

Introducción a los Sistemas de Protección Sísmica

Dr. Héctor Guerrero Bobadilla

21/may/2024

Objetivo

Presentar una introducción a los sistemas de protección sísmica existentes, sus conceptos fundamentales, y su uso en el diseño sismorresistente actual.

Temas:

- El diseño sismorresistente actual
- Diseño sísmico basado en desempeño
- Resiliencia Sísmica
- Tecnologías de protección sísmica
- Cometarios finales

**El diseño
sismorresistente actual**

¿por qué se dañan las estructuras en los terremotos?

¿estamos haciendo bien las cosas?

¿se necesita la tecnología de protección sísmica?





Hospital dañado en Kahramanmaras que no pudo dar el servicio durante la emergencia y tuvo que ser demolido en semanas posteriores.



La brigada SMIS tuvo la suerte de visitar algunos hospitales con aislamiento sísmico. Ya desde antes, el gobierno turco había ordenado que todos los hospitales públicos fuesen aislados. También se visitaron algunos puentes y otro tipo de infraestructura. No se observaron daños significativos. En general la infraestructura se observa operable.

Reflexión

¿Podemos evitar que se dañen las construcciones?

¿podemos hacer algo para protegerlas?



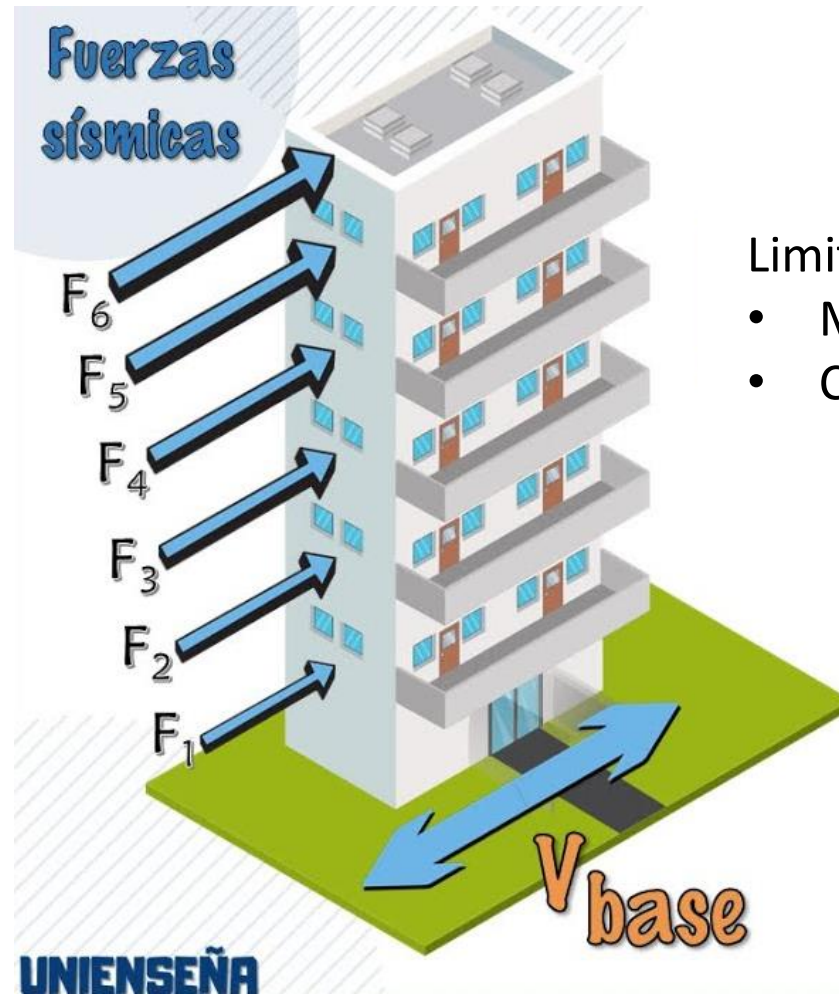
Reflexión

Por supuesto que sí,
debemos ser más
proactivos para reducir
los daños por sismo en
el futuro.



Diseño convencional

¿en qué consiste el
diseño sismorresistente?



Limitaciones:

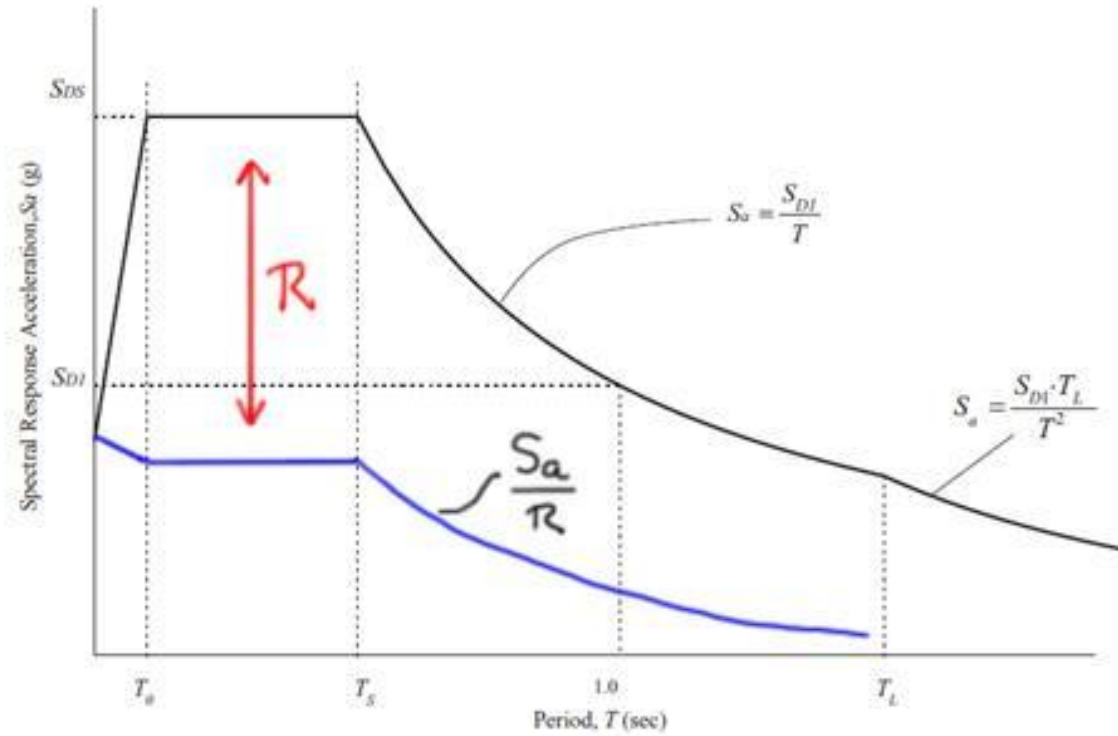
- Modelos elásticos
- Cargas estáticas

¿Cómo se calcula V_{base} ?

$$V_{base} = c \cdot W$$

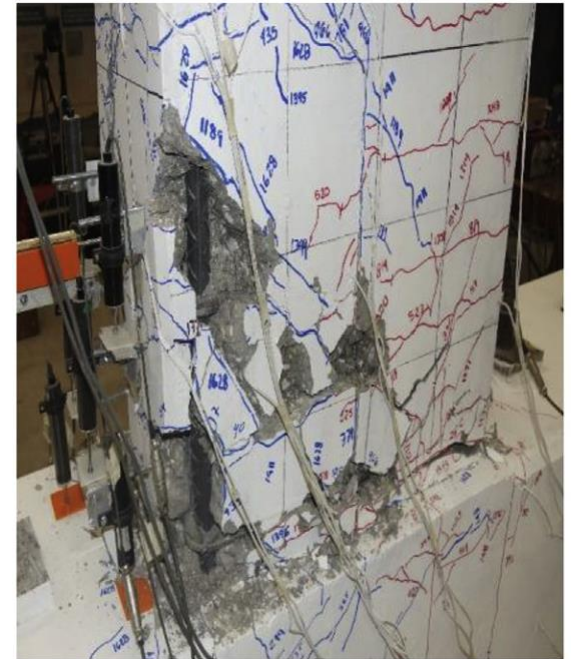
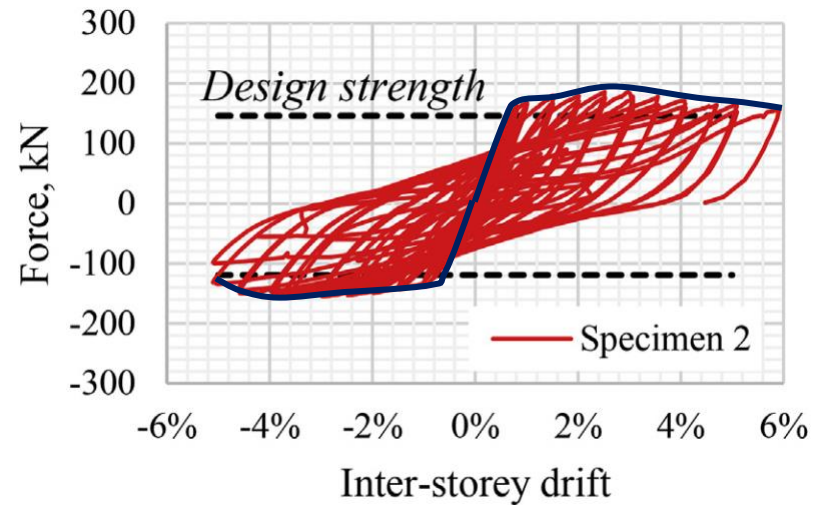
$$V_{base} = \frac{S_a}{g} W \longrightarrow V_{diseño} = \frac{S_a}{g} \frac{1}{R} W$$

¿en qué consiste el
diseño sismorresistente?



¿Por qué se reducen las fuerzas sísmicas?
¿qué implica eso?

Se disipa energía a través de daño
en los elementos estructurales



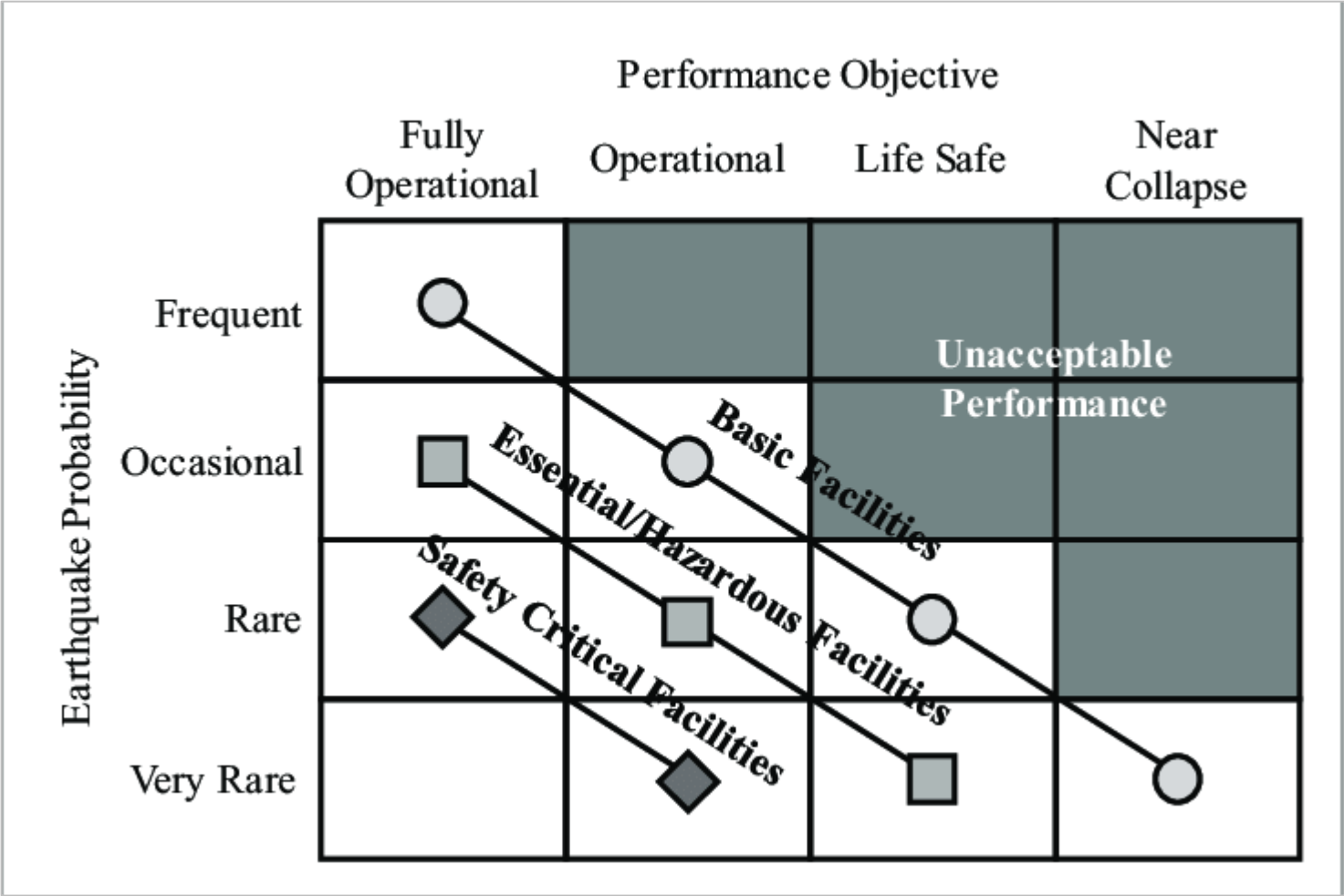
¿en qué consiste el
diseño sismorresistente?

Guerrero et al. (2019)

Diseño sísmico basado en desempeño

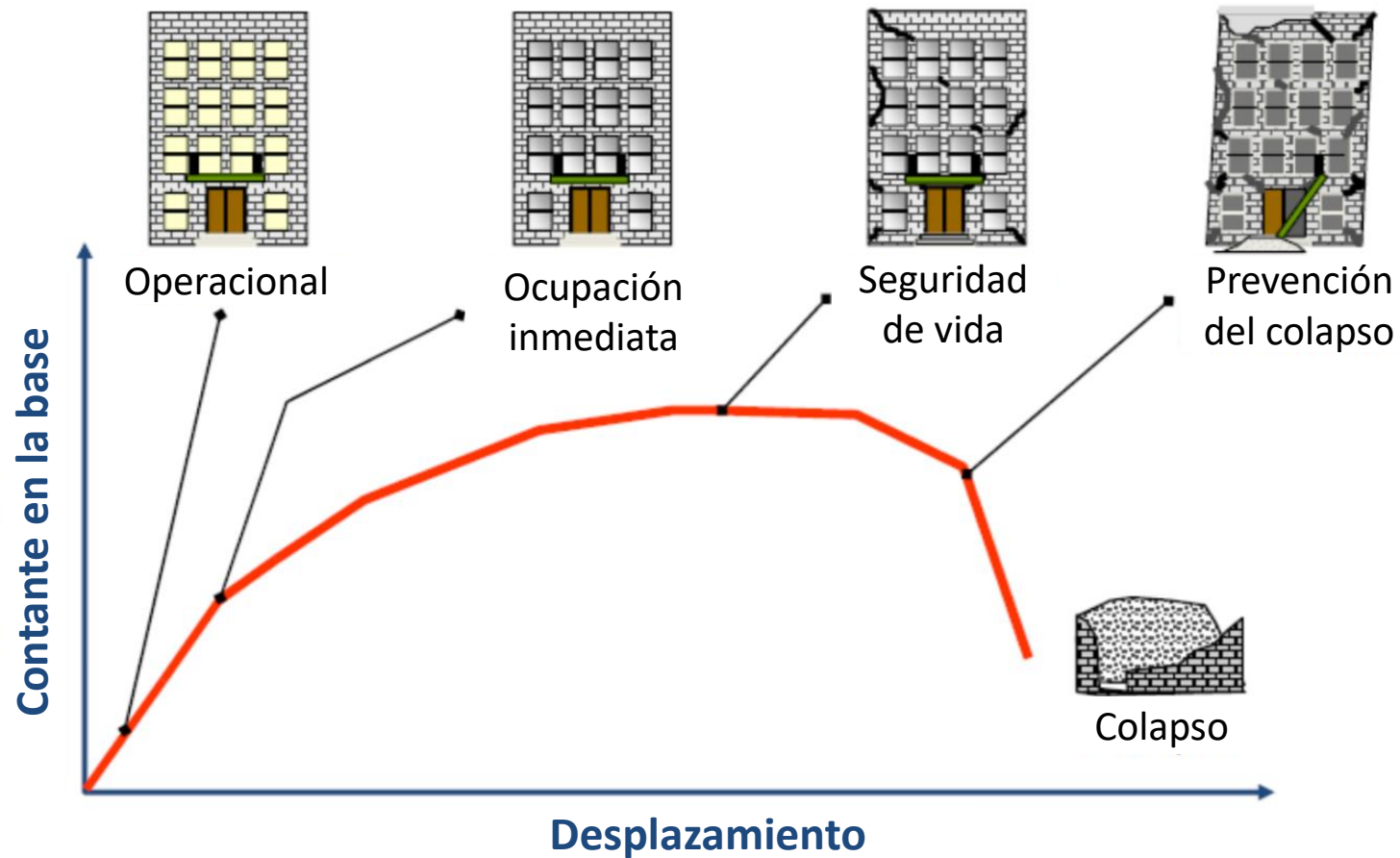
¿Qué es el diseño sísmico basado en desempeño?

Niveles de desempeño esperado asociados a diferentes niveles de intensidad.



¿Qué es el diseño sísmico basado en desempeño?

Es importante mencionar que, entre más se deforme una construcción, más se va a dañar.

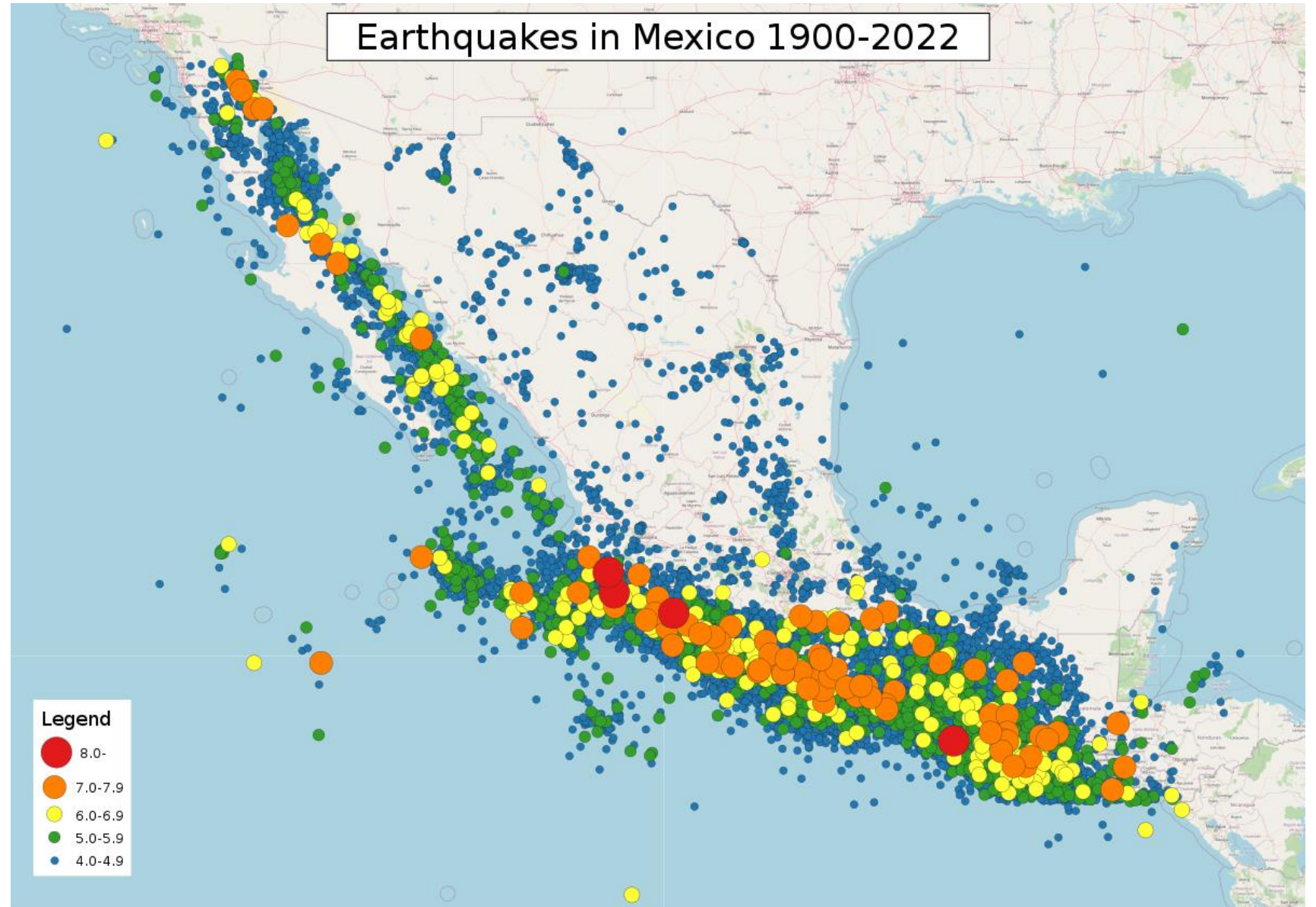


Desempeño esperado según la normativa.



Pregunta...

¿Algún día dejará de temblar?

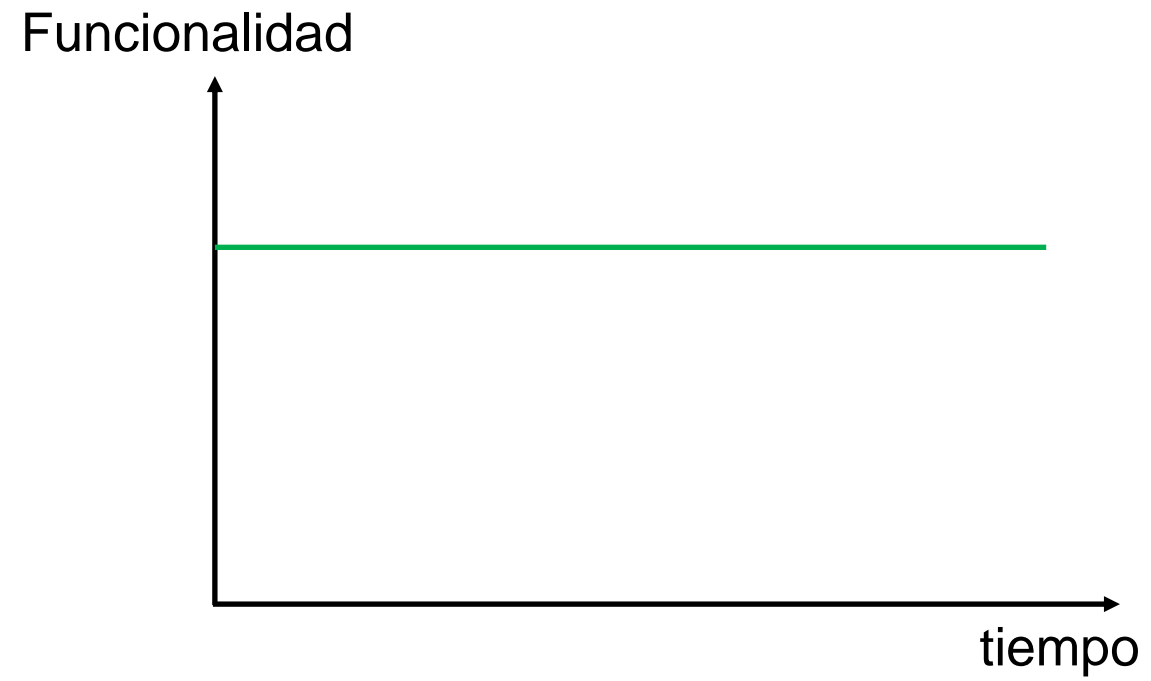


Resiliencia sísmica

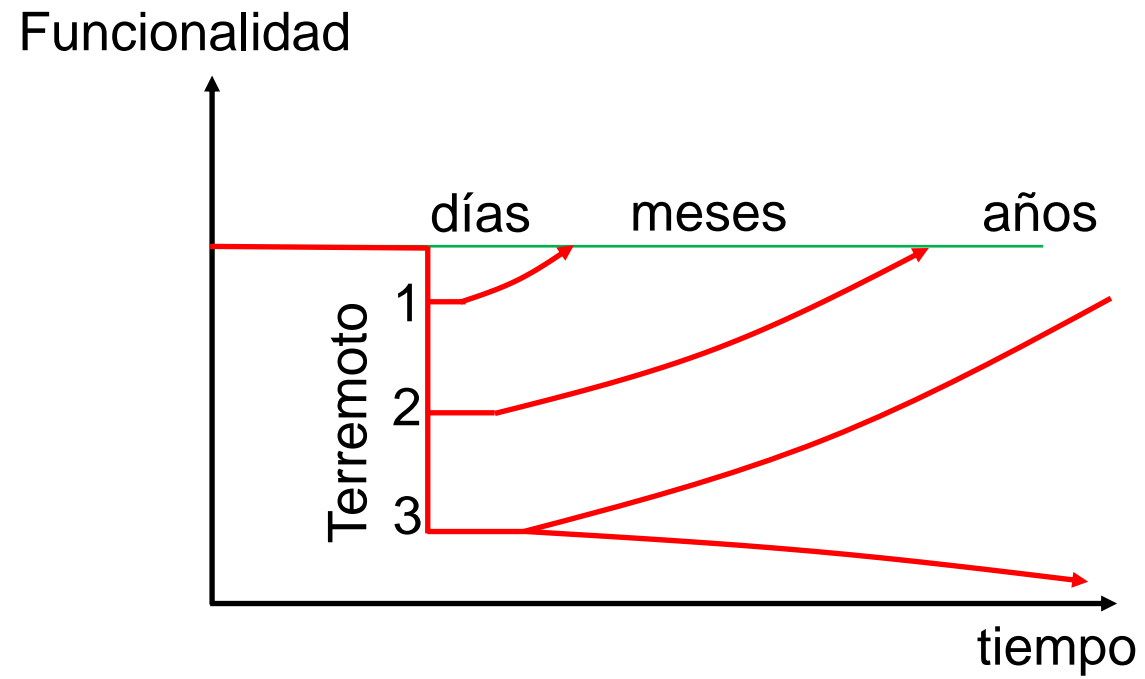
Resiliencia sísmica

Es un atributo de las comunidades.
Consiste en recuperarse rápidamente
después de la ocurrencia de un terremoto
severo.

Resiliencia sísmica



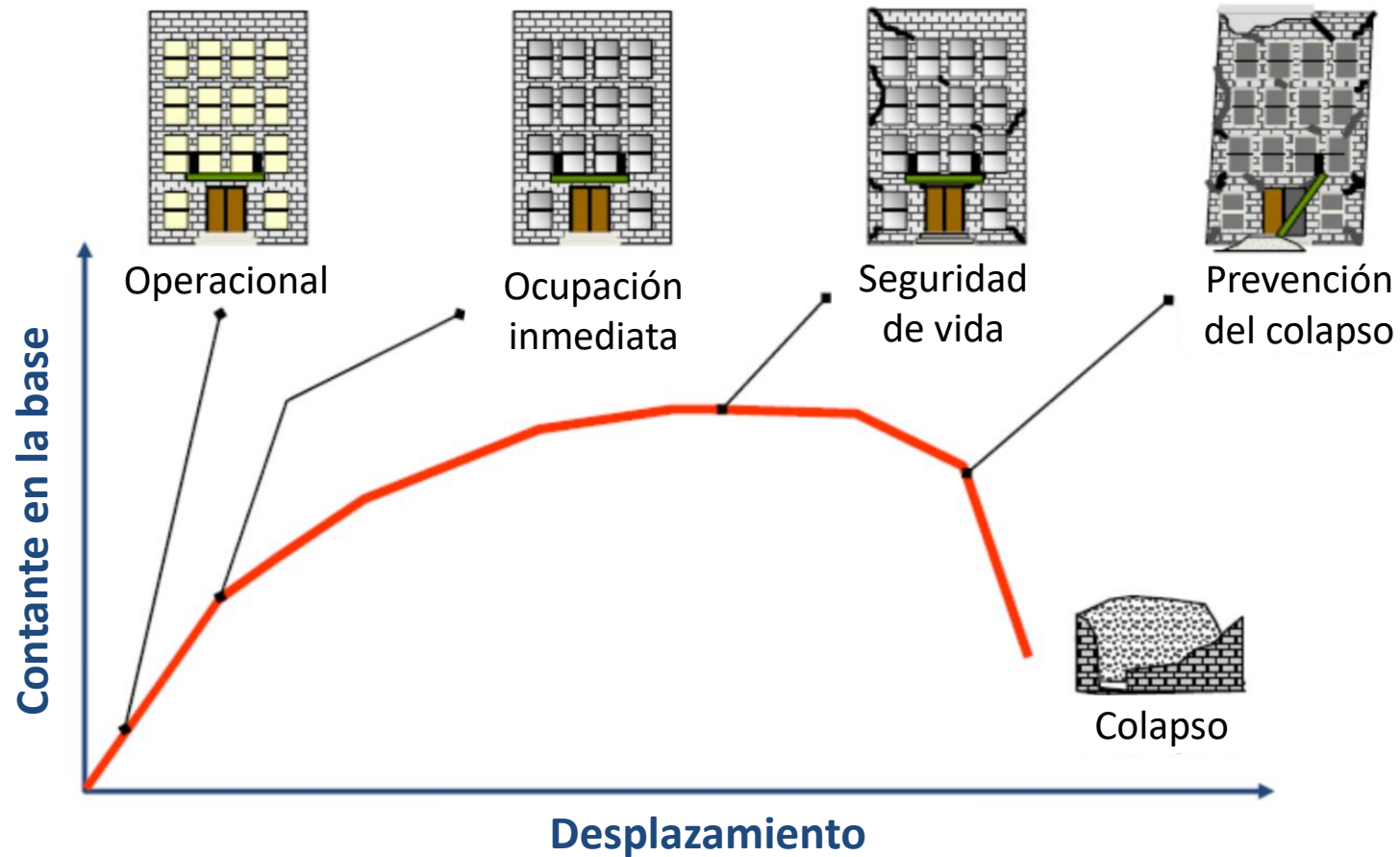
Resiliencia sísmica



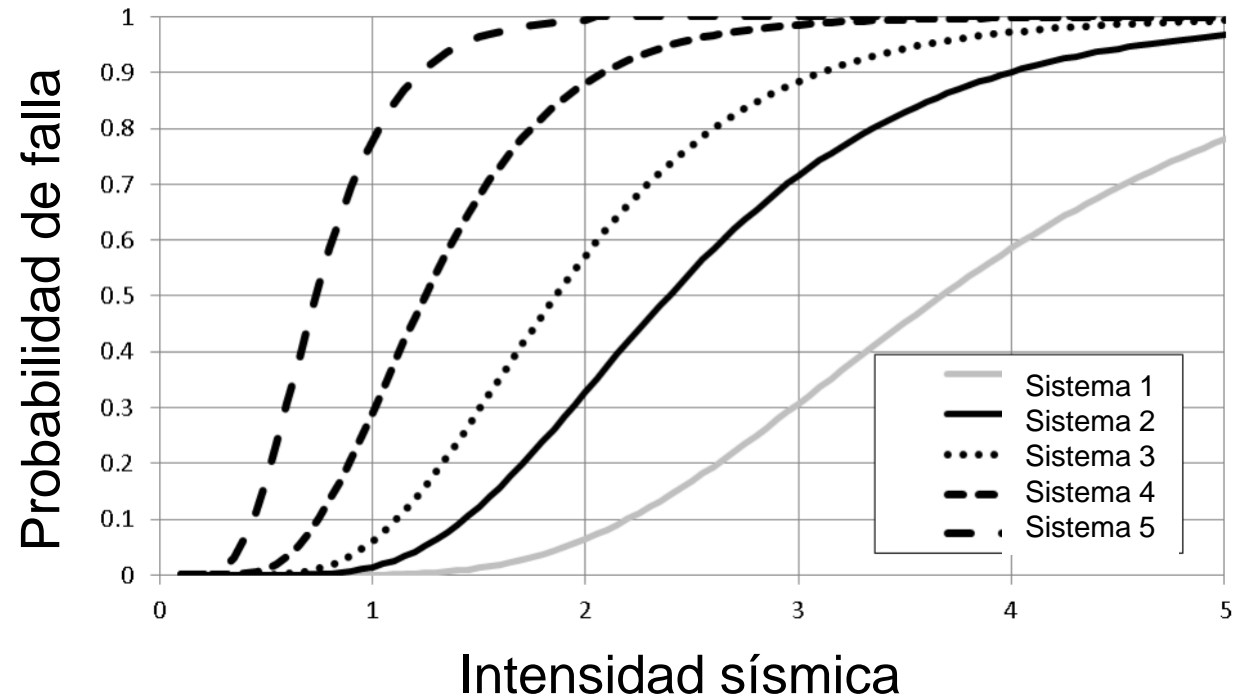
Hablando de desempeño!

Si una estructura se deforma mucho, se daña mucho, y las consecuencias son severas.

Si una estructura se deforma poco, se daña poco, y las consecuencias son reducidas.



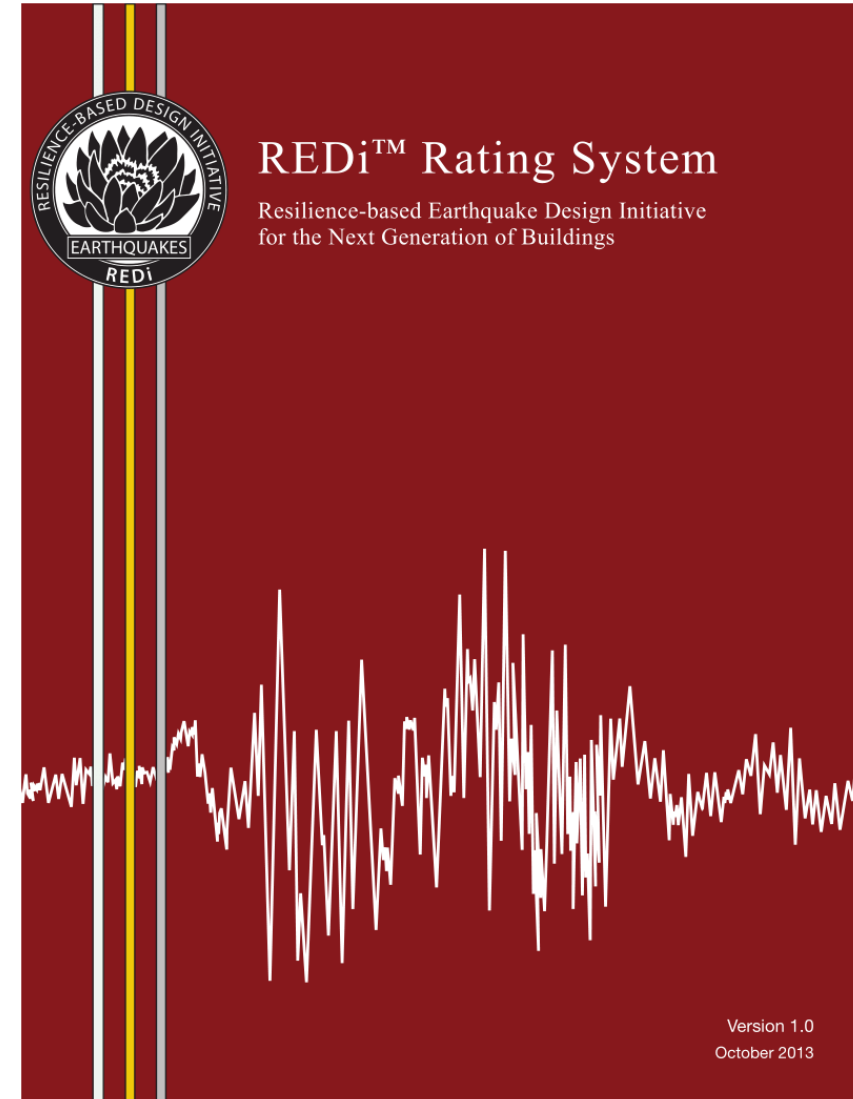
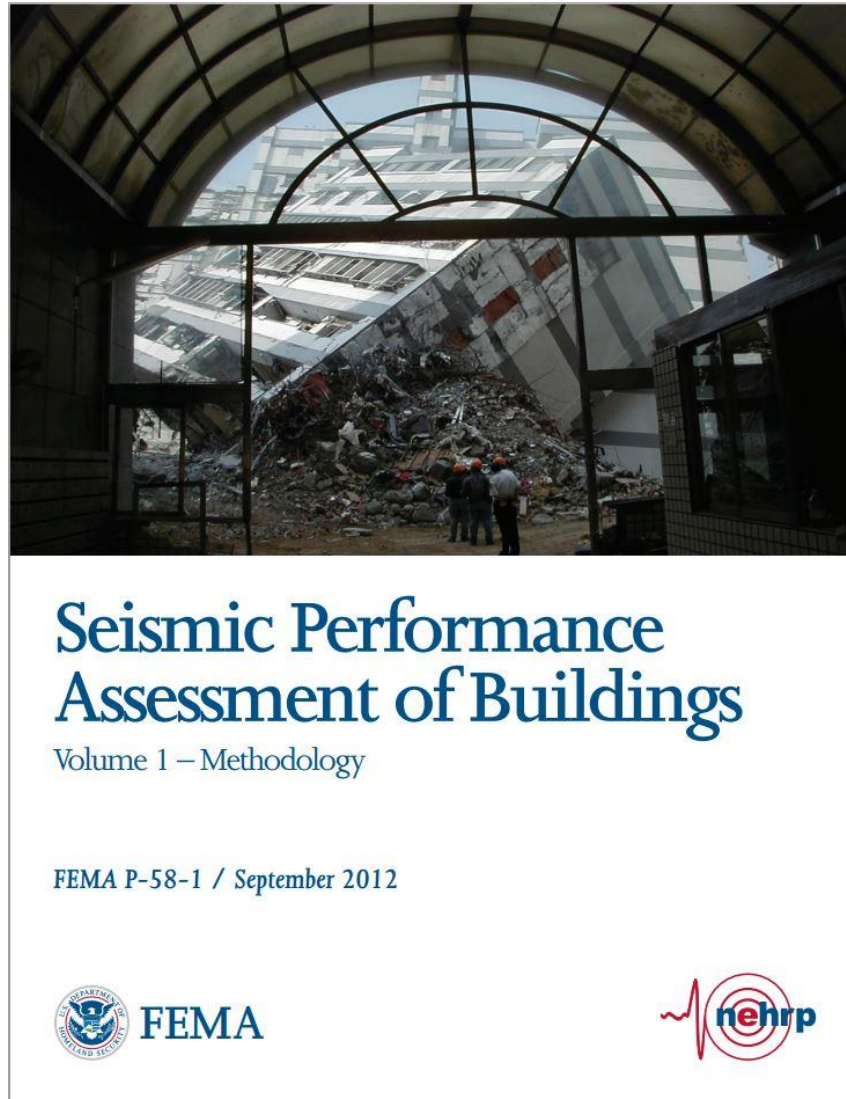
Para tener resiliencia alta, se debe tener una probabilidad de falla baja.



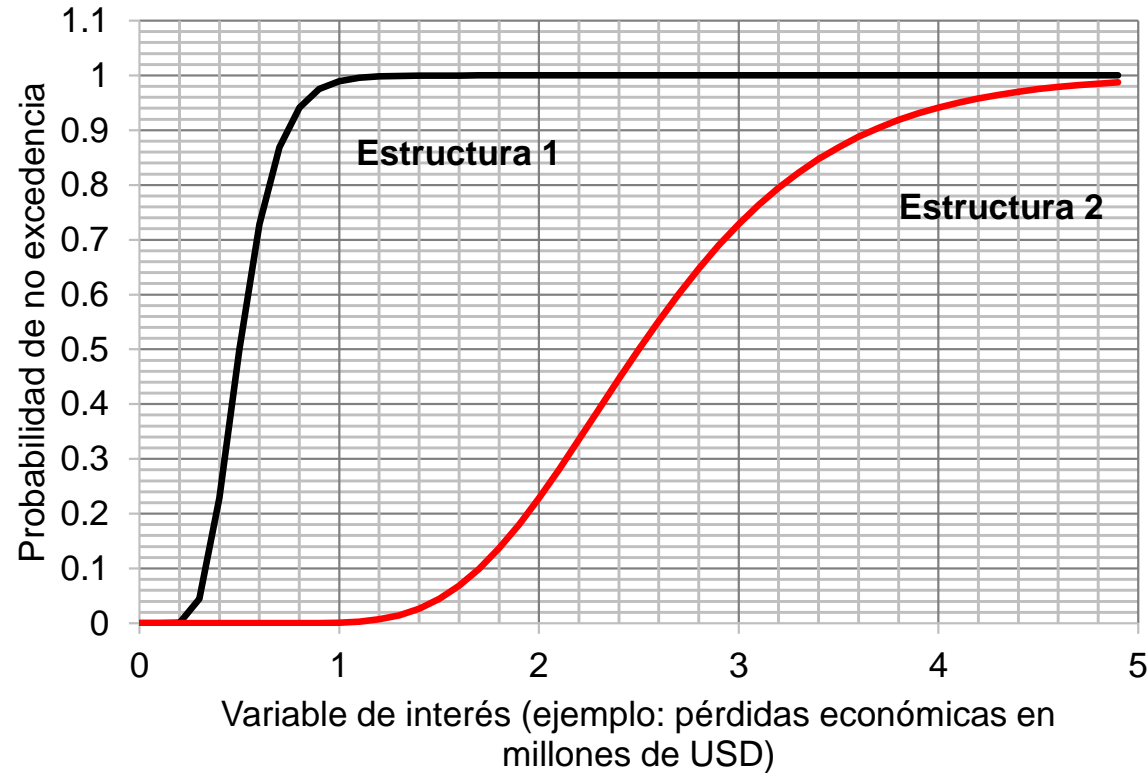
Y consecuencias reducidas en caso de alguna falla.



¿Cómo evaluar la resiliencia sísmica?



¿Cómo evaluar la resiliencia sísmica?



Estimación de consecuencias

Baseline Resilience Objectives for Design Level Earthquake

Platinum	<p>Downtime: Immediate Re-Occupancy (Green Tag expected) and Functional Recovery < 72 hours</p> <p>Direct Financial Loss: Scenario Expected Loss < 2.5%</p> <p>Occupant Safety: Physical injury due to failure of building components unlikely</p>
Gold	<p>Downtime: Immediate Re-Occupancy (Green Tag expected) and Functional Recovery < 1 month¹</p> <p>Direct Financial Loss: Scenario Expected Loss < 5%</p> <p>Occupant Safety: Physical injury due to failure of building components unlikely</p>
Silver	<p>Downtime: Re-Occupancy < 6 months (Yellow Tag possible) and Functional Recovery < 6 months¹</p> <p>Direct Financial Loss: Scenario Expected Loss < 10%</p> <p>Occupant Safety: Physical injury may occur from falling components (but not structural collapse), fatalities are unlikely</p>

Calificación con base en consecuencias

4. Tecnologías de protección sísmica

¿Cómo podemos lograr comunidades resilientes ante los sismos?

Una alternativa inteligente es usar tecnología...

tecnología de protección sísmica



¿Qué hacen en otras industrias?

En la industria eléctrica...

usan sistemas de
protección



¿Qué hacen en otras industrias?

En la industria
automotriz...

usan sistemas de
protección



¿y en la industria de la construcción?

¿qué opciones tenemos?

1. Sistemas convencionales

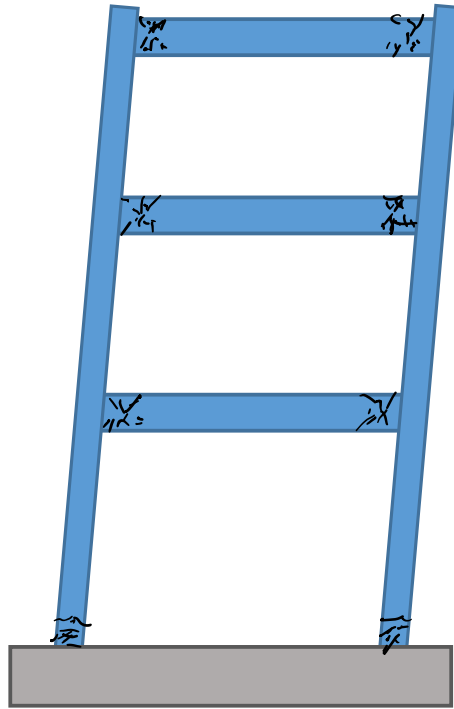
→ Daño significativo para el sismo de diseño

2. Tecnologías de protección

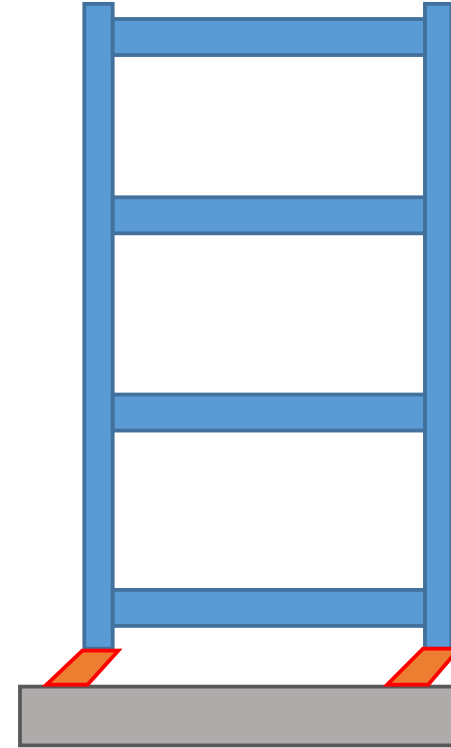
→ Daño significativamente menor

Tecnologías de protección

1. Aislamiento sísmico



Base rígida



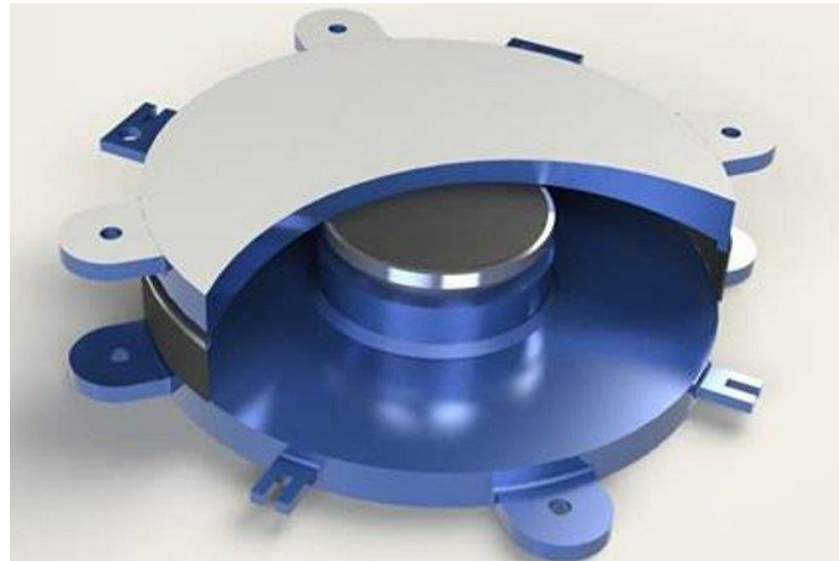
Con aisladores

← MOVIMIENTO →

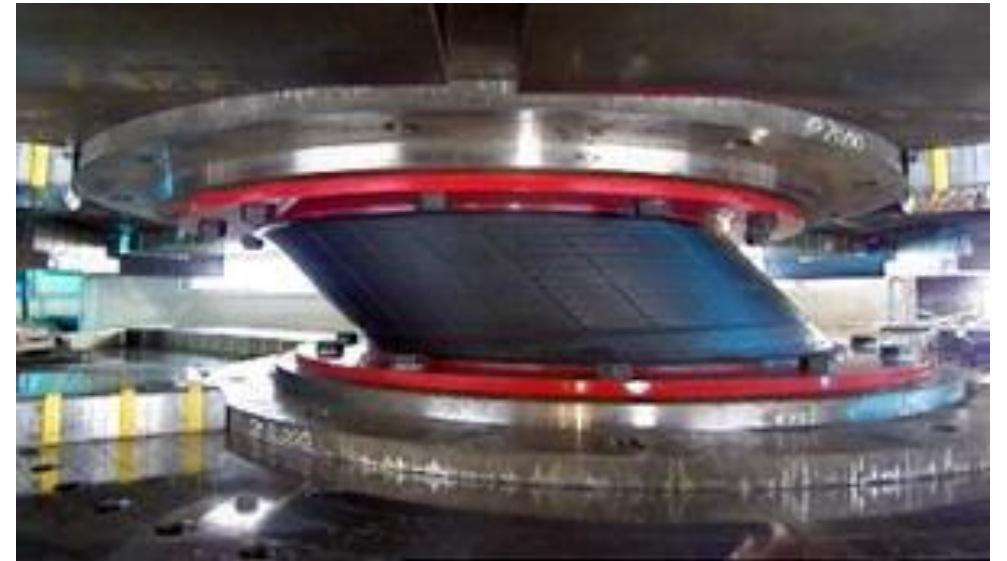
Tecnologías de protección

1. Aislamiento sísmico

Deslizantes

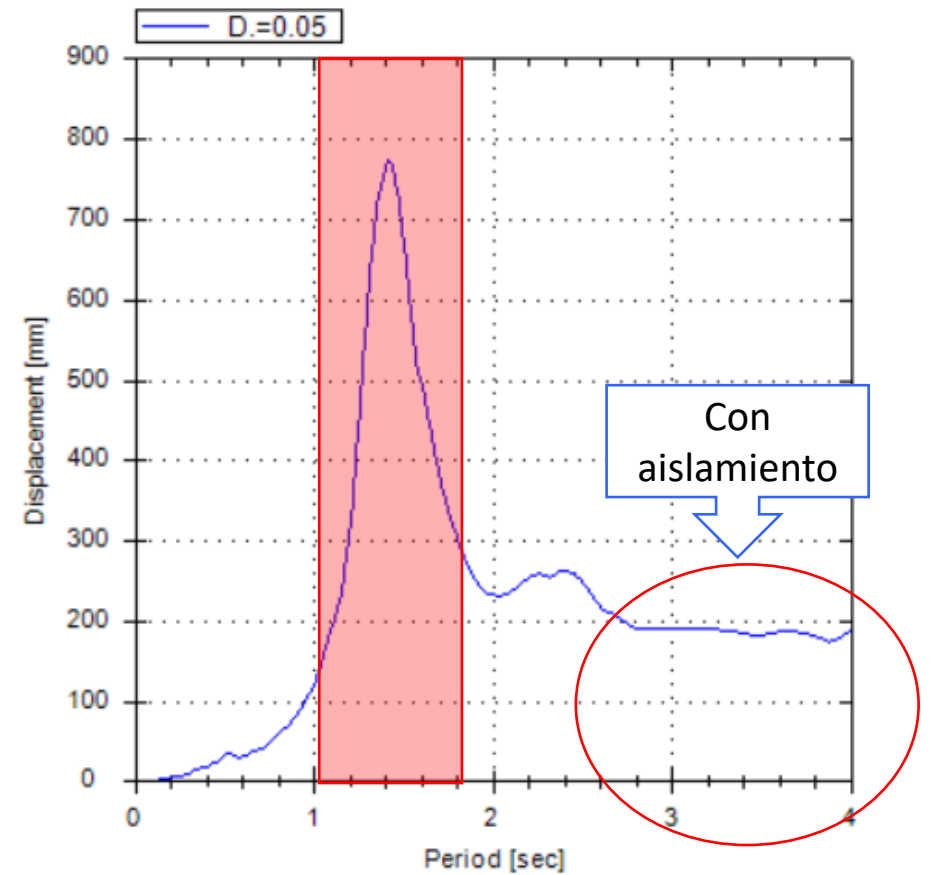
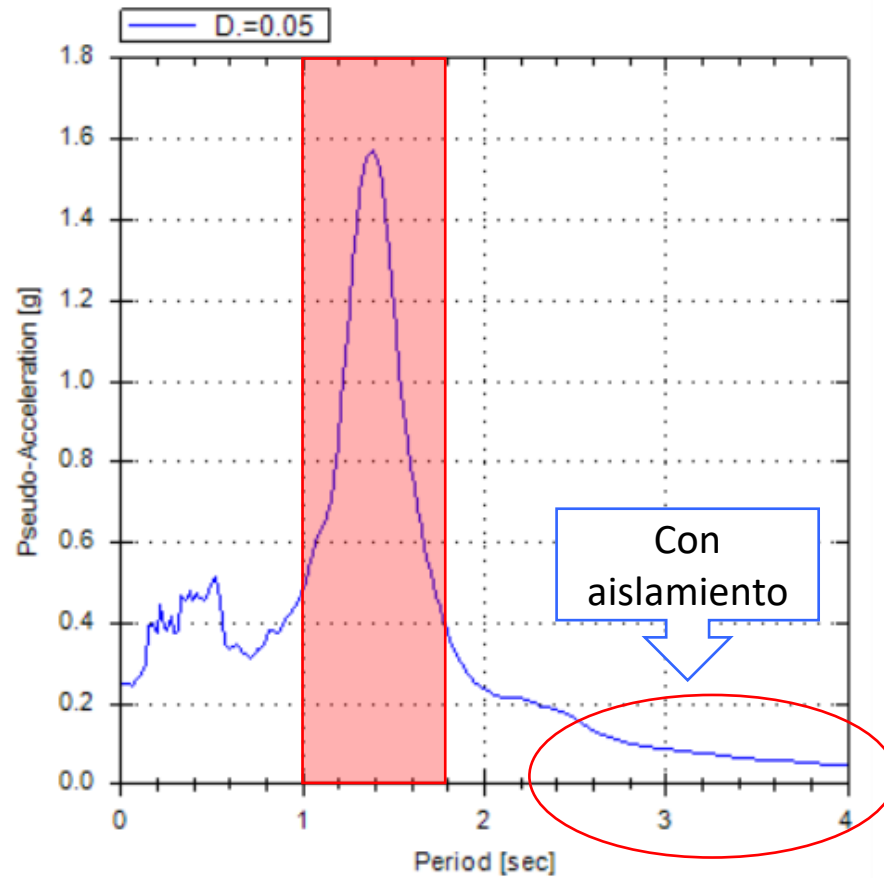


Elastoméricos



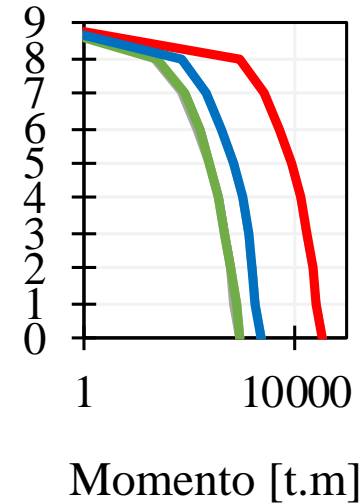
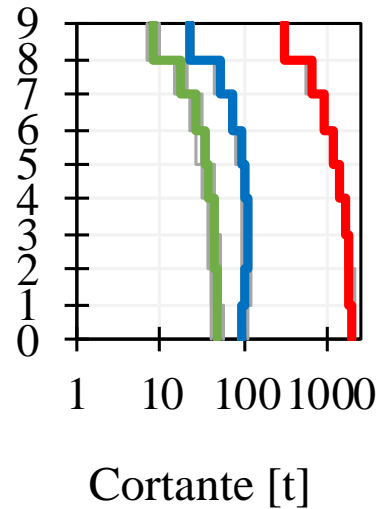
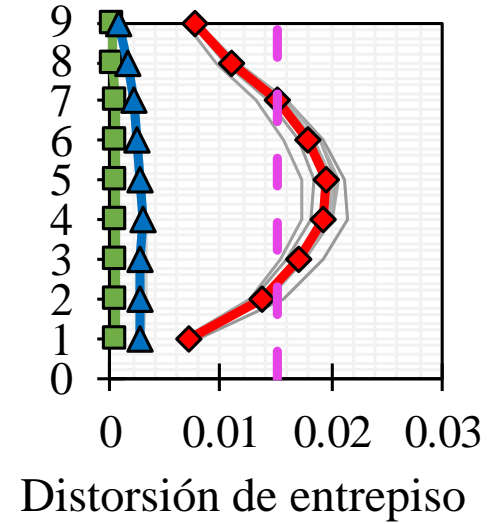
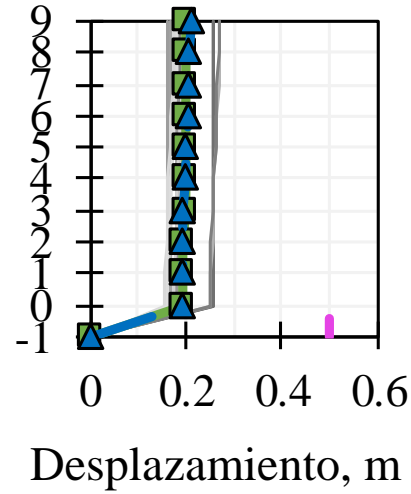
Tecnologías de protección

1. Aislamiento sísmico

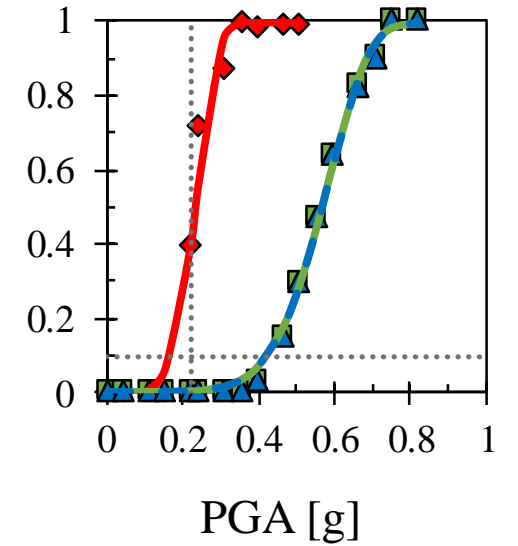


Tecnologías de protección

1. Aislamiento sísmico

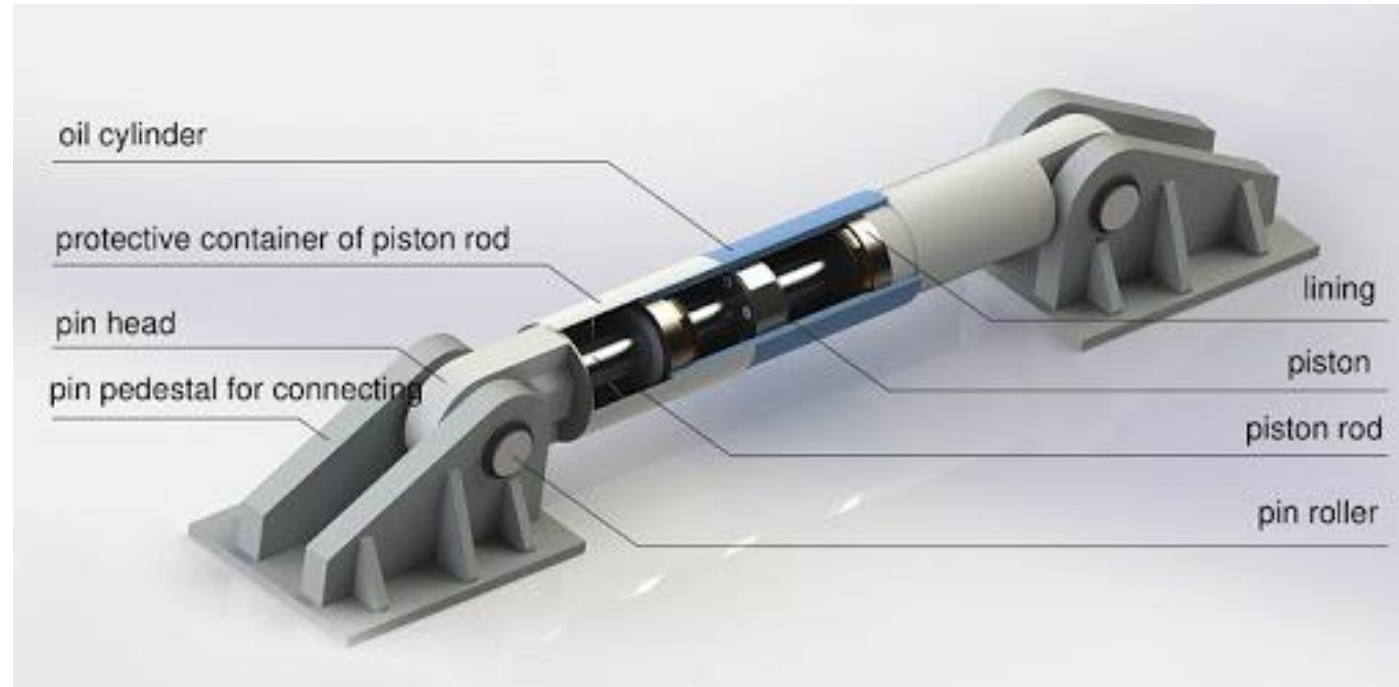


Aguilar (2020)



Tecnologías de protección

2. Amortiguadores viscosos



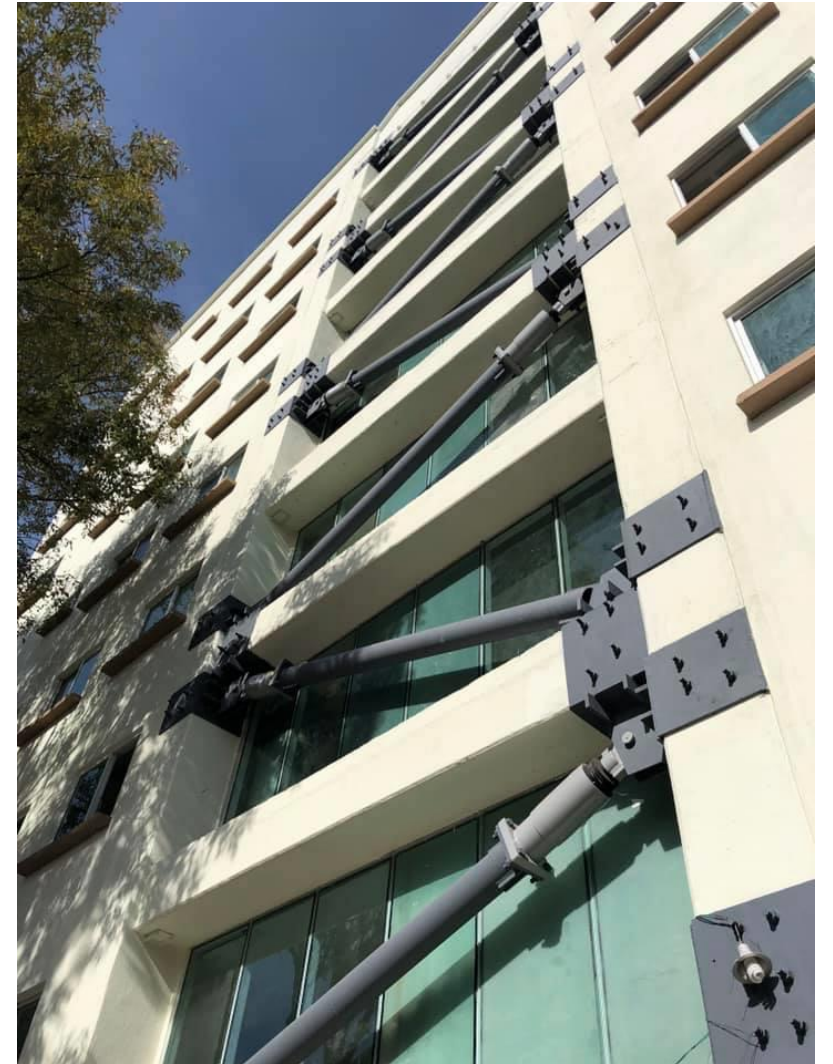
Tecnologías de protección

2. Amortiguadores viscosos



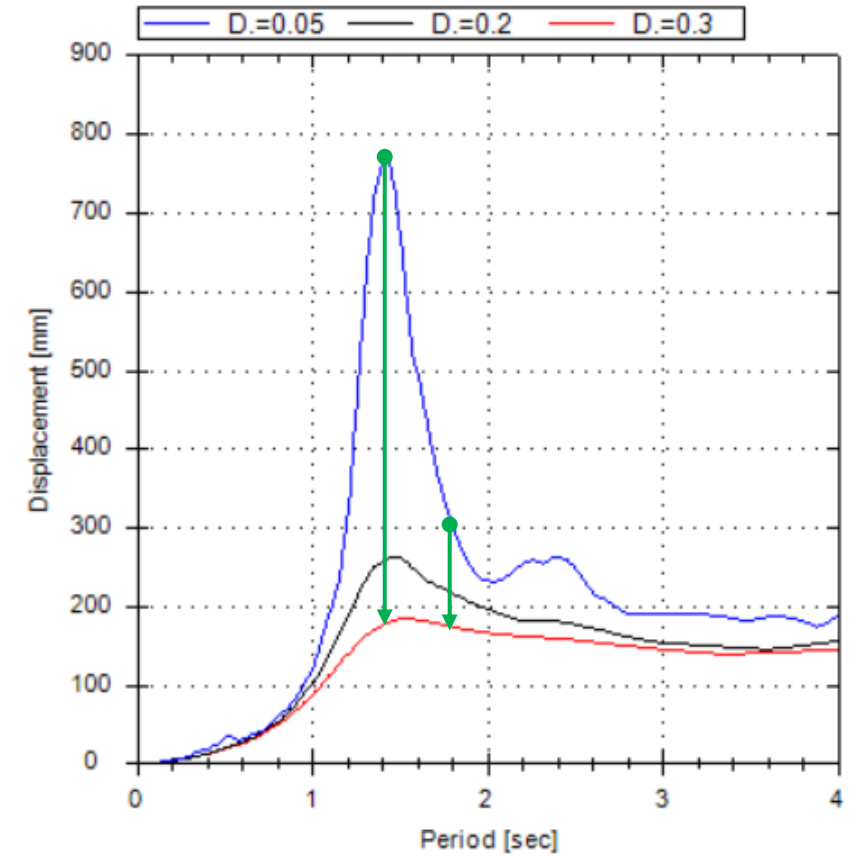
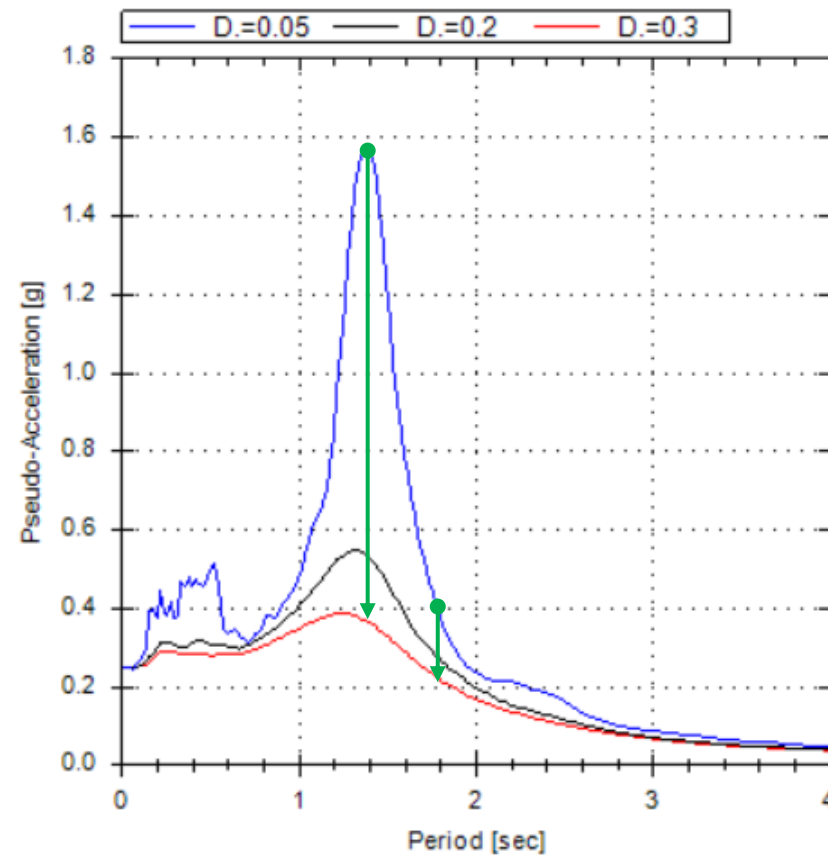
Tecnologías de protección

2. Amortiguadores viscosos



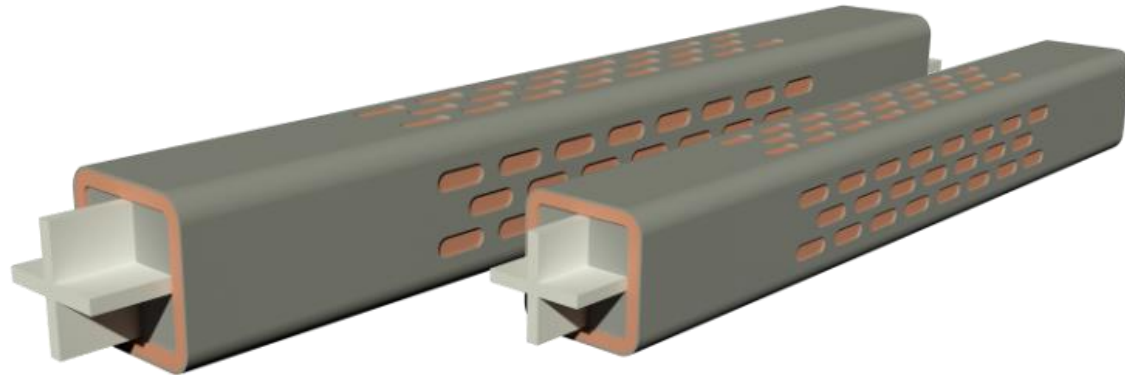
Tecnologías de protección

2. Amortiguadores viscosos



Tecnologías de protección

3. Amortiguadores
histeréticos
(contraventeos
restringidos al
pandeo)



Tecnologías de protección

3. Amortiguadores
histeréticos
(contraventeos
restringidos al
pandeo)

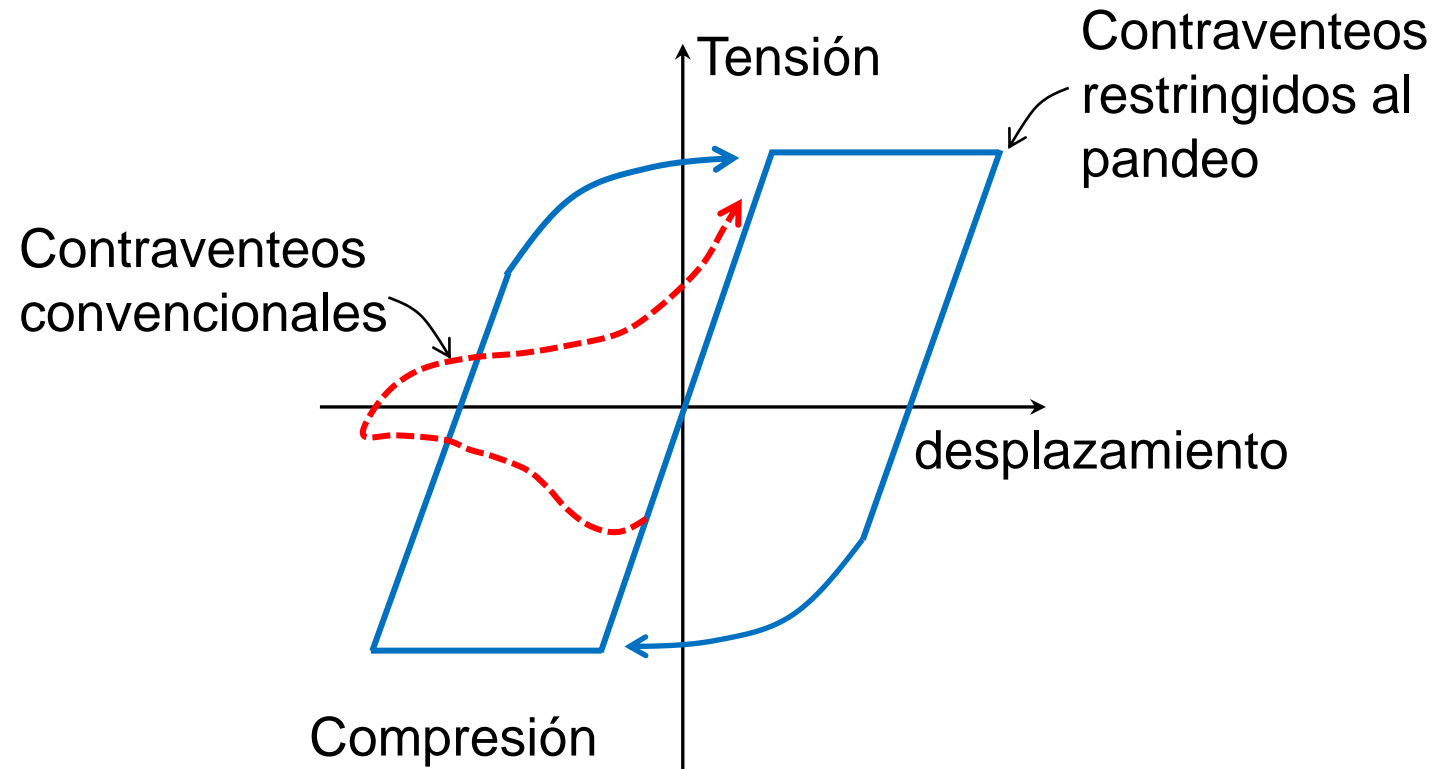


3. Amortiguadores
histeréticos
(contraventeos
restringidos al
pandeo)

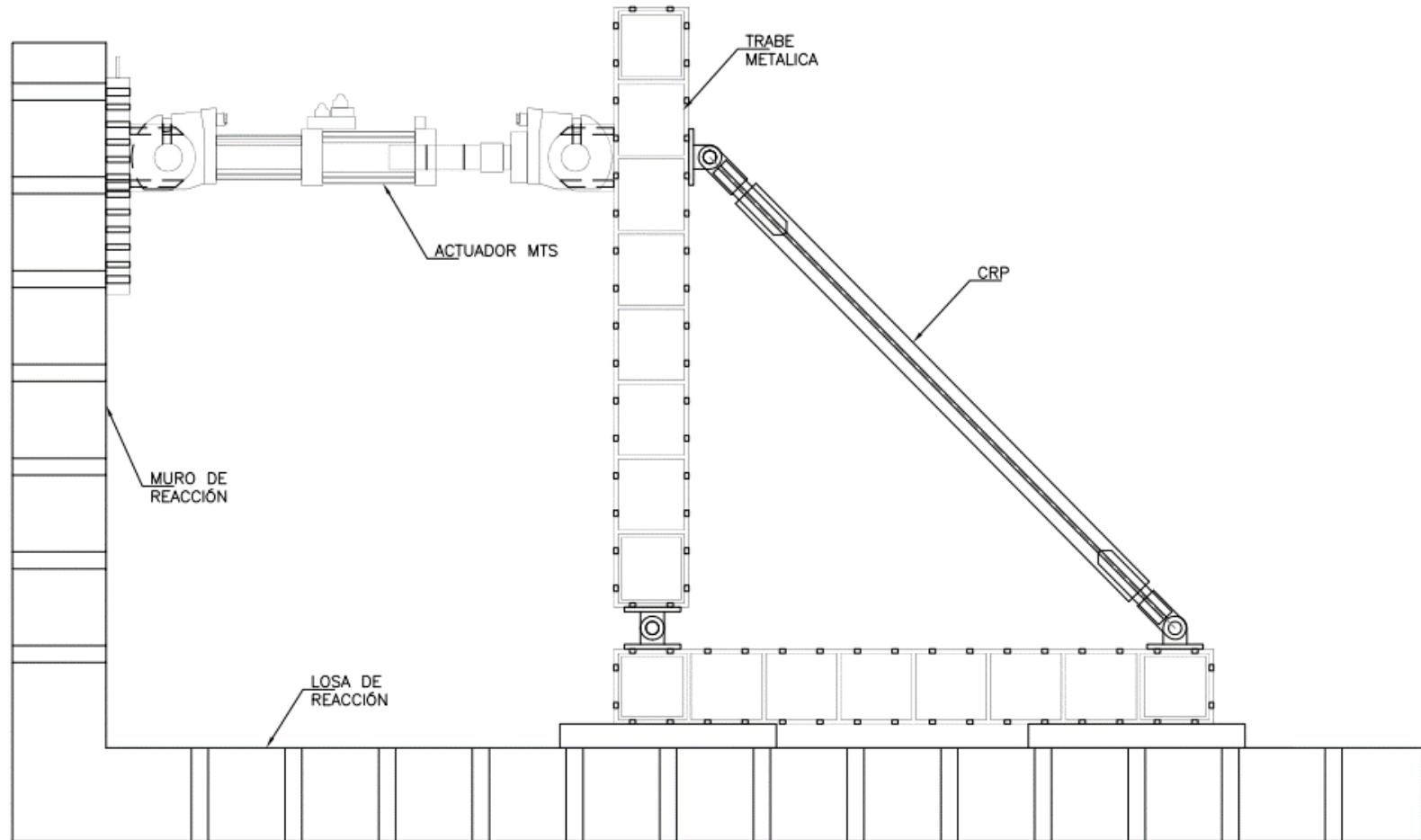


Tecnologías de protección

3. Amortiguadores histeréticos (contraventeos restringidos al pandeo)



Tecnologías de protección

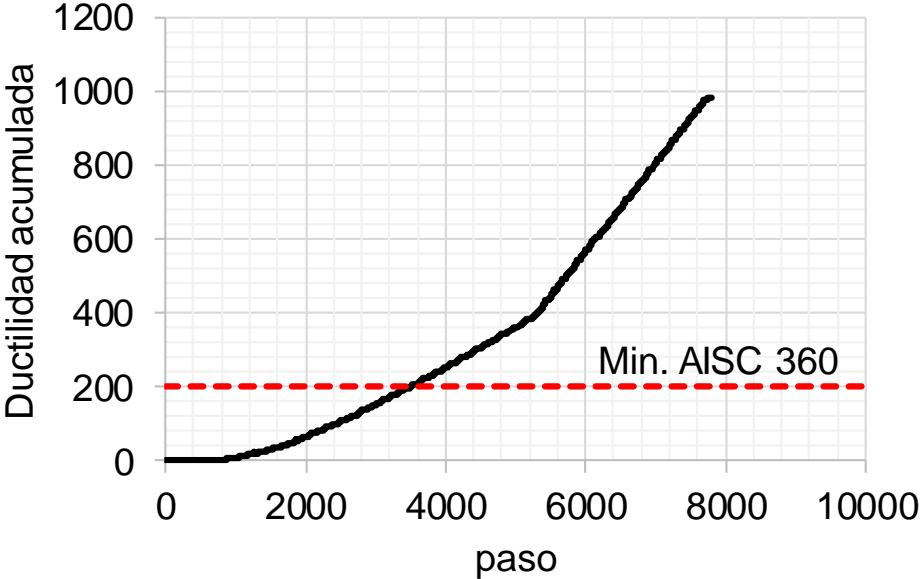
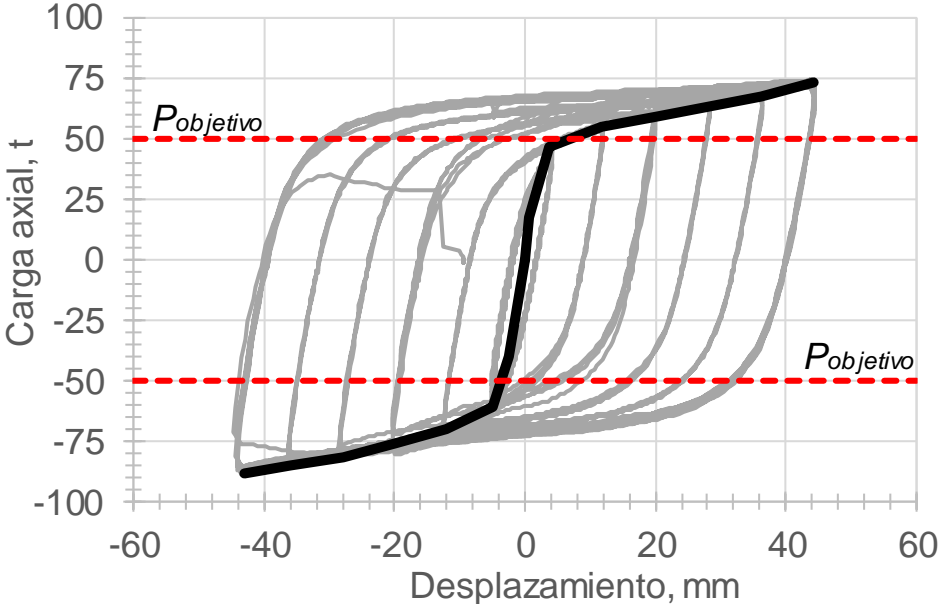


Ensaye de dispositivos de
disipación de energía

Guerrero et al. (2022)

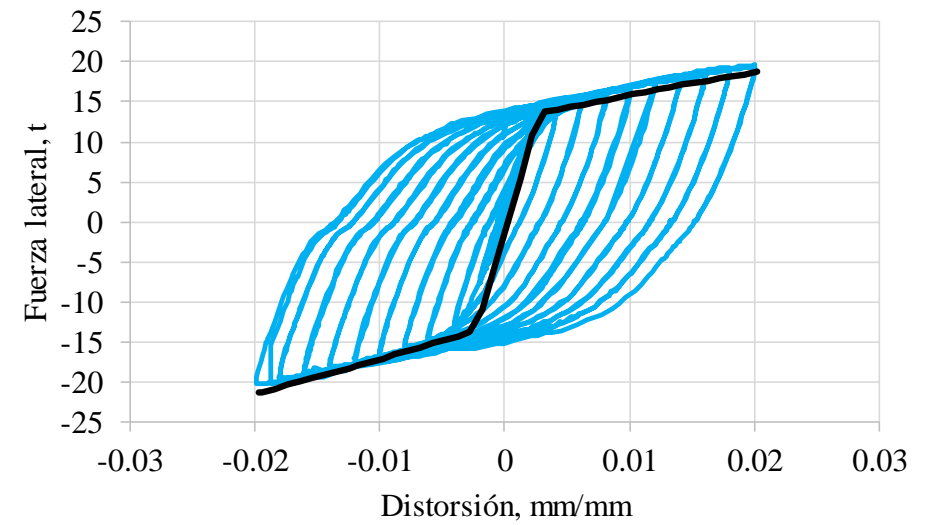


Ensaye de dispositivos de disipación de energía

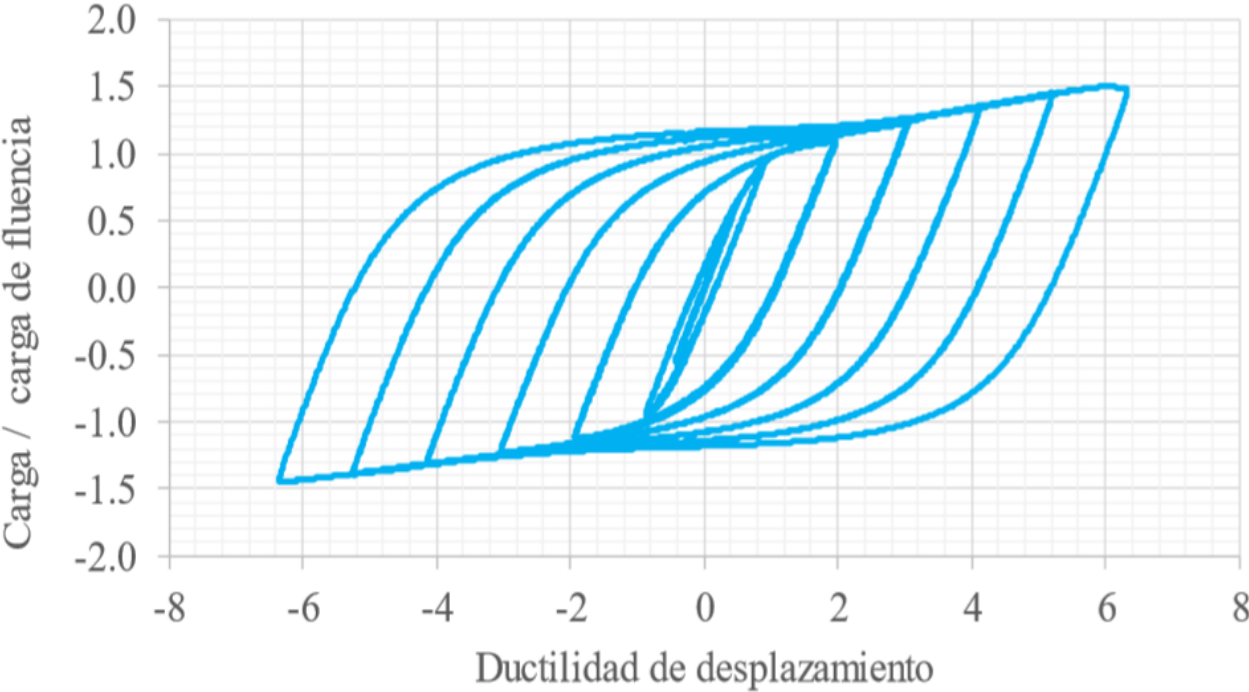
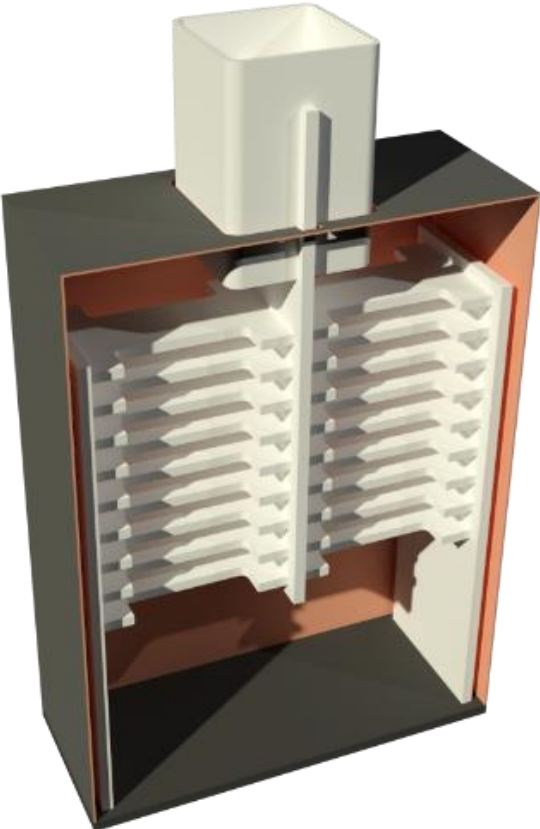


Guerrero et al. (2022)

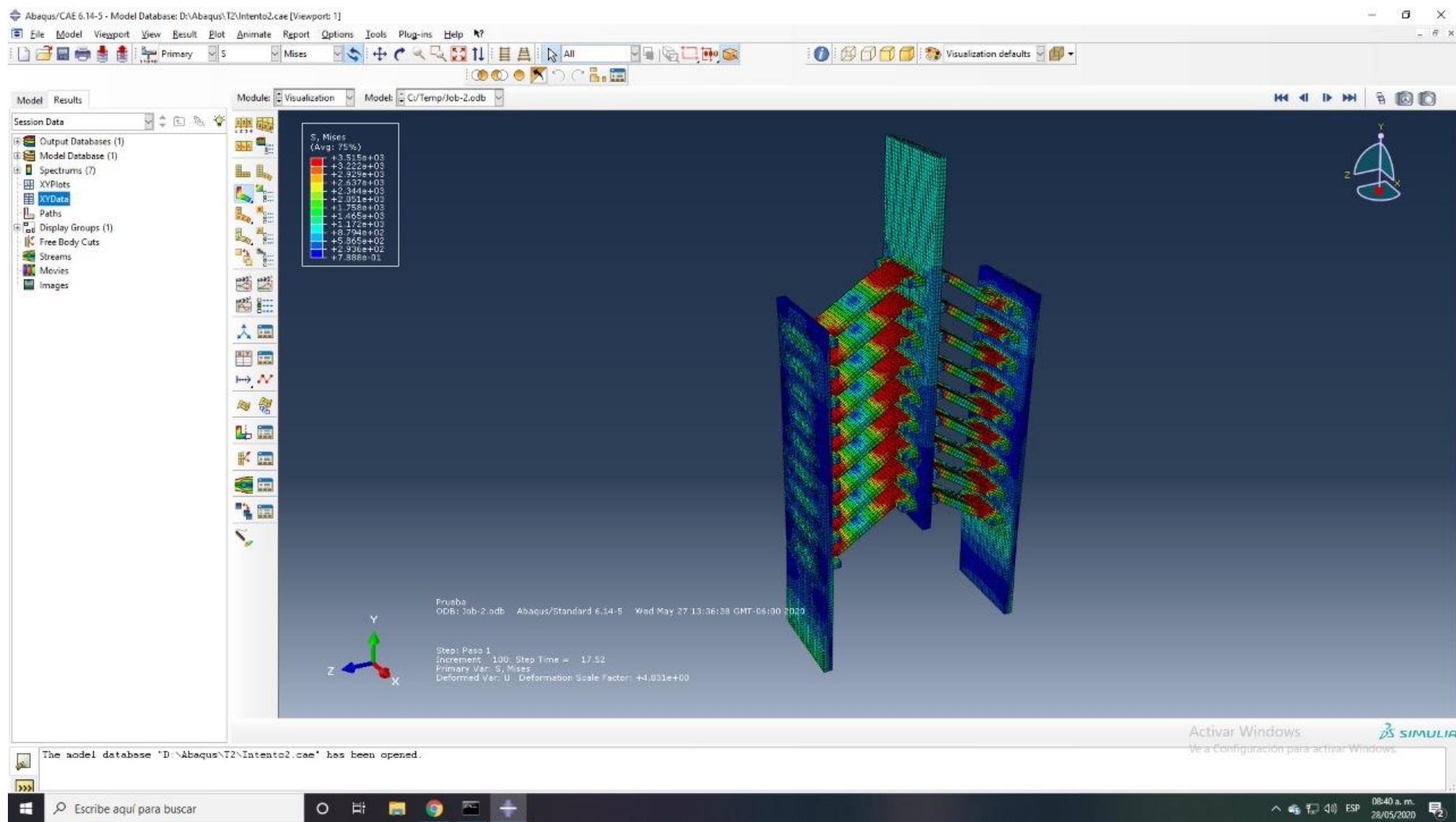
Ensaye de dispositivos de disipación de energía



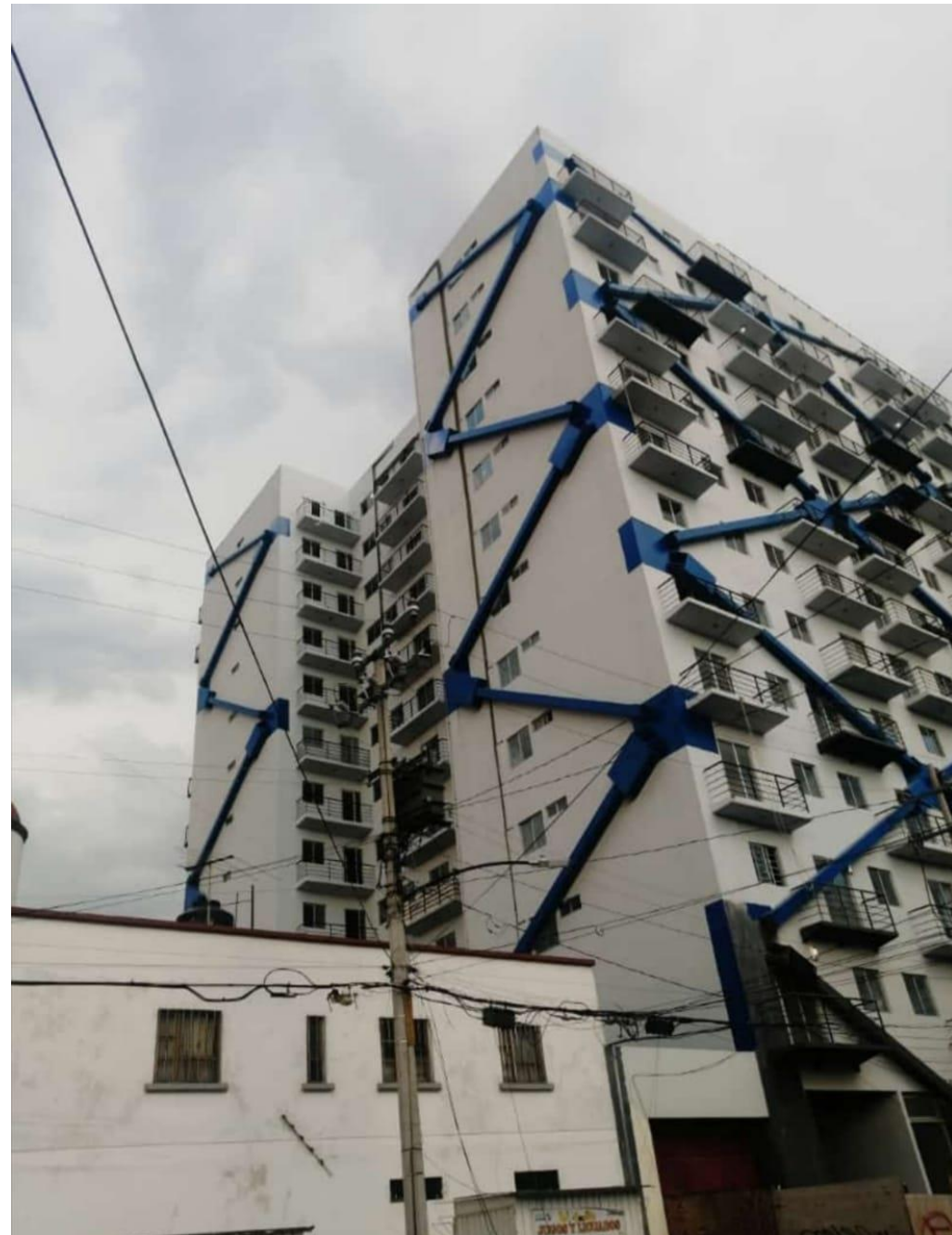
Ensaye de dispositivos de disipación de energía



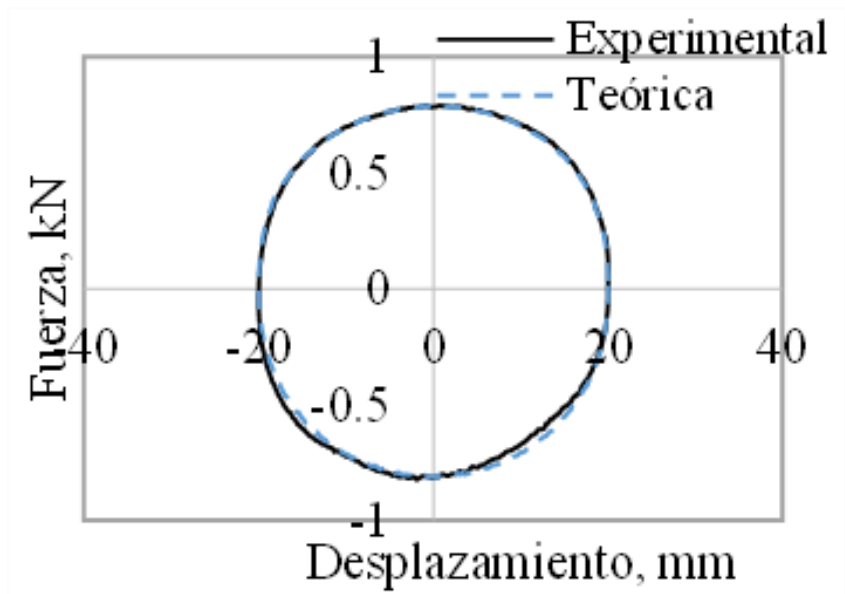
Ensayo de dispositivos de disipación de energía



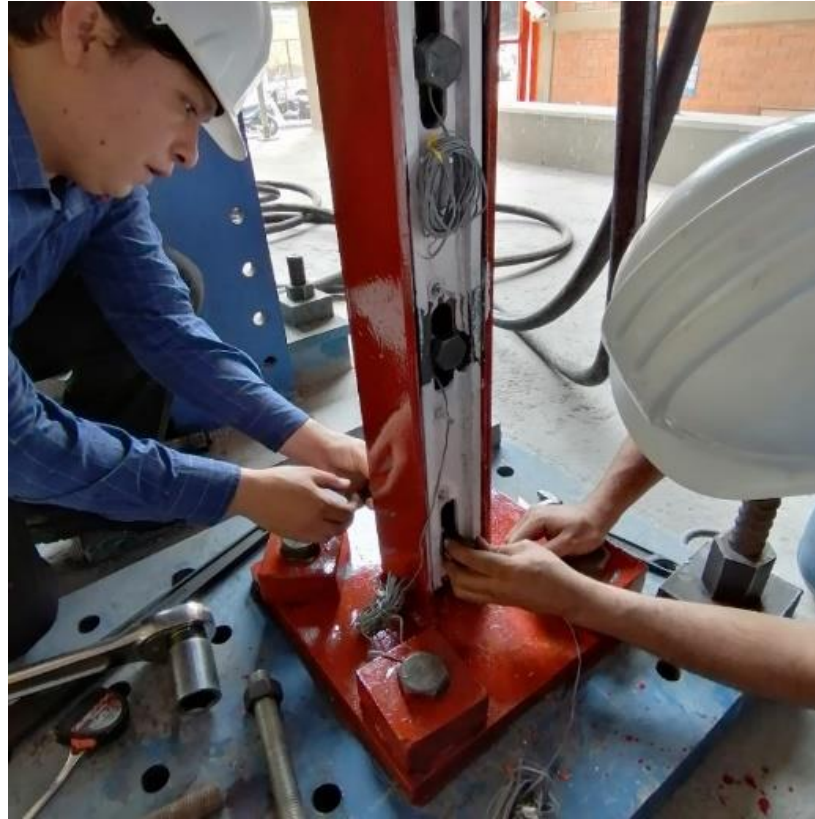
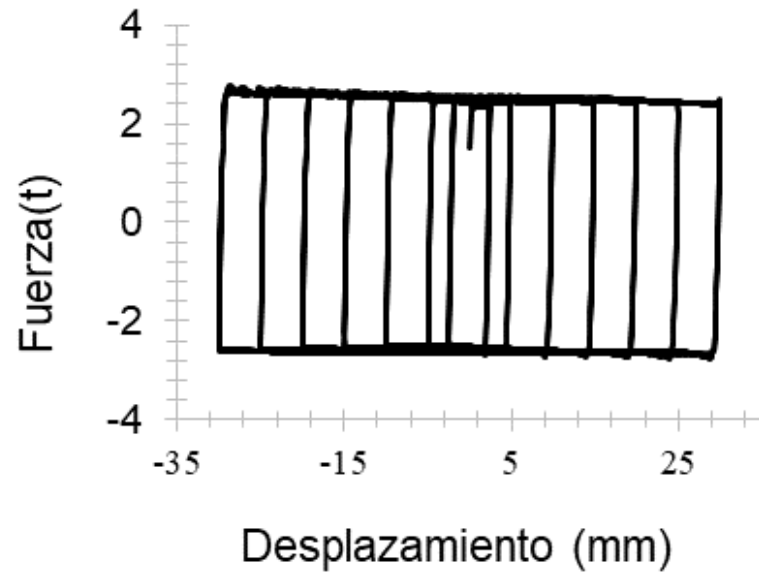
Edificio rehabilitado con amortiguadores histeréticos en Insurgentes Norte.



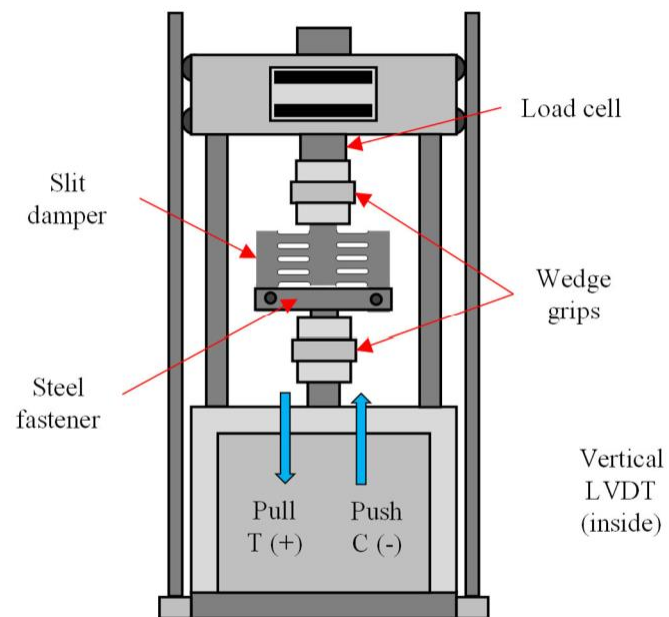
Desarrollo de amortiguadores viscosos



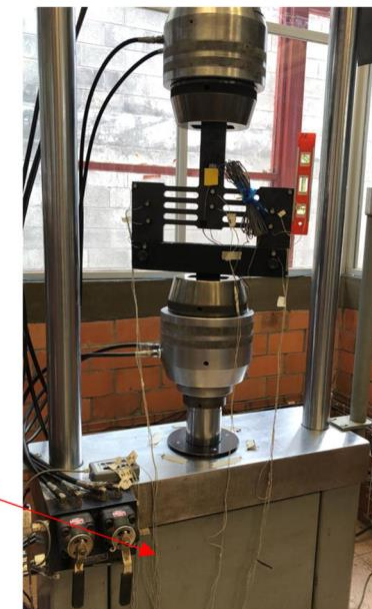
Desarrollo de amortiguadores de fricción



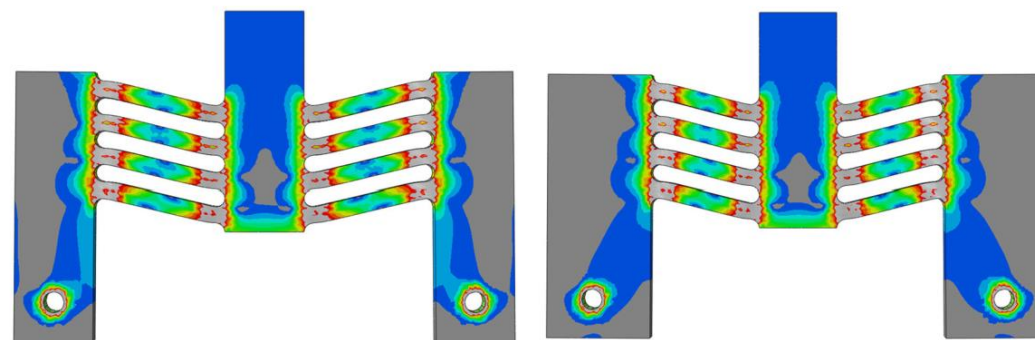
Rodríguez-Moreno
(2023). Tesis Doctoral.
UNAM



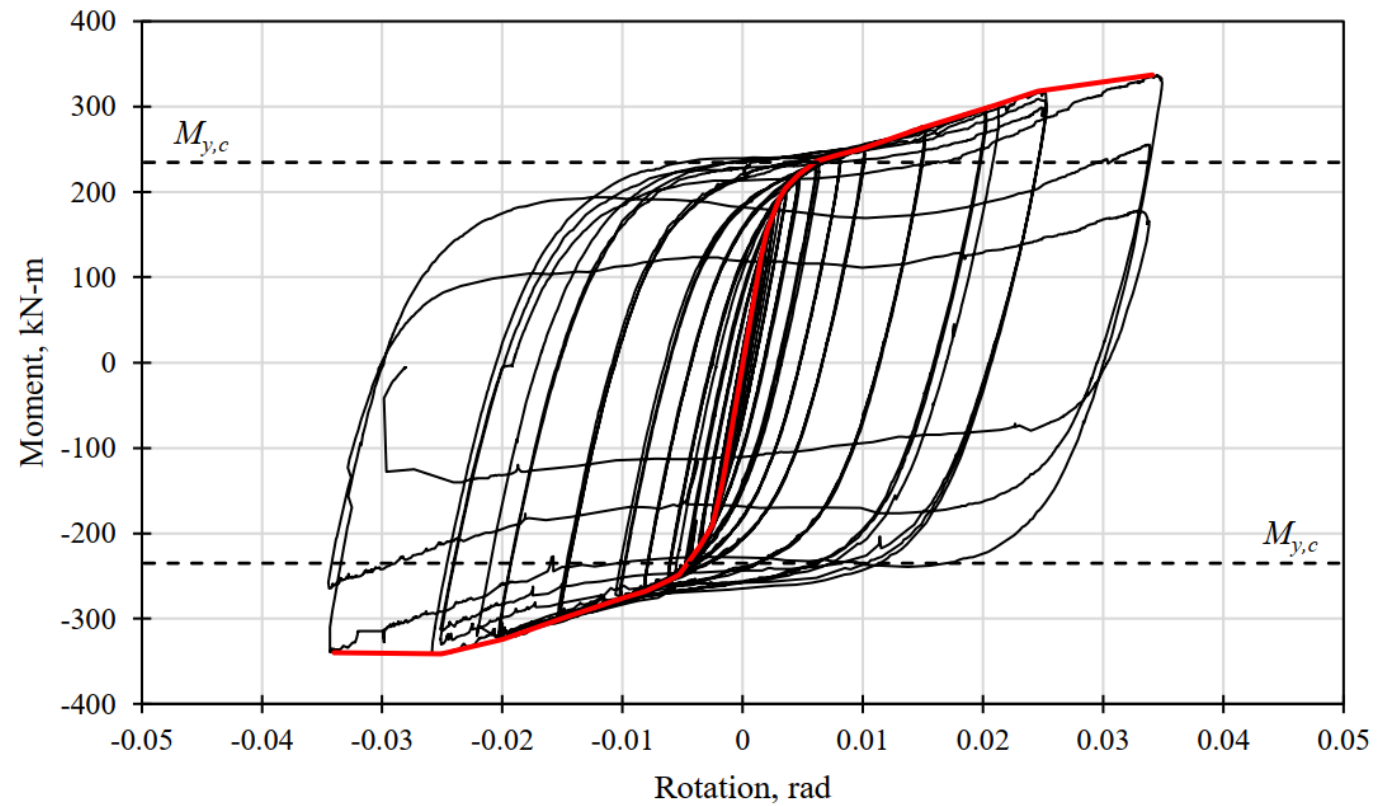
a) Test setup



b) Photograph of the test setup



Rodríguez-Moreno
(2023). Tesis Doctoral.
UNAM

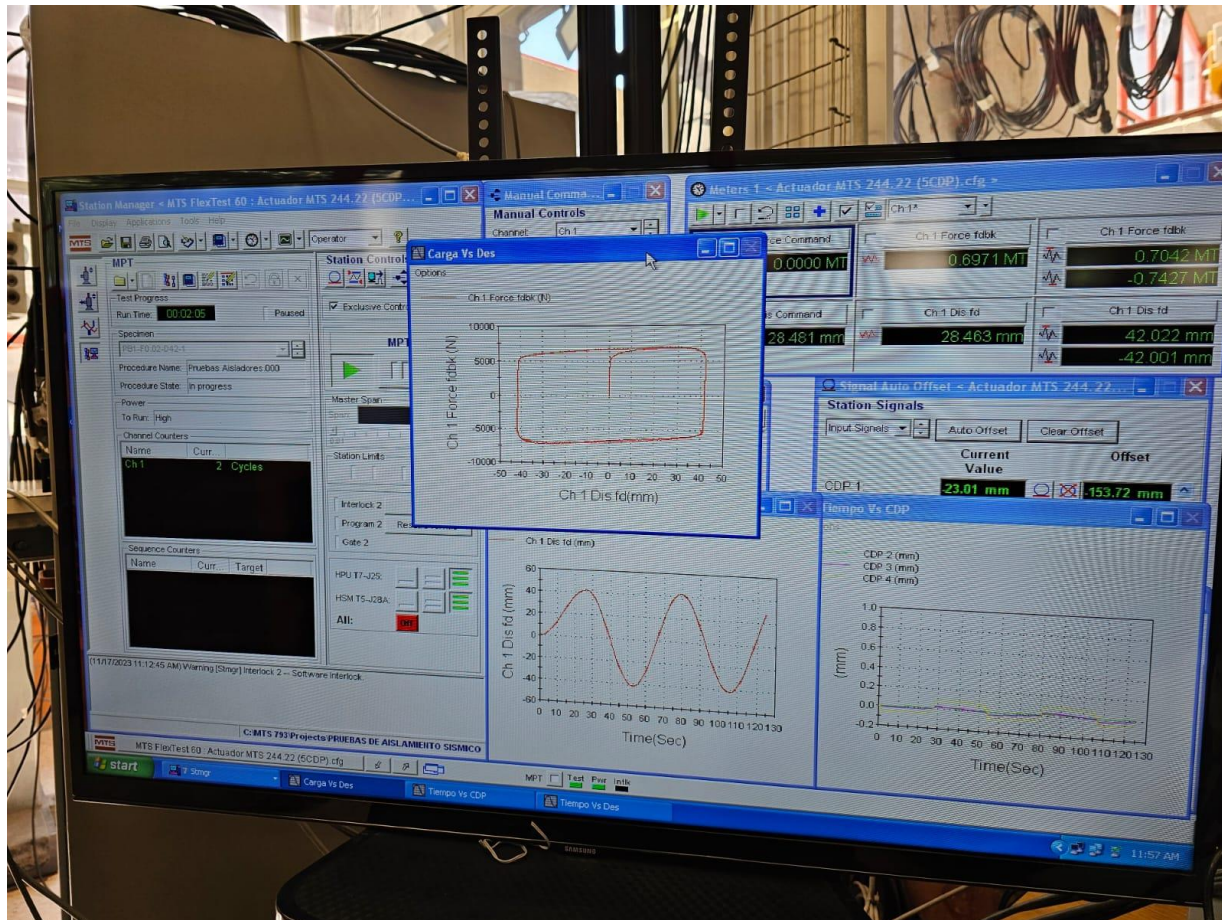


Nota: diseño de elementos estructurales para ductilidad baja.

Ensayo de edificios prefabricados

Espinoza y Guerrero (2023)



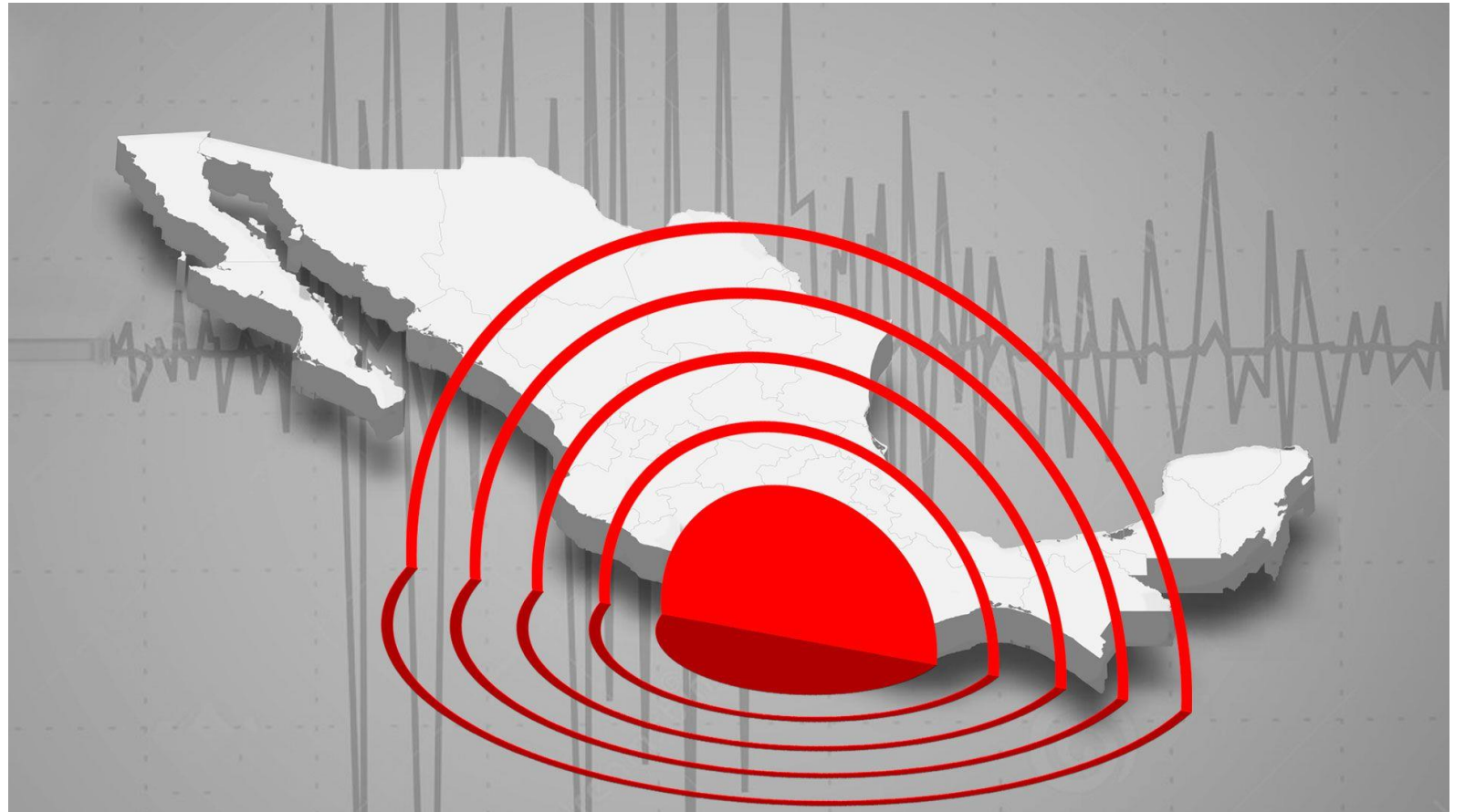


Comentarios finales

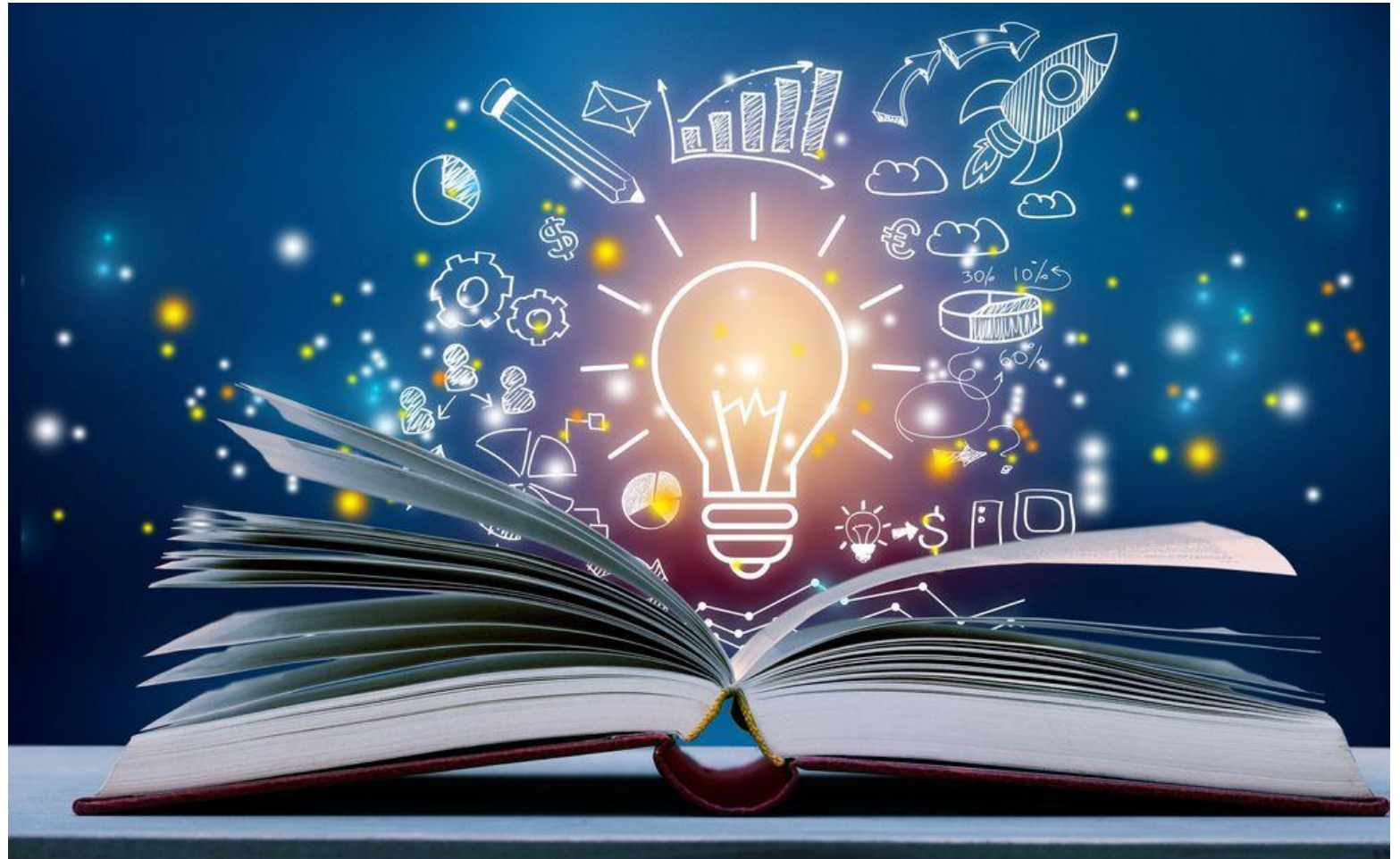
- Hemos observado que los daños por sismos alrededor del mundo son cuantiosos.



- Nuestro planeta está vivo. Nunca dejará de temblar mientras los humanos estemos en la tierra.



- Debemos usar los conocimientos más recientes y los avances tecnológicos para darle construcciones seguras a nuestras comunidades.
- Es nuestra responsabilidad darles lo mejor.



- No sólo debemos limitarnos a cumplir con las normas de diseño. Actualmente podemos, y debemos, ir más allá para ofrecer construcciones más seguras.



- La naturaleza es impredecible. Siempre nos puede sorprender con terremotos mayores a los considerados en los reglamentos de diseño. Podemos y debemos diseñar estructuras más seguras.



Conclusiones

- La tecnología nos ofrece una forma inteligente de atender el problema. Se pueden reducir daños y tener construcciones seguras. No debemos esperar a que las tragedias ocurran para cambiar la forma de construir.



¡Muchas gracias!

