



XII

**Disipadores sísmicos
metálicos de fluencia
cíclica: Momentos
actuales y desempeño
sísmico en estructuras de
edificaciones sociales**

Arturo Esaquiel Maza Rubina
David Nonato Maza Rubina

Disipadores sísmicos metálicos de fluencia cíclica: Momentos actuantes y desempeño sísmico en estructuras de edificaciones sociales

Arturo Esaquiel Maza Rubina
David Nonato Maza Rubina

RESUMEN

Este artículo revisa el impacto de los disipadores metálicos de fluencia cíclica en el desempeño sísmico de las edificaciones sociales, centrando su análisis en los beneficios y limitaciones de estos dispositivos en comparación con otras tecnologías de disipación de energía. Los disipadores metálicos de fluencia cíclica se destacan por su capacidad para absorber y disipar la energía sísmica de manera eficiente, reduciendo las deformaciones y los daños estructurales, lo cual se traduce en menores costos de reparación y mayor seguridad para las estructuras. Además, su fácil implementación y menor necesidad de mantenimiento los hacen una opción atractiva para edificaciones sociales, especialmente en regiones de alta actividad sísmica. A través de una revisión sistemática de estudios realizados en los últimos 20 años, se analizan diferentes tipos de disipadores, así como sus efectos en el comportamiento sísmico de las edificaciones. A pesar de sus ventajas, los disipadores metálicos presentan ciertas limitaciones en cuanto a su durabilidad a largo plazo. Se concluye que la integración de estos dispositivos en el diseño y rehabilitación de edificaciones sociales es una solución prometedora, pero se requieren más investigaciones y desarrollos para optimizar su eficiencia y costos en diversas tipologías estructurales.

Palabras clave: disipadores metálicos, fluencia cíclica, desempeño sísmico, edificaciones sociales, energía sísmica.



ABSTRACT

This article reviews the impact of cyclic creep metal dampers on the seismic performance of social buildings, focusing its analysis on the benefits and limitations of these devices compared to other energy dissipation technologies. Cyclic creep metal dampers stand out for their ability to absorb and dissipate seismic energy efficiently, reducing deformations and structural damage, which translates into lower repair costs and greater safety for structures. In addition, their easy implementation and lower maintenance requirements make them an attractive option for social buildings, especially in regions of high seismic activity. Through a systematic review of studies carried out in the last 20 years, different types of dampers are analyzed, as well as their effects on the seismic behavior of buildings. Despite their advantages, metal dampers have certain limitations in terms of their long-term durability. It is concluded that the integration of these devices in the design and rehabilitation of social buildings is a promising solution, but further research and development are required to optimize their efficiency and costs in various structural typologies.

Keywords: **metallic dissipators, cyclic creep, seismic performance, social buildings, seismic energy.**

INTRODUCCIÓN

En regiones con alta actividad sísmica, la protección de las edificaciones sociales es una prioridad para mitigar riesgos asociados a daños estructurales y garantizar la seguridad de las comunidades vulnerables. Estas edificaciones, destinadas a funciones críticas como viviendas de interés social, hospitales y escuelas, representan un desafío único debido a restricciones presupuestarias y limitaciones en los diseños estructurales tradicionales (Aguilar et al., 2022). Los enfoques convencionales para el diseño sismorresistente, aunque efectivos en ciertos contextos, a menudo resultan insuficientes para minimizar los efectos de sismos severos, incrementando los costos de reparación y el riesgo de colapso estructural (Caballero Castro, 2022; Christopoulos & Filiatrault, 2006).

En este contexto, los disipadores sísmicos metálicos de fluencia cíclica han emergido como una solución prometedora para mejorar el desempeño estructural

de las edificaciones. Estos dispositivos, diseñados para absorber y disipar la energía sísmica a través de deformaciones plásticas controladas, reducen significativamente las demandas en los elementos estructurales principales, mejorando su resistencia y prolongando su vida útil (Castro, 2023; Hanson & Soong, 2001). Sin embargo, a pesar de los avances en la investigación y la implementación de estos sistemas, su adopción en edificaciones sociales sigue siendo limitada, en gran parte debido a la falta de información técnica accesible y al desconocimiento de su impacto económico y funcional (Cervantes Garcia & Albrizzio Francia, 2020)

Este artículo tiene como objetivo revisar el estado del arte de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia cíclica, evaluando su desempeño en términos de reducción de momentos actuantes y su efectividad en el fortalecimiento sísmico de edificaciones sociales (Melendez Quinchua, 2024; Rubina, 2020). Al abordar este tema, se busca no solo proporcionar un marco teórico actualizado, sino también destacar las oportunidades y desafíos asociados con su implementación en contextos de bajos recursos.

La relevancia de esta tecnología radica en su capacidad para mejorar la seguridad estructural de comunidades en zonas sísmicas, promoviendo a su vez la sostenibilidad a largo plazo de las edificaciones (Rodríguez-Castellanos et al., 2024). Además, su integración en proyectos de construcción puede contribuir a cumplir con normativas modernas de diseño sismorresistente, alineándose con objetivos de resiliencia y desarrollo urbano sostenible (FEMA, 2003).

El artículo se estructura en cinco secciones principales: la metodología de revisión utilizada, un análisis detallado de los resultados encontrados, una discusión crítica de los hallazgos, conclusiones clave y recomendaciones futuras (Tipan et al., 2023). De esta manera, se ofrece un panorama integral sobre el impacto de los disipadores metálicos en la mejora del desempeño sísmico de las edificaciones sociales (Zelada, 2020).

METODOLOGÍA

El presente estudio tiene un enfoque de revisión sistemática y crítica de la literatura científica disponible sobre los disipadores sísmicos metálicos de fluencia cíclica y su desempeño en edificaciones sociales. La metodología empleada para llevar a cabo



esta revisión se basa en la recopilación, clasificación y análisis de artículos y estudios relevantes publicados en los últimos 20 años, con el objetivo de proporcionar una visión integral sobre el impacto de estos dispositivos en el desempeño sísmico de las estructuras.

Criterios de Selección

Los artículos seleccionados para esta revisión fueron aquellos que se centran específicamente en los disipadores metálicos de fluencia cíclica, sus aplicaciones y resultados en el contexto de edificaciones sociales. El criterio principal fue que los estudios debían abordar el comportamiento de estos disipadores en edificaciones destinadas a viviendas de interés social, hospitales, escuelas y otros edificios de uso común, en lugar de centrarse exclusivamente en estructuras de alto rendimiento o de uso industrial. Además, se priorizaron los estudios publicados en los últimos 20 años, con el fin de asegurar la relevancia y la actualización de los datos y las técnicas utilizadas. De este modo, se logró un enfoque adecuado a los avances más recientes en la materia.

Fuentes de Información

La recopilación de información se realizó a través de bases de datos científicas ampliamente reconocidas y de acceso público como Scopus, Web of Science y Google Scholar. Estas fuentes fueron seleccionadas por su amplio alcance, rigurosidad científica y capacidad para proporcionar artículos revisados por pares y de alta calidad. Se utilizaron términos clave relacionados con "disipadores sísmicos metálicos de fluencia cíclica", "desempeño sísmico", "edificaciones sociales", y "energía sísmica", entre otros, para garantizar una búsqueda exhaustiva y dirigida a los temas de interés.

Método de Análisis

El análisis de los estudios recopilados se estructuró en tres pasos clave: clasificación de los tipos de disipadores, revisión de las metodologías empleadas para su análisis y evaluación comparativa de los resultados obtenidos en diferentes condiciones sísmicas.

- **Clasificación de Disipadores:** Los estudios se clasificaron según el tipo de disipador metálico de fluencia cíclica utilizado. Se identificaron diferentes tecnologías, como los disipadores de fluencia de acero, disipadores de aleaciones especiales, y dispositivos híbridos que combinan otros sistemas de disipación de energía (Liu et al., 2015).
- **Metodología de Análisis Estructural:** Se examinaron las metodologías

empleadas para evaluar el desempeño sísmico de las estructuras. Esto incluyó análisis numéricos mediante simulaciones computacionales (como el uso de software como OpenSees) y estudios experimentales basados en pruebas de laboratorio o en el campo (Shao et al., 2018). Además, se consideraron estudios que implementaron análisis dinámicos no lineales y estáticos para evaluar los efectos de los disipadores bajo diferentes cargas sísmicas.

- **Comparación de Desempeño:** Se compararon los resultados obtenidos en estudios que analizaron el desempeño de las estructuras con y sin disipadores metálicos de fluencia cíclica. Este análisis permitió identificar la efectividad de los disipadores en la reducción de momentos actuantes, desplazamientos, y fuerzas sísmicas, así como en la mejora de la seguridad estructural en diversas condiciones sísmicas, como sismos de baja, media y alta magnitud (Feng et al., 2017).

La metodología aplicada proporcionó una visión detallada y comparativa sobre el impacto de los disipadores metálicos de fluencia cíclica en el desempeño sísmico de edificaciones sociales. Esta revisión crítica facilita la identificación de los dispositivos más efectivos, las metodologías de análisis más adecuadas y las mejores prácticas para su implementación en edificaciones sociales en zonas sísmicas.

RESULTADOS

Clasificación de los Disipadores Metálicos de Fluencia Cíclica

Los disipadores metálicos de fluencia cíclica se utilizan para absorber y disipar la energía sísmica a través de la deformación plástica controlada de materiales metálicos. Los tipos más comunes incluyen los disipadores de fluencia de acero, los de aleaciones metálicas de baja resistencia, y los híbridos que combinan características de otros sistemas de disipación, como los disipadores de fricción. Los disipadores de fluencia de acero, por ejemplo, son altamente efectivos debido a la capacidad del acero para someterse a deformaciones plásticas repetidas sin perder significativamente su capacidad de disipación. Estos disipadores ofrecen una excelente relación costo-beneficio, especialmente en edificaciones sociales, donde los recursos son limitados (Hanson & Soong, 2001). Por otro lado, los disipadores de aleaciones especiales son más costosos, pero ofrecen una mejor resistencia a la fatiga y a la corrosión, lo que



puede ser relevante en ciertos contextos. Los sistemas híbridos, por su parte, ofrecen una combinación de disipación por fricción y fluencia, mejorando el rendimiento bajo cargas sísmicas variadas (Liu et al., 2015).

Desempeño Estructural en Edificaciones Sociales

Los estudios revisados demuestran que la incorporación de disipadores metálicos de fluencia cíclica en edificaciones sociales mejora considerablemente el desempeño estructural frente a sismos. Comparando estructuras con y sin disipadores, se observa una notable reducción de las deformaciones y daños estructurales en las primeras. En edificaciones sin disipadores, los momentos actuantes pueden superar las capacidades de las columnas y vigas, lo que puede resultar en daños importantes o incluso el colapso parcial de la estructura. En cambio, con los disipadores instalados, se observa una reducción significativa en las fuerzas transmitidas a los elementos estructurales, lo que reduce la probabilidad de daños graves (Christopoulos & Filiatrault, 2006).

El impacto de los disipadores también se refleja en la reducción de los costos de reparación. Las estructuras con disipadores metálicos requieren menos intervenciones post-sismo debido a la menor cantidad de daños estructurales, lo que a su vez disminuye los costos asociados con las reparaciones y restauraciones (Feng et al., 2017).

Impacto en los Momentos Actuantes

Los disipadores metálicos de fluencia cíclica tienen un impacto significativo en la distribución de los momentos actuantes dentro de la estructura. Los estudios muestran que la implementación de estos dispositivos ayuda a modificar los momentos en columnas y vigas, distribuyéndolos de manera más equitativa y reduciendo la demanda sobre los elementos más vulnerables. Esto se traduce en un diseño estructural más eficiente, donde los disipadores no solo reducen las fuerzas sísmicas, sino que también permiten un diseño más liviano y económico (Soong & Dargush, 1997).

Estudios de Caso

Existen varios estudios de caso que demuestran la efectividad de los disipadores metálicos de fluencia cíclica en edificaciones sociales. Un ejemplo destacado es el proyecto de rehabilitación sísmica en una serie de edificios de viviendas en Chile, donde se incorporaron disipadores metálicos de fluencia de acero. Los resultados de los ensayos de carga sísmica mostraron que la incorporación de estos dispositivos redujo las deformaciones de la estructura en un 40%, lo que permitió mejorar significativamente la seguridad sin requerir una reconstrucción costosa (Shao et al., 2018). Otro caso relevante se dio en Japón, donde se implementaron disipadores

metálicos en escuelas y hospitales en áreas sísmicamente activas. Los estudios post-sismo demostraron que las edificaciones protegidas con disipadores tuvieron un desempeño notablemente superior, con mínimos daños y una recuperación más rápida tras el evento sísmico (Liu et al., 2015).

DISCUSIÓN

Interpretación de los Resultados

Los resultados obtenidos en esta revisión muestran que los disipadores metálicos de fluencia cíclica presentan importantes ventajas para mejorar el desempeño sísmico de las edificaciones sociales. Su capacidad para absorber y disipar energía sísmica a través de la fluencia plástica de los materiales metálicos reduce significativamente las fuerzas transmitidas a las estructuras, lo que disminuye las deformaciones y el riesgo de daños estructurales graves (Hanson & Soong, 2001). Esta característica es crucial en edificaciones sociales, donde los costos de reparación post-sismo pueden ser prohibitivos. Sin embargo, la principal limitación de estos dispositivos radica en su rendimiento a largo plazo, ya que la fluencia repetida puede afectar la capacidad de los disipadores para mantener su eficiencia después de varios eventos sísmicos consecutivos (Christopoulos & Filiatrault, 2006).

En términos de diseño sismorresistente, la incorporación de disipadores metálicos mejora la eficiencia estructural al reducir las demandas sobre las columnas y vigas, permitiendo un diseño más liviano y económico (Soong & Dargush, 1997). Esto es particularmente importante en edificaciones sociales, donde los recursos son limitados y se necesita maximizar la seguridad sin incurrir en altos costos. Además, su fácil implementación y la menor necesidad de intervención en los elementos estructurales principales son ventajas significativas en términos de costos y tiempos de ejecución.

Comparación con Otros Sistemas de Disipación

Cuando se compara con otras tecnologías de disipación de energía, como los disipadores viscosos o de fricción, los disipadores metálicos de fluencia cíclica presentan varias ventajas. Los disipadores viscosos, aunque efectivos en la absorción de energía, requieren de mantenimiento constante y presentan problemas de deterioro debido a las variaciones de temperatura (Feng et al., 2017). Por otro lado, los disipadores de fricción, aunque muy efectivos en ciertos casos, pueden generar fuerzas excesivas que



afectan la estabilidad de las estructuras. En comparación, los disipadores metálicos de fluencia cíclica ofrecen un equilibrio entre costo, efectividad y mantenimiento, lo que los convierte en una opción particularmente adecuada para edificaciones sociales en zonas sísmicas.

Implicaciones Prácticas

La implementación de tecnologías de disipadores en regiones vulnerables a sismos puede mejorar considerablemente la resiliencia sísmica de las edificaciones sociales. Se recomienda que los gobiernos y organismos encargados del diseño de infraestructuras consideren la integración de estos sistemas en proyectos de construcción, especialmente en áreas de alta actividad sísmica. Además, se debe promover la investigación sobre el costo-efectividad y la viabilidad de estos sistemas en contextos de bajos recursos (Liu et al., 2015). La integración de los disipadores puede reducir los costos de reparación y la pérdida de vidas humanas, contribuyendo a la sostenibilidad de las comunidades en zonas sísmicas.

Retos y Oportunidades Futuras

A pesar de sus ventajas, existen varios retos que deben abordarse para mejorar el desempeño y la adopción de los disipadores metálicos de fluencia cíclica. Uno de los principales retos es mejorar el diseño de los disipadores para garantizar su durabilidad y eficacia a lo largo del tiempo, especialmente en regiones con alta actividad sísmica, donde los dispositivos deben resistir múltiples eventos. Además, se requiere el desarrollo de normativas que faciliten la implementación de estos sistemas en edificios de interés social, considerando las particularidades de cada región y su capacidad económica (Shao et al., 2018).

Por otro lado, existe una gran oportunidad para mejorar la costo-efectividad de estos sistemas, mediante avances en los materiales utilizados y en los procesos de fabricación. La optimización de los diseños y el uso de materiales más económicos puede hacer que estos dispositivos sean aún más accesibles para proyectos de infraestructura pública (Liu et al., 2015). En este sentido, las investigaciones futuras deben enfocarse en la creación de soluciones innovadoras que reduzcan los costos sin sacrificar la eficiencia sísmica.

CONCLUSIÓN

Los disipadores metálicos de fluencia cíclica han demostrado ser una solución efectiva para mejorar el desempeño sísmico de las edificaciones sociales. Entre los beneficios más destacados se encuentran la reducción de las deformaciones y daños estructurales, así como una significativa disminución en los costos de reparación post-sismo. Estos dispositivos permiten una distribución más eficiente de las fuerzas sísmicas, lo que mejora la seguridad estructural sin requerir una reconfiguración costosa de los sistemas estructurales (Hanson & Soong, 2001). Además, su bajo mantenimiento y costo relativo los convierten en una opción accesible para áreas con recursos limitados (Feng et al., 2017).

Sin embargo, para fortalecer la base de conocimiento existente, es necesario que se amplíen los estudios sobre el desempeño de estos disipadores en edificaciones sociales de diferentes tipologías, considerando variables como el tipo de construcción, ubicación geográfica y condiciones sísmicas locales. Esto facilitará el desarrollo de diseños más optimizados y específicos para cada contexto (Christopoulos & Filiatrault, 2006).

En términos de aplicaciones prácticas, se recomienda el establecimiento de guías claras para el diseño y rehabilitación de edificaciones sociales con disipadores metálicos. Estas guías deben incorporar las mejores prácticas en el uso de disipadores, así como proporcionar directrices para la implementación efectiva de esta tecnología en proyectos de infraestructura pública (Liu et al., 2015).

REFERENCIAS

- Aguiar, R., Cagua, B., & Calle, D. (2022). Conferencias Dictadas En El Programa: “El Conocimiento No Se Detiene Dr. Roberto Aguiar” PARTE 2. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 27(1).
- Caballero Castro, L. F. (2022). Evaluación del coeficiente de disipación de energía R , en edificaciones de pórticos en acero, provistos con disipadores histeréticos metálicos triangulares tipo TADAS, localizadas en zona de amenaza sísmica alta (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

- Castro, L. F. C., Castaño, H. A. C., Herrera, M. M., & Morales, J. D. V. (2023). Propuesta de modelación numérica de disipadores histeréticos metálicos tipo TADAS, en edificaciones de pórticos de concreto y acero. *Revista EIA*, 20(40), 4013-pp.
- Cervantes Garcia, F. R., & Albrizzio Francia, Y. O. M. (2020). Desempeño sísmico de un hospital de concreto armado con disipadores “SLB” Shear Link Bozzo en la zona sísmica 4.
- Christopoulos, C., & Filiatrault, A. (2006). *Principles of Passive Supplemental Damping and Seismic Isolation*. IUSS Press.
- Feng, L., Zhang, L., & Wang, X. (2017). Performance of metallic yielding dampers under seismic loads. *Journal of Earthquake Engineering*, 21(1), 112-132.
- Hanson, R. D., & Soong, T. T. (2001). *Seismic Design with Supplemental Energy Dissipation Devices*. EERI.
- Liu, J., Zhang, Q., & Li, L. (2015). Steel-based energy dissipation devices for seismic design of buildings. *Journal of Structural Engineering*, 141(4), 04015072.
- Melendez Quichua, A. K. I. (2024). Análisis de un sistema semiactivo con disipadores para el control de la respuesta sísmica, una revisión de literatura.
- Rodríguez-Castellanos, A., Niño-Lázaro, M., Ruiz-Gómez, S. E., & Santos-Santiago, M. A. (2024). Diseño sísmico sustentable de estructuras equipadas con disipadores viscosos. *Ingeniería sísmica*, (112), 72-100.
- Rubina, A. E. M. (2020). Efectos del disipador sísmico telescópico frente al comportamiento estructural de edificaciones sociales en el distrito de Independencia Huaraz. *Aporte Santiaguino*, ág-147.
- Shao, Y., Zhang, Z., & Wang, Y. (2018). Experimental study on the seismic performance of metallic dampers. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 47(6), 1385-1404.
- Soong, T. T., & Dargush, G. F. (1997). *Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering*. Wiley.
- Tipan, D. D. G., Pinos, S. A. G., & Cuasapaz, D. P. G. (2023). Estudio comparativo entre estructuras metálicas, utilizando riostras de pandeo restringido (BRB) y disipadores (SLB). *Green World Journal*, 6(6), 1-24.

Zelada, C. (2020). Análisis no lineal Estático y Dinámico de un edificio de concreto armado con disipadores de energía SLB en la ciudad de Chiclayo.