

Cámara Chilena de la Construcción

Primeras lecciones del terremoto de febrero 2010

Colaboraron en su preparación:

Manuel Contreras L.

Javier Hurtado C.

René Lagos C.

Daniel Löwener M.

Juan Mackenna I.

Rodrigo Mujica V.

Luis Nario M.

Ricardo Nicolau G.

Mauricio Reyes G.

Rafael Riddell C.

Patricio Winckler G

Gerencia Técnica CCHC

Equipo Técnico CDT

ABRIL 2010

INDICE

I INTRODUCCION

II CONSIDERACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIONES DESTINADAS AL USO HUMANO

1. Donde construir
2. Tipos de materiales y estructuras a utilizar

III LOS ESTUDIOS Y EL DISEÑO

1. Estudios de localización
2. Estudio de suelos
3. Diseño arquitectónico
4. Diseño estructural
5. Consideraciones particulares en zonas con riesgo de Tsunami
6. Diseño de Instalaciones

IV LA NORMA DE DISEÑO SISMICO

V LA CONSTRUCCION

VI LA INSPECCION TECNICA

VII LAS REPARACIONES

VIII SEGUROS EN CONSTRUCCIONES DESTINADAS AL USO HUMANO

IX RECOMENDACIONES FINALES

I INTRODUCCION

El presente Documento tiene por objeto entregar las observaciones y lecciones preliminares respecto al efecto del terremoto-maremoto ocurrido en Chile el 27 de febrero 2010, en construcciones para uso humano.

En términos generales se puede decir que el sector más afectado fue el borde costero por la combinación sismo – tsunami (16.500 viviendas colapsadas o con daños mayores), como también hay que señalar el efecto devastador en todas las construcciones hechas en adobe (98.500 viviendas colapsadas o con daños mayores). Las construcciones en otros materiales tuvieron un comportamiento razonable, cuando los diseños fueron los adecuados y la ejecución de las obras se ajustó a las buenas prácticas.

Vale la pena citar el estudio reciente hecho por el Colegio de Ingenieros, donde se describe el comportamiento de una muestra de 250 construcciones seleccionadas debido a que presentaban algún problema; 212 edificios y 38 casas, revisados en la Región Metropolitana cuyas conclusiones son:

- El 11 % requiere reparaciones importantes en elementos no estructurales.
- El 3 % presenta fallas menores o medianas en la estructura soportante, susceptibles de ser reparadas con estándares que garanticen su seguridad posterior.
- El 0.4 % corresponde a estructuras con daños severos o colapsadas que deben ser demolidas.

Si bien esta muestra no incluye a todas las regiones afectadas, permite concluir que el comportamiento de las edificaciones fue satisfactorio.

Por otra parte si se considera que en los últimos 25 años se han construido el orden de 10.000 edificios en la zona afectada por el terremoto, y que todos los afectados fueron construidos en este mismo período, se concluye que sólo el 1.5 por mil tuvo daños severos.

En términos similares se refirió en Concepción al edificio Alto Río , el señor Peter Yanev , experto de la comisión enviada a Chile por el Earthquake Engineering Research Institute , USA , quien lo catalogó como una excepción en un país que resistió bien uno de los mayores sismos de la historia.

Como registro histórico es interesante señalar que en los últimos 450 años se han producido en Chile 38 terremotos de magnitud superior a 7.5, de los cuales 17 fueron seguidos de maremotos. Chile tiene el record de ser el país más sísmico del mundo.

Independiente de lo anterior, es responsabilidad permanente de la Cámara Chilena de la Construcción y de sus Asociados, velar para que lo que se diseña y construye en Chile sea cada vez de mejor calidad.

II CONSIDERACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIONES DESTINADOS AL USO HUMANO

1. DONDE CONSTRUIR

En términos generales no debería construirse en lugares con alguna de las siguientes características, salvo que se tomen los resguardos técnicos correspondientes:

- A Zonas con alta probabilidad de ser inundadas ya sea por aumento del nivel de aguas de un río o lago cercano o bien por acumulación de aguas de lluvia sin posibilidad de evacuación rápida en el tiempo.
- B Zonas ribereñas de grandes acumulaciones de agua como lagos, lagunas y embalses donde hay historia de deslizamientos de tierra que han producido grandes olas o bien la subida extraordinaria del nivel de las aguas por obstrucción de las descargas naturales.
- C Zonas con alta probabilidad de ser inundadas y golpeadas por olas extraordinarias producto de marejadas y tsunamis. No existe al parecer en Chile una Normativa o Zonificación de áreas con estos riesgos y si la hay no ha sido suficientemente difundida. Tampoco existe en estas zonas indicaciones sobre la ubicación de sitios seguros y por donde evacuar o arrancar para acceder a ellos.
- D Zonas con suelos de reconocida mala calidad y capacidad de soporte poco estudiada. El uso de estas zonas para edificación requiere de estudios detallados de mecánica de suelos y adoptar soluciones de fundación de probada eficacia.
- E Zonas con suelos muy heterogéneos - buena y mala calidad - en que las distintas partes de las estructuras quedarían apoyadas en estratos de muy distinto comportamiento. El uso de estas zonas requiere de estudios detallados de mecánica de suelos y adaptar soluciones de fundación de probada eficacia.
- F Zonas aguas abajo de embalses para acumulación de agua o de relaves (estéril fino procedente de procesos mineros) los cuales se hayan diseñado y construido sin la suficiente inspección técnica por Organismos autorizados.
- G Zonas con potenciales aluviones.
- H Zonas de actividad volcánica con riesgo por corrientes de lava, cenizas y otros.

2 **TIPO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS A UTILIZAR**

Al igual que en el capítulo anterior las recomendaciones sobre materiales a utilizar y el tipo de estructuras se refieren solo a construcciones para uso humano.

Se recomienda que en construcciones para ser usadas con este fin, no se utilice :

- A El adobe (ladrillo hecho de barro y paja, sin cocer). Este elemento, ha demostrado no ser apto frente a las sollicitaciones sísmicas.

En construcciones para otros fines como bodegas, o espacios donde la presencia de personas será muy ocasional, si podrá usarse el adobe cuidando que el diseño y la construcción sigan recomendaciones internacionales que existen al respecto.

- B Albañilerías de ladrillo sin pilares ni cadenas de hormigón armado excepto si son armadas (ladrillos o bloques de mortero perforados con barras de refuerzo por su interior debidamente ancladas en ambos extremos)
- C Mezclas de muros de adobe y muros de albañilería sin reforzar.

En general los siguientes materiales y estructuras han demostrado tener buen comportamiento frente a un sismo:

- a. Muros pilares, vigas, cadenas, losas y elementos resistentes de hormigón armado.
- b. Elementos pre-fabricados de hormigón armado con un adecuado diseño de las uniones y anclajes donde se producen concentraciones de esfuerzos.
- c. Las albañilerías reforzadas con pilares y cadenas de hormigón armado o las albañilerías de ladrillos perforados o de bloques, armadas con barras de acero por su interior y ancladas en las fundaciones y en vigas o cadenas.
- d. Las estructuras de acero.
- e. Las estructuras de madera.

En casas con dos pisos las siguientes estructuraciones han demostrado tener un buen comportamiento sísmico:

- a. Ambos pisos en hormigón armado confeccionado en sitio o prefabricado.
- b. Primer y segundo piso en albañilería reforzada con hormigón armado o albañilería armada con barras por su interior.
- c. Primer piso de albañilería reforzada ó armada y segundo piso ya sea de madera o de estructura metálica.
- d. Primer y segundo piso en estructuras de madera, de acero o de una mezcla de ambos materiales.
- e. Losa de hormigón entre primer y segundo piso o envigado de madera o de acero.

En construcciones de más de dos pisos el uso de los siguientes materiales y estructuras han demostrado un buen comportamiento:

- a. Estructura – elementos resistentes

- Pilares, vigas, losas y muros resistentes de hormigón armado.

Especial atención merece la elección y definición del sistema estructural sísmo-resistente de los edificios de hormigón armado. Esta elección gravita de manera fundamental en la respuesta de la estructura y en su comportamiento durante un sismo. A modo ilustrativo se puede señalar que distribuciones irregulares en planta de los elementos sísmo-resistentes darán como resultado respuestas con componentes torsionales importantes a causa de la excentricidad que se produce entre el centro de gravedad (o masas) y el centro de rigidez del piso.

- Marcos de hormigón armado y losas (común en plantas libres)

En este tipo de estructuras, en general de mayor flexibilidad que los edificios con muros de corte, hay que tener especial consideración en los tabiques, ventanales y elementos de relleno, los cuales pueden dañarse en forma severa si no se toman las precauciones que permitan acomodar las diferentes capacidades de deformación.

-Madera hasta tres pisos. Los elementos no estructurales deben diseñarse de tal forma que sus deformaciones sean compatibles con las de la estructura resistente.

-Estructura de Acero. Los elementos no estructurales deben diseñarse de tal forma que sus deformaciones sean compatibles con las de la estructura resistente.

b. Elementos no estructurales incorporados en las construcciones.

- Tabiques

Los tabiques normalmente son de una rigidez diferente a la estructura resistente, por lo tanto sus deformaciones durante un sismo serán también diferentes. Se recomienda en consecuencia dejar un espacio entre la estructura resistente y el tabique; de igual forma en el sentido perpendicular a él, se deberá considerar en la unión estructura–tabique fijaciones que impidan el vaciamiento del tabique. Particularmente esto es válido en panderetas de ladrillo o tabiques que no resisten a la flexión fuera de su plano. Los elementos no estructurales tendrán el carácter de tales solo si se toman las precauciones para aislarlos de la estructura, de manera que no interactúen estructuralmente en la estructura cuyo vano rellenan.

- Cielos falsos

La experiencia de este terremoto indica que todo elemento usado como cielo falso debe estar sujeto de manera adecuada a la estructura que lo soporta.

- Elementos pesados

Todo elemento que se incorpore como parte de una construcción, en particular si es de peso significativo, deberá anclarse a la estructura resistente. Estanques de agua, termos, archivos, cajas de fondo, hidropack y otros, al no estar anclados, producen durante los terremotos daños de consideración en sus inmediaciones.

En construcciones que deban ubicarse en zonas con algún riesgo de inundación y tsunami , se sugiere tomar además las siguientes precauciones:

- En lo posible evitar la construcción en zonas que pueden estar afectadas directamente por un alto nivel de inundación y el golpe de la ola.
- Disponer de una estimación de los niveles de inundación y los esfuerzos causados en la estructura por las olas.

- Si se construye en hormigón o albañilería reforzada hacerlo sobre fundaciones profundas que no sean susceptible de socavarse y destruirse.
- Si se construyen con estructuras livianas, ya sea en madera o en acero hacerlo sobre pilotes (tipo palafito) y sólidamente unida a ellos. Construcciones de este tipo, que no estaban unidas a las fundaciones, fueron levantadas y arrastradas tan pronto el nivel de inundación llegó al piso de la vivienda.
- Construir, enfrentando la dirección probable de la ola, barreras de árboles, troncos o defensas perimetrales para desviar el flujo y así atenuar el efecto del choque de la ola sobre la edificación.
- Disponer de un diseño de los servicios básicos (agua, electricidad, gas, comunicaciones, etc.) que no sea susceptible de fallar a menos que se trate de fenómenos muy extremos. Instalar el equipamiento a una altura sobre el nivel de inundación.

En el Documento “Recomendaciones de Diseño de Obras Marítimas y Terrestres sometidas a cargas de Tsunamis” realizado por el Grupo de Ingeniería Civil Oceánica de la Universidad de Valparaíso, con motivo del Tsunami del 27 de febrero 2010, que se incluye en el Anexo I: Tsunami 2702, se podrán encontrar mayores detalles sobre estas consideraciones.

III LOS ESTUDIOS Y EL DISEÑO

Toda construcción habitacional deberá considerar los siguientes estudios:

1. Estudio de localización.

Para asegurarse que las construcciones quedarán ubicadas en zonas que no presentan los problemas mencionados en el Punto II. 1 de este Documento, es necesario hacer un estudio detallado de la localización, considerando toda la información existente y en particular consultando a especialistas cuando se trata de riesgos por fenómenos de baja probabilidad de ocurrencia. Se sugiere que las Municipalidades encarguen la realización de catastros de las zonas afectas a inundación por maremoto, como también los mapas geológicos con identificación de zonas de riesgo.

Generalmente sobre los fenómenos de mayor probabilidad de ocurrencia hay historia publicada o conocida por los habitantes de los alrededores.

2. Estudio de suelos del sitio donde se construye.

En algunos casos el estudio será muy sencillo si se trata de construcciones muy livianas que transmiten poca carga al suelo y que se ubican en zonas donde las condiciones de fundación son muy favorables. En todo caso la capacidad de soporte del suelo deberá ser establecida por un ingeniero civil geotécnico de preferencia con sólidos conocimientos de mecánica de suelos.

En otros casos la complejidad del suelo y su heterogeneidad, requerirán de un acabado estudio de la capacidad de soporte y tipo más adecuado de fundación. Estos estudios deben ser hechos por Ingenieros geotécnicos especialistas.

El especialista en Mecánica de Suelos debe interactuar activamente con el Ingeniero Estructural dando recomendaciones específicas para la definición del sistema de fundación de la estructura y participar en el cálculo de las solicitaciones.

Existe la Norma NCh 1508 sobre los estudios de mecánica de suelos y lo que deben incluir, sin embargo esta Norma aunque es oficial, no es obligatoria.

3. Diseño arquitectónico

El diseño puede ser audaz, sin embargo es siempre conveniente que exista buena coordinación entre los arquitectos y los ingenieros estructurales que diseñarán la estructura, con el objeto de obtener estructuraciones sanas que garanticen comportamientos adecuados ante sismos u otras sollicitaciones.

Es necesario que el Arquitecto o el Gerente del proyecto, en su calidad de responsable y coordinador de todas las disciplinas, verifique que los proyectos sean realizados por profesionales competentes.

4. Diseño estructural

Los diseños estructurales deberán ser desarrollados por Ingenieros civiles especialistas en estructuras. Esto es especialmente válido en edificios para uso humano donde está en juego la seguridad de las personas.

La observación de las obras ha puesto en evidencia que no debe descuidarse el detallamiento de la estructuras sean estas de acero, madera u hormigón. Estas tareas en muchas ocasiones no reciben la atención adecuada ni experta.

En estructuras dañadas por este terremoto se han observado fallas en zonas de compresión del hormigón donde no hubo un adecuado confinamiento del mismo por falta de estribos ó en ocasiones por falta de espacio para el hormigón dada la alta densidad de barras dispuestas en las puntas de los muros. Otra falla corriente es el anclaje insuficiente en uniones de elementos ortogonales, que deben permitir el traspaso de los esfuerzos que genera el trabajo conjunto. Al respecto cabe recomendar para el detallamiento del hormigón armado, el Manual publicado el año 2009 por el Instituto Chileno del Hormigón y del Cemento. En cuanto al detallamiento de estructuras de acero, hay numerosas publicaciones que describen formas de unir los distintos elementos y detalles de fabricación en maestranza. Respecto a la Madera también se han publicado manuales con uniones típicas y recomendaciones generales. Estos aspectos del diseño, que corresponden más bien al arte del buen diseñar, no pueden descuidarse y sin duda requieren que sean abordados por profesionales con experiencia. No basta dejarse llevar solamente por la recomendación de un manual.

En toda obra de importancia los planos de la estructura soportante debieran ser elaborados por un Ingeniero Civil Estructural calificado o

certificado por un organismo competente quién será legalmente responsable, similar a como ocurre en USA.

La Cámara Chilena de la Construcción tiene la responsabilidad de mostrar a sus asociados el valor de la experiencia y lo contraproducente y arriesgado que puede ser dar excesiva importancia al valor de los servicios por sobre la experiencia y la calidad.

5. Consideraciones particulares en zonas con riesgo de tsunami

- Es recomendable incorporar una evaluación del riesgo de tsunami en toda planificación urbana del borde costero.
- Considerar en la urbanización, la construcción de los servicios básicos con una adecuada seguridad.
- Implementar planes de evacuación que incluyan: vías de escape, alerta temprana – uso de sirenas y apoyo a los damnificados en los momentos siguientes a la emergencia.
- Limitar la construcción de edificios para uso humano en cotas bajo los niveles de inundación por tsunami.

Con el objeto de evitar pérdida de vidas humanas por la ocurrencia de un tsunami es necesario que la población esté informada sobre cómo actuar y la vez las Autoridades sepan cómo dirigir las primeras acciones.

Se recomienda tener presente las siguientes recomendaciones:

- Los Ciudadanos en general no conocen estos fenómenos por lo tanto es conveniente entregar instrucciones en forma periódica.
- Los tsunamis tienen su origen en sismos de magnitud Richter superior a 7 y duración superior a 30 segundos , por lo tanto su ocurrencia debe considerarse como alarma natural ya que el tiempo para evacuar el área puede ser de no más de 15 minutos.
- Un recogimiento repentino del mar por debajo del nivel normal de marea es muy probable que esté seguido por un retorno violento de las aguas.
- Se debe contar con sistemas de comunicación inalámbrica, vía radio o satelital con una fuente de energía autónoma.
- Las zonas seguras para evacuar a la población deben estar identificadas como también las vías para acceder a ellas.
- La duración del efecto maremoto puede durar varias horas después de ocurrido el terremoto por lo tanto se recomienda no volver a los lugares de peligro hasta que se haya extinguido completamente el fenómeno.

- En las escuelas a partir de la enseñanza media, debieran enseñarse los principios básicos relativos a estos fenómenos y la forma de actuar.

En el Documento “Recomendaciones de Diseño de Obras Marítimas y Terrestres sometidas a cargas de Tsunamis” realizado por el Grupo de Ingeniería Civil Oceánica de la Universidad de Valparaíso, con motivo del Tsunami del 27 de febrero 2010, que se incluye en el Anexo I: Tsunami 2702, se podrán encontrar mayores detalles sobre estas consideraciones.

6. Diseño de instalaciones y elementos no estructurales

En las construcciones destinadas al uso humano se deberá considerar en el diseño de las instalaciones como agua , gas , alcantarillado , electricidad , aire acondicionado , ascensores , etc. , que las estructuras resistentes experimentan deformaciones durante los terremotos y que por lo tanto los elementos que esas instalaciones incorporen, también deben tener la capacidad de deformarse , para evitar así roturas de ductos , artefactos , maquinaria , etc. Especial atención requiere el diseño de ductos que atraviesan juntas de dilatación entre distintos cuerpos de un edificio.

En forma especial deben mencionarse los ascensores, que en muchos edificios dejaron de funcionar, principalmente por fallas en las guías o rieles que los ligan a la estructura soportante y por el mal soporte lateral de los contrapesos. La Norma NCH 440 sobre ascensores y montacargas existe; es necesario revisarla, agregarle disposiciones respecto al comportamiento sísmico y hacerla obligatoria.

Las instalaciones en general deberán incluir los planos de detalles de cómo se anclan a la estructura resistente , las guías de ascensores , los ductos de aire , los de basura , el alcantarillado , etc., de tal forma que puedan ser revisados y recibidos por la ITO.

Es necesario que los proveedores y especialistas consideren el comportamiento que tendrán, durante un terremoto, todos los elementos de terminaciones. Se deberán en consecuencia incluir las especificaciones y detalles constructivos de cómo anclar los tabiques, como anclar los cielos falsos y como fijar los revestimientos de piedra, cerámica y otros.

IV LA NORMA DE DISEÑO SISMICO

La Norma Sísmica NCH 433 debe ser revisada a la luz de los datos que entregó este terremoto en cuanto a solicitaciones y tipo de daños producidos.

Los aspectos a revisar serán entre otros los siguientes:

- El espectro.
- Consideraciones para las aceleraciones verticales.
- Disposiciones especiales de diseño para estructuras frágiles como las albañilerías.
- Uso de aisladores sísmicos, amortiguadores o elementos de disipación en edificios que deben estar siempre operativos (Hospitales, Centro Nacional de Alerta, Cuarteles de Policía, Bomberos, Cárceles, etc.)
- Exigencias adicionales en los métodos de análisis de los edificios con irregularidades estructurales importantes.

Es necesario revisar las Normas de modo que hagan explícitas las condiciones básicas bajo las cuales rigen y eviten dejar aspectos sujetos a apreciaciones personales dependientes del nivel de conocimientos del Ingeniero Proyectista. Es indispensable que se exija la obligatoriedad del uso de las Normas, quitando toda alternativa de optatividad en su uso, fijando mínimos obligatorios de acatar. También es importante señalar que los mínimos de la norma son efectivamente valores mínimos y no necesariamente coincidirán con los valores que el Ingeniero Estructural experimentado adopte para protegerse de irregularidades y simplificaciones, que pueden no representar fielmente el comportamiento de la estructura durante un sismo de las características del ocurrido en Chile en febrero 2010.

V LA CONSTRUCCION

La construcción de toda obra con fines habitacionales debe ser llevada a cabo por profesionales competentes, con conocimientos en la interpretación de planos y conscientes de la importancia de respetar las especificaciones de construcción.

La empresa constructora deberá llevar un estricto control de los materiales incorporados a la obra y control de la calidad de la ejecución.

Toda acción de control estará dirigida a respetar los Planos y Especificaciones Técnicas del proyecto además de las Normas pertinentes respecto a los distintos componentes de la obra.

Es corriente observar en muchas de las estructuras dañadas una mala o deficiente colocación del hormigón, así como también la cantidad insuficiente de estribos en zonas muy solicitadas y el uso de estribos sin cerrar.

Se han observado también en diversas construcciones, juntas de hormigonado mal ejecutadas.

La Constructora será responsable de cualquier falla que se produzca en el edificio que se demuestre ser el resultado de no haber respetado los planos y especificaciones técnicas. El control de la constructora y la acción de la Inspección Técnica de Obra debieran servir para prevenir estas fallas a tiempo.

VI LA INSPECCION TECNICA

La inspección técnica de obra llamada comúnmente ITO, será la encargada de velar porque las obras se realicen de acuerdo a los planos y especificaciones de proyecto, respetando las mejores prácticas de una buena construcción. Sus profesionales deberán poseer los conocimientos técnicos suficientes para anticipar los defectos y sugerir modificaciones cuando proceda y además tener la autoridad para exigir que se re-haga cualquier parte de la obra que a su juicio quede defectuosa.

La ITO debe representar en el terreno al dueño de la obra y por lo tanto cuidar en todo momento de sus intereses.

La ITO no está libre de responsabilidad cuando la obra falla por errores en la construcción no detectados o no solucionados por la Constructora mediante su propio control. Su autoridad está en todo momento por sobre la Constructora y su obligación debe ser evitar errores y hacer cumplir el conjunto de planos y especificaciones técnicas. Al respecto se hace necesario regular las obligaciones y responsabilidades de las ITO en la inspección de las obras.

Es necesario que la ITO certifique la buena ejecución de las partidas más importantes de la obra y se responsabilice por ello.

La Cámara Chilena de la Construcción debería elaborar un documento a recomendar a sus asociados que establezca las obligaciones y responsabilidades de las ITO.

Si aún cumpliendo con todos los planos y especificaciones técnicas de las obras durante su ejecución, se detectan fallas durante un terremoto, habrá entonces que buscar en el diseño las causas de dichas fallas y analizarlas en detalle de modo de no volver a repetir las.

Dada la importancia de la estructura soportante en las construcciones para uso humano, se estima recomendable hacer participar en la aprobación de su ejecución al Ingeniero Estructural responsable del diseño. En línea con esto, esta Comisión recomienda considerar como un antecedente relevante el anteproyecto de Reglamento para una Inspección Técnica de Estructura - ITE, preparado por la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales y recomienda a la Cámara su difusión e implementación entre sus Asociados. El Documento se adjunta en Anexo II: ITE

VII LAS REPARACIONES

Las reparaciones de las fallas, en particular las ocurridas en la estructura resistente, deben ser especificadas y realizadas por profesionales calificados. El no hacerlo arriesga a resultados contraproducentes que pueden incluso ser responsables de fallas futuras, que la estructura no habría sufrido en su forma original. Se sugiere que exista un procedimiento que obligue a la realización de estudios en profundidad de las reparaciones y que sea necesario presentar un proyecto, el cual sea sometido a aprobación por un revisor de estructuras que pertenezca al Registro de Revisores Estructurales que lleva el Instituto de la Construcción por encargo del Ministerio de la Vivienda

Toda modificación deberá quedar registrada, al igual que las modificaciones al proyecto original, en el conjunto de planos "As built" una de cuyas copias debe estar en poder de la Administración del edificio y otra en poder de la Municipalidad.

VIII SEGUROS DE CONSTRUCCIONES CON FINES HABITACIONALES

Los terremotos de gran magnitud corresponden a fenómenos de baja probabilidad de ocurrencia y como tal, también se desconoce detalladamente el comportamiento que tendrán las estructuras cuando ellos se presentan.

Es así que las recomendaciones de diseño son aproximaciones lo más cercanas posible al conocimiento que de ellos se tiene. El resultado de la acción del terremoto de febrero 2010 ha demostrado que dicha aproximación es lo suficientemente buena, sin embargo aún hay fallas, razón por la cual se recomienda en este Documento, la revisión de las Normas, de las prácticas de diseño y de las prácticas de construcción e inspección técnica.

El diseño deberá procurar que las estructuras soportantes de las construcciones habitacionales no se destruyan o dañen tanto que causen heridas o la muerte a las personas que las utilizan. Lo anterior no significa que no existan daños, que una vez reparados podrán dar a la estructura su condición original de habitabilidad. Las Normas de hecho establecen categorías de daños probables en función de la magnitud de terremoto.

Los Seguros deberán estar definidos de tal forma que sirvan precisamente para reparar estos daños , así como también podrán incluir las fallas en elementos no estructurales como tabiques , cielos falsos , shaft , etc. Parece razonable que sea el Propietario Primer Vendedor, quien contrate dichos seguros y venda los departamentos o casas con ello incluido, con un plazo de diez años o más.

Durante la construcción existen Seguros de todo Riesgo de Construcción y Montaje que cubren los daños producidos por un terremoto, independiente de que ellos hayan sido producidos por errores de diseño o construcción, a menos que se demuestre que hubo negligencia o dolo. En algunos países existen seguros que cubren los errores de diseño. Este tipo de Seguro naturalmente le es otorgado con facilidad a Profesionales de reconocida experiencia y solvencia técnica. En el caso de algunos profesionales de menor experiencia será más difícil obtenerlo y las primas serán seguramente mayores.

IX RECOMENDACIONES FINALES

1. Es urgente hacer presente a las Autoridades de Gobierno la necesidad de establecer una Normativa respecto al uso habitacional del borde costero. Las Municipalidades deben elaborar catastros de zonas con riesgo a la brevedad.
2. No debe usarse el adobe como material en construcciones para uso humano.
3. Es necesario preparar un Manual de Diseño y Construcción de elementos no estructurales en edificios que complemente los conceptos incluidos en la actual Norma NCH 433
4. Hace falta preparar un Manual con recomendaciones para diseño y construcción en zonas con riesgo de inundación y tsunamis.
5. Es importante hacer obligatorio una serie de estudios como los señalados en este Documento, cuando se inicia un proyecto inmobiliario.
6. Es necesario volver a revisar la Norma de Diseño Sísmico a la luz de los datos recogidos y del análisis del comportamiento de las estructuras durante el sismo del 27 de febrero 2010
7. Es importante incorporar un profesional definido en la ITE, durante la ejecución de la estructura soportante de un edificio. El Ingeniero Estructural que dirigió el diseño puede ser un colaborador de la ITO en estas materias y el responsable final de firmar los planos “as built”, una vez terminada la obra.
8. Es urgente analizar detalladamente las posibilidades de Pólizas de Seguro que pueden tomarse en el caso de edificaciones para uso humano.
9. Se recomienda analizar cuan preparado está un edificio construido para enfrentar un terremoto de gran magnitud. El estudio denominado “Perfil Bio – Sísmico de Edificios” publicado por el Ingeniero Tomás Guendelman en 1997, puede servir para ayudar en dicho análisis.
Quizás puedan adoptarse algunas medidas para evitar daños mayores a futuro, en zonas no afectadas esta vez.
10. Es necesario definir en cada obra, la responsabilidad del Arquitecto o del Gerente de Proyecto en su tarea de verificar la idoneidad de los Proyectistas, coordinar todas las especialidades y revisar la compatibilidad de los distintos proyectos.

ANEXO I

“Recomendaciones de Diseño de Obras Marítimas y Terrestres sometidas a cargas de Tsunamis” realizado por el Grupo de Ingeniería Civil Oceánica de la Universidad de Valparaíso, con motivo del Tsunami del 27 de febrero 2010