

NORMA DE DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

NUEVOS REQUISITOS

■ Al cierre de esta edición, entró en vigencia la modificación realizada a la NCh433 of.96 Mod2009 y NCh430 of.2008, mediante Decreto Supremo. Revista BiT investigó las principales modificaciones, como la incorporación de un nuevo espectro de diseño, la nueva clasificación del suelo y los requisitos para el diseño de edificios de muros de hormigón armado. ■ En página 90, la Norma de edificación en zonas inundables por tsunamis. Son los nuevos requisitos.

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT



A **UN AÑO DEL TERREMOTO 8.8°** que sacudió la zona centro-sur de Chile, el 2011 llega con novedades en normativa de Diseño Sísmico de Edificios y de Hormigón Armado. Tras meses de reuniones, que no estuvieron exentas de debates y consensos relativos, un comité técnico integrado por prestigiosos ingenieros nacionales, presentó al MINVU una propuesta de modificación de la NCh 433 of.96 Mod.2009 y la NCh430 of.2008, bajo Decreto Supremo (DS). Al cierre de esta edición, el documento tras ser firmado por el Presiden-

te de la República, Sebastián Piñera, entró en vigencia el 14 de febrero, modificando aspectos claves de las actuales normas vigentes, hasta que éstas sean actualizadas vía INN.

Antes del terremoto, la comisión permanente de la 433 se encontraba estudiando modificaciones a la norma de 2009. Parte de los cambios incluidos en el DS, provienen de dichos estudios, sumados a las nuevas experiencias recogidas tras el sismo. Cabe destacar que tras el terremoto la mayor parte de los edificios no presentaron daños estructurales o éstos fueron menores, incluso cerca del epicentro, no obstante, se detectaron defectos en las normas que era necesario corregir.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Una de las grandes modificaciones incluidas en el decreto supremo, señala que para aquellas estructuras clasificadas en suelo tipo 2, con bajas demandas, ahora serán clasificadas en suelo tipo 3, es decir, el mismo edificio, en el mismo lugar, aumentará su demanda en relación a la norma del 2009.

Abajo: Se observa el colapso por desplazamiento lateral del suelo por licuefacción ocurrido tras el terremoto del 27 de febrero.



GENTILEZA INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN

te de la norma de emergencia", indica Rubén Boroscchek, profesor del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile y especialista en ingeniería sísmica. "Uno de los aprendizajes tras el terremoto, fue que en estratos profundos de arena se producen aceleraciones con un contenido importante de bajas frecuencias, originando grandes desplazamientos en edificios del orden de los 15 a 20 pisos, mayor que lo establecido en la norma de diseño sísmico. Algunos estratos profundos de arenas densas o limos se podían clasificar como suelo 2, pero al cambiar a suelo 3, los desplazamientos calculados para los edificios sobre ellas serán mucho mayores que lo que se consideraba antes. Al aplicarse los métodos actuales basados en fuerzas se necesitarán estructuras más resistentes, éste aspecto se corregirá más adelante

necesitándose para ello un estudio cuidadoso", complementa Patricio Bonelli, ingeniero civil y académico del Departamento de Obras Civiles de la Universidad Técnica Federico Santa María (USM).

"En el contexto de la amplificación sísmica del terremoto aprendimos dos cosas. Que la grava clásica de Santiago tuvo un muy buen comportamiento, mientras que en Concepción y Viña del Mar (ciertas zonas), el suelo habría influido negativamente en la respuesta sísmica de las estructuras. Esto, teniendo en consideración que Santiago estuvo más alejado de la zona epicentral. Recordemos que en la zona norte de la capital, con suelos finos saturados, también hubo un mal comportamiento sísmico. En la norma vigente, tanto Concepción como Santiago se clasifican en suelo 2, lo que desde un punto de vista estructural significa que entregan la misma solicitud sísmica", comenta Ramón Verdugo, profesor adjunto del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile y presidente de la Sociedad

En su misión de entregar información técnica relevante, Revista BiT presenta las conclusiones de algunos de los expertos más destacados en materia de diseño sísmico y estructural del país, e integrantes del Comité Técnico. Las distintas opiniones complementan este artículo. Aquí las principales modificaciones.

LAS MODIFICACIONES

Según los especialistas, tres son los principales cambios incluidos en el DS: la clasificación de suelos, un nuevo espectro de diseño y la modificación al diseño de muros de hormigón armado, normado por la NCh 430, de la cual se adelantan sólo algunas novedades, debido a que en la edición de mayo de Revista BiT se investigarán más en profundidad.

1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Consenso hubo entre los expertos, en que una de las grandes modificaciones viene dada por la nueva clasificación de suelos, para lo cual se modificó la tabla de la NCh433, que en la práctica significará que algunas estructuras clasificadas en suelo tipo 2, con bajas demandas, ahora serán clasificadas en suelo tipo 3, es decir, el mismo edificio, en el mismo lugar, aumentará su demanda en relación a la norma del 2009. "Este cambio de clasificación de suelos, por sí solo, es la modificación más fuer-

REGISTROS 27F

El desarrollo del decreto se vio enturbiado por la problemática existente en torno a los registros del sismo, de propiedad de la Universidad de Chile y sobre los cuales tienen libre uso los académicos de dicha Casa de Estudios para investigación, "pero no tenemos obligación de distribuirlos porque son inversiones que hemos realizado por años en la universidad", comenta Rubén Boroscchek. "Veámos venir esta situación, y hace varios años promovimos con el Estado financiar una red pública y de libre acceso, y aún hoy, eso no ocurre". Y prosigue. "Entiendo que los datos los necesitamos todos y por eso participamos en los comités, nunca dijimos que no los teníamos, pero hemos hecho un esfuerzo enorme en recogerlos y hay que destacarlo."

Chilena de Geotecnia (Sochige). "Si tomamos el suelo como soporte, no hubo mayores problemas. Ahora bien, dependiendo del tipo de suelo, la onda sísmica viaja por la roca basal, se transmite a través del suelo y emerge en la superficie modificada por el depósito de suelos, pudiéndose amplificar o atenuar y variar su contenido de frecuencia. Por lo tanto, desde el punto de vista de la clasificación de suelos, sí se observaron dificultades, donde el suelo 2 respondió como 3 y, en términos reales, hubo mayor sollicitación que lo que la norma asignaba", prosigue Verdugo.

La historia sigue. "Como la norma tenía problemas de interpretación, decidimos como grupo de mecánica de suelos dejar básicamente un parámetro de entrada, para que cualquier ingeniero con distinto grado de conocimiento, en base a una certera medición de dicho parámetro, obtuviese un valor. Este parámetro se conoce como "velocidad de onda de corte" o Vs, y se mide hace años en el mundo desarrollado, pero en Chile no es muy masivo. Por eso se consensuó un período de transición de dos

años, en que dicho parámetro se pueda obtener por medición directa, o a través de correlaciones. Definido el Vs, un nuevo antecedente asomaba: hasta dónde medirlo. Si bien en Estados Unidos y otros países sísmicos se utiliza el Vs30, es decir, el valor promedio de los primeros 30 m de profundidad, se sabe que la respuesta sísmica es controlada por el espesor completo del depósito de suelos. En la práctica no es posible medir hasta el basamento rocoso y se optó por mantener la idea de medir en los primeros 30 metros. En Chile los edificios poseen en promedio uno o dos subterráneos, la pregunta era si esos 30 m se debían prospectar a partir del último subterráneo o si éstos eran parte de los 30 metros.

Otra interrogante: ¿era correcto medir los 30 m cuando la carga del edificio incide por los lados y no medirlo por la base? Hubo dos posturas: una apuntó a que la respuesta del suelo es única e independiente de si el edificio tiene uno o dos subterráneos y ésta estaría controlada principalmente por los 30 m superiores del terreno. La otra quiso ocuparse

de cómo entra el sismo por la base del edificio, por lo tanto propuso pedir los 30 m, desde la fundación del edificio hacia abajo. En este punto se argumentó que, en general, el suelo mejora en profundidad y si un edificio se funda a 10 m, el eventual terreno no competente de los 10 m superiores no puede afectar la sollicitación sísmica sobre el edificio. "Algunos profesionales lo encontraron exagerado, pero al final consensuamos los 30 m desde el subterráneo hacia abajo. Nos pareció que era un avance en términos de una mejor prospección", resume Verdugo.

2. ESPECTROS DE DISEÑO

El espectro es una curva de diseño que define la fuerza y desplazamientos sobre el edificio a ser diseñado. "Tomamos los registros del terremoto (recuadro Registros 27F) mediante la red de acelerógrafos distribuidos en distintas zonas del país, en conjunto con los registros desde el año 85", relata Boroschek. "La norma estaba mala conceptualmente en suelos tipo 2. Esa corrección la habíamos hecho en



SANTOLAYA

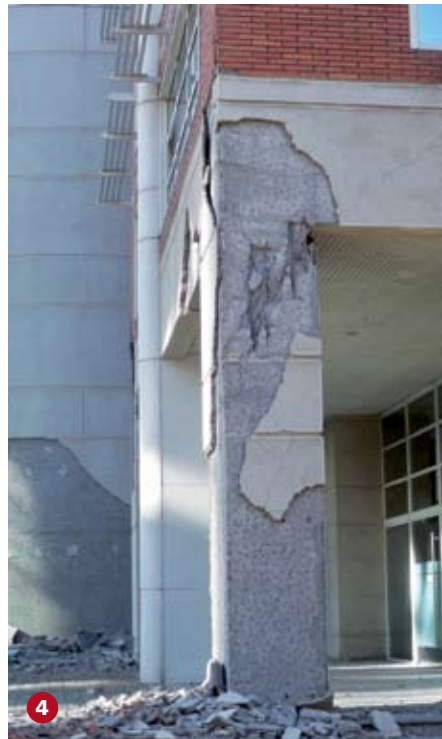
Ingenieros Consultores

CALCULO ESTRUCTURAL

Gonzalo Santolaya de P.
Mario Patiño C.
Carlos Sepúlveda S.
Osvaldo Herrera L.
Humberto Villalobos P.

Padre Mariano 181 Of 801 Providencia Santiago • Chile Fono: 347 8105
Fax: 347 8101 E-mail: contacto@santolayaing.cl

1 y 2. Según los expertos, en el terremoto se observaron fallas por compresión. Al comprimirse el hormigón, si no está lo suficientemente confinado mediante estribos o zunchos, éste falla y las barras verticales se pandean y doblan. Por ello es que cuando viene el movimiento hacia el lado contrario, se estiran y cortan.



3. En el decreto supremo se integró la prospección del suelo en los primeros 30 metros, pero desde la fundación del edificio hacia abajo.

4. Uno de los aprendizajes observados es que, si bien los edificios de muros funcionan muy bien, cuando éstos son muy delgados y están sometidos a cargas de compresión importantes, tienen un comportamiento frágil o de falla brusca.

la NCh2745 de Edificios Aislados, pero no se llevó a la 433. Así, vimos la oportunidad en este decreto, de analizar cuál era el criterio de ajuste de los nuevos espectros”, comenta Boroschek.

Surgieron tres propuestas: 1. Se proponía la envolvente de las respuestas observadas, que considera el desplazamiento en el nivel superior, en edificios con distinto período de vibración. 2. Se pedía que se representasen bien los desplazamientos observados. 3. Se quería mantener la resistencia. Visiones muy distintas. “Hay quienes argumentaban que el desplazamiento era lo único importante y que la resistencia se fija en cualquier nivel, por lo que el espectro no tiene importancia, excepto mostrar cuál es el desplazamiento correcto. Otros decían que les gustaba diseñar por resistencia y apuntaban a que el espectro reflejara esa propiedad”, relata Boroschek. “Finalmente no se aceptó la envolvente, quedando un espectro de acuerdo, que a mi juicio refleja bastante bien los desplazamientos observados, excepto en algunos casos”, agrega Boroschek. En resumen, en base al espectro incorporado en el

decreto, se tratará de predecir de mejor manera los desplazamientos de un edificio.

3. DISEÑO DE MUROS

Una de las modificaciones que generó más controversia es la que establece cómo se diseñan los edificios de hormigón armado, bajo la NCh430. “El terremoto demostró que estábamos siendo audaces en soportar compresiones en muros. Tuvimos fallas frágiles por exceso de compresión, producto de las cargas verticales y de los giros, y no estábamos dando cuenta de forma lo suficientemente estricta los detalles de confinamiento de armadu-

ras en las cabezas de muros”, apunta Gonzalo Santolaya, gerente general de Santolaya Ingenieros Consultores. “Lo que aprendimos en general es que, si bien los edificios de muros funcionan muy bien, cuando éstos son muy delgados y están sometidos a cargas de compresión importante, tienen un comportamiento frágil o falla brusca”, comenta René Lagos, gerente general de René Lagos y Asociados. Sin duda el cambio que causará impacto en la cantidad de enfierradura resultante en los edificios, es el aumento del esfuerzo de corte sísmico en un 40%, con respecto a lo que se hacía antes. “Se hizo para evitar fallas frágiles por esfuerzo de corte, porque al mejorar el diseño a flexión, en forma relativa el muro quedará más vulnerable a una eventual falla por esfuerzo de corte. Levantar ese requisito, es uno de los aspectos que más incide en el aumento de cualquier armadura, a pesar de aplicarse en los muros inferiores de edificios altos. Probablemente éste será uno de los aspectos, en una futura versión de la norma, que se deberá recalibrar a través de otro coeficiente”, señala Alfonso Larraín, presidente de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales de Chile (AICE).

Asimismo, y producto de la aplicación de las disposiciones del ACI 318, se modificaron



GENTILEZA TOMÁS GUENDELMAN

Descensos verticales en cabezas de muros con eventuales desplomes que se traducen en desplazamientos horizontales en niveles superiores.

los requisitos de confinamiento. “Esta norma exige que para tomar la decisión de dónde confinar, el desplazamiento superior será por lo menos 7/1000 de la altura. El cambio radicó en no usar ese valor para cualquier muro, sino que utilizar el valor que entrega la NCh433, que en muchos casos de edificios es menor que el 7/1000 y, por lo tanto, se incluyen menos requisitos de confinamiento en el decreto que lo que indica el ACI 318. Si bien hay consen-

so del relajamiento de la exigencia del ACI 318, se correlaciona bien con lo observado en el terremoto”, indica Lagos.

PUNTOS COMPLEJOS

Varios fueron los ítems de no consenso entre los integrantes del Comité. Revista BIT presenta aquellos de acuerdo relativo, pero también las posiciones opuestas, abriendo el debate.

1. ESPECTROS: “Con el espectro propuesto los momentos volcantes aumentan, en especial en suelo 2, entre un 50 y 80%, lo que a su vez aumenta considerablemente la armadura. Si bien los edificios en general en suelo 2 no funcionaron mal, el que estemos subiendo los esfuerzos y la cantidad de armadura, no resulta como explicación lógica para los mandantes e inmobiliarias. De que hay que elevar un poco el espectro, creo que sí, el problema es cuánto. Así podríamos manejar el hecho de que la armadura a flexión no suba tanto, mientras que la armadura al corte diseñarla por capacidad”, detalla Larraín.

Pero hay más. “Se adoptó un nuevo espectro basado en los registros obtenidos que no fueron compartidos. Conceptualmente es correcto en los períodos bajos a medios, pero está manipulado para períodos altos. Así, para edificios bajo 1 segundo (cualquier edificio de vivienda bajo 18 a 20 pisos), prácticamente se mantiene, pero en períodos de 1,5 segundos y más (edificios de vivienda de 30 pisos y cualquier edificio de oficinas) hay un aumento considerable (entre 50 y 80%) de los esfuerzos de volcamiento, lo que se traduce en el aumento de espesores y en fierros de punta de muros”, apunta Gonzalo Santolaya. Y continúa, “a la modificación del espectro le falta calibración. Es necesario hacer edifi-

DECRETOS Y NORMAS INN

UNA NORMA chilena es un documento cuyo estudio a nivel de comité técnico ha finalizado y ha sido aprobada por el Consejo del INN. Una norma chilena pasa por diferentes etapas: anteproyecto de norma; proyecto de norma; norma en consulta pública; norma chilena y norma chilena oficial. Así, mientras la norma INN necesita de un período de consulta pública de 60 días, los decretos supremos pasan directamente a ser aplicados, tras la firma del Presidente de la República y del Ministerio competente. Por otra parte, con fecha 27 de enero, la Ministra de Vivienda encargó al Instituto de la Construcción (IC), la constitución de comités que permitan, en un plazo de seis meses, contar con anteproyectos de normas que reemplacen las normas transitorias 430 y 433, y desarrollen una nueva norma nacional de espectro sísmico, que pueda ser actualizada en forma periódica, y que sirva de referencia para el conjunto de normas de diseño sísmico vigentes en Chile.

MUROS MESA®

- Muros TEM o MSE antisísmicos
- Sistema prefabricado
- No utiliza acero
- Terminación estética
- Estribos de puentes



GEOPIER

CIMENTACIÓN INTERMEDIA® PILAS DE GRAVA COMPACTADA



- Elementos rígidos de alta resistencia
- Control de asentamientos
- Capacidad de carga superior
- Ahorros en costos de cimentación

EMIN
SISTEMAS
GEOTECNICOS S.A.

SINGULARIDADES ARQUITECTÓNICAS

Con el terremoto se observó que una de las fuentes de problemas que dieron origen a fallas o donde se ubicaron las fallas, fueron aquellas zonas de discontinuidad geométrica de los muros o cuando hay recortes para pasadas o estacionamientos. Esas áreas normalmente acumularon daños, o fueron el inicio de problemas en varios edificios.



cios durante meses para probar qué pasa. Un espectro propuesto tiene que ser probado por mucho tiempo y en muchos edificios para poder calibrarlo”.

En el mismo frente, ¿no será muy exagerado el aumento del corte para producir falla por flexión, evitando así la falla por corte?, se pregunta Rodrigo Mujica, socio director de VMB Ingeniería Estructural y director de AICE. “De lo observado tras el terremoto, que fue bastante, no nos tocó ver ninguna falla de corte que pueda asociarse con una falta de dicho factor de amplificación”, postula Mujica.

2. RESISTENCIA O DUCTILIDAD: “Notamos que los edificios chilenos tenían muros muy delgados y eso originó parte de las fallas. Lo que se pretende es que el edificio sea capaz de deformarse más, pero sin fallar, eso es darle ductilidad, y se obtiene con mayores espesores y con armadura transversal, sobre todo de confinamiento”, apunta Larrain.

Frente a la hipótesis que no se puede suponer que todo es elástico y que las variables se comportan en forma lineal (proporcional), las respuestas son dispares: “Esto es correcto, pero para que exista comportamiento plástico y se pueda disipar energía en muros es necesario cumplir con un importante nivel de confinamiento de las armaduras y reducir la carga máxima de compresión. Las fallas que se observaron no fueron plásticas ni disiparon energía porque fueron de tipo frágil”, comenta René Lagos.

“Al aplicarse el método de análisis de la norma, se supone que el edificio es elástico, lineal, homogéneo y que las deformaciones son pequeñas, pero en los terremotos, necesariamente la respuesta de la estructura transcurre dentro del régimen no lineal de respuesta, los edificios están agrietados, hay armaduras que fluyen, las deformaciones son

grandes, y la carga vertical aumenta el efecto del momento volcante. En el análisis lineal elástico, el edificio vibra y regresa a la posición inicial, en la respuesta no lineal, el edificio vibra, con tendencia a irse hacia un lado, se deforma, y en algunos casos podría precipitarse hacia un lado, hasta llegar al suelo. Esto se llama colapso incremental, que son

COSTOS, CÁLCULO Y VISIÓN DE MERCADO

Mientras que para algunos el aumento de los costos en obra gruesa será cercano al 10%, otros expertos hablan de un 30%. “Estos aumentos son los casos extremos y afectan sólo a edificios de gran altura (20 a 30 pisos) en zona sísmica 2 con suelos tipo 2. Esto produce aumentos de espesores en muros y mayores armaduras en primeros pisos, dejando el resto sin variaciones. Elementos como pilares, vigas y losas no cambian, por lo que el aumento local no tiene un impacto en el costo total de la estructura”, indica Lagos.

Respecto a la revisión de proyectos, hay cierto consenso en que se deberán recalcularse aquellos edificios que no cumplan la norma, siempre y cuando no estén construidos. “Aquellos que no tienen permiso municipal de construcción, tendrán que recalcularse. Para el resto, sería conveniente hacer un reforzamiento”, apunta Boroschek.

Estos cambios de seguro “traerán una resistencia fuerte, pero es parte de toda transición”, comenta Boroschek. “Uno como proyectista tiene que cumplir con la legalidad vigente. Hay quienes deciden cumplir con lo que la ley les obliga en el momento, otros prefieren cubrirse dentro de lo que va a venir. Como profesionales estamos en parte limitados a los requerimientos del mandante, pero tenemos derecho a exigir estándares mínimos. Desde un punto de vista legal, el día de mañana es cuestionable que aceptemos hacer edificios con una norma que sabemos que tiene insuficiencias”, señala Lagos.

ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

Paralelamente al decreto y a las reuniones de la NCh433, Rubén Boroschek propuso un conjunto de medidas de adecuación de la norma. SON CUATRO LOS PASOS FUNDAMENTALES:

1. Evaluación de edificios dañados y no dañados en zonas en las cuales el terremoto fue intenso. Por ejemplo Concepción y Viña del Mar. Podría incorporarse Santiago.

2. Realizar un estudio geotécnico-geofísico de los sitios de todas las estaciones en los cuales se han obtenido registros sísmicos de importancia. Esto permitirá mejorar la forma en que se clasifican los suelos en la norma chilena y establecer una relación más robusta entre la calificación del suelo y la selección del espectro de diseño.

3. Generación de una Norma de Espectros de Demanda Sísmica.

4. Validar las recomendaciones del DS en edificios existentes que sufrieron y que no sufrieron daño, para evaluar su efectividad, impacto en plazos y costos.

situaciones complejas de considerar en los análisis en la etapa de proyecto, quedando más bien para la investigación. El problema es encontrar una manera de bajar la resistencia requerida y controlar la deformación, y en eso estamos”, apunta Bonelli.

Al querer limitar las deformaciones, “con los métodos que estamos utilizando, subimos la resistencia, y no queremos eso. El tema va por la ductilidad, y ésta se logra con espesor de muros y armadura transversal”, comenta Bonelli. No obstante, si bien “podemos resolver problemas sin aumentar la resistencia, hay que tener cuidado, porque si se baja la resistencia y se la compensa con mayor ductilidad, es positivo, pero si se baja la resistencia y no se la compensa con mayor ductilidad, es grave. Es un equilibrio que establece el especialista y me atrevería a decir que pocos tienen la experiencia para hacer esa sintonía fina. Si bien es conceptualmente válido y correcto y las normas están evolucionando para poder moverse en esa dirección, es delicado”, contraponen Lagos.

Finalmente, “se optó por aumentar la resistencia, aunque no todos éramos partidarios de hacerlo. Se irá ajustando si es necesario, pero hay un aumento de refuerzo estructural y de dimensiones asociadas al espectro que a mi juicio es acotado”, finaliza Boroschek.

3. DISEÑO DE MUROS: En el punto 3.1 de la norma de emergencia (relativa a la

NCh430) no se llegó a acuerdo y se refiere a exigir el alargamiento del acero (sección completa y compuesta) superior al 0.004 cuando el hormigón alcance el 0.003 en compresión (o diseñar con 0.75 de balance). “Este artículo es un cambio conceptual profundo de nuestra práctica y escapa por lejos a lo que se pretende en una norma de emergencia. El análisis exigido es de enorme complejidad y además no está avalado por evidencia empírica. Las fallas solamente se observaron en espesor de 20 cm o menos. Para espesores mayores, en que se puede confinar de buena forma, parece del todo excesivo”, apunta Santolaya.

Un ejemplo concreto. “Hemos diseñado varios edificios sabiendo que estos decretos van a ser realidad, llegando a resultados que verdaderamente son impracticables. Por ejemplo, un edificio calculado en Concepción, arrojó muros de hasta 70 cm de espesor en primeros pisos (lo normal es entre 20 y 30 cm), cosa que jamás había hecho en mi vida, con la misma estructura y tipología del edificio vecino”, ejemplifica Santolaya. Por tanto, “la comisión está tratando de hacer un nuevo estado del arte del diseño del hormigón armado, por eso hoy en día la 430 es la que más oposición tiene entre toda la comunidad”, prosigue Santolaya.

Pero hay más. “Varios cambios propuestos tienen justificación teórica, pero no el suficiente respaldo técnico como para adoptarse en una norma. Por ejemplo, la

NUEVOS

FLEXIBLES
TECHNOFLEX®

Solucione la corrosión en el flexible,
causa principal de filtraciones e inundaciones



UNICO FLEXIBLE resistente a la corrosión

Ensayo realizado por más de 6600 horas en laboratorios de



- ✓ **Resistente a los agentes corrosivos** presentes en detergentes domésticos
- ✓ **Máxima flexibilidad en la instalación** evitando posibles estrangulamientos
- ✓ **Garantía extendida de 10 años** por fallas de fabricación

Flexibles disponibles:

- (1) Flexible para agua M10 x 1/2" HI de 40 cm.
- (2) Flexible para agua HI-HI 1/2" de 40 cm.
- (3) Flexible para llave angular de 25 cm. HI 3/8" x HI 15/16"
- (4) Flexible para llave angular de 35 cm. HI 3/8" x HI 15/16"

STRETTO®

DISEÑOS QUE FUNCIONAN

LAS ENSEÑANZAS

Independiente de si hubo consenso o no, se dio un paso adelante y Revista BiT puso en discusión temas vitales para el diseño sísmico de edificios.

■ **EN ÉTICA Y CONSTRUCCIÓN:** “Desde un punto de vista ético, no es presentable hacer como si el terremoto no existió y que no hemos aprendido nada nuevo, lo lógico es incorporar las lecciones de modo que la sociedad se beneficie de ellas”, comenta René Lagos. “Es indudable que cualquier ingeniero va a poner mayores espesores de muros y va a preocuparse del problema de ductilidad y de confinar”, complementa Alfonso Larraín.

■ **EN DISEÑO SÍSMICO:** “Tenemos que revisar aquellos edificios de 15 a 20 pisos, que no son tan flexibles y que han tenido mala respuesta en suelos blandos. Creo que

aumentando el espesor de muros en conjunto con armaduras transversales en sus bordes, daremos un paso cuántico, y es probable que ya no tengamos peligro de colapso ni fallas como las observadas. Es la señal que se pretende con los cambios, precisamente dar una alerta sobre lo complejo de lograr un buen diseño en un suelo blando”, señala Patricio Bonelli.

■ **EN COSTOS:** “Estos decretos están provocando costos elevadísimos, del 30% en el total de obra gruesa, que no los va a pagar ni la constructora ni la inmobiliaria, sino el cliente final. Me parece erróneo malgastar la plata y los recursos del país. Si lle-

gamos un día a un consenso, después habrá que rebajar y disminuir medidas, y no veo quién será la autoridad dispuesta a hacerlo”, apunta Gonzalo Santolaya. “Al superponer las modificaciones, se llega, para algunos edificios, a situaciones tremendamente exigentes, y por eso hay situaciones en las que efectivamente se tiene que cuadruplicar los espesores de muros”, complementa Rodrigo Mujica.

■ **EN ESPECTROS:** Mientras que para Gonzalo Santolaya “el espectro propuesto, en principio parecía tener lógica, porque cubría el déficit observado, en la práctica castiga severamente a edificios más altos con períodos arriba de un segundo. Hoy en día cálculos de edificios de oficinas en base a marcos rígidos con núcleo central, entregan espesores impresionantes”. En la vereda del frente, Rubén Boroschek concluye que “hemos caminado en la dirección correcta, hemos avanzado en los temas difíciles y estamos aportando mayor seguridad a las estructuras de mediana y gran altura en Chile”.



limitación del esfuerzo normal de los muros se adoptó sin que se haya estudiado en profundidad lo ocurrido con muros que fallaron y que no fallaron. En las reparaciones de edificios que hemos ejecutado, nos hemos encontrado con problemas de hormigonado y de disposición de armaduras que pueden haber provocado las fallas”, complementa Mujica.

4. SUELOS: El DS incluye una mayor exigencia a la clasificación para suelo 2 (aumen-

to de velocidad V_{s30} de 400 a 500 m/segundo). “Lo grave es que las arenas densas sobre rocas, presentes en zonas exitosas como Renáca, Concón, Iquique, entre otras, son clasificadas por defecto como suelo 3b, pudiendo pasarlas a suelo 3a con algunos ensayos de penetración o medición de velocidades de onda, pero es casi imposible pasarlas a 2, excepto que tengan roca muy superficial”, apunta Gonzalo Santolaya. “Hoy en día cal-

cular un edificio idéntico a uno construido con anterioridad en el terreno vecino, cuesta en obra gruesa, probablemente un 30 a 40% más. Esto contrasta con aquellas zonas donde los edificios tuvieron daños (ejemplo la zona norte del estero de Viña del Mar), donde es lógico que tenemos que gastar e investigar”, detalla Santolaya.

Tareas pendientes, muchas. Algunas serán investigadas en futuros artículos, como zonas de discontinuidad geométrica de muros, ciertas esbelteces y los estacionamientos subterráneos. En suelos, los ensayos para detectar singularidades topográficas, así como el estudio del suelo tipo 4, que en el DS se dejó como proyecto especial. En espectros, aplicar el conocimiento de los registros de Concepción y de otras zonas del país. Son los nuevos requisitos. ■

ARTÍCULOS RELACIONADOS

- Terremoto Chile 2010”. Revista BiT N° 72.

TIGRE

Tubos y conexiones



Instaló TIGRE, está tranquilo.

Canaletas de Techo



Sistema de desagüe domiciliario de Canaletas de techo en sus presentaciones Aquapluv y Aquapluv Style.



- Soportan dilataciones y contracciones.
- Completa gama de conexiones.
- Sellado perfecto.
- No necesitan pintura.
- No requieren soldadura.
- Unidas con Anillos.

PARA COMPLEMENTAR
LA **LÍNEA DE FITTING**

**NUEVO CODO
AQUAPLUV Y
AQUAPLUV STYLE**



- Permite conectarse al desagüe de aguas lluvias enterrado.

Aquapluv **Style**

Canto Rectangular



Aquapluv

Canto Redondeado



TIGRE CHILE S.A.

Av. La Montaña 754, Barrio Industrial los
Libertadores, Colina. Santiago.
Teléfono: 444 3900 - Fax: 444 3995

www.tigre.cl