



Revista EIA  
ISSN 1794-1237  
e-ISSN 2463-0950  
Año XIX/ Volumen 20/ Edición N.40  
Julio - diciembre de 2023  
Reia4013 pp. 1-20

Publicación científica semestral  
Universidad EIA, Envigado, Colombia

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /  
TO REFERENCE THIS ARTICLE /**

Caballero Castro, L. F.; Cano Castaño,  
H. A.; Molina Herrera, M.; Villalba  
Morales, J. M.;  
Propuesta de modelación numérica  
de disipadores hysteréticos metálicos  
tipo TADAS, en edificaciones de  
pórticos de concreto y acero.  
Revista EIA, 20(40), Reia4013.  
pp. 1-20.  
<https://doi.org/10.24050/reia.v20i40.1688>

✉ *Autor de correspondencia:*

Caballero Castro, L. F. (Luis Fernando).  
Ingeniero Civil, Especialista en  
Estructuras y Magister en Estructuras -  
Universidad Nacional de Colombia  
Correo electrónico:  
lfcaballero@unal.edu.co

**Recibido:** 21-03-2023  
**Aceptado:** 15-05-2023  
**Disponible online:** 01-06-2023

# Propuesta de modelación numérica de disipadores hysteréticos metálicos tipo TADAS, en edificaciones de pórticos de concreto y acero.

✉ **LUIS FERNANDO CABALLERO CASTRO**<sup>1</sup>  
**HUGO ALEJANDRO CANO CASTAÑO**<sup>1</sup>  
**MARITZABEL MOLINA HERRERA**<sup>1</sup>  
**JESÚS DANIEL VILLALBA MORALES**<sup>2</sup>

1. Universidad Nacional de Colombia
2. Pontificia Universidad Javeriana - Colombia

## Resumen

El presente artículo propone una metodología para modelar disipadores hysteréticos metálicos tipo TADAS (Triangular Added Damping and Stiffness) en edificaciones de pórticos resistentes a momento de concreto y acero, que tienen capacidad especial de disipación de energía. Para este propósito, se utilizó el software SAP 2000 para llevar a cabo la modelación y el análisis no lineal estático de plastificación progresiva de las edificaciones. Durante la investigación, se pudo identificar el comportamiento tipo fusible de los disipadores, los cuales incursionan en el rango inelástico antes que los elementos estructurales del sistema principal de resistencia sísmica. Además, se observó que la inclusión de estos dispositivos en los pórticos resistentes a momento mejoró la capacidad de las edificaciones ante cargas laterales.

**Palabras clave:** Disipador de energía tipo TADAS; Disipadores hysteréticos metálicos, Control pasivo, Pórticos de concreto reforzado, Pórticos de acero, Pórticos resistentes a momento, Control de respuesta sísmica.

# Proposal for numerical modeling of metallic hysteretic dissipators type TADAS, in concrete and steel frame buildings.

## Abstract

This article proposes a methodology for modeling TADAS (Triangular Added Damping and Stiffness) metallic hysteretic dampers in moment-resisting concrete and steel frame buildings, which have special energy dissipation capacity. For this purpose, SAP 2000 software was used to carry out the modeling and nonlinear static analysis of progressive plastification of buildings. During the research, the fuse-type behavior of the dampers could be identified, which enter the inelastic range before the structural elements of the main seismic resistance system. In addition, it was observed that the inclusion of these devices in moment-resisting frames improved the capacity of the buildings against lateral loads.

**Keywords:** TADAS type energy dissipator; Metallic hysteretic dissipators, Passive control, Reinforced concrete frames, Steel frames, Moment resistant frames, Seismic response control.

## 1. Introducción

Los principios de diseño sísmico de edificaciones tradicionales se basan en un correcto detallado de la estructura que la provean con suficiente rigidez, resistencia y ductilidad. Para un movimiento sísmico leve, se espera que la estructura pueda cumplir con los requisitos de deformación y resistencia dentro de su rango elástico sin tener en cuenta la ductilidad. En el caso de un sismo intermedio y fuerte, los niveles de deformación en la estructura pueden ser mayores, implicando la probable generación de daño en elementos estructurales, y la consecuente disipación de la energía sísmica de entrada (Rochel, 2012). En países como Colombia, existe un importante número de edificaciones que son construidas en sistemas tradicionales de concreto y acero.

En ese sentido, se torna atractivo la implementación de sistemas de control pasivo, tanto en edificaciones existentes como nuevas, que permitan disminuir el impacto de futuros eventos sísmicos. Para ello, se debe garantizar que se cumplan con objetivos de desempeño estructurales superiores, no solo con el objetivo de desempeño de salvaguardar la vida, de tal forma que a su vez se proteja el patrimonio económico de los ciudadanos (Oviedo Amézquita & Duque Uribe, 2009). Al implementar técnicas de control pasivo en

edificaciones de pórticos de acero y concreto se puede mejorar su respuesta sísmica mediante la concentración de la disipación de energía en los dispositivos adicionales, lo cual lleva a reducir la demanda en los pórticos. Es importante anotar que en Colombia no existen metodologías de diseño para edificaciones con sistemas de disipación de energía y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (AIS, 2010), sólo se limita a mencionar normativas como la ASCE 7-05.

La disipación a partir de la fluencia es uno de los principios físicos más utilizados para la generación de dispositivos de protección sísmica (Constantinou, Soong & Dargush, 1998). Dentro de los dispositivos más conocidos se encuentran los tipos TADAS, quienes presentan un comportamiento histerético estable y cuyas propiedades mecánicas se pueden determinar experimentalmente (Soong & Dargush, 1999).

Los dispositivos TADAS consisten en un conjunto de placas triangulares de acero, las cuales disipan energía a través de la flexión, lo que lleva al dispositivo a desarrollar un comportamiento histerético en el rango inelástico (Tsai et al., 1993). El objetivo es iniciar la disipación de energía en sismos moderados y a desplazamientos cortos. (Dareini & Hashemi, 2011) muestran a partir de ejemplos analíticos que la adición de amortiguamiento y de rigidez a través de dispositivos TADAS permite reducir la fuerza cortante en la base, las derivas y las fuerzas internas en los elementos estructurales principales. Así mismo, su mecanismo de instalación permite que no se presente una afectación debido a cargas verticales (Palazzo et al., 2018).

En países como México y Ecuador, se han implementado disipadores tipo TADAS como alternativa de reforzamiento sísmico de estructuras existentes. En el caso de Ecuador, se encuentra el Hospital Rodríguez Zambrano de la ciudad de Manta (Aguiar, 2018), el cual tuvo daños leves a raíz de un sismo ocurrido en el año 2016. En México, por otro lado, se han usado dispositivos tipo ADAS, los cuales son unos dispositivos que preceden a los dispositivos TADAS, sin embargo, su manera de disipar energía es similar. Ese es el caso del Hospital de Cardiología del Centro Médico Siglo XXI de la ciudad de México, el cual fue reforzado mediante esta metodología (Tena Colunga, 2003). En otros países, como Chile, se ha incursionado en el uso de dispositivos de disipación de energía tipo riostras de pandeo restringido BRB, como se muestra en Peña & Urzúa (2019), lo que indica un cambio en las concepciones de diseño sísmico.

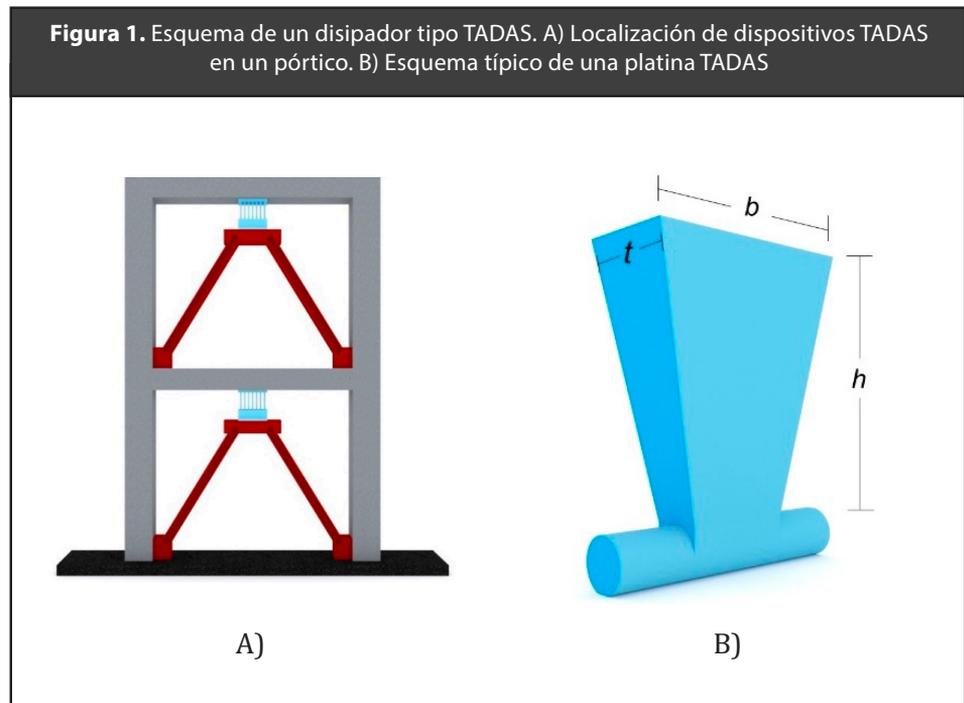
Una de las preguntas a las que se ve enfrentado un diseñador estructural es cómo modelar numéricamente los disipadores TADAS

en los programas computacionales de análisis de estructuras disponibles en el mercado. En ese sentido, aún existe mucho trabajo por realizar para que el uso de disipadores de energía se contemple como una alternativa de los diseñadores estructurales y constructores. Este artículo propone una técnica sencilla para la modelación numérica de disipadores TADAS. En la Sección 2 se describe el comportamiento mecánico y numérico, generalidades del proceso de diseño y la propuesta de modelación de los dispositivos en el software SAP2000. En la Sección 3 se presentan resultados de aplicación del modelado propuesto a una edificación de concreto y otra de acero de mediana altura y planta regular. Los resultados mostrados son parte del desarrollo de las tesis de maestría de Cano (2020) y Caballero (2022), las cuales fueron realizadas en la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Finalmente, se establecen algunas conclusiones para el presente trabajo.

## 2. Generalidades y metodología

### *2.1. Descripción de comportamiento mecánico de un disipador tipo TADAS*

La Figura 1A muestra un esquema representativo de la instalación de un disipador tipo TADAS sobre un pórtico de concreto de dos pisos. El dispositivo es apoyado sobre riostras, donde la parte inferior del dispositivo debe generar una articulación del elemento para facilitar el proceso de fluencia del material. La Figura 1B muestra el esquema de una platina TADAS, las cuales se ubican en paralelo y cuyo número y dimensiones se definen según las necesidades del diseño.



Las ecuaciones que gobiernan el dimensionamiento de las platinas son presentadas en la Tabla 1 como se muestra en (Tsai et al., 1993), las cuales se originan en la forma geométrica del dispositivo y las propiedades mecánicas del acero. Por un lado, la forma triangular pretende que la fluencia del material se presente de forma simultánea en todas las fibras del dispositivo, asimismo se busca utilizar un acero de gran ductilidad para maximizar la capacidad de disipación de energía.

**Tabla 1.** Ecuaciones características del punto de fluencia y de rotura en un dispositivo TADAS

Parámetro	Ecuación	Número
Momento de Fluencia	$M_y = n f_y \left( \frac{b t^2}{6} \right)$	(1)
Fuerza de Fluencia	$F_y = \frac{n f_y b t^2}{6 h}$	(2)
Rotación de Fluencia	$\theta_y = \frac{2 f_y h}{E t}$	(3)
Desplazamiento de Fluencia	$\Delta_y = \frac{f_y h^2}{E t}$	(4)
Momento Último	$M_u = n R_t f_y \left( \frac{b t^2}{4} \right)$	(5)

Parámetro	Ecuación	Número
Fuerza Última	$F_u = R_t \frac{nf_y b t^2}{4h}$	(6)
Rotación de Fluencia	$\theta_u = \mu \frac{2f_y h}{Et}$	(7)
Desplazamiento Último	$\Delta_u = \mu \frac{f_y h^2}{Et}$	(8)

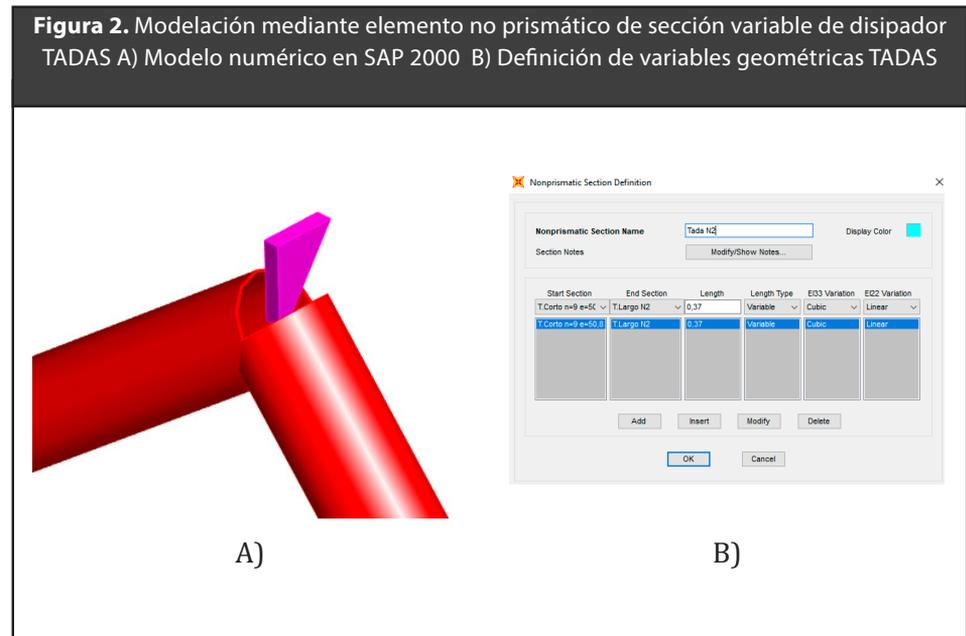
En las ecuaciones dadas en la Tabla 1,  $n$  es el número de placas del dispositivo TADAS,  $b$  es el ancho del dispositivo TADAS,  $t$  y  $h$  hacen referencia al espesor y la altura de la platina, respectivamente (Figura 1B). En lo que respecta al acero se consideran: el coeficiente de sobrerresistencia  $R_t$ , la ductilidad  $\mu$ , la resistencia de fluencia  $f_y$ , y el módulo de elasticidad  $E$ .

## 2.2. Propuesta de modelación de los disipadores tipo TADAS y calibración

La literatura existente contempla diversas metodologías propuestas para la modelación de un dispositivo TADAS mediante modelación por elementos finitos. (Tena Colunga, 2000) propone un elemento diagonal equivalente que permita representar la rigidez suministrada por el sistema de disipación y las diagonales al pórtico. (Mohammadi et al., 2017) usan un elemento tipo LINK que se constituye de un resorte que sigue un comportamiento histerético representado por el modelo de Wen como se muestra en (Saedi et al., 2016) y (Zongjing & Ganping, 2020). En este trabajo se propone un elemento no prismático equivalente (ver Figura 2A), al cual se le incluye el comportamiento no lineal del material mediante una rótula plástica y una curva momento rotación del dispositivo TADAS. La modelación mediante un elemento no prismático de las platinas TADAS, y de manera independiente de las diagonales ofrece la ventaja que permite apreciar el nivel de daño del elemento en conjunto con los elementos estructurales. Así mismo, se puede evidenciar el deterioro por separado de platinas, diagonales y elementos estructurales, a partir de fuerzas sísmicas (Tena Colunga, 2000).

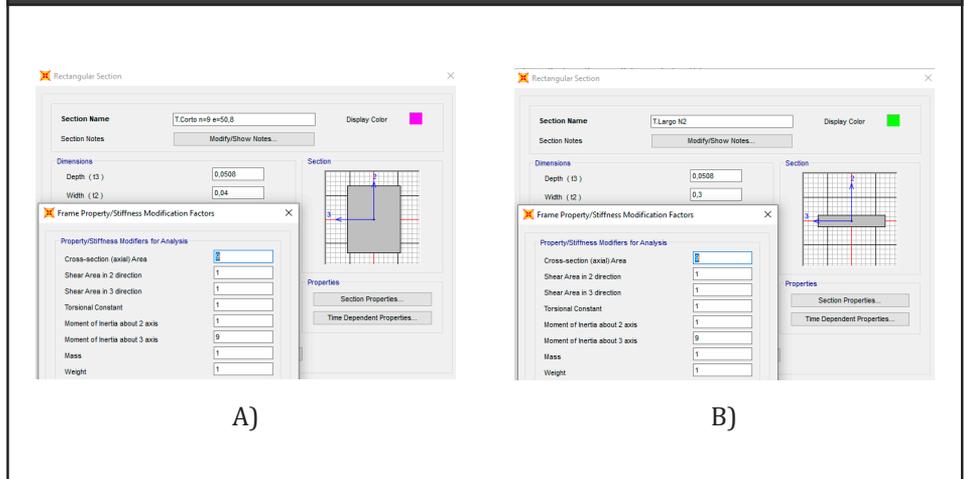
Esta modelación se implementa en el software SAP2000, el cual es un programa de referencia en la comunidad de ingenieros estructurales. En la Figura 2 y Figura 3 se muestra un ejemplo de

modelación de un dispositivo TADAS, el cual está compuesto por 9 platinas, con dimensiones de altura  $h=37$  cm, así como ancho variable de 30 cm a 4 cm y un espesor de 50.8 mm. Se definió un elemento tipo “frame” como una sección no prismática (ver Figura 2). La cantidad de placas se modelan mediante el escalado de las propiedades mecánicas según el número de placas utilizadas tanto para la sección de ancho mayor como para la sección de ancho menor (ver Figura 3).

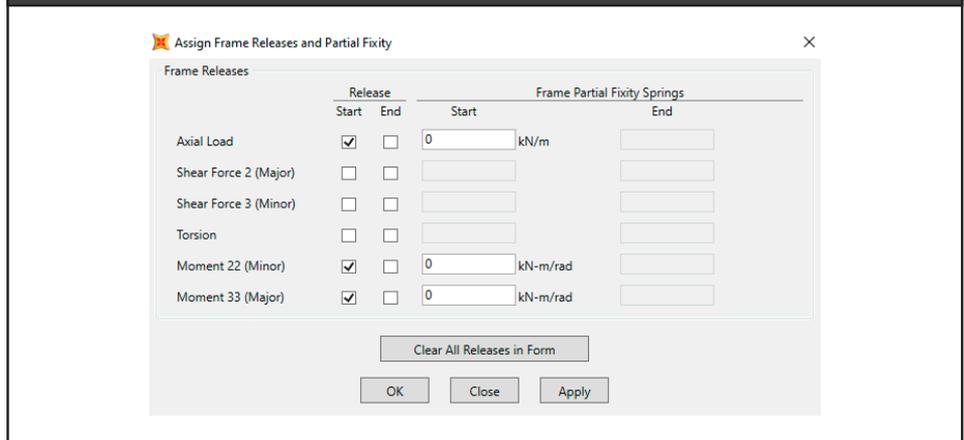


En el diseño de las platinas TADAS, se considera que están fijadas en el extremo superior, y en el borde inferior, donde se conectan con el contraviento Chevrón, se consideran articuladas (ver Figura 4). Dado que la plastificación ocurre en toda la platina TADAS, se define una rótula plástica en términos de Momento-Rotación que se encuentra en la mitad de la altura de la sección promedio de la placa (ver Figura 5). La capacidad de momento de la rótula se calcula sumando la capacidad de cada placa que conforma el dispositivo, utilizando las ecuaciones de la Tabla 1. Las riostras tipo Chevrón se modelan como elementos tipo frame, pero se mantienen elásticos sin asignarles una rótula plástica.

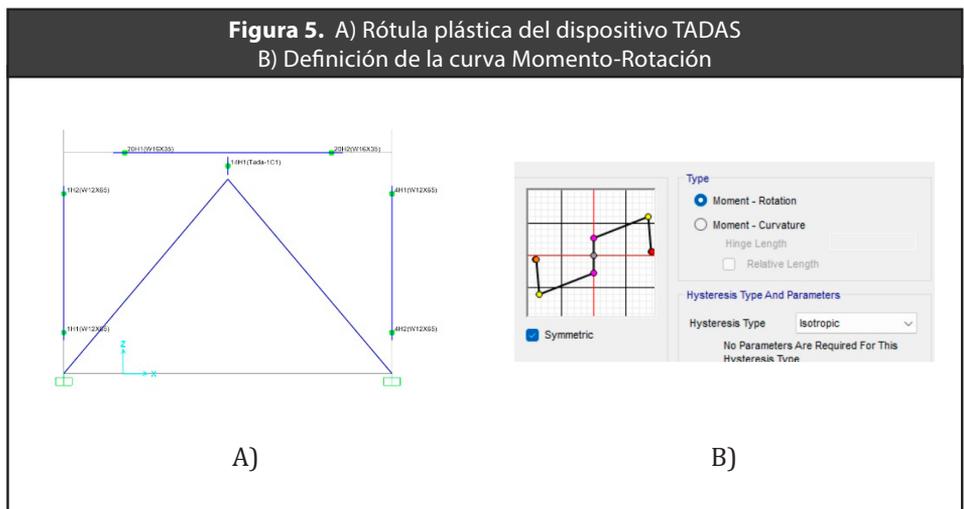
**Figura 3.** A) Modificación de propiedades para contemplar las 9 platinas TADAS – Sección inferior B) Modificación de propiedades para contemplar las 9 platinas TADAS – Sección superior



**Figura 4.** Características de la articulación en el borde inferior del disipador TADAS



**Figura 5.** A) Rótula plástica del dispositivo TADAS B) Definición de la curva Momento-Rotación



### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. *Calibración del esquema de modelación numérica de un dispositivo tipo TADAS en pórticos de concreto y acero.*

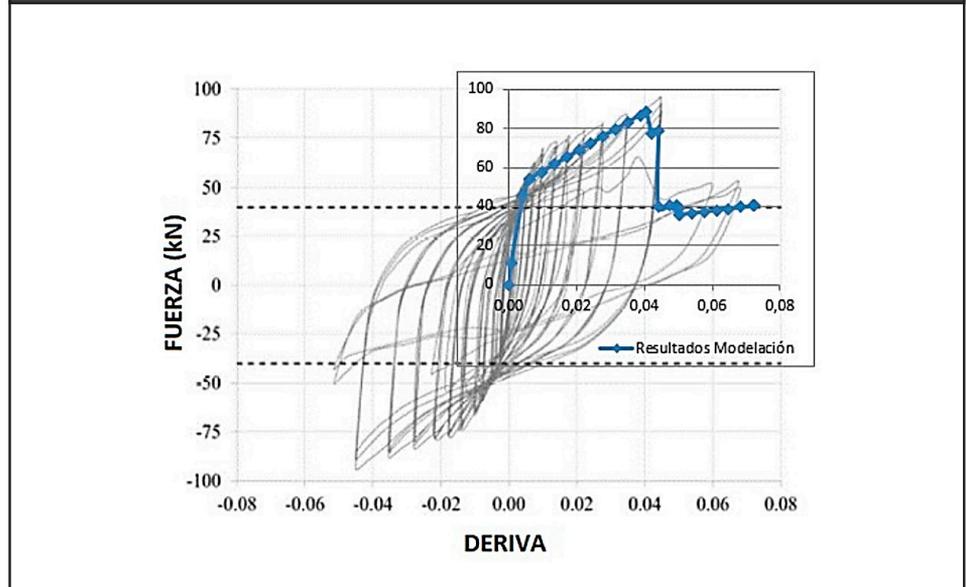
El primer paso para demostrar que el esquema de modelación de TADAS en el software SAP2000 es adecuado, consiste en la obtención de información experimental con fines de comparación. En ese sentido, en esta investigación se utilizan los resultados reportados en la literatura.

En el estudio de Tahamouli et al. (2018), se realizaron pruebas a escala en siete pórticos de concreto reforzado. Para la presente investigación, se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en los pórticos con TADAS con 2, 4 y 6 placas, respectivamente. En este artículo, se presentan los resultados de la calibración para el caso de 4 platinas, mientras que en (Cano Castaño, 2020) se describe la validación de los otros casos.

En los modelos experimentales de Tahamouli et al (2018), hubo una variación en el dispositivo TADAS que consiste en que las placas fueron soldadas en sus extremos superior e inferior, impidiendo así la articulación que, según la teoría, se tiene en la conexión entre las platinas TADAS y las riostras de soporte. Para tener en cuenta esta variación, se representaron rótulas plásticas tanto en la parte inferior como en la parte superior del dispositivo TADAS, cuyos valores de momento y rotación son calculadas respecto a la mitad de la altura y el ancho de cada extremo de la platina.

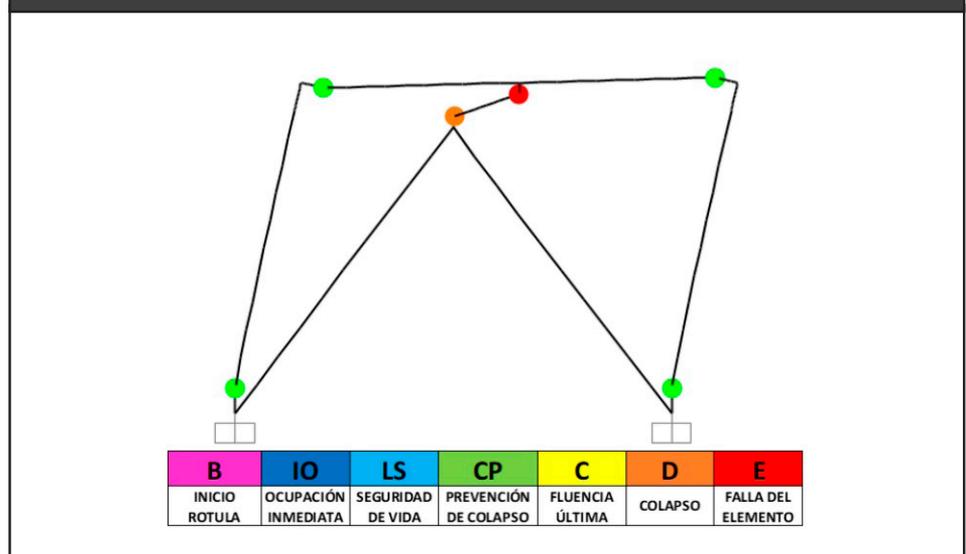
El proceso de validación consistió en la realización de un análisis tipo “push-over” para la edificación que permitiera determinar la curva de capacidad. La Figura 6 muestra como la curva de capacidad representa la envolvente de los resultados obtenidos experimentalmente. Los resultados del modelo consiguen reproducir la envolvente del comportamiento cíclico en las diferentes regiones de comportamiento. Inicialmente, la rigidez inicial es adecuada con un punto de fluencia que se alcanza con un valor aproximado de fuerza de 60 kN. Posteriormente, la pérdida de la rigidez es encontrado de manera aproximada, considerando un comportamiento bilineal. Finalmente, se consigue modelar la pérdida abrupta de fuerza que se muestra en los últimos ciclos del ensayo, tras presentarse la ruptura del disipador TADAS.

**Figura 6.** Validación de comportamiento numérico del dispositivo TADAS de 4 platinas frente al comportamiento histerético hallado en la investigación de Tahamouli et al. (2018).

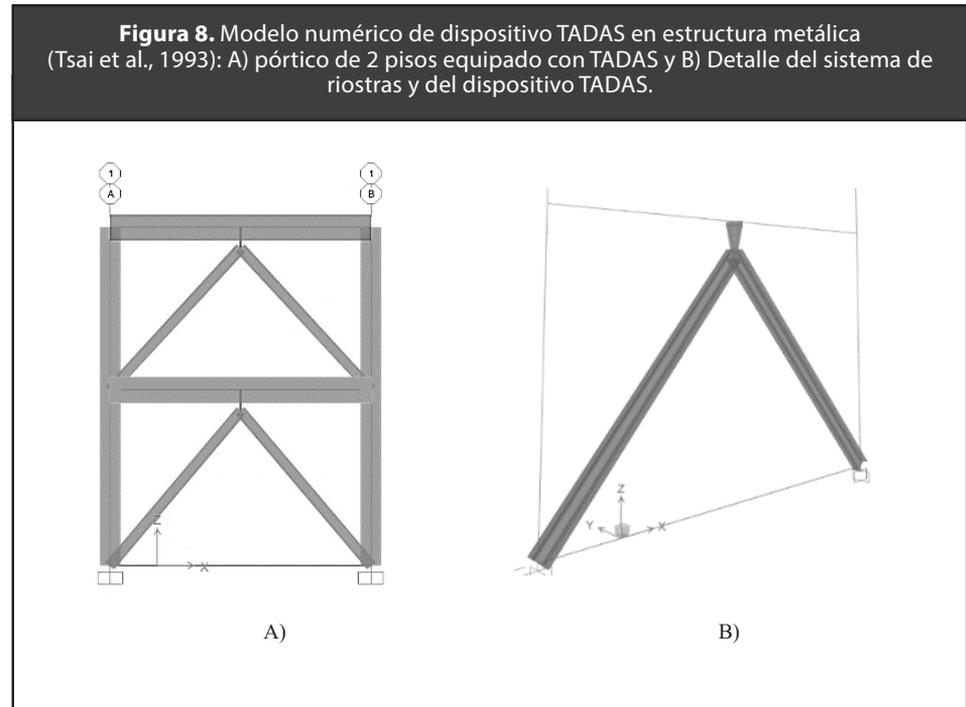


La Figura 7 muestra el estado de fluencia en los extremos de los diferentes elementos, que consiste en la plastificación de las columnas en la base, los extremos de la viga y la parte superior e inferior de las platinas. Dichos resultados muestran la ventaja del método al poder describir detalladamente la plastificación del dispositivo TADAS. Es importante anotar que estos resultados son congruentes con lo observado en el ensayo experimental.

**Figura 7.** Mecanismo de plastificación, pórtico con 4 platinas TADAS

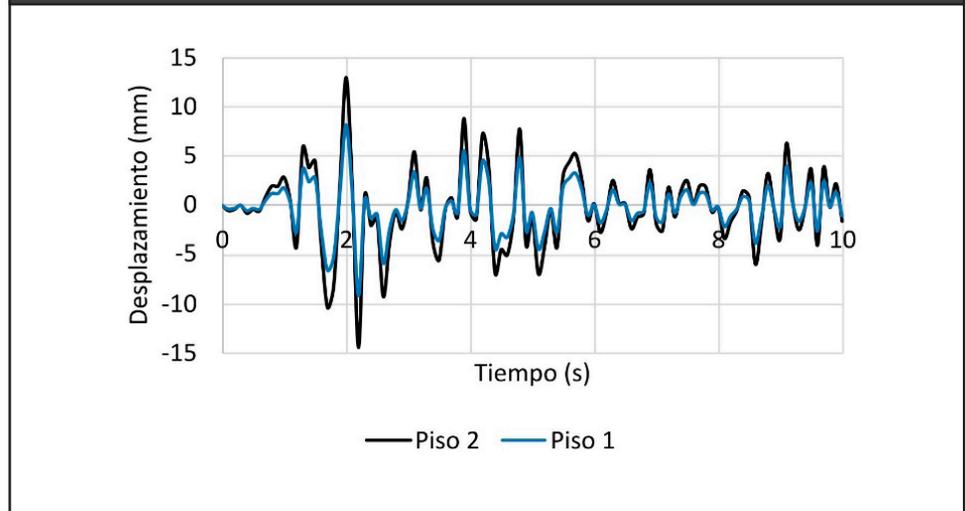


Por otro lado, la Figura 8A presenta el modelo numérico en SAP2000 del pórtico experimental de acero de 2 pisos mostrado experimentalmente en (Tsai et al., 1993). Asimismo, la Figura 8B muestra una configuración específica del TADAS con su forma triangular y de las riostras en que se apoya. La conexión de las riostras se asume articulada y se considera que las riostras son lo suficientemente fuertes para permanecer en el rango elástico durante el movimiento de base.



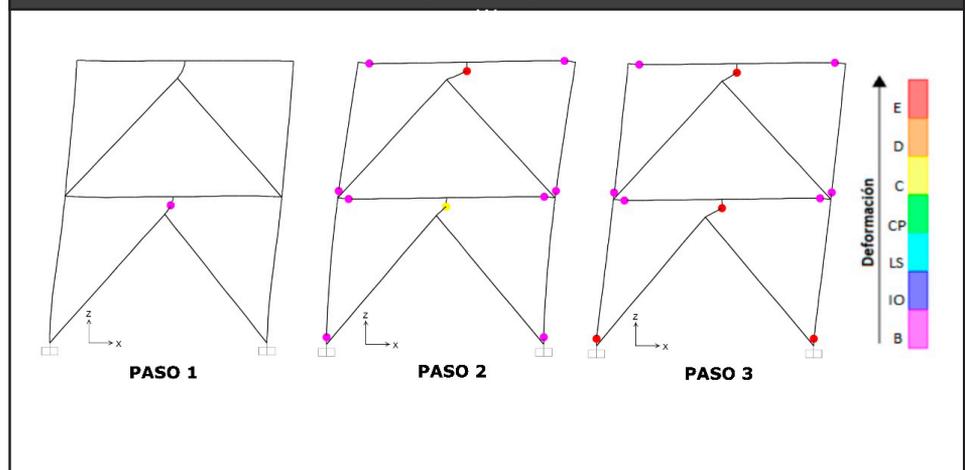
En la Figura 9 se recopilan los desplazamientos obtenidos en cada uno de los pisos del modelo numérico propuesto ante el registro sísmico de El Centro, según el ensayo realizado en (Tsai et al., 1993). Los resultados experimentales indican que el valor máximo de los desplazamientos en los pisos 1 y 2 son 8 mm y 13 mm, respectivamente. El modelo propuesto se obtiene un resultado aproximado de 8,19 mm y 13,03 mm, respectivamente, con lo cual se comprueba que la técnica de simulación propuesta tiene la capacidad de ofrecer buenas aproximaciones en lo que respecta a la respuesta experimental.

**Figura 9.** Resultados de Análisis Tiempo-Historia del ensayo reportado en (Tsai et al., 1993)



Adicionalmente, en la Figura 10 se muestra el comportamiento no lineal de los elementos para diferentes instantes del proceso de carga, presentados de manera secuencial. Puede observarse que el disipador tipo TADAS del primer piso es el primero en entrar en fluencia, para posteriormente fluir el disipador en el segundo piso y la viga del primer piso. Tal comportamiento es deseable con el objetivo de proteger los elementos del sistema estructural principal, quienes en el paso 2 evidencian el inicio de rótulas. Cabe mencionar, que uno de los retos del diseñador estructural consiste en el adecuado dimensionamiento de los TADAS de tal manera a que se produzca el efecto “fusible” mostrado. Finalmente, en el paso de carga 3, se genera un mecanismo de falla de elementos.

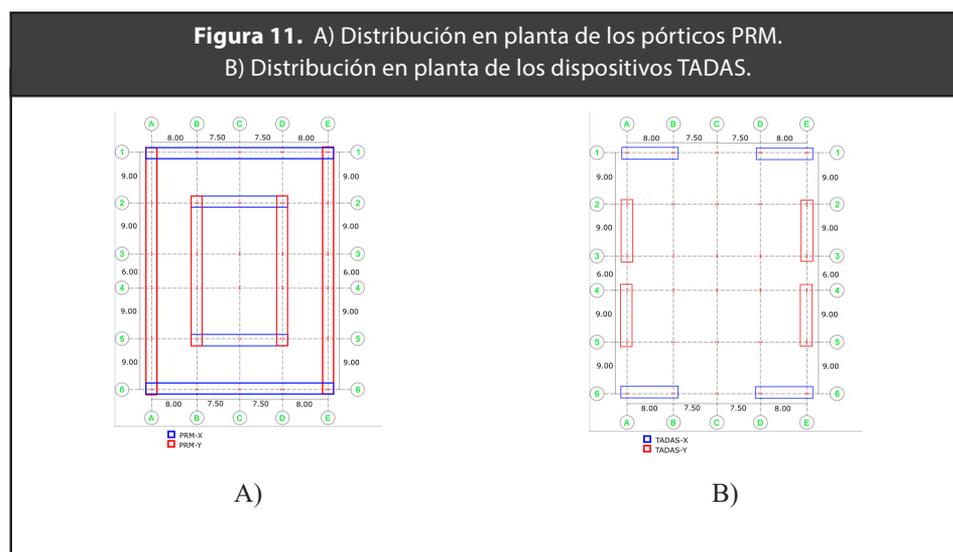
**Figura 10.** Mecanismos de falla de pórtico de acero de 2 pisos equipado con disipadores tipo TADAS



### 3.2. Influencia de los disipadores tipo TADAS en edificaciones de pórticos en acero

A continuación, se expone el comportamiento de una edificación de acero con disipadores TADAS con una configuración en planta regular y un total de 8 pisos (altura de piso de 3m). Se considera que la edificación tiene un uso de oficinas y que se encuentra localizada en zona de amenaza sísmica alta en Colombia, sobre suelo tipo C según definido en la NSR-10. El sistema principal de la edificación consiste en pórticos resistentes a momento (PRM).

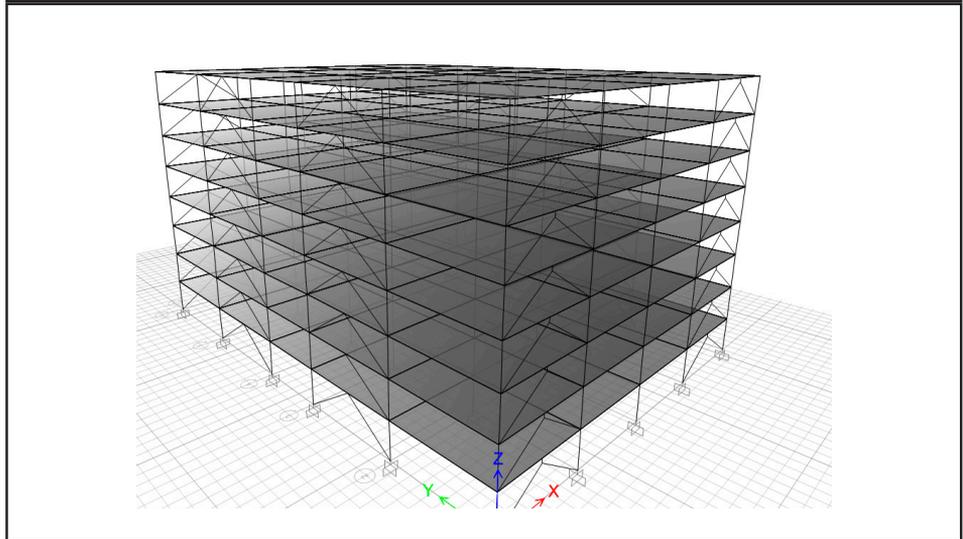
La configuración en planta se ilustra en la Figura 11, donde se observa en la parte A la distribución de los PRM y en la parte B la ubicación de los disipadores TADAS. Para las vigas principales de la edificación se usaron perfiles tipo IPE, en acero A572-G50, mientras que se consideraron perfiles tipo HEA en acero A572-G50 para columnas. Se emplearon perfiles tubulares circulares, con acero tipo A500 Grado C, para las riostras diagonales tipo Chevrón. Las platinas TADAS son en acero A572 G50, con ductilidad  $\mu=10$  y sobrerresistencia  $R_t=1,2$ . Para efectos del presente análisis, se asume que el entrepiso es un diafragma rígido. Para más detalles, ver (Caballero, 2022).



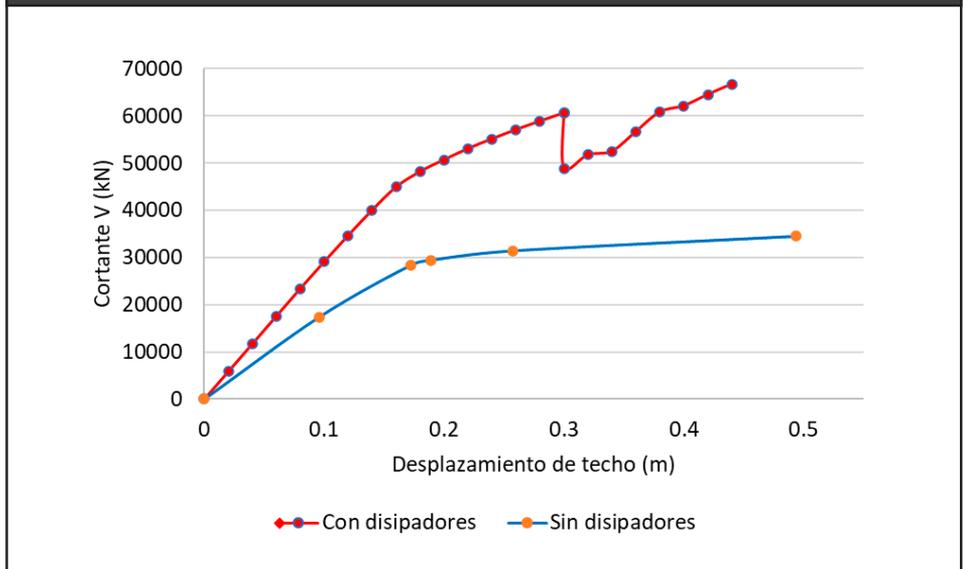
La Figura 12 representa una vista 3D del modelo de la edificación de 8 pisos con dispositivos TADAS implementado en el software SAP2000. Se llevó a cabo un análisis “Push-over”, con el fin de obtener las curvas de capacidad, las cuales son ilustradas en la Figura 13. A partir de la implementación de los dispositivos TADAS, se

evidencia una mejora en el desempeño global de la estructura, con un incremento en la fuerza resistente de más de 40%. Dada la inclusión del sistema de riostras, el sistema se torna más rígido, consideración que debe tomarse en cuenta en la fase de diseño del sistema de disipación de energía.

**Figura 12.** Geometría de edificación de 8 pisos en pórticos en acero

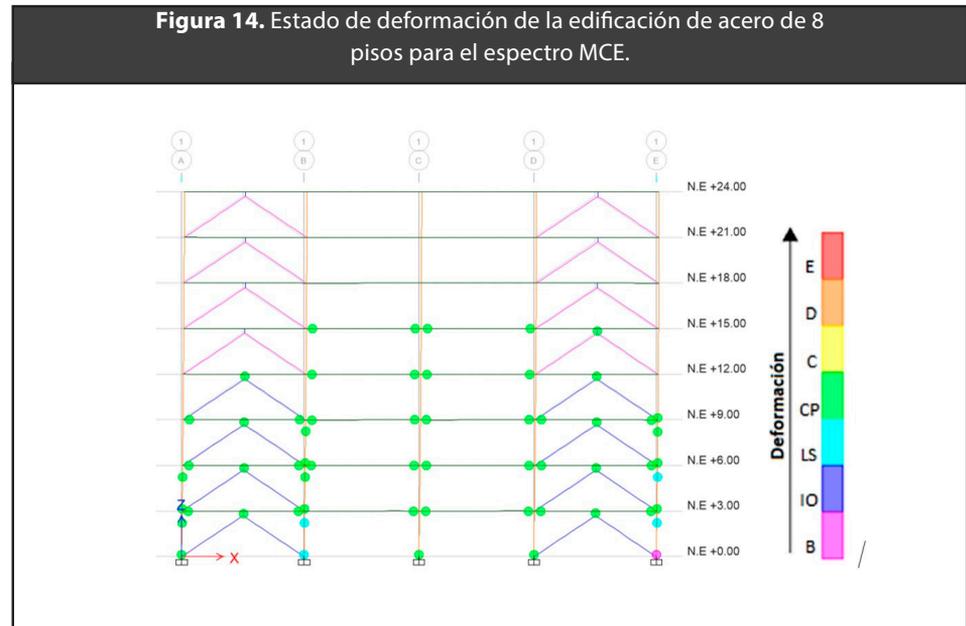


**Figura 13.** Curvas de capacidad de la edificación de acero de 8 pisos en dirección X, con y sin disipadores.



La Figura 14 ilustra la descripción del estado de deformación de las rótulas plásticas de los elementos estructurales en la edificación de 8 pisos. Como se observa, en el caso mostrado, el comportamiento de

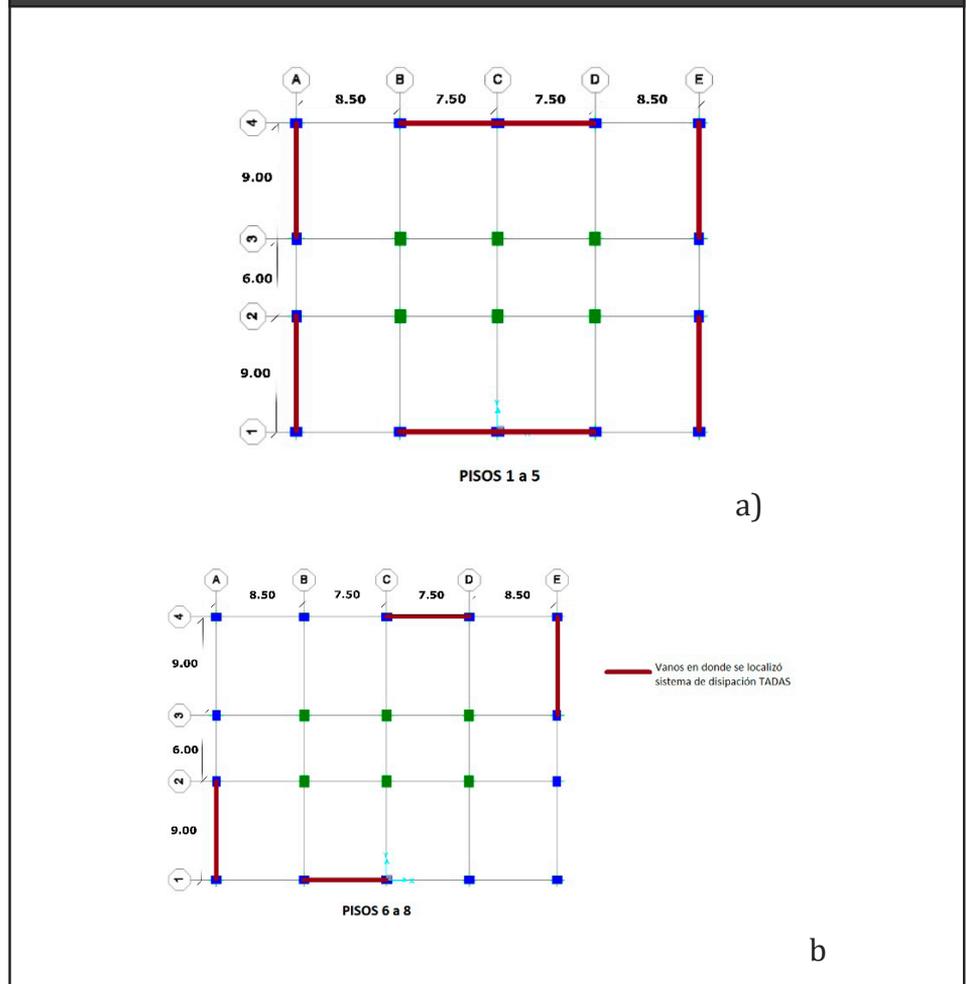
fusible es posible en la metodología planteada, dado que inicialmente los elementos que trabajan inelásticamente son los disipadores, luego se presenta la plastificación vigas y columnas. Al finalizar, la estructura de pórticos en acero 8 pisos, obtuvo un amortiguamiento viscoso equivalente de 8.2 % (Caballero, 2022).



### 3.3. Influencia de los disipadores tipo TADAS en edificaciones de pórticos en concreto

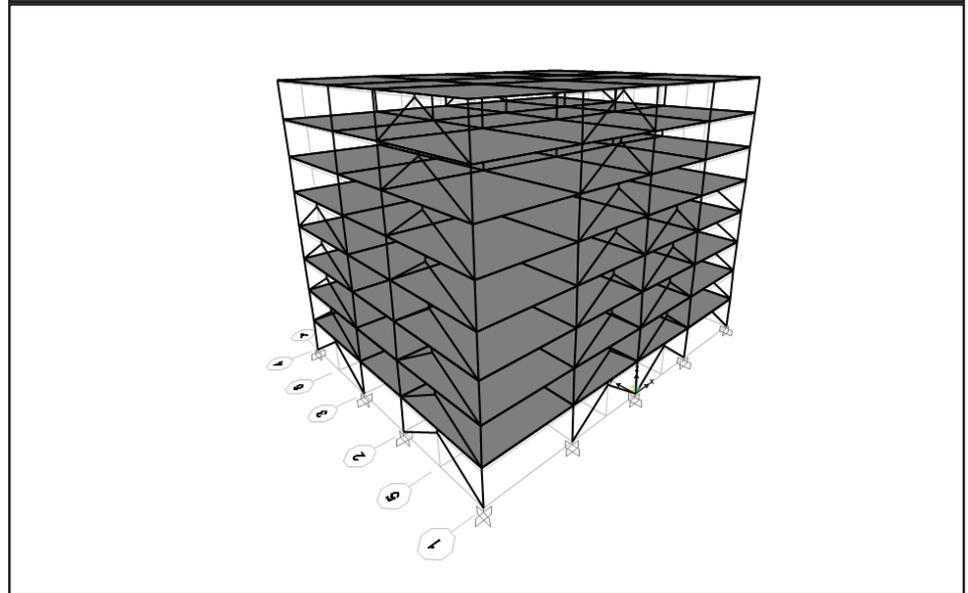
De manera similar, se realiza una evaluación del comportamiento sísmico de un edificio compuesto por pórticos de concreto y disipadores TADAS (ver Figura 15). Se especifica que el concreto utilizado en la estructura debe tener una resistencia de 28 MPa ( $f'c$ ), acero de refuerzo  $f_y=420$  Mpa, riostras de acero A500 grado C, placas tipo TADAS en acero A572 Grado 50, con una ductilidad  $\mu=13$  y un coeficiente de sobrerresistencia  $R_t$  de 1,2. Además, la ubicación, el tipo de suelo, el número de pisos del edificio y la altura de cada piso son idénticos al caso del edificio de acero. Para más detalle, se puede consultar el trabajo de Cano Castaño (2020).

**Figura 15.** Geometría de edificaciones en concreto (longitudes en m). A) Configuración de disipadores de los pisos 1 al 5. B) Configuración de disipadores de los pisos 6 al 8

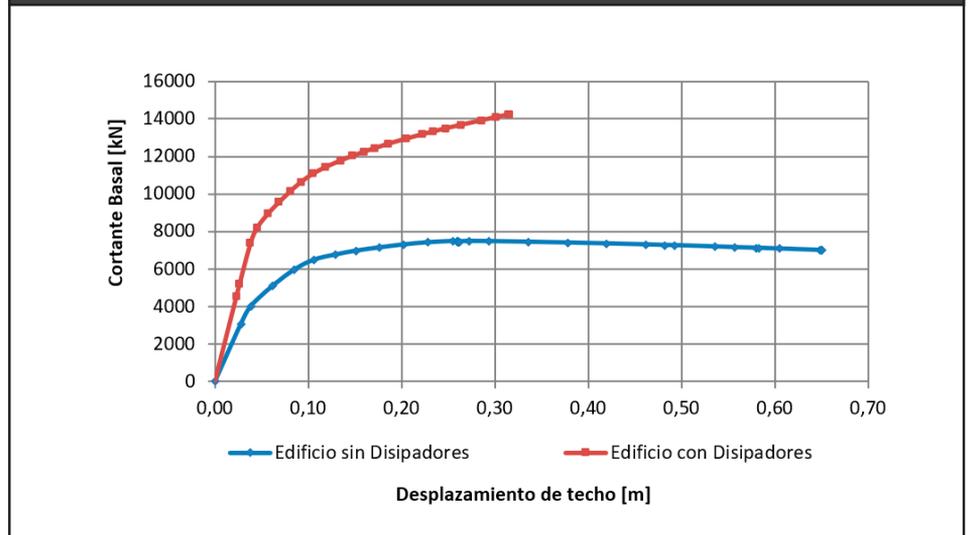


La Figura 16 muestra el modelo numérico implementado en el software SAP2000 que permite detallar la posición del sistema de disipación y de sus elementos de conexión. La Figura 17 presenta los resultados de la implementación de un análisis Push-over sobre la edificación de concreto, obteniendo también una mejora considerable en el comportamiento de la edificación cuando se emplean los TADAS (un incremento del cortante basal máximo cerca del 40%).

**Figura 16.** Geometría de edificación de 8 pisos en pórticos en concreto

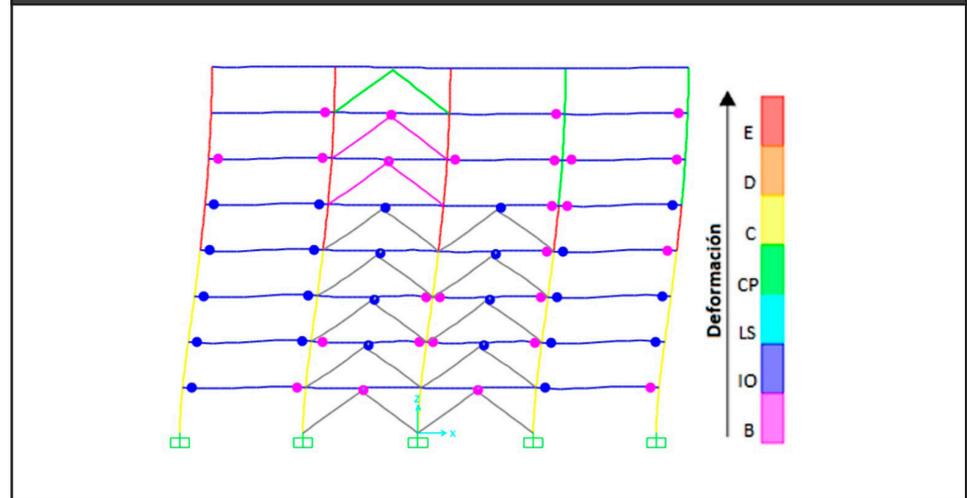


**Figura 17.** Curvas de capacidad de la edificación de concreto de 8 pisos en dirección X, con y sin disipadores



En la Figura 18, se muestra el estado de deformación de las rótulas plásticas de la edificación de 8 pisos para un espectro máximo considerado, la cual obtuvo un amortiguamiento viscoso equivalente de 9.17 % (Cano, 2020).

**Figura 18.** Estado de deformación de la edificación de concreto de 8 pisos en dirección X.



#### 4. Conclusiones

La estrategia de simulación numérica de disipadores tipo TADAS presentada en este artículo demostró ser eficaz en la reproducción del comportamiento experimental reportado en la literatura. La principal fortaleza de este método de modelación radica en la posibilidad de visualizar las rótulas plásticas presentadas en los disipadores y en los elementos estructurales de manera simultánea, adicionalmente, es posible apreciar su grado de deformación.

Con esta metodología, es posible apreciar como el sistema de disipadores tiende a comportarse como un fusible. Se puede validar que los dispositivos entran en fluencia previo a que haya daño o plastificación en los elementos estructurales principales, aspecto que permite tomar decisiones al momento del análisis y diseño estructural.

El procedimiento propuesto es una alternativa sencilla de modelación de dispositivos tipo TADAS que puede ser usada por los ingenieros estructurales en diferentes softwares de diseño estructural disponibles en el mercado.

#### 5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá y a la Pontificia Universidad Javeriana, por facilitar el desarrollo conjunto de actividades de investigación conducentes a la realización de las investigaciones y del presente artículo.

## 6. Referencias

- Aguiar, R. (2018). *ANALYSIS OF USED DISSIPATORS IN REINFORCEMENT OF HOSPITAL RODRÍGUEZ ZAMBRANO DE MANTA*. 23, 1–28.
- AIS, A. C. de I. S. (2010). NSR10. *Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente Nsr-10*, 590.
- American Society of Civil Engineers. (2016). ASCE STANDARD ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. In *ANSI/ASCE Standard* (Issue 7 98).
- Caballero Castro, L. (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*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82844>
- Cano Castaño, H. (2020). *Evaluación del coeficiente de disipación de energía R, en edificaciones de concreto reforzado con disipadores histeréticos metálicos triangulares tipo TADAS, ubicados en zona de amenaza sísmica alta*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78657>
- Constantinou, M. C., Soong, T. T., & Dargush, G. F. (1998). *Passive Energy Dissipation System for Structural Desing and Retrofit*.
- Dareini, H. S., & Hashemi, B. H. (2011). Use of dual systems in tadas dampers to improve seismic behavior of buildings in different levels. *Procedia Engineering*, 14, 2788–2795. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.351>
- Mahmoudi, M., & Abdi, M. G. (2012). Evaluating response modification factors of TADAS frames. *Journal of Constructional Steel Research*, 71, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2011.10.015>
- Mohammadi, R. K., Nasri, A., & Ghaffary, A. (2017). TADAS dampers in very large deformations. *International Journal of Steel Structures*, 17(2), 515–524. <https://doi.org/10.1007/s13296-017-6011-y>
- Oviedo A., J. A., Midorikawa, M., & Asari, T. (2010). Earthquake response of ten-story story-drift-controlled reinforced concrete frames with hysteretic dampers. *Engineering Structures*, 32(6), 1735–1746. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.02.025>
- Oviedo Amézquita, J., & Duque Uribe, M. (2009). Situación de las técnicas de control de respuesta sísmica en Colombia. *Revista EIA*, 6(12), 113–124. <https://doi.org/10.24050/reia.v6i12.224>
- Palazzo, G., Francisco, J., & Crisafulli, F. (2018). Evaluación De La Eficiencia De Disipadores Por Fluencia Usados Para La Rehabilitación De Pórticos. *Simposio “El Hormigón Estructural y El Transcurso Del Tiempo”, May 2015*.
- Peña, C., & Urzúa, C. (2019). Implementación de BRB en edificio industrial mayor. Aplicación en Chile. *XII Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Sísmica, April*.
- Rochel, R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*.
- Saeedi, F., Shabakhty, N., & Mousavi, S. R. (2016). Seismic assessment of steel frames with triangular-plate added damping and stiffness devices. *Journal of Constructional Steel Research*, 125, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2016.06.011>
- Soong, T., & Dargush, G. F. (1999). Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering. In *Journal of Engineering Mechanics* (Vol. 125, Issue 3). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9399\(1999\)125:3\(371\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9399(1999)125:3(371))
- Tahamouli Roudsari, M., Eslamimanesh, M. B., Entezari, A. R., Noori, O., & Torkaman, M. (2018). Experimental Assessment of Retrofitting RC Moment Resisting Frames with ADAS and TADAS Yielding Dampers. *Structures*, 14, 75–87. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.02.005>

- Tena Colunga, A. (2000). MODELADO ANALÍTICO DE EDIFICIOS CON DISIPADORES DE ENERGÍA. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 62(62), 29. <https://doi.org/10.18867/ris.62.253>
- Tena Colunga, A. (2003). *DISIPACIÓN PASIVA DE ENERGÍA EN MÉXICO : UN ESTADO DEL ARTE*.
- Tsai Keh-Chyuan, Chen Huan-Wei, Hong Ching-Ping, & Su Yung-Feng. (1993). Design of steel triangular plate energy absorbers for seismic-resistant construction. In *Earthquake Spectra* (Vol. 9, Issue 3, pp. 505–528). <https://doi.org/10.1193/1.1585727>
- Xia chuan. (1992). *INFLUENCE OF ADAS ELEMENT PARAMETERS ON*. 118(7), 1903–1918.
- Zongjing, L., & Ganping, S. (2020). Test and evaluation of modified TADAS devices with different grades of steel. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 19(2), 451–464. <https://doi.org/10.1007/s11803-020-0573-y>