

**Ing. Rogelio B. Pittí E., M. Sc.**  
Ingeniero Civil y Estructural



# Estado del arte de los sistemas de protección sísmica para edificios

## Introducción

La filosofía de diseño implícita en los códigos de construcción, de la mayor parte de los países del mundo está basada en las siguientes premisas:

- Un sismo menor no debe causar daño al edificio.
- Un sismo moderado puede producir daño reparable.
- Un sismo fuerte puede causar daño significativo pero no el colapso o pérdidas humanas, [1].

Actualmente la mayoría de los especialistas en el tema favorecen el diseño de sistemas estructurales “dúctiles”, pues estos son capaces de soportar ciclos múltiples de carga sísmica severa, sin perder integridad estructural.

Esta metodología, denominada “diseño por capacidad”, fue desarrollada a finales de los años 60 y principios de los 70, y alcanzó aceptación mundial. Consiste en garantizar que los puntos débiles del sistema estructural, se localicen donde el diseñador así lo quiera, de forma tal que se comporten como “fusibles” dúctiles, y protejan a la estructura de una indeseable falla frágil. De esta forma, la estructura será capaz de desplazarse lateralmente durante un sismo fuerte sin colapsar, [1].

La ductilidad se define como la capacidad que tiene el material de deformarse inelásticamente. El daño estructural se concentra intencionalmente en regiones ubicadas de forma discreta dentro de la estructura. Estas regiones, denominadas generalmente articulaciones plásticas, desarrollan grandes deformaciones inelásticas durante el sismo, absorbiendo y disipando energía.

Sin embargo, cuando un sismo muy severo demanda un alto nivel de deformación inelástica, el edificio puede experimentar un daño estructural permanente muy difícil de reparar.

En los últimos años, con el propósito de lograr un mejor desempeño y un mejor control de daños durante un sismo, se ha desarrollado una nueva filosofía para el diseño y construcción de estructuras.

El Comité Visión 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC por sus siglas en inglés), denomina esta filosofía de diseño, Ingeniería Sísmica Basada en Desempeño, y la define como: “un conjunto de procedimientos para el diseño de estructuras, que procura obtener niveles de desempeño predecibles en respuesta a sismos con niveles específicos, y de manera confiable”, [1].

Una dificultad que enfrenta esta metodología, es su subjetividad. Es muy probable que un desempeño sísmico que para un ingeniero estructural es bueno o aceptable, no lo sea tanto para el público general. Y hasta la propia definición de lo que se espera de un “edificio a prueba de terremotos”, puede generar malos entendidos. Como ocurrió en Nueva Zelanda luego de los sismos de Canterbury, del 22 de febrero de 2011, [1].

Para evitar esto, se debe reemplazar el criterio de prevención del colapso, por un objetivo que incluya un edificio completamente operacional después del sismo. Es aquí donde las nuevas tecnologías de protección sísmica pueden ser de gran utilidad.

## Clasificación De Los Sistemas De Protección Sísmica Para Edificios

Los sistemas de protección sísmica pueden clasificarse en cuatro categorías principales:

**Sistemas Pasivos:** Conocidos también como sistemas de Control Pasivo de Vibraciones Sísmicas (Seismic Vibration Passive Control, SVPC). Utilizan dispositivos bastante simples para reducir la respuesta dinámica por medios únicamente mecánicos.



Los sistemas pasivos más comunes son los aisladores sísmicos (Seismic Isolation, SI), los disipadores de energía (Energy Dissipation, ED), y los amortiguadores de masas sincronizadas (Tuned Mass Damper, TMD), [3].

**Sistemas Activos:** Emplean dispositivos que generan fuerzas de control para modificar la respuesta dinámica de la estructura. Las fuerzas de control son aplicadas mediante actuadores integrados a sensores, controladores y procesadores de información en tiempo real. Los sistemas activos más comunes son los osciladores de masa activa (Active Mass Damper, AMD), los arriostramientos activos (ABS) y los tendones activos. De estos, los osciladores de masa activa constituyen la forma más simple de aplicar fuerzas de control. Los arriostramientos y tendones activos todavía se encuentran en nivel experimental, [5].

**Sistemas Híbridos:** Se trata de una combinación de sistemas de control pasivo y activo, con el propósito de mejorar la eficiencia y la confiabilidad del control estructural. Se busca superar algunos de los inconvenientes que presenta un sistema completamente activo, al emplear múltiples dispositivos de control. Los más comunes son los osciladores híbridos (Hybrid Mass Damper, HMD) y los aisladores activos, [5].

**Sistemas Semi-Activos:** Son sistemas que no aplican fuerzas de control a la estructura, pero poseen propiedades variables que pueden ser manejadas para reducir la respuesta del sistema estructural. Su principal ventaja es que no requieren grandes fuentes de energía, [6].

Los sistemas pasivos son los más conocidos, particularmente en Japón. Pero también son más o menos numerosos en cerca de 30 países, incluyendo la República Popular de China, la Federación Rusa, los Estados Unidos e Italia, entre otros. Más de 10,000 estructuras en el mundo han sido protegidas mediante dispositivos pasivos, más de 5,000 sólo en Japón. El aislamiento sísmico es el sistema más desarrollado de la familia, con continuos avances en dispositivos, aplicaciones y especificaciones de diseño, [2], [3], [4].

### Discusión

Actualmente existe una gran diversidad de sistemas de protección sísmica para edificios, muchos de los cuales se encuentran a nivel operativo, es decir que están disponibles en forma de dispositivos o aplicaciones comerciales, que pueden emplearse para mejorar el

desempeño sísmico de un edificio.

Es importante señalar, que cada método de protección sísmica presenta ventajas y desventajas. Su aplicabilidad a un edificio en particular depende de las características dinámicas de la estructura, del tipo de suelo sobre el que se apoya el edificio, del nivel de exposición a la amenaza sísmica, de la importancia del edificio, de la disponibilidad comercial del sistema, etc.

Panamá presenta un desarrollo impresionante en todo lo referente a obras de ingeniería civil, sobre todo de edificios. Contamos con una gran diversidad de tecnologías de diseño y construcción, generalmente importadas de países avanzados. Es de esperar que a corto o mediano plazo, las nuevas tecnologías de protección sísmica también incursionarán en nuestro medio, y contribuirán a garantizar un mejor desempeño sísmico en los nuevos edificios en que sean implementadas.

Por último, es obvio que los sistemas de protección pasiva son los que presentan un nivel más avanzado de desarrollo. Particularmente, los sistemas de aislamiento de base, con su relativa simplicidad y bajo costo, muestran un buen potencial en Panamá.

### REFERENCIAS

- [1] Buchanan, A., Bull, D., Dhakal, R., MacRae, G., Palermo, A., y Pampanin, S., Base Isolation and Damage-Resistant Technologies for Improved Seismic Performance of Buildings, Report written for the Royal Commission of Inquiry into Building Failure Caused by the Canterbury Earthquakes (Research Report 2011-02), University of Canterbury, New Zealand, 2011.
- [2] Higahsino, M., Kani, N., Ohta, Y., y Hamagushi, H., State of the Art of the Development and Applications of Seismic Isolation and Energy Dissipation Technologies for Buildings in Japan, WIT Transactions on The Built Environment (Vol. 104), 2009.
- [3] Martelli, A., Progress of the Applications of Passive Anti-seismic Systems, WIT Transactions on The Built Environment (Vol. 104), 2009.
- [4] Saiful, A. B., Jameel, M., y Zamin, M., Seismic Isolation in Buildings to be a Practical Reality: Behavior of Structure and Installation Technique, Journal of Engineering and Technology Research (Vol. 3), University of Malaya, Malaysia, 2011.
- [5] Spencer, B. F., Soong, T. T., New Applications And Development of Active, Semi-active and Hybrid Control Techniques for Seismic and Non-Seismic Vibrations in the USA, Proceedings of International Post-SMIRT Conference Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control of Vibrations of Structures, Korea, 1999.
- [6] Spizzuoco M., Occhiuzzi, A., y Serino, G., Performance of a Semi-Active MR Control System for Earthquake Protection, Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Canada, 2004.