

Mundo Libre

ANÁLISIS SISMO 27 FEBRERO 2010 **ZONA CENTRAL DE CHILE** Visión Técnica

Alex Zepeda Montalva
Antofagasta, 14 Marzo 2010

VISIÓN GLOBAL:

Las chocantes imágenes de los edificios caídos en Concepción y Santiago, así como el daño a una importante cantidad de Edificios habitacionales, asociados a la zona afectadas por el último terremoto, obligan a varias reflexiones, en particular cuando se pone en entredicho la calidad de la Construcción, diseño estructural, responsabilidad empresarial y profesional, de los involucrados, pero de mayor importancia al gremio y sector de actividad económica.

En síntesis, me resisto aceptar que el daño a estos edificios y sus consecuencias se origina, de la actitud desalmada y tramposa de un grupo empresarial o personas que hayan querido lucrarse con el beneficio marginal y despreciable que económicamente significa colocar algunos fierros o bolsas de cemento adicionales a la edificación, es más, creo que estos argumentos, se fundamentan en la ignorancia en el cómo se hacen los edificios habitacionales en Chile, sus actores y responsabilidades asociadas.

Sin embargo, la detenida observación visual desde la distancia, vía televisión e Internet, me hacen presumir que el fondo del problema más que un problema de calidad de la construcción se esconde en la propia norma antisísmica que nos rige, que con todas sus virtudes deja espacios para criterios o des-criterios en el propio diseño estructural.

Respecto del porque creo que no es un problema de construcción, aún cuando, para efectos visuales es de esperar enormes destrucciones a elementos no estructurales, se basa literalmente en que ningún edificio se derrumba, los dos que caen lo hacen porque colapsan elementos

esbeltos estructurales a nivel de primer piso, cayendo a tierra las cajas estructurales intactas de ambas edificaciones. Es más, el edificio que cae en Concepción lo hace de modo que desde el balcón del piso catorce, una vez caído el edificio baja caminando a tierra una persona, sin mayores lesiones ni golpes, situación que sucede y se repite en los pisos trece y doce. Lo cual, demuestra que la estructura cayó con retardo suficiente para permitir la vida de estas personas, no compatible con un edificio que se derrumba.

En este mismo orden de ideas los edificios de altura afectados en Santiago, que a pesar de tener inclinación y varios elementos estructurales seriamente comprometidos no colapsaron.

ASPECTOS GENERALES:

Preocupado por los daños estructurales que el último sismo de gran intensidad dejó en tantas edificaciones habitacionales, me ha permitido observar brechas conceptuales en la norma sísmica que, sin advertirlo, han conspirado o contribuido notablemente con estos daños; esto es, al margen de la gran magnitud del sismo 8,8 grados Richter que lo califica como un gran terremoto, habida consideración al hecho, que en la medida que la onda sísmica se aleja del epicentro, la intensidad baja en igual proporción. Por tanto, el sismo en Santiago no tiene la misma intensidad que en Concepción.

Parecieran mezquinos y majaderos los reclamos de propietarios afectados y de nuestra sociedad hacia los daños de estas viviendas, si como contrapartida estos se observan desde el resto del mundo, en particular desde países más desarrollados, quienes advierten que para la magnitud e intensidad del sismo los daños materiales y de pérdidas de vidas humanas debieron registrarse en cientos de miles. Aun más, hace sólo 2 días hubo un sismo calificado como terremoto en Turquía, grado 6 en la escala de Richter que deja 60 muertos, e incontable cantidad de heridos. Si bien, esto es un mal ejemplo, permite aterrizar y contextualizar de lo que estamos hablando.

Parece entonces indispensable tener un lenguaje social común, que nos permitan con objetividad homologar cada sismo, de manera que de antemano sepamos cómo éste afectará a las estructuras de nuestras

construcciones; por ello, la subjetividad asociada a la escala sísmica de [Mercalli](#) debiera concluir su desecho definitivo de nuestro léxico, en contrapartida asumir como única forma de medida la [escala Richter](#) o bien la escala sismológica de [Magnitud de Momento](#).

Otro concepto de la mayor importancia que debe tenerse en cuenta a la hora del análisis, es que superada la fortaleza de la norma sísmica, el comportamiento y soporte de las estructuras resistentes se encuentran al arbitrio y designios de Dios, por ello, es preciso que la norma asuma con objetiva claridad esta frontera. Es decir no sólo señalar que debe resistir sino cual es el límite de soporte, en esencia resulta urgente definir un perfil "Biosísmico Estándar", de manera que cada edificación pueda comparar los complejos parámetros de cálculo con ese estándar y así, dar objetiva y social respuesta a la capacidad de soporte. De esto, se puede conversar con el señor Tomás Guendelman, ingeniero civil estructural, cuya experiencia le aconseja un perfil evaluativo común a las estructuras resistentes de los Edificios Habitacionales, actualmente tiene cargo en el Directorio del Colegio de Ingenieros de Chile.

Sobre lo señalado últimamente, se desprende que la sociedad entiende y demanda para un sismo de esta magnitud un mínimo por no decir, cero daño a las estructuras en el límite de esta frontera, lo cual, advierten cálculos estructurales para eventos que quizás jamás en la escala de la vida humana de una persona pueden ocurrir. En consecuencia, válido resulta preguntarse si este mayor costo que involucra este gran desafío al conocimiento y a la técnica, nuestra sociedad se encuentre en condiciones de financiar y pagar.

Para los efectos, también resulta socialmente necesario entender la diferencia entre una norma antisísmica respecto de una norma asísmica. En nuestro país, todo el desarrollo dice relación con la primera, que en esencia significa que las estructuras resistentes se enfrentan y se oponen al sismo. La segunda, conceptualmente significa que la onda sísmica no entra en la edificación gracias a elementos amortiguadores de interfase entre el terreno y ésta, complementada con contrapesos móviles que se oponen al movimiento, anulando o disminuyendo notablemente su intensidad final. Esta última opción, desde el punto de vista de las estructuras parece la más óptima, sin embargo es la menos desarrollada, con costos que la experiencia indica resultan por ahora inalcanzables para nuestro país.

Otros conceptos socialmente incomprensidos, objetos de gran escarnio y publicitadas demandas, dicen relación con la incomprensión a lo exigido por la propia norma vigente, la cual espera que el comportamiento de los elementos no estructurales, no opongan resistencia alguna al movimiento y deformación elástica de las estructuras soportantes. En consecuencia, tabiquerías, rellenos y otros no estructurales son pensados para que se destruyan antes que ofrezcan resistencia a la estructura. Lo cual visiblemente presenta un aspecto devastador al interior de las viviendas, sin que ello necesariamente signifique daños estructurales en una proporción significativa.

Mucho se ha opinado por la ciudadanía con alta manipulación de la prensa, respecto de la necesidad que la revisión y aprobación técnica estructural de los Proyectos de Edificación tengan las Municipalidades, Minvu o MOP. Esto sería un grave error, más allá de lo normativo a temas urbanos, pues no existe ni existirá en estas entidades el personal idóneo en su calificación para revisar y observar a estos Proyectos. Al margen de la inseparable responsabilidad final que sobre los Proyecto derivaría en estas Entidades, las que enfrentarían solidariamente con los ejecutantes, en caso de demandas judiciales futuras. Basta agregar que la cantidad de Ingenieros estructurales el Chile, calificados para revisar los planos estructurales de una Edificación Habitacional bordean el centenar.

Mucho se carga en la responsabilidad Inmobiliaria, a la cual la legislación señala como primera, sin embargo, la legislación le permiten la representación legal y o gerencia a cualquier persona, sin importar si esta es profesional o no y más, sin tener relación alguna con el sector construcción. Entonces esta Inmobiliaria que tiene el capital, contrata al mejor Arquitecto, al mejor Ingeniero y al mejor revisor estructural, aún así, este osado emprendedor (Financista, Inmobiliario), tiene que responder económicamente por las fallas técnicas de proyecto de construcción.

Creo importante tener en cuenta los aspectos descritos para pasar a ver conceptos normativos propiamente tales.

CONCEPTOS NORMATIVOS

Brechas Insertas en la Norma:

- 1) Si la norma entiende que los cálculos estructurales son complejos y en el tema habitacional está en riesgo la vida de personas y sus familias ¿por qué entonces la norma no es concreta respecto del profesional que calcula?, vale decir, actualmente cualquier ingeniero civil puede calcular edificios habitacionales; los más cercanos en la especialidad son los Civiles en Obras Civiles y particularmente los Ingenieros Estructurales, ¿por qué entonces no se concentran en ellos esta responsabilidad?
- 2) ¿Por qué no establecer escalas de experiencia, tanto en altura como en superficie construida, para habilitar al profesional en el cálculo de edificios habitacionales? En rigor, un profesional recién salido de la universidad está habilitado para calcular y responder sobre un edificio mayor.
- 3) Con el objeto, entre otros, de mitigar los dos puntos anteriores, la norma entrega la revisión estructural a revisores independientes; los cuales al margen de ser de la especialidad estructural (sólo los de la U. de Chile y U. Católica Santiago), tienen que tener algunos pergaminos adicionales de estudios y experiencia acreditada. Sin embargo y paradójicamente, no les da responsabilidad Civil ni penal alguna por su cometido. Nada dice la norma sobre la revisión entre parientes, o profesionales con vínculos a las mismas oficinas que intervienen en el cálculo estructural de las mismas edificaciones.
- 4) La norma no cuantifica con parámetros numéricos (Escala Richter u otra), lo que se entiende por sismos de baja intensidad, mediana intensidad o alta intensidad. La clasificación de estos sismos, la norma los hace en función de los daños estructurales que se producen en las edificaciones respecto del mismo sismo. Calificando de sismos de baja intensidad, a aquellos que no generan daño estructural y no estructural a la edificación. De mediana intensidad, aquellos que provocan escaso daño

estructural con daños a elementos no estructurales, dejando a los de alta intensidad, para aquellos que generan un gran daño estructural, con evidentes mayores daños a elementos no estructurales, pero que ante todo, las estructuras resistentes preservan la edificación para asegurar la vida de sus ocupantes. Este punto es demasiado importante, porque no establece con claridad el máximo límite resistente, solo da por descontado que la edificación debe resistir un sismo 7,5 grados magnitud Richter. La controversia se plantea porque pudiera asumirse que la edificación también debe resistir en pie ante un sismo de 9,5 grados Richter, magnitud máxima conocida; lo que es un imposible, porque a partir de un grado 9 en la misma escala, se provocan cambios en la geografía de la tierra, aparecen y desaparecen montañas.

- 5) Parece indispensable, definir cuál es la capacidad de soporte de las estructuras frente al máximo evento sísmico que la sociedad a través de la norma está dispuesta a permitir o aceptar. En ese contexto establecer un perfil biosísmico estándar, socialmente aceptado, sobre cuyo rango deba inscribirse todas las edificaciones habitacionales. Ello, si bien puede acotar o restringir la libertad arquitectónica para estos edificios, tendrá la ventaja de homologar resultados.
- 6) Nuestro país es uno de los más desarrollados en cuanto normas antisísmicas, pero los programas computacionales, de los cuales dependen los complejos modelos y miles de ecuaciones diferenciales necesarias para calcular la resistencia dinámica de los edificios, no están evaluados ni menos certificada su autorización de uso. Sin embargo, de ellos depende el comportamiento de los edificios ante un sismo.
- 7) En los aspectos más finos del diseño estructural, el sentido común aconseja que en él exista más de una piedra angular para el soporte de la edificación. Es decir, si en un momento la carga resistente recae en un único elemento estructural, y por algún motivo este elemento falla, lo lógico es suponer que la edificación completa se colapse. Por ello la norma debe poner atención y

preocuparse de ello. Para graficar y comprender mejor el sentido de lo escrito, transportarse al edificio ubicado en calle Carrera esquina Salvador Reyes, ex Aguas Antofagasta hoy CORFO – Sercotec: más del 50% del edificios se apoya en dos pilares ubicados en los extremos del frente. Este es un edificio que cumple con todas las normas vigentes, sin embargo, si llegara a fallar uno de estos pilares frente a un evento de magnitud equivalente al tratado, el edificio sin dudas colapsa. En resumen algo similar sucedió en el Edificio de Concepción, el sismo cortó elementos esbeltos y el edificio cayó.

- 8) El mayor cuestionamiento deriva del hecho del ¿por qué edificios antiguos se comportaron notablemente mejor que los últimos construidos? Si bien, es poco serio hacerlo sin información específica, la observación visual dice relación con que a diferencia de los primeros, notablemente mayor es la incidencia en que debieron habilitarse espacios para estacionamientos bajo las estructuras portantes de estos mismos edificios, abriendo huecos en muros estructurales, los que se reemplazaron por pilares o estructuras más esbeltas, las que se vieron afectadas más allá de lo calculado, por efectos de torsión, corte y cargas.
- 9) Finalmente, lo probable es que hayan descriterios a juicio de algunos especialistas, respecto del óptimo diseño estructural de algunos de los edificios afectados. Sin embargo, de ser así, ello se ha generado por la permisividad que la propia norma ha otorgado.

Criterio de Estructuración de Edificios Sismorresistentes

La altura, ancho y largo del edificio, su carga ocupacional, la ubicación de este en el territorio nacional, la selección de la tabiquería y la selección de los elementos resistentes como muros, vigas caja de escalera y la geología del sector son los elementos que conforman la configuración estructural de los edificios.

En consecuencia, el diseño arquitectónico debe complementarse con el más óptimo y razonable criterio en el diseño estructural, porque al final será este último el que deberá imponerse, pues estas decisiones influyen de manera determinante en el comportamiento sísmo resistente de los edificios. Una razonable simetría, adecuada configuración estructural, y selección de los materiales llega a ser de la mayor importancia, lo cual, muchas veces pareciera que puede sustituirse gracias a complejos y sofisticados métodos de análisis utilizado por el ingeniero. Sin embargo, la experiencia termina por volver al origen, pues un buen programa de análisis y cálculo, no suplen al buen criterio en la estructuración de la edificación.

En concordancia con lo anterior, se plantean algunos criterios que han demostrado conformar una óptima estructuración.

- 1.** Trabajo conjunto de Arquitecto con Ingeniero, para evaluar la mejor estructura sísmo resistente. (Constructibilidad)
- 2.** El ingeniero no debe dudar en proponer revisiones y exigir el modificar la arquitectura, para evitar dar soluciones estructurales muy complicadas, producto de concepciones arquitectónicas no colaboradoras con el óptimo diseño estructural.
- 3.** Evitar estructuraciones irregulares como las siguientes:
 - Debe de haber continuidad de los muros resistente en todos los pisos, es decir, evitar de cortar los muros sobretodo en el primer piso, en lo posible no colocar estacionamientos en el primer piso. En caso de ser obligado a tener que hacer esto, este elemento no debe quedar en el perímetro del edificio, ya podría fallar por solicitaciones combinadas de corte, torsión y compresión, tampoco debe ser un muro con mucha rigidez para evitar que tome mucha carga y en lo posible contar con muros adyacentes para que tomen las cargas de este en caso que el primero falle.
 - No permitir discontinuidad en los elementos resistentes verticales y en caso de verse obligado a ello, el muro que se descontinué debe estar apoyado en algún elemento que descargue a las fundaciones.
 - Evitar cambios de masas importantes por piso, como estanques o piscinas muy grandes en los últimos pisos.
 - Procurar la simetría en ambos ejes de la planta del edificio, en caso de tener un edificio sin simetría cuidar la torsión del edificio por

medio de muros perimetrales más rígidos, es decir, de mayor espesor o longitud.

- No concentrar elementos rígidos y resistentes, en la zona central de las plantas, porque son menos efectivos para resistir torsión, si bien los muros ubicados en la zona central tienen un comportamiento aceptable, las columnas estarán sujetas a un corte por torsión mayor que aquél proporcionado por la ubicación de los muros en la periferia.
- No es recomendable colocar las escaleras y elevadores en las partes externas del edificio ya que tienden a actuar aisladamente ante los sismos, con concentraciones de fuerzas y torsiones difíciles de predecir.
- Evitar la discontinuidad del diafragma rígido, como las losas, ya sea por abertura de la caja escala, ascensor o exigencias de arquitectura. Éstas que no sean mayor al 40% del largo o ancho, sobretodo en el centro del edificio ya que producirá una rotulación y trabajarán como dos estructuras independientes.
- Siempre procurar la ortogonalidad de los muros electos estructurales.
- En caso de tener plantas en forma de T, L, H, U, etc. se debe generar juntas de construcción, dividiendo el edificio en varias plantas regulares.
- En los volados, la viga que lo sostiene debe tener igual o menor rigidez que el pilar que lo apoya.
- Procurar las fallas locales en zonas previstas, que servirán de disipadores de energía, por ello es preferible utilizar muros acoplados entre si, por medio de elementos menos rígidos que se podrán deformar plásticamente.

Alex Zepeda Montalva

ooOoo

www.mundolibre.cl