

## **CAPITULO 7**

**COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**

## CAPITULO 7

### COMENTARIO Y CONCLUSIONES

En este capítulo se entregan los resultados principales del estudio preliminar de vulnerabilidad sísmica de los hospitales Carlos Van Buren de Valparaíso y Dr. Gustavo Fricke de Viña del Mar.

El carácter preliminar del estudio se debe a que esta memoria de título se encuentra inserta en un proyecto de vulnerabilidad sísmica del sistema hospitalario chileno, cuyo objetivo es estudiar el sistema en forma global, sin embargo el estudio ha permitido analizar en forma detallada algunos aspectos de los hospitales.

Se ha realizado una revisión de los sismos importantes que han afectado a la región desde 1575 a 1985, encontrándose que en la mayoría de ellos el epicentro se ubicó costa afuera, los tsunamis fueron pequeños, con la excepción del sismo de 1730, y que los períodos de recurrencia de los sismos cuya magnitud de Richter es mayor o igual a ocho es de  $82 \pm 6$  años.

Las intensidades máximas esperadas para la zona en donde se ubican los hospitales es entre 8 y 8.5 en el Hospital Carlos Van Buren y entre 7.5 y 8 en el Hospital Dr. Gustavo Fricke en la escala de intensidades de Mercalli Modificada.

El comportamiento estructural de los edificios en los sismos que los han afectado desde la fecha de su construcción ha sido bueno, no encontrándose colapso en ninguna de las estructuras, mientras que en los elementos no estructurales han tenido distintos grados de daños.

La Torre Médica del Hospital Carlos Van Buren sufrió daños menores en los elementos no estructurales para el sismo del 3 de marzo de 1985, mientras que en la Torre Quirúrgica los daños en los elementos no estructurales fueron importantes, llegando al punto de

dejar inhabilitados los pabellones del último piso. A su vez esta estructura quedó con grietas en los pisos intermedios del edificio.

El puente de unión que conecta la Torre Médica con la Torre Quirúrgica, sufrió el corte de los pernos que conectan las vigas metálicas de la estructura con la Torre Médica, no teniéndose mayores antecedentes que detalle los pernos que fallaron y cual fue la solución adoptada en su reparación.

El comportamiento de la estructura y de la tabiquería en los sismos que han afectado al Edificio Principal del Hospital Dr. Gustavo Fricke ha sido satisfactorio, encontrándose problemas puntuales como el agrietamiento de sus chimeneas lo que las deja con un grado de vulnerabilidad alto ante un evento sísmico de mayor magnitud.

Aunque el cuerpo E del Edificio Normalización no estaba en funcionamiento para el terremoto del 3 de marzo de 1985, se tiene como antecedente que la tabiquería de albañilería sufrió serios daños, siendo reemplazada por tabiques livianos.

Con el propósito de tener una calificación preliminar de la calidad estructural de los cuerpos analizados se ha calculado el índice de Hirosawa ( $I_2$ ) y los índices de Shiga ( $I_1$ ,  $I_e$  e  $I_s$ ), además de las variaciones de las características del edificio con la altura. El objetivo de esta etapa no es hacer un estudio estructural detallado si no más bien evaluar índices de comportamiento que permiten juzgar el nivel de daños que podrían producirse para el sismo de magnitud máxima esperada.

De acuerdo con los antecedentes de este estudio la Torre Médica y Torre Quirúrgica del Hospital Carlos Van Buren tienen un grado de vulnerabilidad estructural en función de los índices globales de MEDIA y MEDIA-ALTA respectivamente, mientras que los cuerpos del Edificio Principal del Hospital Dr. Gustavo Fricke (cuerpos A, B, y C) tienen un grado de vulnerabilidad estructural

MEDIA-BAJA y el cuerpo E del Edificio Normalización del mismo hospital tiene un grado de vulnerabilidad estructural MEDIA. Estas vulnerabilidades están relacionadas con el objetivo de función del hospital.

Al revisar las variaciones de los índices y características de los edificios con la altura, se puede destacar:

- i ) El índice de Hirosawa es muy sensible al tipo de hormigón que se está considerando, como ocurre en los cuerpos del Edificio Principal, y es drásticamente castigado por la forma del edificio sin considerar mayores antecedentes de la cantidad de elementos resistentes que tiene el edificio.
- ii) Con respecto a las variaciones de las características del edificio con la altura, se puede decir que estas se ven fuertemente influenciada por la presencia de muros de gran longitud, que desaparecen en los pisos superiores

Los elementos no estructurales fueron evaluados en términos preliminares para determinar la susceptibilidad de los distintos sistemas y equipos del hospital de ser dañados, producir daño o salir de funcionamiento, cuando ocurra el sismo máximo esperado.

En general se puede decir que la vulnerabilidad de elementos no estructurales como los tabiques dependen de los sistemas que estos tengan para actuar en forma independiente de la estructura y de la deformación que ésta pueda tener, siendo los casos más críticos los tabiques del cuerpo E del Edificio Normalización y los tabique de los pabellones de la Torre Quirúrgica. Del resto de los elementos no estructurales hay que poner especial atención en aquellos que pueden interrumpir el correcto funcionamiento del hospital, como pueden ser estanterías en accesos de edificio, cielo falso sin los soportes adecuados en zonas que puedan dañar a pacientes, cilindros de gases sin sistemas de amarre, etc.

Una apreciación general sobre los equipos médicos y de apoyo dentro del hospital es que no presentan dispositivos de anclaje o amarre que limite su daño durante un sismo, concluyéndose que el equipamiento de ambos hospitales presentan una vulnerabilidad MEDIA-ALTA.

La metodología utilizada sirve de base para seguir en el futuro con estudios que permitan mitigar el daño sísmicos en este tipo de instalaciones.

## REFERENCIAS

## REFERENCIAS

- 1.- ACI 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete", Versión en español del Instituto Mexicano del Cemento A.C., México D.F., México, 1984.
- 2.- Astroza, M., Kausel, E., Monge, J., "Estudio preliminar de pérdida media anual y de pérdida máxima probable por terremotos en las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar y Santiago", 1993.
- 3.- Astroza, M., Moroni, M.O., Küpfer, M., "Calificación sísmica de edificios de albañilería de ladrillo confinada con elementos de hormigón armado", XXVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Vol. 1, Montevideo, Uruguay, Noviembre, pp. 327 a 338, 1993.
- 4.- Barrientos, S., "Regionalización Sísmica de Chile", Tesis de Magister en Ciencias Mención Geofísica, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1980.
- 5.- Boroschek, R., Conversaciones personales, 1996.
- 6.- Canales, J.C., Perretta, C., "Estudio de los efectos del sismo del 3 de marzo de 1985 en la comuna de Valparaíso", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1988.
- 7.- Carvajal, A., "Estudio comparativo de los terremotos de Valparaíso de 1906 y 3 de marzo de 1985", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1989.
- 8.- Comte, D., Lorca, E., Eisemberg, A., Pardo, M., Saragoni, R., Singh, S., K, Suarez, G., "The 1985 Central Chile Earthquake: A Report of Previous Great Earthquake in the Region" Science, Vol. 233, 393-500, July, 1986.
- 9.- Flores, R., "Normas y prácticas de ingeniería sismorresistente en Chile", Ingeniería Antisísmica. El Caso del Sismo 3 de Marzo 1985., cap. 9, pp. 163-172, 1993.
- 10.- Godoy, H., Monge, J., "Estudio de Efectos de un Tsunami Potencial en la Bahía de Valparaíso", II Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Vol II, F.3, 1976.
- 11.- Grimme, K., Alvarez, L., "El suelo de fundación de Valparaíso y Viña del Mar", Instituto de Investigaciones Geológicas, Departamento de Geología, Universidad de Chile, 1964.
- 12.- Gutenberg, E. and Richter, C. "Seismicity of the Earth and Associated Phenomena", Princeton, University Press, Princeton New Jersey.

- 13.- Hirosawa, M., "Retrofitting and Restriction of Building in Japan", IISEE Lecture Note Seminar Course, 1992.
- 14.- Iglesias, J., "Estudio de las Intensidades del Sismo del 19 de Septiembre en la Ciudad de México", Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1987.
- 15.- Kausel, E., "Informe Preliminar del Terremoto del 28 de Marzo de 1965", Revista IDIEM, Vol. 4 N°1, 1965, pp. 23-28.
- 16.- Kausel, E., "Proceso Sísmico, Parámetros Focales y Réplicas del Sismo del 3 de Marzo de 1985", capítulo 2 del libro "El Sismo del 3 de Marzo de 1985-Chile", J. Monge (Editor), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Acero Comercial S.A., Editorial Universitaria, 1985.
- 17.- Lomnitz, C., "An Earthquake Risk Map of Chile", Procc. 4<sup>th</sup> WCCEE, Chile, Vol. 1, pp.161-171, 1969.
- 18.- McGavin, Gary, L., "Earthquake Protection of Essential Building Equipment", Editorial John Willey, 1981.
- 19.- Meli, R., "Diseño sísmico de edificios de muros de mampostería, la práctica actual y el comportamiento observado", Simposium Internacional: Seguridad Sísmica en la Vivienda Económica, CENAPPED, México D.F, pp. 398-423, 1991.
- 20.- Monge, J., Godoy, H., "Metodología para la evaluación del riesgo de tsunami", Publicaciones SES I 3-75 (115), Abril, 1975.
- 21.- Monge, J., "Diseño de Estructuras Sismorresistentes (Apuntes de Clases)", Publicaciones SES D 1/80 (158), 1980.
- 22.- Montessus de Ballore, F., "Historia Sísmica de los Andes Meridionales al Sur del Paralelo XVI", 1915.
- 23.- Murakami, M., K. Hara, H. Yamaguchi, S. Shimazu (1992) "Seismic capacity of reinforced concrete buildings which suffered 1987 Chibaken-toho-oki earthquake", Proceedings Tenth World Conference of Earthquake Engineering, Madrid, España.
- 24.- Perez, L., Aguirre, C., "Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Viña del Mar", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Técnica Federico Santa María, Viña del Mar, 1988.
- 25.- Ramirez, D., Kausel, E., "Estimación de algunos parámetros focales de grandes terremotos históricos chilenos", Memoria para obtener el grado académico de Magister en Ciencias mención Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1988.

- 26.- Raymondi, V. (1990) "Anteproyecto de norma de diseño y cálculo de albañilería reforzada con pilares y cadenas", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- 27.- Rodríguez, A., Gajardo, C., "La Catastrofe del 16 de Agosto de 1906 en la República de Chile", Imprenta Barcelona, Santiago de Chile, 1906.
- 28.- Ruiz, P., "Riesgo Sísmico de Chile", II Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Vol. II, F.2, 1976.
- 29.- Shiga, T., "Earthquake Damage an the Amount of Walls in Reinforced Concrete Buildings", Procc. 6<sup>th</sup> WCEE, Nueva Delhi, India, pp. 2467-2472, 1977.
- 30.- Unemura H., "A Guideline to Evaluate Seismic Performance of Existing Medium and Low-Rise Reinforced Concrete Buildings and its Application", Procc. 7<sup>th</sup> WCEE Estambul, Turquía, pp. 505-512, 1980.
- 31.- Wakabayashi, M., "Design of Earthquake-Resistant Buildings", McGraw-Hill Book Company.