

## **CAPITULO 7**

### **RESUMEN Y CONCLUSIONES**

**CAPITULO 7**  
**RESUMEN Y CONCLUSIONES**

A continuación se presentan en forma resumida las conclusiones finales y comentarios, surgidos del estudio de vulnerabilidad sísmica del Hospital Herminda Martín de Chillán y del Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción.

El objetivo de estimar preliminarmente la vulnerabilidad de ambos hospitales, se ha logrado estructurando la memoria en seis capítulos, que se complementan entre si y permiten visualizar al hospital como un sistema en que se conjugan aspectos estructurales, arquitectónicos, de líneas vitales, equipamiento y contenidos.

En el caso del Hospital Herminda Martín de Chillán, se ha concluido que el sistema presenta una vulnerabilidad **ALTA**, el cual es un juicio que engloba a los dos sectores evaluados, éstos son el Edificio Antiguo (E.A.) y el edificio Proyecto de Normalización (P.D.N.).

La calificación anterior, se obtiene de analizar los resultados del estudio en los aspectos estructural y no estructural. Es así como estructuralmente, los cuerpos de mayor superficie, es decir M (E.A.) y C (P.D.N.), se han estimado de vulnerabilidad Media-Alta y Media respectivamente, situación que resulta de considerar el valor de los índices estructurales aplicados (Hirosawa).

La generalización de este juicio a los cuerpos no evaluados estructuralmente no es directa, sin embargo es una estimación conservadora que conviene considerar válida.

En el aspecto no estructural, la situación del hospital se considera de vulnerabilidad Alta, la cual queda determinada principalmente por las inconvenientes características de

disposición de los elementos arquitectónicos en el cuerpo C (de naturaleza flexible), por la escasa independencia de energía eléctrica y de agua potable, en caso de falla del suministro externo que afecta a todo el hospital y por las deficientes características de disposición del equipamiento y contenidos en general.

Finalmente, se debe mencionar la necesidad de una evaluación que permita estimar la real capacidad resistente de todos los cuerpos del hospital, especialmente definir en forma más precisa la capacidad de respuesta de los pisos 2° y 3° del cuerpo M, en donde se obtienen los índices Hirosawa y Meli más bajos. Lo anterior también se aplica a los cuerpos U1 y U2, en cuanto a las características del envigado metal-madera, que cubre gran parte de su superficie.

En el caso del **Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción**, se ha considerado que lo más realista es separar la estimación de su vulnerabilidad entre el Edificio Monoblock (E.M.) y el edificio Proyecto de Ampliación (P.A.), por cuanto la evaluación estructural entrega conclusiones diametralmente opuestas.

Es así como la vulnerabilidad del E.M, se ha estimado como **MEDIA-ALTA**. Resultado que proviene de considerar lo siguiente :

i.- los índices aplicados al cuerpo A (Hirosawa y Shiga) determinan una Baja vulnerabilidad estructural, lo cual se corrobora al considerar el bajo nivel de daños que sufrió el edificio durante los sismos de Mayo de 1960, los cuales sometieron a la estructura a un elevado nivel de sollicitaciones. Esta conclusión es también válida para el cuerpo B, el cual posee una estructura análoga.

ii.- No obstante lo anterior, el aspecto no estructural hace subir la calificación a Media-Alta, por cuanto el edificio presenta una deficiente independencia del servicio de agua potable en caso de

talla del suministro externo y, por otra parte, la disposición del equipamiento médico presenta una Alta vulnerabilidad al encontrarse inconvenientemente dispuesto.

Ahora bien, es importante acotar que las ampliaciones efectuadas a la estructura, tales como la UTI de Neurocirugía y Lavandería, no fueron consideradas dentro de la evaluación estructural global del edificio, siendo por lo tanto aconsejable un estudio específico de estos sectores que considere sus sistemas a nivel de techo, sistema estructural vertical, materiales y detalle de conexiones, con el objeto de mitigar eventuales riesgos.

Es también importante destacar en este punto, que las modificaciones a la estructura, tales como rellenos de puertas y ventanas, pueden derivar en daños que afecten tanto al nivel del servicio como de los pacientes y personal, esta situación se aprecia en en el sector de SEDILE (5° Piso, ver Capítulo 4).

Los motivos anteriores hacen aconsejable asignar al E.M. una vulnerabilidad sísmica del tipo Media-Alta.

Con respecto al P.A. se ha concluido en forma preliminar, estructural y no estructuralmente, que el cuerpo P presenta una **ALTA** vulnerabilidad sísmica. Esta calificación se debe al elevado riesgo para la estabilidad general de la estructura que introducen las columnas cortas a nivel del piso Zócalo y a las importantes irregularidades en la altura (rigidez de entrepiso y excentricidad en planta) que producen los denominados muros cortina, ubicados en los pisos 2°, 4° y 5°.

Por otro lado, la condición de vulnerabilidad de los elementos no estructurales, califica también como Alta, debido a las razones enumeradas para cada caso en el punto respectivo de los Capítulos 5 y 6, y que dicen relación con la disposición de los elementos arquitectónicos, la disposición del equipamiento Médico y de Apoyo al Diagnóstico, y a la situación de independencia y tendido de las

redes de líneas vitales en general.

Un comentario final a la estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Concepción, se refiere a la calidad del suelo de fundación (suelo tipo III, NCh 433 Of93), el cual determina un aumento en los valores de juicio sísmico, lo que sumado a la alta sismicidad presente en la ciudad de Concepción y alrededores, determina la necesidad de un estudio más refinado que permita estimar en forma más precisa la real capacidad de respuesta, principalmente del cuerpo P.

Finalmente, como conclusión general del trabajo realizado se puede decir que en los centros hospitalarios se conjugan realidades muy distintas desde los dos puntos de vista que abarca la estimación preliminar de su vulnerabilidad, es decir : estructural y no estructural y en cada uno de los aspectos que a su vez cada uno de estos ámbitos implica.

De esta forma, los puntos sensibles de analizar en los hospitales varían muchas veces de un cuerpo a otro y se pone en evidencia la gran complejidad del sistema. No obstante lo anterior, es perfectamente posible generar criterios generales que permitan mitigar riesgos y por lo tanto hacer que el **sistema hospital** disminuya su vulnerabilidad en todos los aspectos.

Lo anterior no significa la aplicación de engorrosos o sofisticados métodos de mitigación, por el contrario, en forma sencilla es posible aplicar medidas que aumenten la seguridad del sistema.

En los comentarios anteriores, se debe tener en perspectiva que la visión que ha generado el trabajo llevado a cabo, permite apreciar el sistema con falencias que generalmente pasan inadvertidas en un sistema tan complejo como un hospital, pero que en caso de catástrofe, como lo es un sismo, podrían llegar a ser críticas y generar en definitiva, un real peligro no sólo para el

nospital sino que para toda la comunidad, al verse ésta privada de un servicio elemental como lo es la Salud.

Generar las medidas específicas de prevención no es el objetivo de este trabajo, sin embargo los criterios generales se pueden desprender de los análisis y datos que se entregan en forma resumida en esta memoria.

## ***REFERENCIAS***

## REFERENCIAS

- 1.- ACI 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete", Versión en español del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., México D.F., México, 1984.
- 2.- 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.
- 3.- Astroza, M., 1996 (Contacto Personal).
- 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., 1996 (Contacto Personal).
- 6.- Boroschek, R., Astroza M. " Estudio de Vulnerabilidad Física del Hospital San Martín de Quillota ", Ministerio de Salud-OPS, Santiago, Chile, 1994
- 7.- Del Canto, H., Godoy, P., Aguirre, E., Muñoz, J., Ibañez, J., "Informe de la Comisión Gubernativa Sobre los Efectos Producidos por el Terremoto de Enero de 1939", Anales d e l Instituto de Ingenieros de Chile, 1940.
- 8.- Gallegos, H., "Indice de Calidad Estructural Sismo resistente", 4<sup>as</sup> Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Viña del Mar, Chile, pp.136 a 161, 1986.
- 9.- Galli, C., Lemke, R., "Mapa del Suelo de Fundación de Concepción", Boletín N° 13 del Instituto de Investigaciones

- Geológicas, 1963.
- 10.- Greve, F., "Historia de la Sismología en Chile", Publicación del Departamento de Geofísica y Geodesia, 1964.
  - 11.- Hirosawa, M., "Retrofitting and Restriction of Building in Japan", IISSE Lecture Note Seminar Course, 1992.
  - 12.- Iglesias, J., "Estudio de las Intensidades del Sismo del 19 de Septiembre en la Ciudad de México", Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1987.
  - 13.- Kausel, E., "Tectónica de Placas y Mecanismo de foco en Chile", II Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, 1976.
  - 14.- Kausel, E., 1996 (Contacto Personal).
  - 15.- Lomnitz, C., "Investigaciones Gravimétricas en la Región de Chillán", Boletín N° 4 del Instituto de Investigaciones Geológicas, 1959.
  - 16.- Lomnitz, C., "An Earthquake Risk Map of Chile", Procc. 4<sup>th</sup> WCEE, Chile, Vol. 1, pp.161-171, 1969.
  - 17.- Lomnitz, C., "Grandes Terremotos y Tsunamis en Chile durante el periodo 1535-1955", Revista Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Comisión de Geofísica Panamericana, Vol. N°1, Noviembre 1971.
  - 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 Economica, CENAPPED, México D.F, pp. 398-423, 1991.*

- 20.- Monge, J., "Diseño de Estructuras Sismorresistentes (Apuntes de Clases)", Publicaciones SES D 1/80 (158), 1980.
- 21.- Monge, J., "Estudios de Riesgo de Tsunami en Costas Chilenas", VI Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Volumen II, Agosto 1993.
- 22.- Murakami, M. et al., "Seismic Capacity of Reinforced Concrete Buildings which suffered Chibaken-toho-oki earthquake", Proceedings Tenth World Conference of Earthquake Engineering, Madrid, España, 1992.
- 23.- Oppliger, G., "Microregionalización Sísmica de la Ciudad de Concepción", Memoria para obtener el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1968.
- 24.- Osorio, C., "Análisis Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica del Sistema Hospitalario Chileno", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1995
- 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., " 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, 1990.
- 27.- Rosales, V., "Vulnerabilidad Física y Funcional de Hospitales"

VI Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica,  
Volumen II, Agosto 1993.

- 28.- Ruiz, P., "Riesgo Sísmico de Chile", II Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Vol. II, F.2, 1976.
- 29.- Saint-Amand, P., "Los Terremotos de Mayo. Chile 1960", Publicación Michelson Laboratories, U.S. Naval Ordnance Test Station. China Lake, California. Agosto 1961.
- 30.- 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.
- 31.- UNESCO, "Terremotos : Evaluación y Mitigación de su Vulnerabilidad", Publicación, 1980.
- 32.- 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.
- 33.- Urrutia, R., Lanza, C., "Catástrofes en Chile, 1541-1992", 1993.
- 34.- Villablanca, R., Paredes, R., "Efecto de Tsunamis Cercanos en Bahías de Concepción y San Vicente" , 3<sup>as</sup> Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción, Chile.
- 35.- Wakabayashi, M., "Design of Earthquake-Resistant Buildings", McGraw-Hill Book Company.
- 36.- Watanabe, Krzulovic., "Los Movimientos Sísmicos de Mayo de 1960", Anales de la Facultad de Ciencia Físicas y Matemáticas, Vol. 17, 1960, pp. 39 a 90.

37. Woywood, M. "Amplificación de Ondas Sísmicas y su Aplicación a Suelos Típicos de Concepción", Informe para optar al título de Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería, Universidad de Concepción, Octubre de 1979.