

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DEL PERÚ**

**Escuela de Posgrado**



Control of torsion effects in buildings with extreme torsional irregularity through the use of hysterical dissipators-SLB

Trabajo de investigación para obtener el grado académico de Maestra en Ingeniería Civil con mención en Estructuras Sismorresistentes que presenta:

***Ingrid Janet Rodas Manosalva***

Trabajo de investigación para obtener el grado académico de Maestro en Ingeniería Civil con mención en Estructuras Sismorresistentes que presenta:

***José Giuseppe Villanueva Alayo***

Asesor:

***Acero Martínez José Alberto***

Lima, 2024


## Informe de Similitud

Yo, José Alberto Acero Martínez, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de el trabajo de investigación titulada(o) Control of torsion effects in buildings with extreme torsional irregularity through the use of hysterical dissipators-SLB, de los autores Rodas Manosalva, Ingrid Janet y Villanueva Alayo, José Giussepe, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 19%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 04 de diciembre del 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

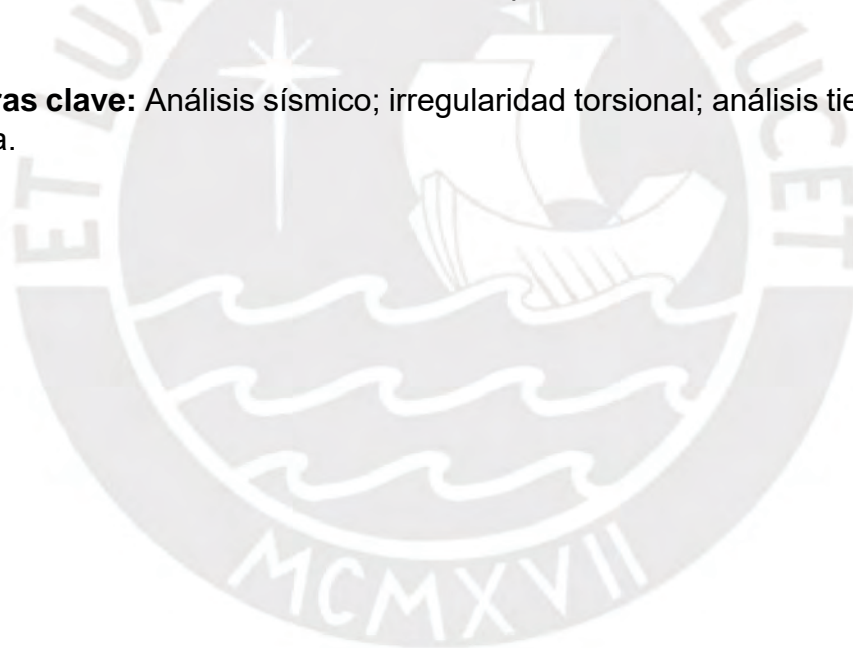
Lima, 11 de diciembre del 2024.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Acero Martínez, José Alberto</u>	
DNI: 29662895	Firma 
ORCID: 0000-0003-4154-9510	

## RESUMEN

Las irregularidades torsionales son una de las principales causas de falla en las estructuras durante eventos sísmicos, que deben considerarse porque pueden ocasionar el colapso de las mismas. Este tipo de irregularidad se incluye en muchos códigos sísmicos en el mundo. En este estudio se evalúa el comportamiento de un edificio de 7 niveles; para el cual se realizan 2 tipos de análisis por separado, uno de los métodos definido por el código peruano-2018 (E.030-2018) y para el otro se propuso incorporar un sistema de protección sísmica, en base a disipadores histéreticos SLB, mediante un análisis modal espectral y tiempo historia no lineal. Se realizaron iteraciones para lograr la ubicación más efectiva de los dispositivos llegando así a plantear estratégicamente 3 líneas de resistencia con disipadores SLB. De esta manera, solo en ciertas partes del edificio que se han previsto con el uso de los dispositivos, ocurrirá la absorción de energía y el comportamiento no lineal. Los resultados del historial de respuesta mostraron que con la incorporación de los disipadores se aumentó la amortiguación, y se reducen derivas de entrepiso en un 60 % y desplazamientos en un 70%. Se concluye que la incorporación de estos dispositivos, controlan el efecto del comportamiento torsional extremo de la estructura.

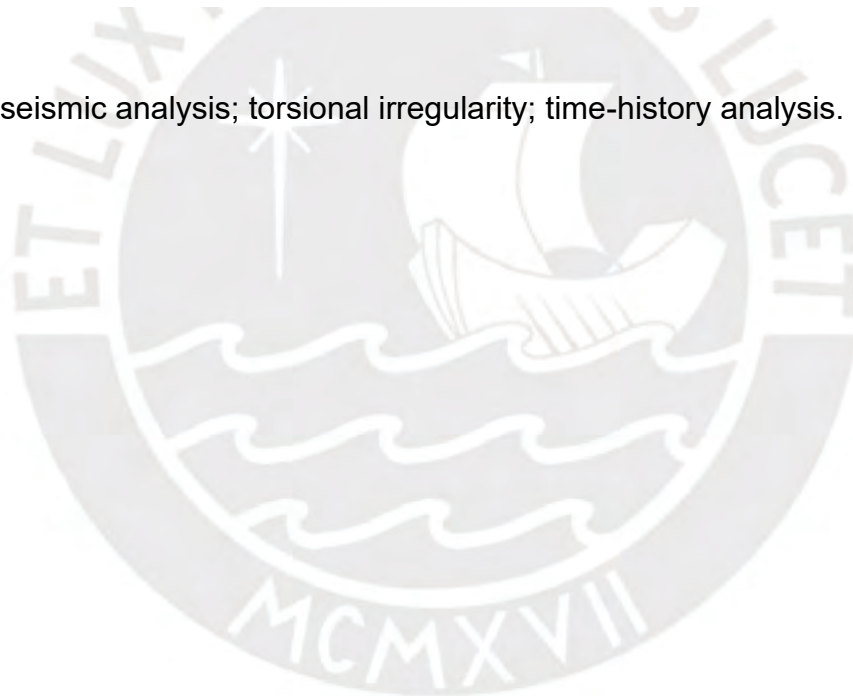
**Palabras clave:** Análisis sísmico; irregularidad torsional; análisis tiempo-historia.



## ABSTRACT

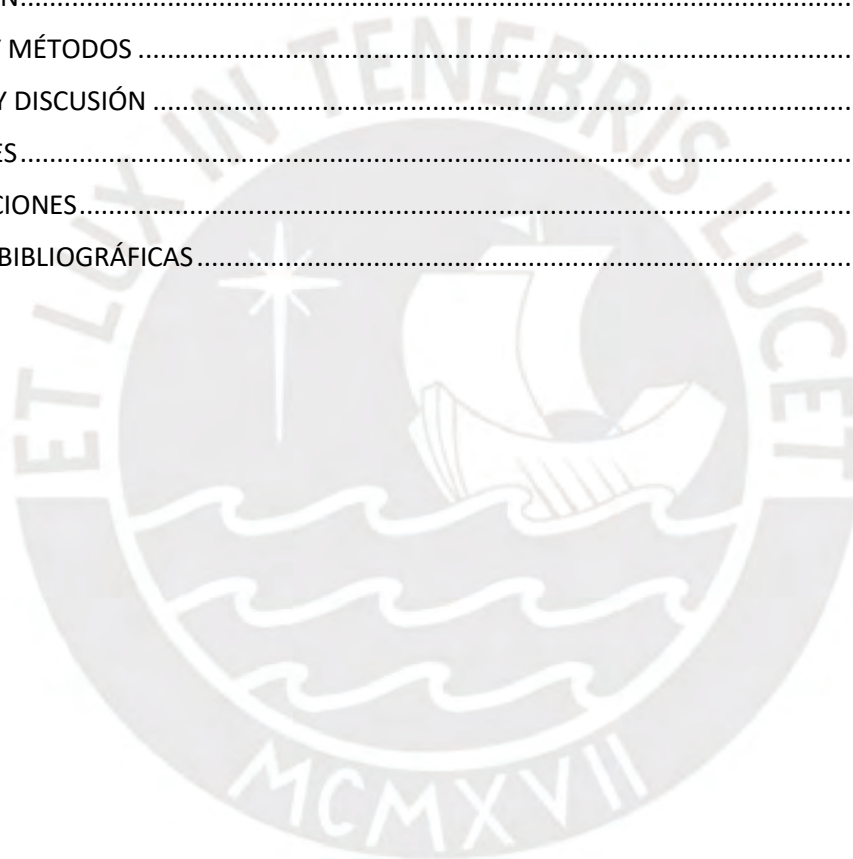
Torsional irregularities are one of the main causes of failure in structures during seismic events, which must be considered because they can cause them to collapse. This type of irregularity is included in many seismic codes in the world. In this study, the behavior of a 7-story building is evaluated; for which 2 types of analysis are carried out separately, one of the methods defined by the Peruvian code-2018 (E.030-2018) and for the other it was proposed to incorporate a seismic protection system, based on SLB hysterical dissipators, using a modal spectral analysis and non-linear time history. Iterations were carried out to achieve the most effective location of the devices, thus strategically proposing 3 lines of resistance with SLB heatsinks. In this way, only in certain parts of the building that have been provided with the use of the devices, will energy absorption and non-linear behavior occur. The results of the response history showed that with the incorporation of the dissipators the damping was increased, and drifts of the floors were reduced by 60% and displacements by 70%. It is concluded that the incorporation of these devices controls the effect of the extreme torsional behavior of the structure.

**Keywords:** seismic analysis; torsional irregularity; time-history analysis.



## ÍNDICE

RESUMEN .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÍNDICE .....	iii
LISTA DE TABLAS .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS .....	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	6
CONCLUSIONES.....	10
RECOMENDACIONES.....	11
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12



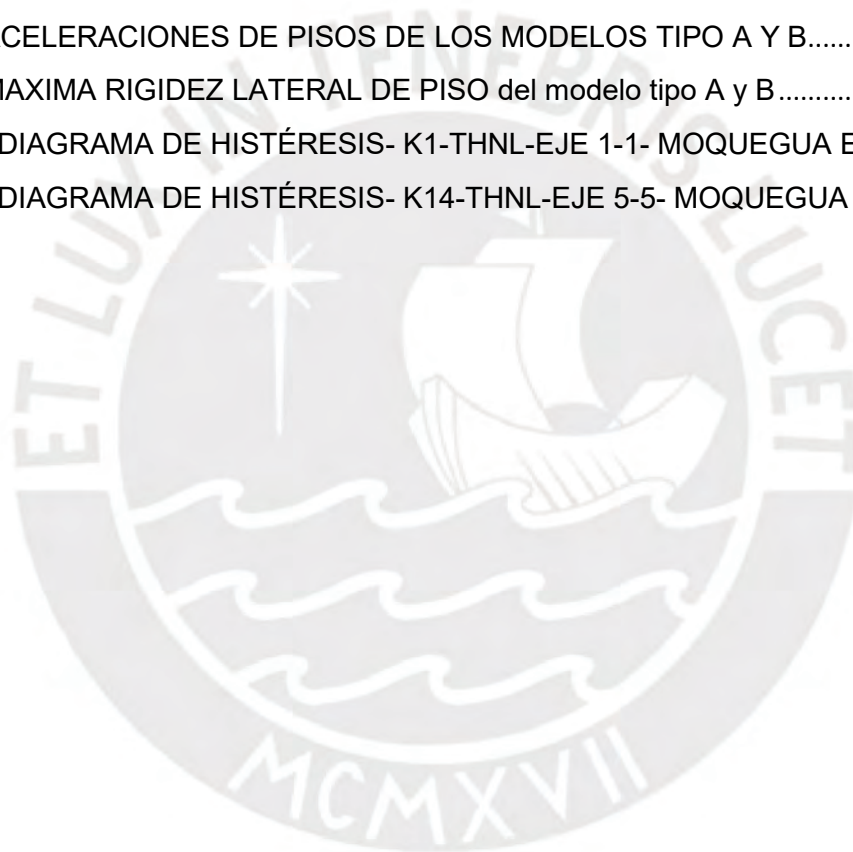
## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: COEFICIENTES DE IRREGULARIDAD TORSIONAL.....	7
Tabla 2: DISIPADORES USADOS EN EL MODELO TIPO B.....	9



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MODELO TIPO A .....	3
FIGURA 2: MODELO TIPO B, PLANTAS DEL SEGUNDO AL QUINTO NIVEL.....	4
FIGURA 3: ELEVACIÓN DE DISIPADORES SLB, USADOS EN EL MODELO TIPO B .....	4
FIGURA 4: REGISTRO DEL SISMO DE PISCO-FUENTE CISMID.....	5
FIGURA 5: REGISTRO DEL SISMO DE MOQUEGUA-FUENTE CISMID .....	5
FIGURA 6: DERIVAS DE ENTREPISO DE LOS MODELOS TIPO A Y B.....	6
FIGURA 7: MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS MODELOS TIPO A Y B .....	7
FIGURA 8: ACELERACIONES DE PISOS DE LOS MODELOS TIPO A Y B.....	8
FIGURA 9: MAXIMA RIGIDEZ LATERAL DE PISO del modelo tipo A y B.....	8
FIGURA 10: DIAGRAMA DE HISTÉRESIS- K1-THNL-EJE 1-1- MOQUEGUA EW.....	9
FIGURA 11: DIAGRAMA DE HISTÉRESIS- K14-THNL-EJE 5-5- MOQUEGUA EW .....	9



## INTRODUCCIÓN

Los sismos más severos, dejan grandes lecciones. A lo largo del tiempo, durante fuertes eventos sísmicos se ha observado que estructuras con irregularidad torsional pueden sufrir daños graves, llegando al colapso de las mismas (Tena-Colunga, 1999). Esto se debe a que el centro de masa y el centro de rigidez no están en el mismo lugar. Por esta razón, se produce un aumento excesivo de los movimientos laterales cuando las cargas dinámicas excitan los edificios, convirtiéndose en una de las causas de vulnerabilidades más severas. (Jeong, S. H., & Elnashai, A. S., 2006)

Los códigos sísmicos actuales, como el código europeo EC-8, ASCE 7-16, norma peruana E.030-2018, entre otros, para asegurar el rendimiento de estructuras con irregularidad torsional, incorporan requerimientos especiales que varían según una serie de factores que incluyen la geometría del plano, las dimensiones y posiciones de los elementos estructurales y los números de piso. (Özmen, G., Girgin, K., & Durgun, Y., 2014). Además de un procedimiento basado en el cálculo a través de ecuaciones del momento de torsión en cada piso y de cambiar el centro de masa para eliminar la excentricidad, colocando masas o componentes estructurales adicionales.

Sin embargo, la falta de consenso entre los reglamentos de diseño, y los resultados de terremotos recientes han demostrado que estructuras de concreto con problemas de torsión extrema son muy difíciles e incluso imposibles de reparar. Tal como fue el sismo que ocurrió en la ciudad de Pisco el 15 de agosto de 2007, de magnitud de momento  $MW=8.0$ , que dejó al menos 519 muertos. Los daños fueron cuantiosos, los cuales fueron magnificados cuando además las estructuras eran irregulares (Astroza, 2007).

Esto sugiere la necesidad de considerar las ventajas de los métodos modernos de diseño sísmico e incorporar sistemas de disipación de energía, para controlar las respuestas de las demandas de un evento sísmico.

Investigaciones actuales como: Procedure to optimize the structural design for buildings equipped with hysteretic SLB devices de (Riccardo Chianese, 2020), concluyen que estos dispositivos representan una buena solución para la protección sísmica de estructuras de edificios porque proporcionan una contribución significativa en la reducción de la deriva de entre pisos y una gran capacidad de disipación de energía debido a su comportamiento histerético. Modeling, analysis and seismic design of structures using energy dissipators SLB de (Bozzo, L., Gonzales, H., Pantoja, M., Muñoz, E., & Ramirez, J., 2019) explican que mediante estos dispositivos se puede disipar la energía introducida por un sismo en la estructura, protegiendo a otros elementos estructurales de que sufran daños. Una nueva generación de disipadores SLB" shear link" para el diseño sismorresistente de (Bozzo Fernández, 2021) en esta investigación se propone un nuevo tipo de disipador que logra extender los límites de deformación de los actuales dispositivos

SLB y, que además cumple con requerimientos similares a los que se les exigen a los brazos de pandeo restringido en la normativa AISC en cuanto a sus protocolos de carga cíclica y ensayos.

Muchos dispositivos han sido propuestos en la literatura hasta ahora, caracterizados por diferentes formas, material constitutivo y principio de disipación de energía. Sin embargo, la idea de emplear un sistema de control pasivo, que no necesita una fuente de energía externa para funcionar, y que combinado con pórticos de concreto armado y muros desacoplados con disipadores aumenta la rigidez y la ductilidad.(Pantoja et al., 2020) ofrece una alternativa viable que en términos prácticos reduce el posible daño estructural, reduciendo las fuerzas de diseño por debajo del límite elástico.

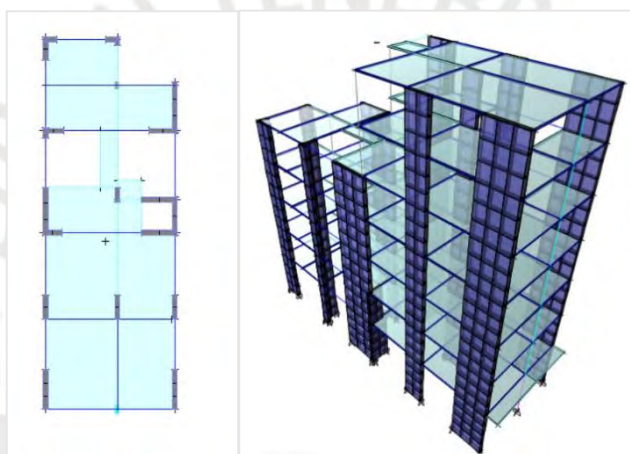
Por esto, la investigación actual con la finalidad de mejorar la respuesta sísmica ante problemas de torsión extrema y asegurar su funcionalidad continua, propone la incorporación a la estructura de Disipadores Shear Link Bozzo (SLB).



## MATERIALES Y MÉTODOS

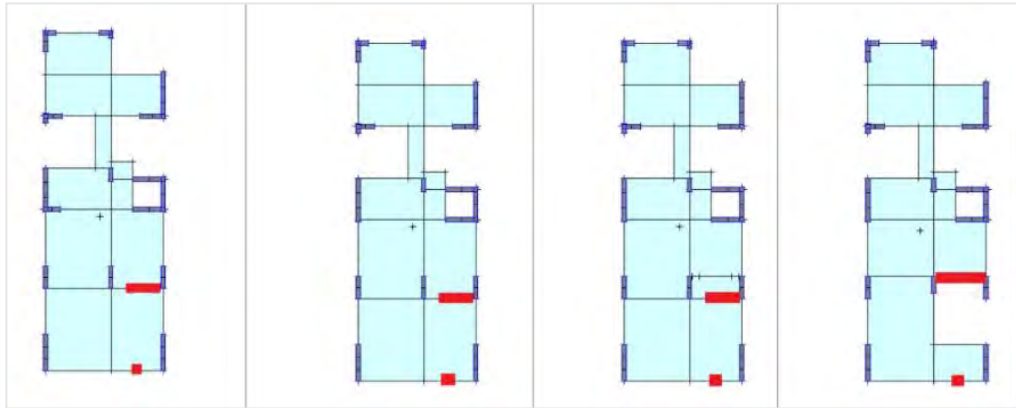
Se plantean 2 tipos de estructuras, que se modelan y analizan utilizando software ETABS (CSI 2018.1). Estos modelos incluyen una estructura de 7 niveles, un modelo tipo A y tipo B. Los disipadores se incorporan en el tipo B.

Como se muestra en la Figura 1, se observa el modelo tipo A, un edificio de 7 niveles que presenta una estructuración convencional conformada por un sistema Dual, muros estructurales y pórticos de concreto armado. En donde se evaluó la respuesta sísmica mediante un análisis modal espectral presentando irregularidad torsional extrema. Si el coeficiente de irregularidad torsional, que determina la cantidad de torsión en el edificio, es superior a 1.5 en cualquiera de las direcciones, se supone que el edificio tiene una irregularidad torsional extrema. (Ministerio de Vivienda y Construcción, 2018).



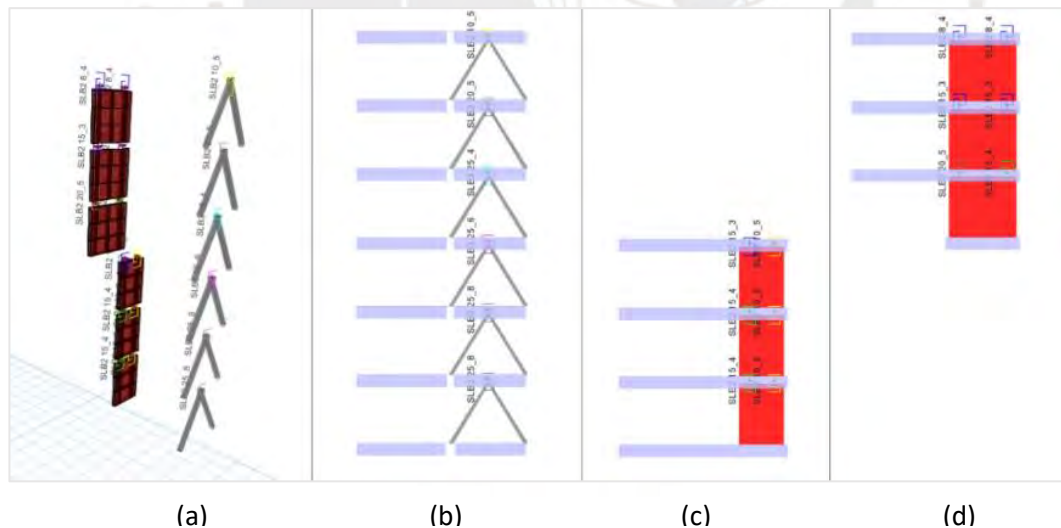
**FIGURA 1: MODELO TIPO A**

El segundo modelo es el tipo B, en este modelo se incorporan los disipadores SLB para controlar la irregularidad torsional extrema. La Ubicación de estos dispositivos se plantearon en 3 líneas de resistencia adicionales, estas son líneas de defensa que representan la redundancia estructural que son resistentes a cargas laterales y que causan un alto grado de hiperestaticidad (Colunga, A. T., & Benítez, J. A. C., 2013) . En la figura 2 se observan las plantas del segundo al quinto nivel, siendo este nivel una planta típica hasta el séptimo nivel, donde se encuentran ubicados estos dispositivos.



**FIGURA 2: MODELO TIPO B, PLANTAS DEL SEGUNDO AL QUINTO NIVEL**

En la figura 3a se observa el modelo 3D en el que se ven representados 2 tipos de disipadores: muros desacoplados y diagonales chevron considerados a nivel de toda la estructura. En la figura 3b se presenta la primera línea de resistencia formada por diagonales Chevron que van desde el segundo al séptimo nivel en la fachada, en la figura 3c se propuso 3 disipadores en muros desacoplados que van desde el segundo nivel hasta el quinto nivel, y por último en la figura 3d se adicionó una tercera línea de resistencia con 3 disipadores más en muros desacoplados, desde el quinto nivel al séptimo nivel.



**FIGURA 3: ELEVACIÓN DE DISIPADORES SLB, USADOS EN EL MODELO TIPO B**

Para el análisis sísmico del modelo Tipo B se utilizaron, el método de superposición modal (MS) y el método de análisis de tiempo historial no lineal (THNL). Para el MS, se considera un factor de importancia del edificio de 1 y la zona sísmica 4. Para el análisis THNL, se utilizan dos conjuntos de registros de aceleraciones del terreno,

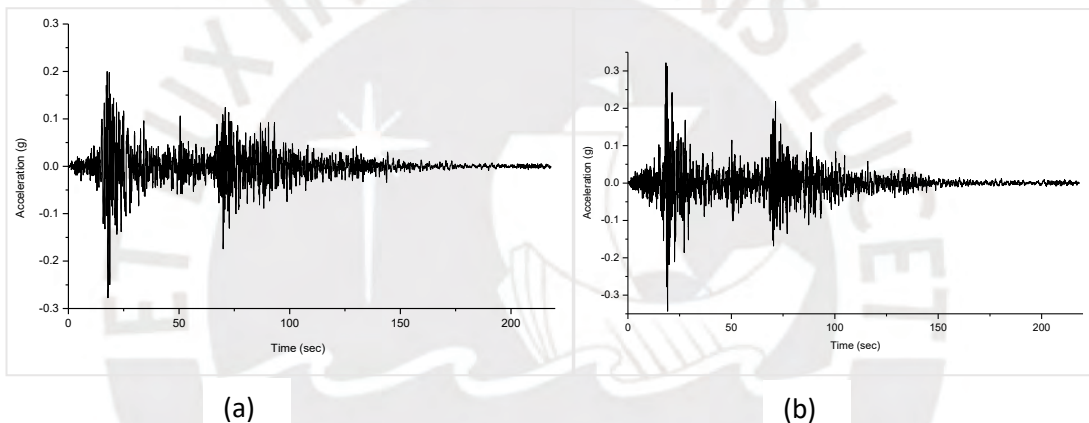
cada uno de los cuales incluye dos componentes en direcciones ortogonales. (Centro de observación para la Ingeniería Sísmica, 2022)

PISCO:

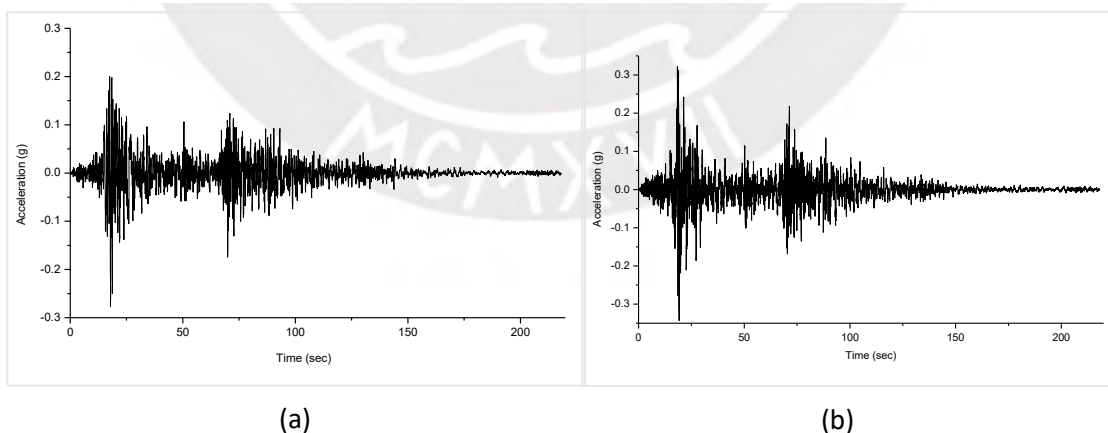
- Sismo del 15 de agosto de 2007 - Componente EW, (dt=0.01 seg y Duración 218.06 seg) 0.2771g- (Figura 4a)
- Sismo del 15 de agosto de 2007 - Componente NS, (dt=0.01 seg y Duración 218.06 seg) 0.3425g- (Figura 4b)

MOQUEGUA:

- Sismo del 23 de junio de 2001 - Componente EW, (dt=0.01 seg y Duración 198.91 seg) 0.3014g- (Figura 5a)
- Sismo del 23 de junio de 2001 - Componente NS, (dt=0.01 seg y Duración 198.91 seg) 0.2239g- (Figura 5b)



**FIGURA 4: REGISTRO DEL SISMO DE PISCO-FUENTE CISMID**



**FIGURA 5: REGISTRO DEL SISMO DE MOQUEGUA-FUENTE CISMID**

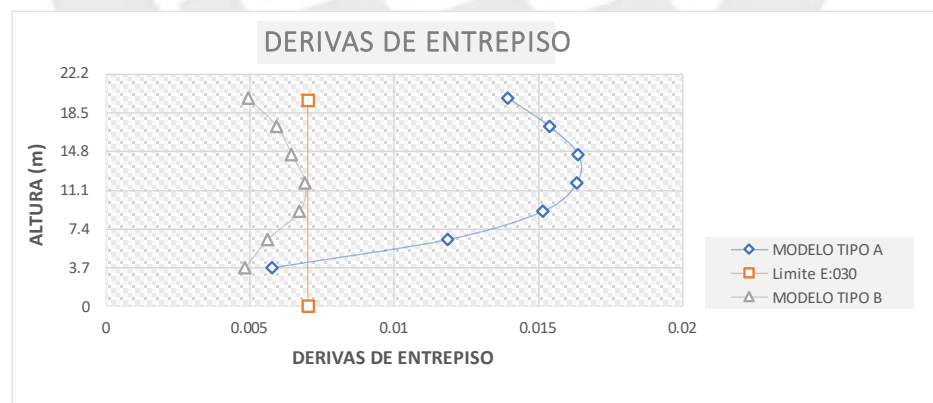
El diseño de los disipadores SLB se ha realizado utilizando el Software ETABS 18.1 con capacidad para evaluar la no linealidad de estos disipadores. El modelo cuenta

con 18 dispositivos, de los cuales 6 disipadores son Diagonales Chevron y 12 se han situado entre muros y vigas desacopladas. Para su diseño es necesario verificar el nivel de desplazamiento solicitado en cada dispositivo para lo cual se requiere obtener la curva histerética tiempo-historia, verificando que los valores de desplazamiento sean inferiores a 30mm que es el límite establecido por los estándares de los disipadores SLB. Así como también la verificación del control de la demanda vs capacidad por corte. (Bozzo, 2019)

Para los disipadores en muro desacoplados, se procede a verificar los esfuerzos en las zonas de conexión para dar confinamiento adecuado. Esto para absorber las fuerzas de tensión generadas por la rotación de la placa de conexión. En el caso de las diagonales Chevron en la parte superior se deja una conexión tipo almenada, en consecuencia, no transfieren carga axial y solo trabajan a corte para fuerzas horizontales, de esta manera no sufrirán una degradación significativa después de varios ciclos de carga, demostrando ser una conexión estable y segura. (Bozzo, L. M., Ramirez, J., Bairan, J., Bozzo, G., & Muñoz, E., 2020)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Como resultado del análisis, en el modelo tipo A, las derivas de entrepiso sobrepasan el límite propuesto por la norma E.030-2018 (Ministerio de Vivienda y Construcción, 2018),  $0.0165 > 0.007$  mostrando gran flexibilidad de la estructura en la dirección corta. En el modelo tipo B las derivas de entrepiso son de 0.0068. Se observa en la Figura 6 que, con la incorporación de estos dispositivos en el modelo tipo B, se aumentó la amortiguación y se reducen las derivas de entrepiso en un 60%.



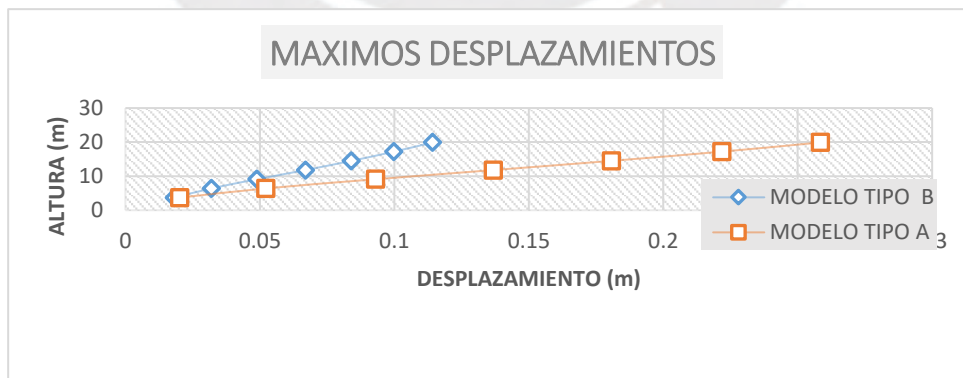
**FIGURA 6: DERIVAS DE ENTREPISO DE LOS MODELOS TIPO A Y B**

- Los coeficientes de irregularidad torsional para el modelo tipo A son mayores que para el modelo tipo B, este último presenta ratios en la dirección corta (X-X) menores a 1.5, valores que por estar dentro del rango
- se consideran aceptables para una zona tipo 4 en la norma E0.30-2018. Tabla 1.

**Tabla 1: COEFICIENTES DE IRREGULARIDAD TORSIONAL**

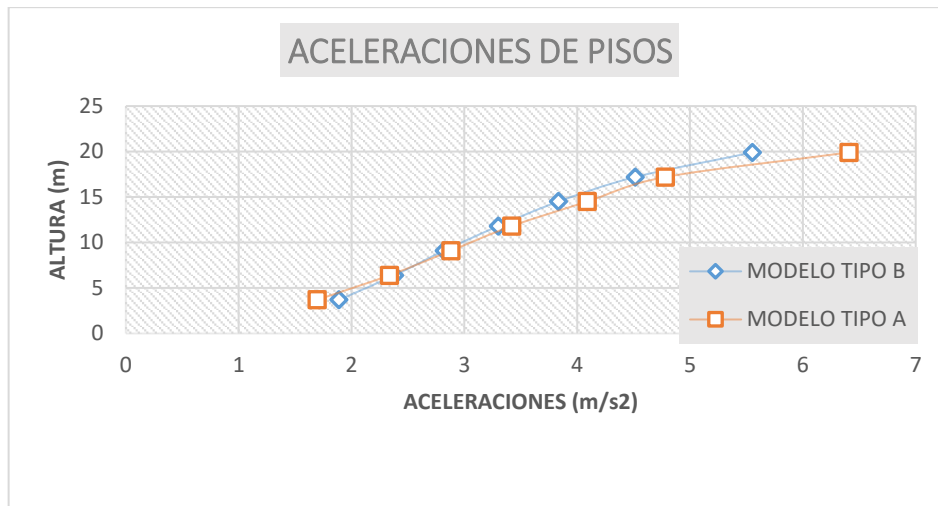
Grado de Torsión modelo tipo A			
Story	Output Case	Item	Ratio
Story7	DESP X-X	Diaph D7 X	1.254
Story6	DESP X-X	Diaph D6 X	1.314
Story5	DESP X-X	Diaph D5 X	1.691
Story4	DESP X-X	Diaph D4 X	1.638
Story3	DESP X-X	Diaph D3 X	1.597
Story2	DESP X-X	Diaph D2 X	1.548
Story1	DESP X-X	Diaph D1 X	1.512
Grado de Torsión modelo tipo B			
Story	Output Case	Item	Ratio
Story7	DESP X-X	Diaph D7 X	1.096
Story6	DESP X-X	Diaph D6 X	1.149
Story5	DESP X-X	Diaph D5 X	1.413
Story4	DESP X-X	Diaph D4 X	1.346
Story3	DESP X-X	Diaph D3 X	1.294
Story2	DESP X-X	Diaph D2 X	1.243
Story1	DESP X-X	Diaph D1 X	1.398

- Se encontraron que los desplazamientos de entrepiso para el modelo tipo A en el último nivel es >25 cm, superando el desplazamiento máximo para 7 niveles, que suele ser de 1cm por nivel aproximadamente, para este tipo de sistema estructural.
- En el modelo Tipo B se obtuvieron reducciones en los desplazamientos laterales aumentando el nivel de amortiguación en la estructura. La figura 7 muestra los diferentes valores de desplazamiento obtenidos, notándose que la estructura con SLB logra la disminución de los desplazamientos laterales hasta en un 70%



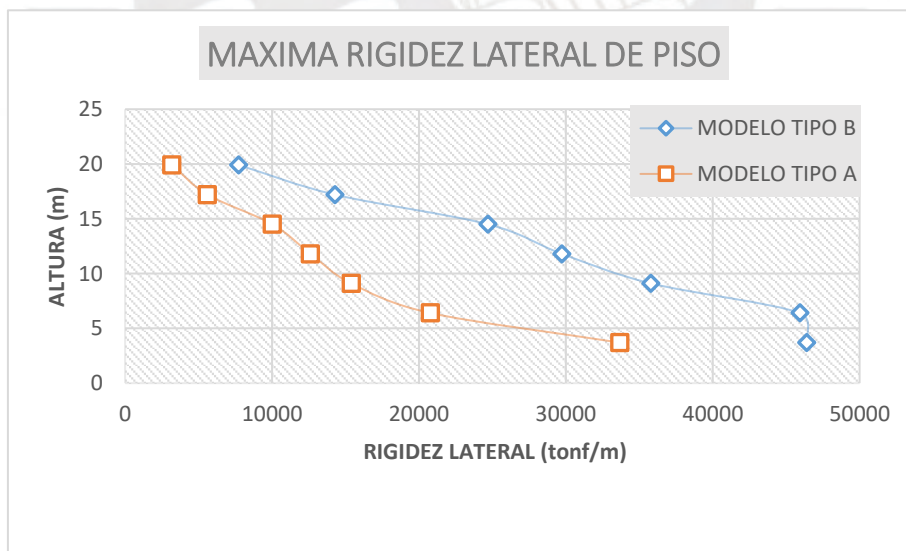
**FIGURA 7: MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS MODELOS TIPO A Y B**

- El modelo tipo A tiene una aceleración máxima de entrepiso de 0.65g en el último nivel, con el modelo tipo B se lograron obtener reducciones de estas aceleraciones hasta en un 20% tal como se observa en la figura 8.



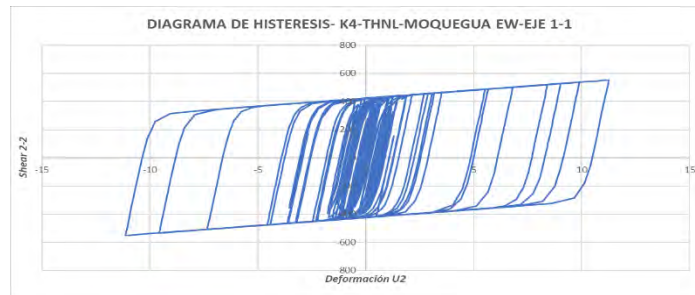
**FIGURA 8: ACELERACIONES DE PISOS DE LOS MODELOS TIPO A Y B**

- Los resultados del análisis para el modelo tipo A arrojan rigideces de entrepiso en el primer nivel de 33685.241 tonf/m. Para el modelo tipo B en el mismo nivel es de 46398.331 tonf/m observándose en la figura 9 que se aumentaron los valores de la rigidez lateral en un 40%, calificando como una estructura rígida ante cargas laterales.



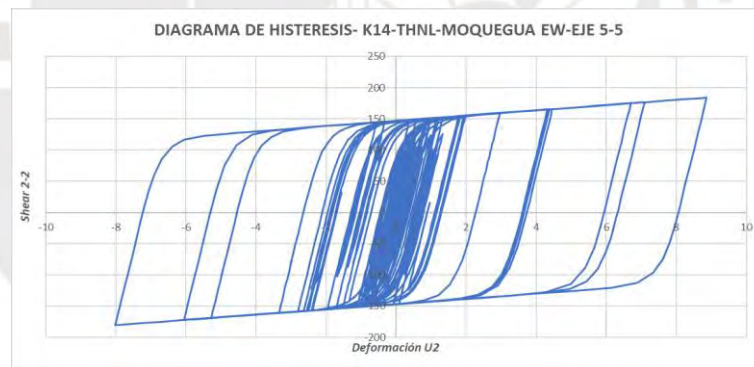
**FIGURA 9: MAXIMA RIGIDEZ LATERAL DE PISO del modelo tipo A y B**

- El máximo periodo de la estructura para el modelo tipo A es de 0.7 seg. en el modo 1, y de 0.476 en el mismo modo para el modelo tipo B.
- Como parte del procesamiento de los resultados obtenidos, se presenta el diseño a manera de ejemplo de los 2 tipos de disipadores usados en este estudio:
- En la Figura 10, se observa que la Diagonal Chevron ubicada en el segundo nivel en la fachada de la estructura, para el acelerograma MOQUEGUA EW presenta una demanda de 552.64 kN, siendo el valor máximo a corte que soporta el dispositivo (SLB3-25-8) es de 776.40 kN.



**FIGURA 10: DIAGRAMA DE HISTÉRESIS- K1-THNL-EJE 1-1- MOQUEGUA EW**

- En la Figura 11, el muro desacoplado ubicado en el quinto nivel, para el acelerograma MOQUEGUA EW presenta una demanda de 269.13 kN, siendo el valor máximo a corte que soporta el dispositivo (SLB2-20-5) es de 395.71 kN.



**FIGURA 11: DIAGRAMA DE HISTÉRESIS- K14-THNL-EJE 5-5- MOQUEGUA EW**

- En la tabla 2, se observa los dispositivos SLB propuestos para la estructura y su respectiva demanda de capacidad.

**Tabla 2: DISIPADORES USADOS EN EL MODELO TIPO B**

DISIPADOR	FUERZA (KN)	TIPO	DESCRIPCIÓN	RESISTENTE	d/c
k19	160.42	SLB2-15-3	MURO DESACOPLADO	240.45	0.66717
k18	160.25	SLB2-15-3		240.45	0.66646
k17	82.42	SLB2-8-4		120.87	0.68189

<b>k16</b>	82.45	SLB2-8-4		120.87	0.68214
<b>k15</b>	115.86	SLB2-15-4		276.57	0.41892
<b>k14</b>	269.13	SLB2-20-5		395.71	0.68012
<b>k12</b>	126.32	SLB2-10-5	MURO DESACOPLADO	182.26	0.69308
<b>k11</b>	160.94	SLB2-15-4		276.57	0.58191
<b>k10</b>	127.3	SLB2-10-5		182.26	0.69845
<b>k9</b>	164.46	SLB2-15-3		240.45	0.68397
<b>k8</b>	124.42	SLB2-10-5		182.26	0.68265
<b>k7</b>	184.23	SLB2-15-4		276.57	0.66612
<b>k6</b>	128.31	SLB2-10-5	CHEVRON	182.26	0.70399
<b>k5</b>	287.21	SLB2-20-5		395.71	0.72581
<b>k4</b>	552.64	SLB3-25-8		776.4	0.71180
<b>k3</b>	576.36	SLB3-25-8		776.4	0.74235
<b>k2</b>	496.6	SLB3-25-6		655.36	0.75775
<b>k1</b>	387.75	SLB3-25-4		526.49	0.73648

## CONCLUSIONES

- Los resultados muestran que es factible controlar la torsión extrema en un edificio dual, incorporando disipadores SLB, estimando la ubicación y cantidad de estos dispositivos, con el fin de balancear el centro de rigidez al centro de masa de toda la estructura y sin necesidad de llevarlos hasta la base.
- Los usos de los disipadores en estructuras flexibles, también permiten controlar, derivas de entrepiso, los desplazamientos máximos y aumentar la rigidez lateral de la estructura a la vez reducir las aceleraciones sísmicas.
- Ante un análisis no lineal tiempo Historia, las estructuras con disipadores, cumple satisfactoriamente las derivas de entrepiso.
- Estos dispositivos concentran las demandas de ductilidad en conexiones fabricadas industrialmente y con propiedades mecánicas definidas, por lo que representan un avance al diseño clásico de estructuras basado en la ductilidad y hiperestatismo.
- De los resultados obtenidos del análisis, muestran que la incorporación de los disipadores SLB a la estructura y el efecto que tienen en la misma controlando la torsión extrema, hace que sea importante la inclusión de este sistema de disipadores a la norma peruana E.030-2018, considerando las características de los registros sísmicos peruanos.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la norma E0.30, considere como alternativa de solución los disipadores sísmicos para el control de irregularidades torsionales.
- Se recomienda seguir esta investigación incorporando al análisis global de la estructura, un análisis por desempeño sísmico, según normativas como el ASCE 41-13 o FEMA 440 o similares.
- Se recomienda que se desarrolle una norma para el diseño de edificaciones con sistemas de disipación de energía en Perú.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astroza, M. (2007). *Estudio de la zona afectada por el terremoto de Pisco, Agosto 15 de 2007. Intensidades y daños del terremoto*. Centro Regional de Sismología para América del Sur, Informe de la Misión CRESIS/UNESCO, Lima.
- Barrios, O. F. (2005). *Disipadores histeréticos de energía sísmica*. Tesis de Magíster, Universidad de los Andes.
- Bozzo Fernández, G. (2021). *Una nueva generación de disipadores SLB" shear link" para el diseño sismorresistente*. Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Bozzo, L. M. (2019). *Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB. Ejemplos de Aplicación*. Luis Bozzo Estructuras y Proyectos S.L.
- Bozzo, L. M., Ramirez, J., Bairan, J., Bozzo, G., & Muñoz, E. (2020). Precast buildings equipped with SLB seismic devices. *17th World Conference on Earthquake Engineering*.
- Bozzo, L., Gonzales, H., Pantoja, M., Muñoz, E., & Ramirez, J. (2019). Modeling, analysis and seismic design of structures using energy dissipators SLB. *Tecnia*, 29(2), 81-90.
- Castro, G. V., & Sarmiento, R. O. (2009). *Edificaciones con disipadores de energía*. Asamblea Nacional de Rectores.
- Centro de observación para la Ingeniería Sísmica. (Diciembre de 2022). *CISMID*. Obtenido de <http://www.cismid.uni.edu.pe/ceois/>
- Colunga, A. T., & Benítez, J. A. C. (2013). LA REDUNDANCIA ESTRUCTURAL Y SU IMPACTO EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE MARCOS DÚCTILES DE CONCRETO. *XIX CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA SÍSMICA*.
- Colunga, A. T., & Hernández, H. D. J. N. (2013). Diseño sísmico de marcos no dúctiles de concreto reforzado con disipadores de energía histeréticos: Definición de parámetros de diseño. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 13(2).
- Jeong, S. H., & Elnashai, A. S. (2006). New three-dimensional damage index for RC buildings with planar irregularities. *Journal of Structural Engineering*, 132(9), 1482-1490.
- Ministerio de Vivienda y Construcción. (2018). Norma E.030 Diseño Sismorresistente. *Publicación diario El Peruano*.
- Özmen, G., Girgin, K., & Durgun, Y. (2014). Torsional irregularity in multi-story structures. *International Journal of Advanced. Structural Engineering (IJASE)*, 6(4), 121-131.
- (2018). *Pruebas experimentales en un marco de concreto reforzado con disipadores de energía sísmica*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Mexico.
- Riccardo Chianese, G. S. (2020). *Procedure to optimize the structural design for buildings equipped with hysteretic SLB devices*. Corso di laurea magistrale in Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università degli Studi di Napoli Federico II, Nápoles, Italia.

Soto, F. H. (2007). Propuesta de disipador generico'sl'para edificios y su diseño sismorresistente. *Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya*.

Tena-Colunga, A. (Mayo de 1999). International seismic zone tabulation proposed by the 1997 UBC code: Observations for Mexico. *Earthquake Spectra*, 15(2), 331-360.

