibración libre de las estructuras con sistema convencional y con sistemas de protección sísmica, asimismo se realizó un análisis sísmico no lineal Tiempo Historia considerando un sismo máximo, con una probabilidad de 5% que ocurra en 50 años, bajo los requisitos de las normas E0.30, E0.31 y ASCE 7-16 para la obtención del comportamiento de los dispositivos de protección sísmica, cortantes, disipación de energía, desplazamientos, aceleraciones y distorsiones de entrepiso, con los resultados se llegó a la conclusión que a medida que se aumentan los niveles de las estructuras, a partir de la estructura de ocho pisos, la eficacia de los aisladores se ve reducida en (3.13%) mientras que la eficacia de los disipadores aumenta en (11.56%)

Palabras clave -- Comportamiento sísmico, Sistema de disipación de energía histerética, Sistema de aislamiento elastomérico y Edificios de hormigón armado.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el diseño estructural ha tenido grandes avances, en gran medida gracias a la aplicación de nuevas técnicas y tecnologías, con las cuales se trata de mejorar la filosofía de diseño sismorresistente, dicho de otro modo, la idea inicial de solo salvaguardar las vidas humanas deja sin importancia el cuidado de los elementos estructurales y no estructurales ante eventos sísmicos severos, además de no proteger la ocupación de la edificación. Según la revista Mundo Constructor en su edición, menciona lo siguiente: “En

la actualidad, la mayoría de las edificaciones modernas cuentan con mecanismos sismorresistentes, una práctica necesaria. Pero, no suficiente; en efecto, lo más importante es preservar vidas, no hay duda, pero al no salvaguardar la integridad física de las edificaciones, esas mismas personas salvadas, soportarán varias dificultades al vivir en una comunidad llena de edificios inhabitables y con los servicios básicos colapsados”.

A raíz de estas nuevas filosofías de diseño estructural sismorresistente, surgieron varias investigaciones que comparaban los beneficios de implementar los sistemas de protección sísmica, frente a estructuras con sistemas estructurales convencionales; principalmente, se tiene como sistemas de protección sísmica, los aisladores de base y los disipadores de energía. Es así como [1], verificó que el daño estructural en el Sistema Estructural con Disipadores (SED) es menor que el Sistema Estructural Convencional (SEC). Para el SED el 75% de energía sísmica que ingresó al sistema se disipó por los disipadores de energía, el 20% por medio del amortiguamiento modal y el 5% por deformación elástica e inelástica de las vigas y columnas (daño estructural). Para el SEC el 55% de la energía sísmica que ingresó al sistema se disipó por medio del amortiguamiento modal y el 45% por deformación elástica e inelástica de las vigas y columnas (daño estructural). Además, se verificó que el SED es una solución estructural adecuada, que ha permitido reducir los desplazamientos laterales debidos al sismo. Para el sismo de diseño la distorsión máxima de entrepiso se ha reducido de 1.14% a 0.64% (37% en promedio), siendo el límite de la distorsión de entrepiso 0.7%.

Asimismo, otro investigador como [2] manifiesta que la respuesta estructural es la esperada para edificaciones con sistema de protección sísmica con aislamiento, ya que del análisis no lineal tiempo historia se obtuvieron derivas máximas del orden de 2.6%o y 3.8%o para el sismo de diseño (DBE) y el sismo máximo creíble (MCE), respectivamente, las cuales son menores a los límites establecidos en el proyecto de norma E.031 de 3,5%o y 4,5%o, respectivamente.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Ahora bien, entendiendo los grandes beneficios que brindan usar aislamiento de base o disipadores de energía, es que nace la necesidad de saber cuál de los dos sistemas es el más adecuado para estructuras pequeña, mediana y gran altura, en función a los desplazamientos, fuerzas internas, disipación de energía, etc. A continuación, se fundamenta la función que cumple cada uno de los sistemas de protección sísmica.

El principal objetivo del uso de dispositivos de disipación de energía es limitar o eliminar el daño en elementos estructurales y no estructurales mediante la reducción de la respuesta dinámica del sistema estructural. Esto se logra concentrando la disipación de energía en elementos que puede ser reemplazados y que fueron diseñados con este propósito [1].

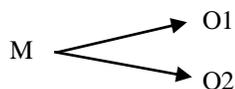
Por otro lado, según [3] el aislamiento sísmico consiste en la instalación de dispositivos que desacoplan la estructura y su contenido de los efectos de un sismo. Este desacople se alcanza incrementando la flexibilidad del sistema y proveyéndola de un amortiguamiento adecuado.

En la presente investigación tiene como objetivo principal realizar el análisis comparativo del comportamiento sísmico entre un sistema de disipación de energía histerético y un sistema de aislamiento elastomérico en edificaciones de cuatro, ocho y dieciséis pisos de concreto armado, en la ciudad de Trujillo, Perú. Asimismo, se tiene como objetivos específicos, determinar el comportamiento sísmico de las edificaciones convencionales, realizar el diseño del sistema de disipación de energía histerético con dispositivos SLB, realizar el diseño del sistema de aislamiento elastomérico con dispositivos LRB, ambos mediante análisis no lineal Tiempo Historia, bajo los requisitos de las normas E0.30, E0.31 y ASCE 7-16.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación por su propósito es del tipo aplicada, porque tiene como objetivo principal la búsqueda y consolidación del saber, así como la aplicación de los conocimientos científicos previamente logrados [4], según su diseño es del tipo no experimental, porque son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos [5]. Así mismo, el diseño de la investigación es del tipo transversal porque [6], menciona que: “*Los diseños transversales son investigaciones que recopilan datos en un momento único*”. Y según su nivel es del tipo descriptiva, porque busca especificar las propiedades, características y perfiles de fenómenos que se sometan a un análisis, con el fin de establecer su comportamiento [7]

El esquema del diseño de investigación: No experimental transversal



Donde:

O1: Sistema de aislamiento elastomérico con dispositivos LRB

O2: Sistema de disipación de energía con dispositivos SLB

M: Edificaciones de cuatro, ocho y dieciséis pisos de concreto armado en la ciudad de Trujillo, Perú

Como población se consideró Edificaciones de concreto armado en la ciudad de Trujillo, Perú 2022. Así mismo la muestra son edificaciones de cuatro, ocho y dieciséis pisos de concreto armado en la ciudad de Trujillo, Perú.

Para determinar el comportamiento sísmico de las tres estructuras de cuatro, ocho y dieciséis pisos, se utilizó la técnica de observación directa con ayuda de software de análisis y diseño de edificios ETABS en su versión 19.0.0, mediante simulaciones gráficas y cuadros de datos de los resultados obtenidos en las estructuras antes mencionadas, cuando se les incorporan los sistemas de protección sísmica en estudio.

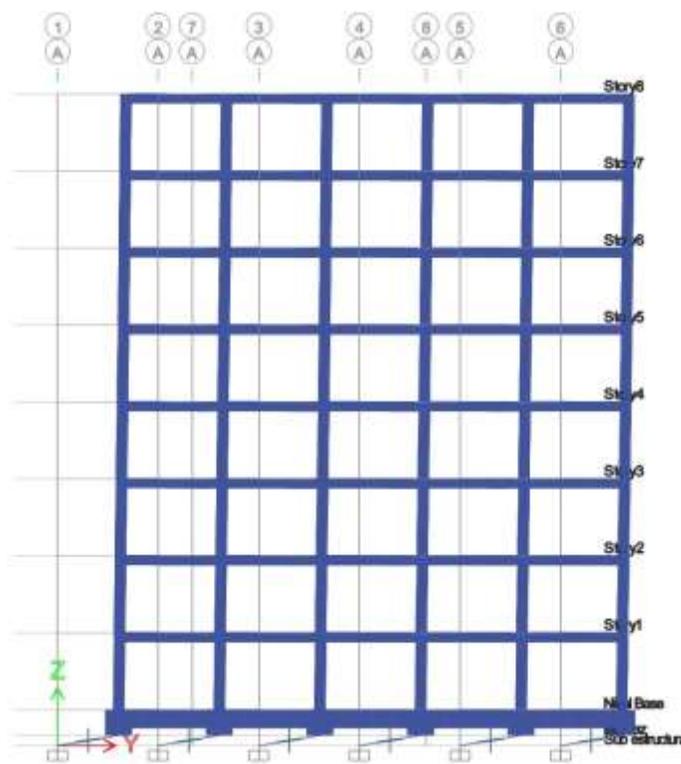


Fig. 1. Modelo estructural de ocho pisos con aisladores LRB.

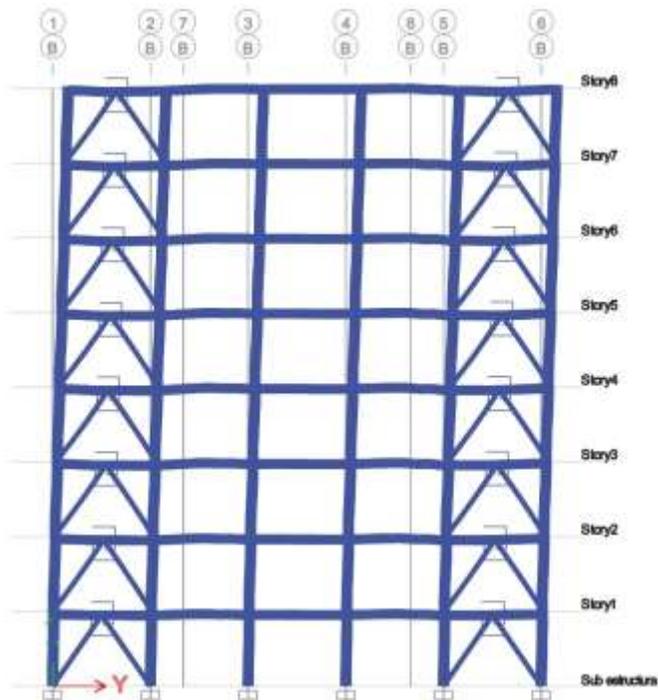


Fig. 2. Modelo estructural de ocho pisos con disipadores SLB.

La técnica mencionada anteriormente, sirvió para determinar; en primera instancia, el periodo natural de vibración y las formas modales de cada estructura, mediante un análisis modal, para lo cual se estableció como máximo el análisis de tres modos por piso y tres modos como mínimo; Asimismo, se determinó la fuerza cortante en la base de cada estructura, distorsiones de entrepiso, balance de energía y fuerzas internas; todas ellas mediante un análisis no lineal Tiempo Historia.

Además, se determinaron las propiedades mecánicas de los dispositivos del sistema de aislamiento elastomérico LRB, utilizando la técnica de análisis documental, basándose en la información proporcionada en el catálogo de diseño de los aisladores de la empresa Dynamic System Isolation, Del mismo modo, se determinaron las propiedades mecánicas de los dispositivos del sistema de disipación de energía SLB, basándose en la información proporcionada en los parámetros de diseño del PhD. Luis Bozo Rotondo; creador de los dispositivos SLB.

Los instrumentos para la recolección de datos que se emplearon en el comportamiento sísmico fueron guías de observación y escala de observación de datos las cuales NOSSS sirvieron como sustento de cada dato o información que se ingresará en la investigación para la correcta obtención de los resultados.

Asimismo, para la recolección de datos de las propiedades mecánicas de los dispositivos del sistema de aislamiento elastomérico LRB y del sistema de disipación de energía

histerético SLB, se utilizó fichas resumen, las cuales ayudaron a seleccionar la información relevante como rigidez inicial rigidez post-fluencia, rigidez efectiva, desplazamientos máximos, fuerzas máximas, energía disipada, etc.

III. RESULTADOS

Construcción del modelo matemático

Edificación de cuatro pisos

En la Figura 3 se muestra el modelado 3D de la estructura de la edificación con uso de centro comercial de cuatro pisos, con los dispositivos de aislamiento LRB y disipación de energía SLB.

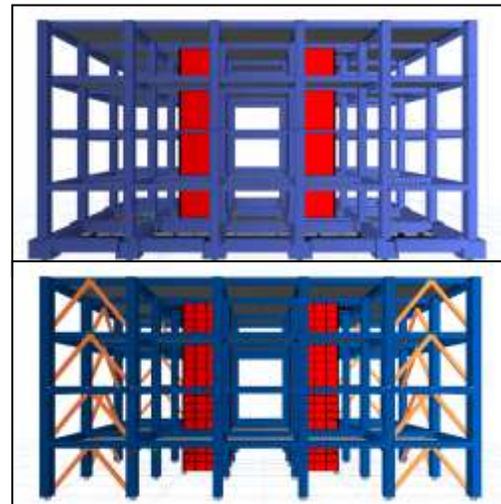
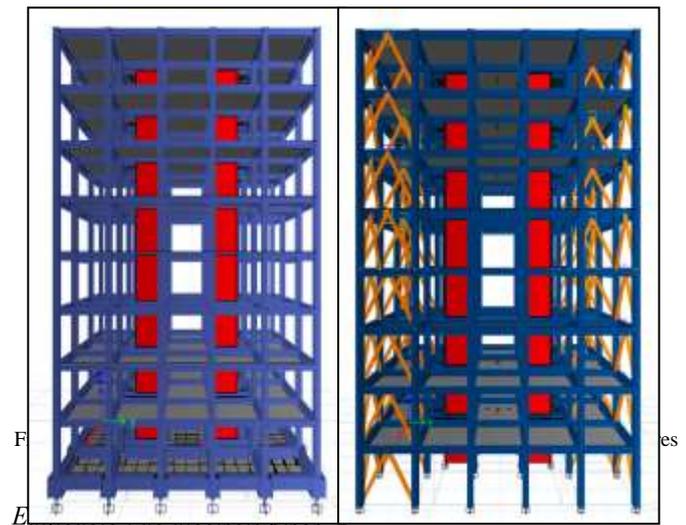


Fig. 3. Modelado matemático de estructuras con aisladores LRB y disipadores SLB en estructura de cuatro pisos.

Edificación de ocho pisos

En la Figura 4 se muestra el modelado 3D de la estructura de la edificación con uso de oficinas de ocho pisos, con los dispositivos de aislamiento LRB y disipación de energía SLB.



En la Figura 5 se muestra el modelado 3D de la estructura de la edificación con uso de vivienda multifamiliar de dieciséis pisos, con los dispositivos de aislamiento LRB y disipación de energía SLB.

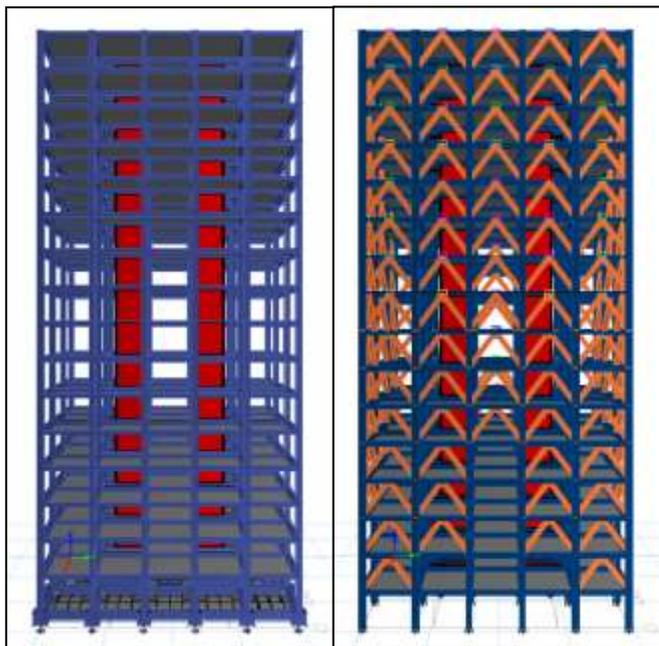


Fig. 5. Modelado matemático de estructuras con aisladores LRB y disipadores SLB en estructura de dieciséis pisos.

Análisis Modal

En la Figura 6 se muestra los periodos de vibración libre de las estructuras con sistema convencional, con aisladores LRB y disipadores SLB.

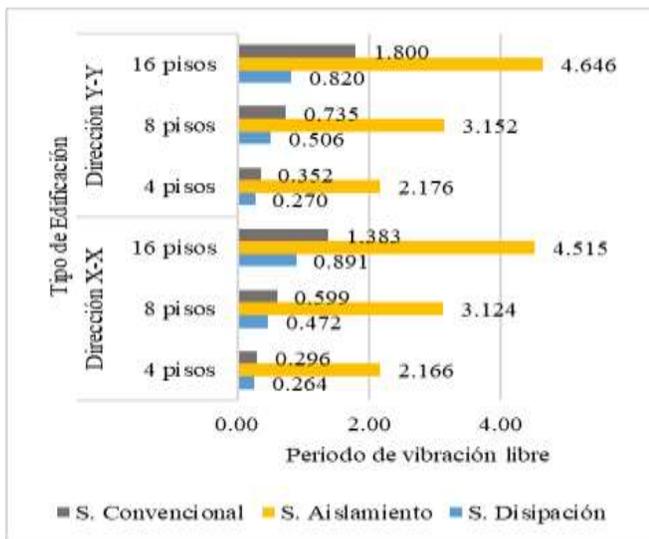


Fig. 6. Periodos de vibración libre.

Análisis No Lineal Tiempo Historia

Escalamiento de señales sísmicas

En la Figura 7 se muestra los acelerogramas para la estructura con aisladores, que consiste en 5 registros sísmicas más

relevantes en la costa del Perú y en la Figura 8, 2 registros sísmicos más relevantes en la costa de Chile. Dichos acelerogramas fueron corregidos y escalados al espectro de sismo máximo.

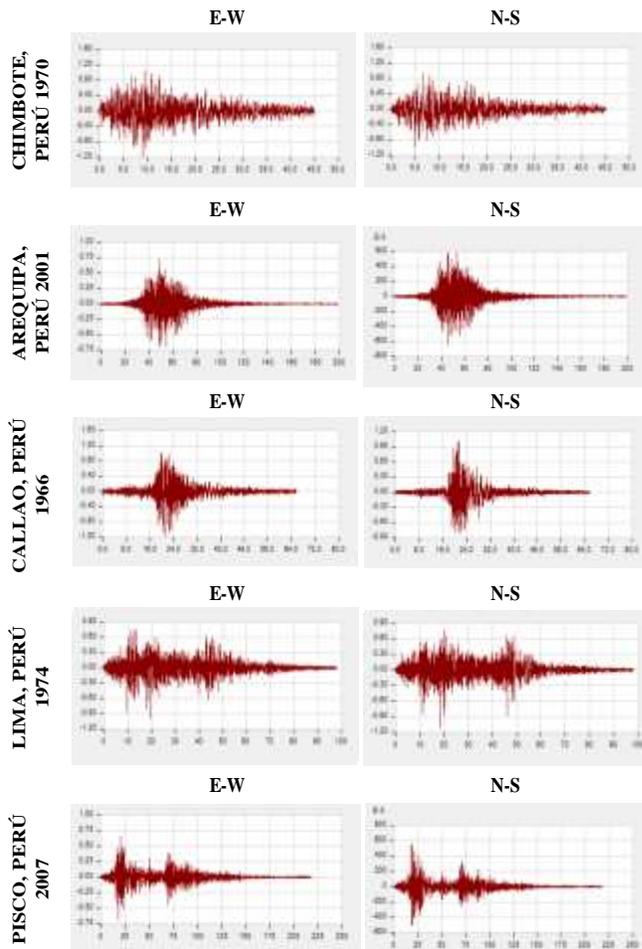


Fig. 7. Acelerogramas de registros en Perú, escalados al espectro de sismo máximo, para estructura con aisladores LRB.

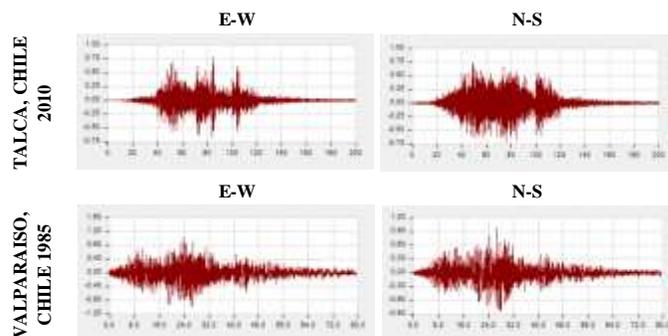


Fig. 8. Acelerogramas de sismos en Chile, escalados al espectro de sismo máximo, para estructura con aisladores LRB.

En la Figura 9 se muestra los acelerogramas para la estructura con disipadores, que consiste en 5 registros sísmicas más relevantes en la costa del Perú y en la Figura 10, 2 registros sísmicos más relevantes en la costa de Chile. Dichos

acelerogramas fueron corregidos y escalados al espectro de sismo máximo.

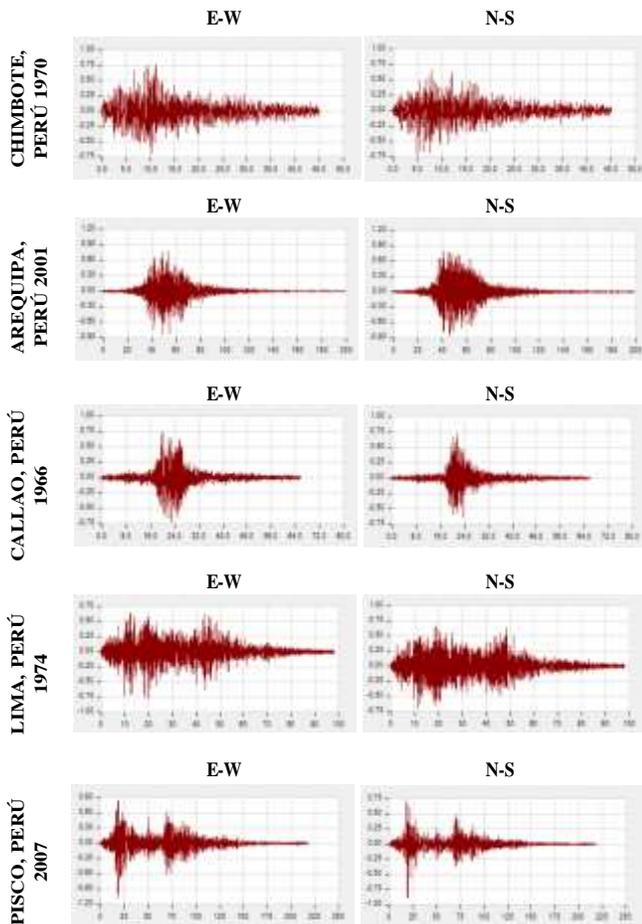


Fig. 9. Acelerogramas de sismos en Perú, escalados al espectro de sismo máximo, para estructura con disipadores LRB.

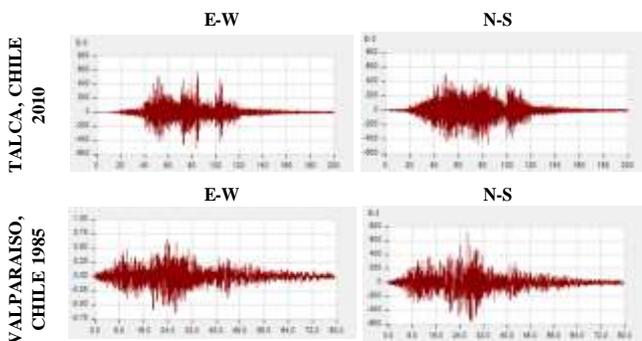


Fig. 10. Acelerogramas de sismos en Chile, escalados al espectro de sismo máximo, para estructura con disipadores LRB.

Comportamiento histerético

Aisladores elastoméricos en estructura de cuatro pisos

En la Figura 11 se muestra el modelo bilineal de aisladores elastoméricos LRB en estructura de cuatro pisos.

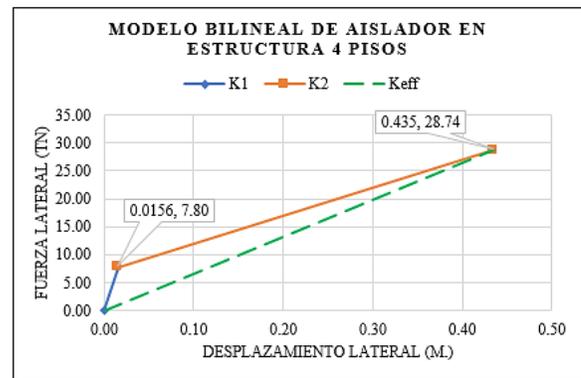


Fig. 11. Modelo bilineal de aisladores en estructura de cuatro pisos

Aisladores elastoméricos en estructura de ocho pisos

En la Figura 12 se muestra el modelo bilineal de aisladores elastoméricos LRB en estructura de ocho pisos.

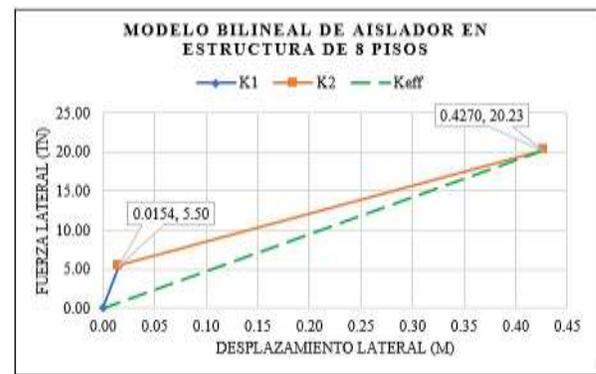


Fig. 12. Modelo bilineal de aisladores en estructura de ocho pisos

Aisladores elastoméricos en estructura de dieciséis pisos

En la Figura 13 se muestra el modelo bilineal de aisladores elastoméricos LRB en estructura de dieciséis pisos.

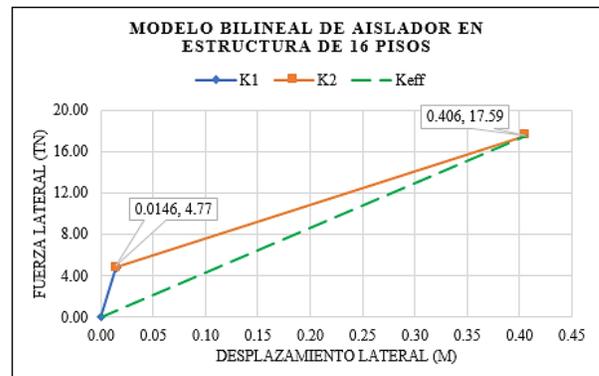


Fig. 13. Modelo bilineal de aisladores en estructura de dieciséis pisos

Disipadores histeréticos en estructuras de cuatro pisos

En la Figura 14 se el comportamiento histerético del dispositivo SLB con mayor demanda en la estructura de cuatro pisos.

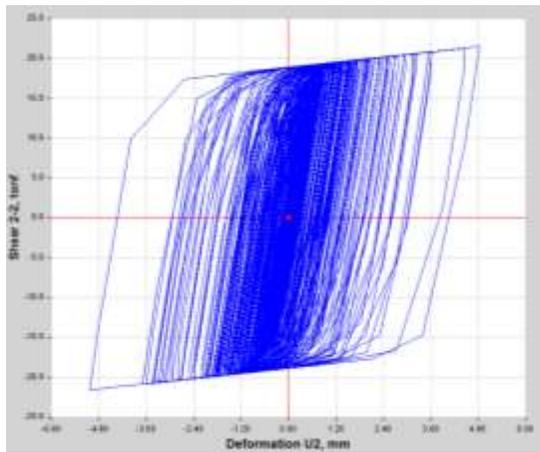


Fig. 14. Curva histerética en disipador SLB con mayor demanda en estructura de cuatro pisos

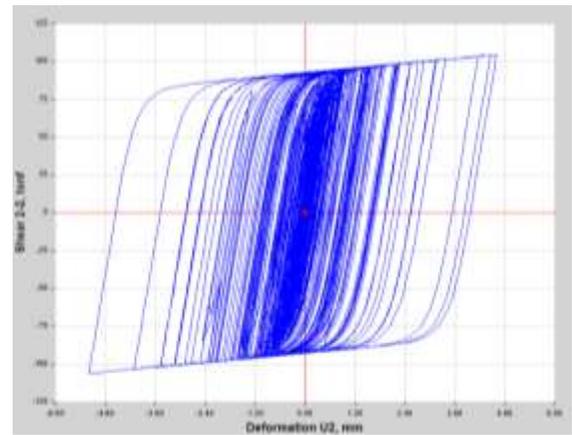


Fig. 16. Curva histerética en disipador SLB con mayor demanda en estructura de dieciséis pisos

Disipadores histeréticos en estructuras de ocho pisos

En la Figura 15 se el comportamiento histerético del dispositivo SLB con mayor demanda en la estructura de ocho pisos.

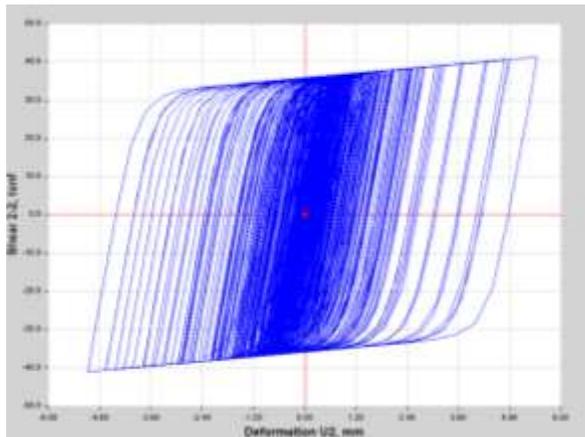


Fig. 15. Curva histerética en disipador SLB con mayor demanda en estructura de ocho pisos

Disipadores histeréticos en estructuras de dieciséis pisos

En la Figura 16 se el comportamiento histerético del dispositivo SLB con mayor demanda en la estructura de dieciséis pisos.

Análisis Comparativo de Respuesta Estructural

Cortante sísmico

En la Figura 17 se muestra los cortantes sísmicos de las estructuras con sistema convencional, con aisladores LRB y disipadores SLB.

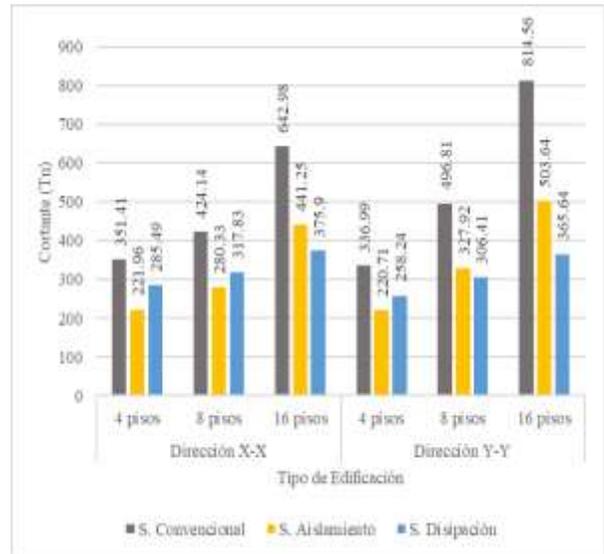


Fig. 17. Cortantes sísmicos en dirección X-X y Y-Y de las estructuras con sistema convencional, aisladores y disipadores.

Balace de energía

En la Figura 18 se muestra el porcentaje de energía de entrada que se disipa por medio de cada sistema de protección sísmica.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se realizó el análisis comparativo del comportamiento sísmico entre un sistema de disipación de energía histerético y un sistema de aislamiento elastomérico en edificaciones de cuatro, ocho y dieciséis pisos de concreto armado, en la ciudad de Trujillo, Perú, concluyéndose que a medida que se aumentan los niveles de las estructuras, a partir de la estructura de ocho pisos, la eficiencia de los aisladores se ve reducida en (3.13%) mientras que la eficiencia de los disipadores aumenta en (11.56%), comprobando lo mencionado por Herrera [8] y Morales con Sinchiguano [9]. Por otro lado, en cuanto a la disipación de energía, se aprecia que en la estructura de ocho pisos la incorporación de dispositivos SLB logran disipar el mayor porcentaje de la energía de entrada con un valor de 80.80% en la dirección X-X y 79.84% en la dirección Y-Y, mientras que para las estructuras de cuatro y dieciséis pisos la incorporación de dispositivos LRB logran disipar el mayor porcentaje de la energía de entrada, con valores de 98.69% en X-X y 98.13% en Y-Y para estructura de cuatro pisos y 90.45% en X-X y 88.80% en Y-Y para la estructura de dieciséis pisos.

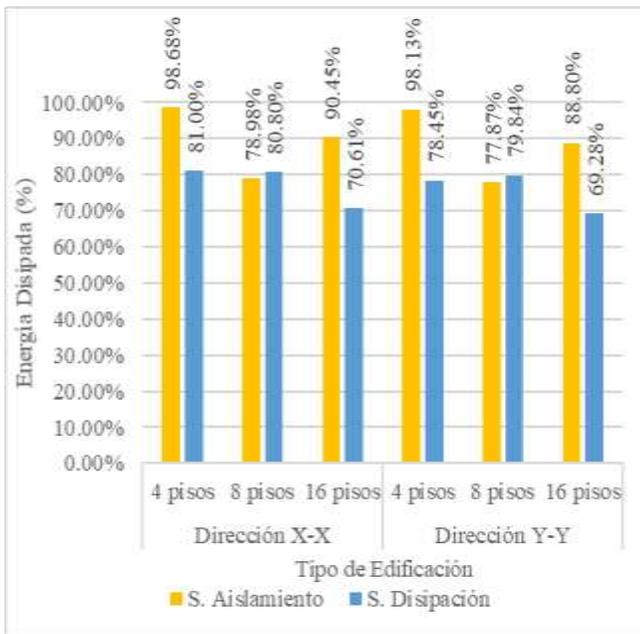


Fig. 18. Porcentaje de disipación de energía de entrada de sismo por medio de cada sistema de protección sísmica.

Distorsión de entrepiso

En la Figura 19 se muestra las distorsiones de entrepiso en cada estructura con sistema convencional, sistema de aislamiento LRB y sistema de disipación de energía SLB.

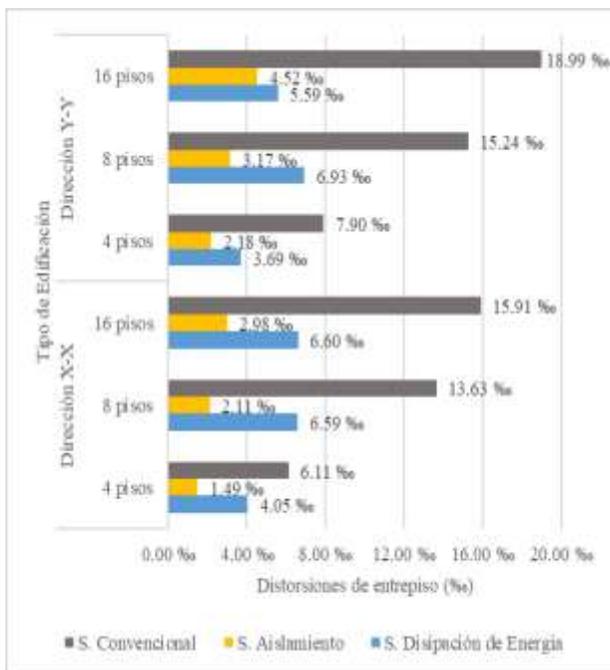


Fig. 19. Distorsiones de entrepiso de cada estructura con sistema convencional, aislamiento y disipación de energía en la dirección X-X y Y-Y.

Los periodos, se reducen al incorporar disipadores SLB en las 3 edificaciones, comprobando lo mencionado por Morales y Sinchiguano [9] y Miranda con Ontiveros [10]; quienes concluyen que los disipadores SLB aumentan la rigidez de la estructura; en consecuencia, los periodos disminuyen. Por otro lado, al incorporar aisladores LRB, se aumenta el periodo en las 3 estructuras; comprobando lo mencionado por Chilon [11], Tocto [12] y Herrera [8], donde dichos autores concluyen que, al disminuir la rigidez de los aisladores, se flexibiliza la base de la estructura, en consecuencia, se aumentan los periodos de vibración de la estructura.

Se determinaron las solicitaciones sísmicas de las edificaciones sin protección sísmica, mediante el análisis modal espectral, obteniéndose periodos para la estructura de 4 pisos de 0.296 s. en la dirección “X” y 0.352 s. en la dirección “Y”; para la estructura de 8 pisos, periodos de 0.599 s. en la dirección “X” y 0.735 en la dirección “Y”, y periodos para la estructura de 16 pisos de 1.383 s. en la dirección “X” y 1.80 s. en la dirección “Y”; asimismo, se obtuvieron las cortantes basales para la estructura 4 pisos de 351.41 tn. en la dirección “X” y “336.99” tn. en la dirección Y, para la estructura de 8 pisos, se obtuvieron cortantes de 424.14 tn. en la dirección “X” y 496.81 tn. en la dirección “Y”, y para la estructura de 16 pisos, cortantes de 642.98 tn. en la dirección “X” y 814.56 en la dirección “Y”; del mismo modo, se obtuvo las distorsiones de entrepiso para la estructura de 4 pisos, alcanzando 6.11% en la dirección “X” y 7.90% en la dirección “Y”, para la estructura de 8 pisos, se obtuvieron distorsiones de 13.63% en la dirección “X” y 15.24% en la dirección “Y”; finalmente, para la estructura de 16 pisos, se obtuvo distorsiones de 15.91% en la dirección “X” y 18.99%

en la dirección “Y”, dichos valores sobrepasan el límite de 7.0% de la NTE E0.30.

Se realizó el diseño del sistema de disipación de energía hysterético, mediante la incorporación de disipadores SLB con análisis no lineal tiempo historia, obteniéndose un total de 24 disipadores en la estructura de 4 pisos, 80 disipadores en la estructura de 8 pisos y 230 disipadores en la estructura de 16 pisos, dichos disipadores pertenecen a la 3era generación de dispositivos SLB los cuales cuentan con el sistema de conexión mediante planchas dentadas tipo “peines” con altura de placa 80mm, altura de disipador de 155mm; además la colocación de los dispositivos en las 3 estructuras se realizó mediante diagonales en Chevron. Del análisis no lineal tiempo historia se concluye que, se redujo el periodo de vibración fundamental de las 3 estructuras; asimismo, se redujo las cortantes basales, con un valor promedio de 21.06% en la estructura de 4 pisos, 31.69% en la estructura de 8 pisos y 48.33% en la estructura de 16 pisos; del mismo modo, se redujo las distorsiones de entrepiso, con un valor promedio de 43.50% en la estructura de 4 pisos, 53.09% en la estructura de 8 pisos y 64.54% en la estructura de 16 pisos; finalmente, la energía disipada por el sistema de disipación de energía hysterético alcanza un valor promedio de 78.73% en la estructura de 4 pisos, 80.32% en la estructura de 8 pisos y 69.45% en la estructura de 16 pisos.

Se realizó el diseño del sistema de aislamiento elastomérico, mediante la incorporación de aisladores LRB con análisis no lineal tiempo historia, obteniéndose un total de 24 unidades de aisladores en la base de las 3 edificaciones; para la estructura de 4 pisos, los dispositivos tienen un diámetro y altura total de 700 mm. y 277 mm. respectivamente; asimismo, con desplazamientos $DM=360.50$ mm. y $DTM=427.50$ mm., con rigideces $K_{eff}=92.81$ tn/m, $K_1=499.66$ tn/m y $K_d=64.96$ tn/m, como propiedades principales; ahora bien, para la estructura de 8 pisos, los dispositivos tienen un diámetro y altura total de 700 mm. y 275 mm. respectivamente; asimismo, con desplazamientos $DM=406.02$ mm. y $DTM=428.50$ mm., con rigideces $K_{eff}=66.52$ tn/m, $K_1=357.90$ tn/m y $K_d=46.53$ tn/m, como propiedades principales; finalmente, para la estructura de 16 pisos, los dispositivos tienen un diámetro y altura total de 800 mm. y 265 mm. respectivamente; asimismo, con desplazamientos $DM=416.40$ mm. y $DTM=430.0$ mm., con rigideces $K_{eff}=60.77$ tn/m, $K_1=327.17$ tn/m y $K_d=42.53$ tn/m, como propiedades principales. Del análisis no lineal tiempo historia se concluye que, se aumentó el periodo de vibración fundamental de las 3 estructuras; asimismo, se redujo las cortantes basales, con un valor promedio de 34.80% en la estructura de 4 pisos, 8 pisos y 16 pisos; del mismo modo, se redujo las distorsiones de entrepiso, con un valor promedio de 74.01% en la estructura de 4 pisos, 81.86% en la estructura de 8 pisos y 78.73% en la estructura de 16 pisos; finalmente, la energía disipada por el sistema de aislamiento elastomérico, alcanza un valor promedio de 98.41% en la estructura de 4

pisos, 78.43% en la estructura de 8 pisos y 89.63% en la estructura de 16 pisos.

REFERENCIAS

- [1] Ancasí, R. “Propuesta de un método para el diseño de edificios con disipadores pasivos de energía utilizando registros sísmicos peruanos”. *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Lima, Lima, Perú. Noviembre de 2019.
- [2] Olivos, O. E. “Protección sísmica de edificaciones hospitalarias peruanas por aislamiento sísmico”. *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Lima, Lima, Perú. 2018.
- [3] Yucra, M. E. “Evaluación del desempeño sísmico de hospitales aislados en el Perú”. Obtenido de Escuela de Posgrado PUCP: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11891/YUCRA_MADDELEY_DESEMPE%c3%91O_S%c3%8dSMICO_HOS_PITALES_PER%c3%9a.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Marzo de 2018.
- [4] Pimienta Prieto, J., De La Orden Hoz, A., y Estrada Coronado, R. “Metodología de la investigación”. Mexico: Pearson. 2018.
- [5] Hernández Sampieri, R. “Metodología De Investigación”. 6ta Edición. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. 2017.
- [6] Gallardo Echenique, E. “Metodología De La Investigación”. Huancayo: Universidad Continental. 2017.
- [7] Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. D. “Metodología de la investigación”. Ciudad de Mexico: Interamericana editores. 2014.
- [8] Herrera, M. “Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso”. Universidad de Piura. Piura, Perú. Obtenido de Universidad de Piura. (enero de 2018).
- [9] Morales, A. R., y Sinchiguano, J. A. “Análisis comparativo del comportamiento estructural entre una edificación destinada a una vivienda de ocho, doce y dieciséis pisos, con sistemas de aislación y disipación de energía sísmica”. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. Obtenido de Universidad Central del Ecuador. 2018.
- [10] Miranda, Y. H., y Ontiveros, Y. G. “Análisis comparativo del desempeño sísmico y costo entre los disipadores Shear Link Bozzo y Taylor aplicados a una edificación multifamiliar, Trujillo”. Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú. Obtenido de Universidad César Vallejo. 2020.
- [11] Chilón, E. A. “Diseño y análisis sísmico comparativo entre un sistema con aisladores de núcleo de plomo y un sistema con disipadores de fluido viscoso en una edificación de 4 niveles, Chiclayo, 2017”. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo, Perú. Obtenido de Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. 2017.
- [12] Tocto, S. D. “Desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos LRB para uso esencial en la ciudad de Trujillo, región La Libertad, 2018”. Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú. Obtenido de Universidad Privada del Norte. 2018.