



# NUEVAS NORMAS PARA CONSTRUIR EL FUTURO

*LA MODIFICACIÓN DE LAS NORMAS ESTRUCTURALES PARA LAS EDIFICACIONES YA ESTÁ LISTA. LA COMISIÓN DE DISEÑO ESTRUCTURAL DEBIÓ ACELERAR SU TRABAJO DESPUÉS DEL TERREMOTO Y LO MÁS PROBABLE ES QUE EN LAS PRÓXIMAS SEMANAS YA ESTÉ DICTADO EL DECRETO SUPREMO QUE ADVIERTE SOBRE LAS REFORMAS TRANSITORIAS QUE TENDRÁN LAS NORMAS NCH 433 Y NCH 430. ESTAS SON LAS NUEVAS PRÁCTICAS QUE DEBERÁN APLICARSE PARA PODER CONSTRUIR EN EL PAÍS.*

POR **JAVIERA HERNÁNDEZ**

**C**hile resistió bien al terremoto. Ese es el balance general que hacen los expertos luego del sismo de 8,8 grados en la escala de Richter que remeció al país el pasado 27 de febrero pero que, por su magnitud y resultados, trajo nuevos cuestionamientos sobre nuestras construcciones. ¿Estamos, en todas las regiones, preparados para recibir un movimiento de esta magnitud? La respuesta que demostraron algunos edificios que se cayeron por completo fue “no siempre”.

Esto quiere decir que las técnicas de medición, que hasta ahora se estaban aplicando para comprobar la resistencia de

una construcción a los movimientos de un sismo, no funcionaron como deberían. Si el modelo decía que a cierta fuerza un edificio de tantos pisos, en un suelo de tal categoría, se movía de tal manera; se comprobó en la práctica que no es siempre así.

Eso, para Patricio Bonelli, ingeniero estructural y principal asesor del Consejo Revisor formado por la Ministra de Vivienda y Urbanismo, quiere decir que la hipótesis no funciona y por lo tanto el resultado tampoco. Entonces se necesita reformular desde el inicio. “Lo que pasó en este terremoto no es simple y no es detectable a través del método de cálculo que estamos utilizando, ni de la norma. Están fallando edificios en

zonas que son mucho más resistentes que en otras, donde deberían haber fallado. Hubo un caso extremo de uno que se cayó completamente y eso nos dejó aterrados. O sea, en Concepción hay más de 30 edificios con el mismo tipo de falla, en Viña hay 10 y en Santiago hubo otro. Está bien que se agrieten, que se estire la armadura, pero que no se caigan. Lo que no sabíamos es que se caían”, enfatiza Bonelli.

En el documento, publicado en marzo por la Comisión Provisoria que formó el Instituto de la Construcción, se lee que de los 9.974 edificios en altura que existían en las regiones V, VI, VII, VIII, IX y Metropolitana, 2 colapsaron y 35 terminaron con orden de

evacuación o demolición. Pocos, se puede pensar. Pero como se trata de edificios que cumplían con todas las normas vigentes quiere decir que hay algo que aún no se estaba tomando en cuenta. Por eso ameritan un estudio.

Debido a la urgencia del tema, los cambios en las principales normas serán estipulados a través de un decreto supremo que será publicado entre enero y marzo de este año y que regirá hasta que se apruebe la norma oficial. Según los expertos, esto los impulsa a trabajar más rápido y, desde ya, a hacer una advertencia a las constructoras cuyos proyectos aún no tengan su permiso de obra ingresado a la municipalidad.

Según Eduardo Contreras, ingeniero civil y jefe de la Dirección Técnica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (DITEC), esos proyectos tendrán que cumplir con la nueva norma. "Lo observado en el terremoto del '85 recién se transformó en norma el año 1996. Consideramos que esperar once años es mucho tiempo. Por eso se están haciendo estas modificaciones", dice el experto.

### CAMBIOS EN LAS NORMA NCH 433

El mayor problema que se detectó tras el terremoto fue en construcciones donde se presenta la conjugación de edificios de 20 pisos o más sobre suelos blandos. Por eso los cambios más significativos y controvertidos corresponden a dos normas esenciales

al momento de construir en altura. Una de ellas es la Norma NCh 433, que se refiere al diseño sísmico de edificios, y que sufrirá modificaciones en tres aspectos: en el espectro de pseudo aceleraciones, en la tabla de suelos y en el análisis estructural.

Vamos por parte. El espectro de pseudo aceleraciones se refiere a la demanda sísmica, es decir, los esfuerzos que un terremoto traspasa a la estructura dependiendo de su periodo de vibración. Cada edificio tiene su propio periodo de vibración dependiendo de su altura y el espectro es la curva que dice que tal edificio se desplazará "x" centímetros dependiendo de la fuerza aplicada.

Pero hay que corregir esa curva y codificar un nuevo espectro. En el terremoto se observó que los edificios con periodos entre 0,6 y 2,5 segundos de vibración estaban subvalorados. Es decir, en ese intervalo la estructura necesita ser aun más resistente. "Para los edificios que se cayeron en Concepción -que son de al menos 15 pisos, con periodo entre 0,5 y 0,7 segundos-, el espectro vigente decía que debía desplazarse 20 centímetros. Pero al analizar la estructura real, con todos sus defectos y sumado el terremoto, ese desplazamiento se triplicó. En algunos casos la estructura es tan inestable que se mueve hasta caer. Es un problema de resonancia", ejemplifica Patricio Bonelli. La resonancia es el movimiento que se produce en el suelo, en la base del edificio.

La segunda modificación está enfocada en renovar la tabla de suelos, sumando una nueva categoría a las cuatro ya existentes. Los tipos de terreno están definidos por la velocidad de transmisión de ondas de corte y hasta hoy se clasificaban en roca, grava densa, grava suelta y arena (incluida la arcilla y el sedimento). "Se quiere incorporar un suelo intermedio entre lo que era grava densa y grava suelta. Para eso se están definiendo datos empíricos que permitan clasificar bien los suelos a través de ensayos mecánicos para determinar las velocidades de corte", explica Eduardo Contreras del DITEC.

Lo anterior, debido a que se detectó una anomalía en los suelos donde la roca está a 100 metros de profundidad y que sobre eso tiene un estrato de suelo blando. "Estas superficies se movieron como se movió el suelo de México en el año 1985. Eso es muy destructivo", asegura Bonelli. Sin embargo, él y los demás expertos aseguran que por ahora no se va a limitar la altura de las construcciones sobre ese tipo de suelos, sino que se está trabajando para tener una apreciación más real del desplazamiento del edificio y así aplicarle disipadores de energía que le permitan sostenerse.

Eso sí, el desarrollo de un método de medición y de trabajo con respecto a estas condiciones será bastante lento debido a que aun queda mucho por investigar. "El suelo blando es muy delicado, muy comple-

## LAS 7 NORMAS ADICIONALES QUE CREARÁ EL MINVU.

Adicionalmente, el Instituto de la Construcción está trabajando en siete normas relacionadas con el terremoto encargadas por el Ministerio de Vivienda. No tienen la misma urgencia que la NCh 433 y la NCh 430, I. Los anteproyectos completos se pueden revisar en [www.minvu.cl](http://www.minvu.cl).

\* "Estructuras: Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales". Orientada a lograr que los componentes no estructurales tengan un desempeño sísmico compatible con el de la estructura en la cual están contenidos. Una vez que entre en vigencia, reemplazará al actual Capítulo 8 de la norma NCh 433.Of96, modificada en 2009.

\* "Estructuras: Proyecto de intervención estructural de construcciones patrimoniales de tierra". Tiene como propósito estandarizar los métodos de evaluación de los deterioros en la estructura resistente, orientar las intervenciones y mejorar las condiciones de seguridad

estructural de las construcciones con valor patrimonial. Aún en consulta pública.

\* "Requisito: Edificaciones Estratégicas y de Servicio Comunitario para situaciones de emergencia". Contiene definiciones de conceptos básicos tales como "Edificación Estratégica", que es aquella donde funcionan instalaciones de utilidad pública necesarias en la recuperación de la normalidad posterior a un sismo de gran magnitud de "Período de Emergencia": las 72 horas posteriores en que deben normalizarse las comunicaciones y el suministro de servicios básicos.

\* "Estructuras: Proyecto de ingeniería estructural". Establece las funciones de un ingeniero estructural responsable de un proyecto o estudio de ingeniería estructural. También propone tipificar los servicios del ingeniero civil y los requisitos para efectuar la Revisión de Proyecto de Cálculo Estructural, tanto la acogida por la Ley N° 19.748 como la revisión par. Aún en consulta pública.

\* Geotecnia: "Empujes de suelos sobre muros

en edificios". Establece la magnitud y distribución de los distintos tipos de empujes de suelo sobre los muros perimetrales de subterráneos de edificios. Este Anteproyecto de norma valida el Anexo C (Normativo) de la NCh433.of96, que se encontraba en tramitación desde antes del terremoto de febrero de 2010.

\* "Requisitos mínimos de diseño, instalación y operación para ascensores electromecánicos frente a sismos". Se proponen nuevas exigencias en las tres áreas de un proyecto de ascensores: sala de máquinas, escotilla y equipamiento eléctrico y electrónico.

\* "Diseño: Diseño estructural para edificaciones en zonas inundables por tsunami". Establece los requisitos mínimos de diseño estructural, complementarios a los exigidos en otras normas, para edificaciones que se construyan en zonas de riesgo de inundación por tsunami o seiche. Está basado en la ordenanza de construcciones oficial de Honolulu, Hawaii, EE.UU. entre los años 2002 y 2010, la llamada "Revised Ordinances Honolulu".

jo. Se necesita investigación de frontera, es decir, más allá de donde está el conocimiento hoy en día. Estas respuestas no lineales las hemos estado estudiando con gente de las universidades de California -San Diego, Berkeley y Purdue-, pero aún no hay herramientas disponibles para los ingenieros que calculan edificios", asegura el gerente general de Patricio Bonelli y Asociados, empresa dedicada al cálculo estructural de hormigón armado y acero.

Por último, la norma 433 será reformada en su manera de hacer el análisis estructural. "Se están estudiando los aportes que ejercen los ejes perpendiculares en el cálculo de un esfuerzo. Se están incorporando mayores grados de libertad, que permitan simular de mejor forma la estructura", cuenta Contreras.

El objetivo está centrado en que los edificios sean capaces de deformarse. Para que el muro sea dúctil, debe poder disipar la energía provocada por un sismo y eso hasta ahora no se ha cumplido totalmente debido a fallas de empalme en algunas construcciones, lo que provoca que las barras no se deslicen. "Al querer limitar las deformaciones con los métodos que estamos utilizando, subimos la resistencia... y no queremos subir la resistencia. Porque eso significa poner más acero vertical, lo que sube la cantidad de armadura. Pero este es un tema de ductilidad, que se logra con el espesor del muro y con armadura transversal, no vertical", dice Bonelli.

## LA REFORMA EN LA NORMA NCH 430

La ductilidad del muro está muy relacionada con la reforma que sufrirá la Norma NCh 430, que rige sobre los requisitos de diseño y cálculo al trabajar con hormigón armado. Después del terremoto se observó que los edificios de muros están frágiles. Pero a pesar de que muchas personas han entendido esto como un exceso de comprensión en los muros, Patricio Bonelli lo niega y destaca que se trata de cierta formación en la cabeza de los muros, cerca del techo. "A menos del 1% de altura, los edificios se rompen de forma frágil, explosiva. Entonces no son capaces de sostener mayores deformaciones", dice.

Para evitar este problema, los muros deberán tener mayor espesor y, a juicio de Bonelli, al agregarles un transversal de borde es posible que no haya riesgo de colapso. "Hay muchos edificios que tenían el reforzamiento transversal y han funcionado perfectamente bien", asegura. Así, la NCh 430 es la que tiene el camino más seguro para su aprobación y, de hecho, actualmente se encuentra en consulta pública a cargo del Instituto Nacional de Normalización (INN).

## COSTOS DE LARGO PLAZO

La mayor preocupación que produce el cambio en las normas es el aumento en el costo de construir y ya se está especulando que las viviendas subirán entre un 3% y un

4,5% su valor. "Eso aun hay que revisarlo. Subirían, porque con esto obviamente se está reforzando la estructura, que va a requerir mayor cantidad de hormigón y de de acero. Pero esto afectaría básicamente a edificios de periodo alto, es decir, de más de 20 pisos", asegura Eduardo Contreras del DITEC.

Pero a expertos como Patricio Bonelli les interesa enfatizar que este no es un asunto de costos, sino de salvar vidas. "¡Qué costo, si no es nada! O sea, en un edificio de 20 pisos que los muros tengan 10 centímetros más de espesor en los tres primeros pisos, qué costo es ese. El acero cuesta el 1% de la obra gruesa, si lo duplicas costará el 2%. Hay mitos tras mitos", dice el ingeniero que llama a analizar la obra no sólo por su costo inicial, sino que por el costo total. Este incluye el costo inicial de construcción por parte de la inmobiliaria, el de mantención de la estructura y luego el de repararla o demolerla.

En el Instituto de la Construcción analizan los costos incluso más allá de la estructura misma. "El sector de la construcción, particularmente el inmobiliario y las constructoras, deben hacer esfuerzos por tener una mayor comunicación con sus clientes, generando diversas relaciones de largo plazo. De modo que en situaciones críticas o de emergencia, los clientes vean al sector con mucha mayor confianza y cercanía de lo que ocurrió en esta oportunidad", concluye el director ejecutivo, José Pedro Campos. **EC**