



El arquitecto Diego Martín-Sáiz trabaja en su despacho de la consultora Dimark.s.g.

EDIFICIOS A PRUEBA DE SISMOS

► **Torre Taipei 101 (Taiwán).** El interior de este rascacielos de 508 metros alberga una bola de acero de 660 toneladas que se balancea como un péndulo para contrarrestar terremotos y tifones.

► **Torre Reforma (México D. F.).** El edificio tiene forma de libro abierto, con dos paredes de hormigón armado y una fachada de vidrio con bisagras flexibles. Está diseñada para moverse con los sismos.

► **Terminal Sabiha Gokcen (Estambul).** El edificio más grande del mundo resistente a terremotos ocupa más de 400.000 m² y puede soportar temblores de hasta 8° en la escala Richter. La terminal se levanta sobre cientos de aisladores que absorben la energía.

► **Pirámide Transamericana (San Francisco).** El devastador terremoto de Loma Prieta de 1989 fue la prueba de fuego para este edificio de 48 alturas. Se sacudió y se balanceó durante un minuto y salió intacto.

Imagine un coche de los que se fabrican ahora, diseñados para que un impacto frontal los arrugue como un acordeón, pero manteniendo a salvo al que viaja en su interior porque el chasis está pensado para absorber la energía. Pues algo parecido ocurre con los edificios que se levantan en zonas de alta sismicidad. Se diseñan para que se puedan deformar e incluso torsionarse.

«Que se rompan los cristales no es relevante; de lo que se trata es de que no colapsen, de manera que sus ocupantes puedan salir con vida». El ejemplo es de Diego Martín-Sáiz, arquitecto fundador de la consultoría Dimark y experto en cálculo de estructuras en edificación. Y viene a cuento por el debate abierto sobre la seguridad de los edificios a la vista de lo ocurrido en Venezuela, donde dos terremotos seguidos y por encima de los 7 grados en la escala Richter han sembrado la desolación en el país caribeño.

Pero, ¿qué provoca el colapso de un edificio, cómo protegerlo de los sismos? «Un terremoto es una fuerza que se aplica a una estructura y si esta no está preparada para esa acción, si los elementos que la integran están sujetos a un esfuerzo para el que no están preparados, se rompe», resume Martín-Sáiz. «El diseño estructural está en la base de las soluciones que manejamos. Cuanto más ordenada está la estructura, mejor comportamiento muestra ante los terremotos». Por ejemplo, pilares que lleguen hasta el suelo; estructuras flexibles y dúctiles, que se pueden deformar mucho antes de romperse y donde el acero cobra una importancia decisiva.

También es importante la cimentación, mejor si tiene el apoyo en roca, con los elementos que la integran unidos entre sí para que el impacto se reparta mucho mejor. Aquí entran en juego soluciones imaginativas, como «cámaras de neopreno que sirven de aislamiento y rompen las vibraciones que recibe esa estructura, actuando como muelles que mitigan las ondas que se transmiten a

Edificios para resistir terremotos

Pilares hasta el suelo, cimientos con cámara aislante y mucho, mucho acero. Cuatro arquitectos detallan las claves de una estructura a prueba de temblores... y viento



SERGIO GARCÍA

la estructura y disipan su energía».

Francisco García trabaja en Eptisa, la ingeniería más antigua de España. Pone el acento en la utilización de elementos rígidos, como son los muros de carga o las divisorias, los nudos entre las vigas y pilares, los cables y barras diagonales... un diagrama de armado simétrico en todos los sentidos y que tiene por objeto absorber fuerzas horizontales, prevenir la deformación y disminuir la longitud de pandeo. «Cuando se diseña un edificio estamos pensando en su carga vertical –el propio peso de la construcción, la gente que lo habita, el uso para el que está concebido–. Pero hay además un esfuerzo horizontal que está ligado no sólo a los terremotos, sino también al viento», señala

García sabe muy bien de lo que habla. Participó en la construcción de Torre Iberdrola, ese coloso de 165 metros y 41 plantas que tiene que hacer frente a unas corrientes de aire condicionadas por la orografía del 'botxo' que ocupa Bilbao.

«Su estructura encaja con la de muchas obras concebidas para resistir terremotos: tiene un núcleo cerrado de hormigón que prácticamente es el 40% de la planta y que va desde el último sótano hasta la cubierta, y de donde salen los pisos que terminan en los pilares inclinados del perímetro». Si hubiese un sismo, el edificio se sustentaría con ese núcleo central que lo sostiene todo. «Cada planta es un elemento independiente que se mueve, que tiene sus pilares metálicos que también son flexibles y que van a disipar la energía». No hay vértices

donde se pueda acumular la tensión.

«Lo más importante es que las estructuras sean sencillas, regulares, simétricas, bien equilibradas... porque lo que hace un terremoto es sacudir el edificio y, si hay zonas muy rígidas y otras que no lo son tanto, esa agitación acabará encontrando un punto débil y provocando una fractura», explican Íñigo Ibáñez y Soraya Moreno, arquitectos y socios de la firma Isostatika.

Ambos profesionales vuelven a subrayar la importancia de construir sobre roca en lugar de hacerlo en suelos de sedimento. «Lo más peligroso que puede pasar en un terremoto es que se acoplen la frecuencia de vibración del terreno con la del edificio, porque entonces se magnifica muchísimo la intensidad del temblor. Si el edificio vibra a la misma velocidad que el terreno es cuando el riesgo de colapso es mayor. Por esa razón, a los ejércitos les piden romper el paso al cruzar un puente, para de esta forma mitigar la sacudida».

LA CLAVE

NORMATIVA SISMORRESISTENTE

El objetivo principal es que el edificio no colapse antes de que la gente que lo habita haya tenido tiempo de irse

La norma que rige en España, país donde el riesgo de sismos es moderado, es la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR) que tiene como fin último que los edificios, más allá de los daños 'superficiales', no colapsen para que la gente tenga tiempo de escapar, señalan desde el Colegio de Arquitectos Vasco-Navarro.

Dicho de otro modo, «no importa que el edificio se quemé, pero que lo haga cuando haya salido todo el mundo», ilustra Francisco García. Un cuerpo legal está sujeto a constantes incorporaciones, a menudo fruto de episodios registrados que obligan a actualizar lo que se daba por seguro. Es el caso de episodios que han superado los 5° y se han cobrado su tributo en vidas, como ocurrió en Lorca (Murcia) en 2011 y antes en Albolote (Granada, 1956).

Distinto nivel de exigencia

Los edificios están separados por categorías, ocupando los primeros lugares de esa clasificación no ya los más altos ni los más pesados, sino los hospitales, las comisarías, los parques de bomberos... Todo ese entramado que garantiza que la sociedad no se detenga cuando todo lo demás falla. No es lo mismo construir una central de datos o un servicio de emergencias que una casa unifamiliar, no están sujetos al mismo nivel de exigencia.

Tampoco es lo mismo edificar en Venezuela, Japón, México o Italia, donde la actividad sísmica es frecuente –con el consiguiente riesgo de tsunami en zonas de costa–, que hacerlo en España. Las directrices que son de obligado cumplimiento en las primeras no lo son en las segundas, y si bien en la Península Ibérica hay zonas –Pirineos, Levante y fachada atlántica– donde la prudencia y las malas experiencias aconsejan tomar precauciones, estas no son tan estrictas en el País Vasco, una región sin fallas conocidas y con niveles muy reducidos de aceleración sísmica.

Claro que el riesgo cero no existe. El pasado 7 de diciembre la tierra tembló