

Lecciones Aprendidas en América Latina de Mitigación de Desastres en Instalaciones de la Salud

ASPECTOS DE COSTO - EFECTIVIDAD



Organización Panamericana de la Salud
Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud



Departamento de Asuntos Humanitarios de las
Naciones Unidas (UN-DHA)
Decenio Internacional para la Reducción de los
Desastres Naturales
Oficina Regional para América Latina y el Caribe

Fotos de cubierta:
Daniel Bitrán (1996)
OPS/OMS

ISBN 92 75 32217 1

© **Organización Panamericana de la Salud, 1997**

Una publicación del Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Casos de Desastre, OPS/OMS.

Las opiniones expresadas, recomendaciones formuladas y denominaciones empleadas en esta publicación no reflejan necesariamente los criterios ni la política de la Secretaría del DIRDN, la OPS/OMS, ni de sus estados miembros.

La Organización Panamericana de la Salud dará consideración favorable a las solicitudes de autorización para reproducir o traducir, total o parcialmente, esta publicación. Las solicitudes deberán dirigirse al Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Casos de Desastre, Organización Panamericana de la Salud, 525 23rd. St. N.W., Washington D.C. 20037, U.S.A.; Fax: (202) 775-4578 o Internet: disaster@paho.org

La realización de esta publicación ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Oficina Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO), la Autoridad Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI), la Administración de Desarrollo en Ultramar (ODA), la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA) y la Oficina de Asistencia al Exterior en Casos de Desastre de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (OFDA/AID).

Coordinación general: *Arq. Helena Molin Valdés, Oficina Regional, DIRDN-DHA*
Autores principales: *Ing. Vanessa Rosales Ardón, Consultora, OPS/OMS*
Lic. Daniel Bitrán Bitrán, Asesor de la Dirección General del
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los
Trabajadores del Estado, México
Revisión: *Ing. Claudio Osorio, OPS/OMS*
Equipo Profesional del Programa de Preparativos para
Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en
Casos de Desastre, OPS/OMS

Nuestro agradecimiento a un gran número de ingenieros, arquitectos, economistas, médicos, personal y administradores de salud en la región, por sus valiosos aportes a este documento.

Contenido

PREFACIO	7
INTRODUCCIÓN	9
Capítulo 1: ANTECEDENTES	11
Acciones para promover la aplicación de medidas de mitigación en la infraestructura de salud	13
Capítulo 2: COSTO - EFECTIVIDAD	17
El modelo costo-beneficio	17
La aplicación de un modelo de costo- efectividad	19
La importancia del análisis de vulnerabilidad en la aplicación del método costo-efectividad	23
Etapas para la aplicación del análisis costo-efectividad en proyectos de mitigación	31
Rubros a considerar en un proyecto de mitigación y criterios de evaluación	32
Normas para la medición de los costos y efectividad del proyecto	33
Factibilidad de un proyecto de mitigación y criterios para asignarle prioridad	34
Magnitud de las inversiones en medidas de mitigación	35
Capítulo 3: EXPERIENCIAS EN AMÉRICALATINAEN MATERIADE MITIGACIÓN Y ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD. ESTUDIOS DE CASOS	39
Introducción	39
El caso de Chile	41
• Análisis de costos	45
El caso del Ecuador	49
• Análisis de costos	55
• Multiplicación de la experiencia	55
El caso de Venezuela	59
• Análisis de costos	62
El caso de Colombia	63
El caso del Perú	66
El caso de Costa Rica	71

Antecedentes	71
• Riesgo sísmico en Costa Rica	71
• Antecedentes de daños en hospitales	71
• Iniciativas para la prevención y mitigación de las emergencias sísmicas	72
• Proyectos de evaluación y reforzamiento de hospitales	73
Descripción de los trabajos de reforzamiento	74
• Hospital Nacional de Niños	74
• Hospital México	74
• Hospital Monseñor Sanabria	76
• Costos comparativos de las reconstrucciones	77
Impacto de los sismos de 1990 sobre algunos hospitales	77
Conclusiones del caso de Costa Rica	79
El caso de México	82
Reseña del impacto del sismo en la infraestructura hospitalaria	82
Consideraciones acerca de la vulnerabilidad del sistema hospitalario frente a un sismo	83
Requisitos de sismo-resistencia según zonas y cambios operados en los mismos a raíz del sismo en 1985	84
Requisitos de reforzamiento de los hospitales derivados de las nuevas disposiciones de sismo-resistencia	86
Principales hospitales reforzados o reconstruidos a raíz de los sismos de 1985	89
• Secretaría de la Salud	89
• Hospitales de él Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	93
Hospital de Oncología	95
Hospital de Cardiología	97
• Hospitales del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE)	100
Análisis del Costo-Efectividad del Reforzamiento en Hospitales en México	100
Impacto Económico del Reforzamiento de Hospitales	101
Capítulo 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
Anexo 1: Estrategia para implementar un Programa Nacional de Mitigación de Desastres en Hospitales (orientado a reducción de la vulnerabilidad sísmica)	107
Anexo 2: Escala de Richter.....	111
Anexo 3: Escala Modificada de Mercalli.....	113
Anexo 4: Listado de abreviaciones.....	115

Prefacio

El presente documento fue realizado dentro del marco de actividades del Decenio Internacional para Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN), bajo los auspicios de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el DIRDN (1990-1999), con objeto de impulsar acciones significativas en diversos ámbitos como parte de una estrategia tendiente al logro de la mitigación efectiva de los efectos de los desastres naturales en el mundo.

En respuesta a la promoción efectuada en este contexto, y especialmente después de la celebración del Día Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales en octubre de 1993, con énfasis en la protección de la infraestructura de hospitales y escuelas, se comenzó a palpar en los países de América Latina y el Caribe la necesidad de concretar acciones y de unificar esfuerzos para mejorar la respuesta estructural de los hospitales frente a eventos destructivos tales como terremotos y huracanes.

El Programa de Mitigación en Instalaciones de Salud del Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Casos de Desastre de la OPS/OMS, fue designado Proyecto de Demostración Internacional por el Comité Técnico Científico del DIRDN al comienzo de esta Década. Se espera que de su actividad surjan lecciones y experiencias valiosas en el sector salud, que contribuyan a un cambio de actitud, a la generación de políticas y a la implementación de acciones hacia una reducción del impacto de los desastres.

El presente estudio, llevado a cabo por iniciativa conjunta del Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (UN-DHA)/Oficina Regional del DIRDN para América Latina y el Caribe y de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), tiene por objeto avanzar un paso más en el análisis de los costos de las medidas de mitigación en instalaciones de salud en relación con los beneficios que traen aparejadas. Se basa en diversos documentos y en algunas experiencias concretas en esta materia en países de la región.

Introducción

Algunos países de la Región ya contaban con significativos avances en materia de mitigación de desastres de la infraestructura hospitalaria al inicio del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales. En Costa Rica, como se discutirá más adelante, la Caja Costarricense del Seguro Social tenía en marcha desde finales de 1986 proyectos de reforzamiento de los principales hospitales del país, e inclusive varios de ellos estaban finalizados cuando se presentó un periodo de fuerte actividad sísmica en los primeros años de la década de 1990, cuyo evento principal fue el terremoto de Limón, en la costa atlántica en abril de 1991. En Colombia, por iniciativa de agrupaciones profesionales y de universidades, se habían efectuado estudios de vulnerabilidad en algunos hospitales, que sirvieron de base para ajustar metodologías y que pusieron en evidencia la necesidad de contar, a nivel de código de construcción, con regulaciones especiales para este tipo de análisis, así como con previsiones de seguridad especiales en el diseño y construcción de edificaciones hospitalarias.

En México, a raíz del sismo de 1985, se introdujeron cambios significativos en los reglamentos de construcción, elevándose considerablemente los requisitos de sismo-resistencia. Los hospitales afectados por el sismo fueron reconstruidos y han sido reforzados mediante diferentes opciones en materia constructiva, como se detallará posteriormente.

El presente estudio se circunscribe casi exclusivamente al análisis de los riesgos y medidas de mitigación relacionadas con desastres de tipo geológico. Por esta razón, no se incluyen los riesgos hidrometeorológicos, que son los que predominan en la cuenca del Caribe. Se espera poder contar en el futuro con un trabajo similar que cubra adecuadamente dichos fenómenos.

El documento inicia con un capítulo de tipo conceptual en el que se plantea la conveniencia de utilizar una metodología específica en materia de proyectos hospitalarios, en la cual se concluye que la evaluación costo-efectividad resulta más adecuada para este tipo de análisis que la tradicionalmente conocida como de costo-beneficio.

En el capítulo siguiente se presentan estudios de casos referentes a varios países de la Región para los que se contó con información sobre aspectos importantes de la estrategia seguida en materia de reforzamiento de la infraestructura de salud. Los países que se in-

cluyen son: Colombia, Chile, Ecuador, Venezuela (como parte de un proyecto global financiado por la Oficina Humanitaria de la Comisión Europea, ECHO), Perú, Costa Rica y México.

Como se aprecia a lo largo de este estudio, y no obstante los avances reseñados en él, se carece aún de un esfuerzo unificado y de una política con visión regional que resalte la importancia de reducir el impacto de los desastres sobre

las instalaciones de la salud. Mucho se ha discutido sobre la necesidad imperativa de garantizar el funcionamiento continuado de estas edificaciones después de la ocurrencia de un desastre severo, y existe una sensibilización general creciente sobre el tema. Así, entidades científicas dedicadas al estudio de los desastres naturales empezaron a discutir la vulnerabilidad de hospitales desde una óptica diferente. En congresos y foros ingenieriles se comenzó a hablar del impacto social de la pérdida de un hospital (Mérida, Venezuela, en mayo de 1993, Santiago, Chile, en agosto de 1993 y otros).

Este proceso de sensibilización de sectores profesionales y académicos propició el inicio de varios proyectos de estudio de la vulnerabilidad física de hospitales, principalmente en forma cualitativa, para lo cual contó con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud y otras agencias. La importancia de estos proyectos radica en que se suministró la experiencia en el uso de metodologías de evaluación ajustadas a las técnicas de edificación, materiales de construcción y reglamentaciones vigentes en los países de la Región. Paralelamente, se comenzaron a conformar equipos multidisciplinarios de profesionales expertos en la materia y la relevancia de las primeras evaluaciones trascendió a la opinión pública y motivó el compromiso de las instituciones rectoras del sector de la salud. Estos hechos marcaron el inicio del proceso en Chile y Venezuela. En otros países, como Ecuador, se contaba con significativos avances a nivel local en el estudio del fenómeno sísmico, en tópicos como respuesta de los suelos, microzonificación y estudio de eventos históricos, que servirían de base para profundizar el estudio de la vulnerabilidad de algunos hospitales importantes.



Foto: J. Valdés, 1996

La OPS /OMS ha desarrollado material de consulta técnica impresa, audiovisual, para promover la mitigación de desastres en instalaciones de la salud.

Antecedentes

Si bien los desastres naturales representan un elevado costo para los países afectados, su impacto es proporcionalmente mucho mayor en los países en desarrollo. Se estima que las pérdidas en el producto interno bruto debidas a desastres supera en 20 veces al que experimentan los países industrializados. Entre los efectos de estos fenómenos, los daños ocasionados sobre la infraestructura de salud de América Latina y el Caribe han sido particularmente severos.

Aproximadamente un 50% de los 15,000 hospitales existentes en la región están ubicados en zonas de alto riesgo. En los últimos 15 años un total de 93 hospitales y 538 centros de salud han sido dañados sensiblemente a consecuencia de desastres naturales, ya sea por haber colapsado o quedado en condiciones vulnerables que exigieron su desalojo.

Si se considera una media de 200 camas de capacidad instalada por hospital y 10 camas por centro de salud, resulta que 24.000 camas han quedado inhabilitadas durante dicho lapso. De considerarse un costo promedio de 130.000 dólares por cama de hospital, las pérdidas acumuladas por este concepto en la región habrían ascendido a 3.120 millones de dólares¹.



Foto: OPS/OMS

Trabajo de rescate en uno de los 13 hospitales colapsados tras el terremoto de México en 1985.

1. Véase Bitrán Bitrán, Daniel, *Impacto Económico de los Desastres Naturales en la Infraestructura de Salud, LC-/MEX/L.291.2. Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud, Recomendaciones, México D.F. 26-28 de febrero de 1996*

Los sismos que impactaron a Chile y México en 1985, así como los registrados en El Salvador en 1986 y el huracán en Jamaica en 1988 pueden calificarse como catastróficos. En estos dos últimos eventos se resintió el 90% de la capacidad instalada en materia de hospitalización. Esta elevada incidencia de daños en la infraestructura de salud se debe, en gran medida, a que la mayoría de los hospitales de la región son antiguos, y algunos de los modernos cuentan con una aplicación relajada de códigos antisísmicos, lo que los

Definiciones

Se considera **vulnerabilidad estructural**, en este documento, la referente a aquellas partes que sostienen la edificación, encargadas de resistir y transmitir a la cimentación y luego al suelo, las fuerzas tales como el peso del edificio y su contenido, así como las cargas provocadas por sismos y otras acciones ambientales.

Se entiende por **vulnerabilidad no-estructural** la referente a aquellos elementos diferentes a la estructura portante del edificio, tales como elementos arquitectónicos (ventanas, fachadas, etc.), líneas vitales de funcionamiento (agua, energía, etc.), muebles y equipos (médicos y de otra naturaleza).

La **vulnerabilidad funcional** se refiere a aspectos de diseño físico-espacial (selección del sitio, distribución interna y externa de espacios, diseño urbanístico, etc.) y organización (organigrama, planes de emergencia, llevar a cabo simulacros, etc.).

hace vulnerables a temblores. En efecto, un considerable número de estas instalaciones carecen de programas de mitigación, planes de emergencia o la infraestructura apropiada para resistir terremotos y huracanes².

Un ejemplo de que aún la toma de conciencia no se traduce en suficientes acciones concretas se hizo palpable durante los huracanes que afectaron al Caribe en los últimos diez años, al ser destruidos o dañados hospitales e instalaciones que habían sufrido en el pasado durante otros fenómenos similares. Las consecuencias sociales y económicas de estos daños han sido evaluadas y discutidas en diversos estudios. Sin embargo, a pesar de la creciente sensibilización por parte de los gobiernos y sectores interesados, son todavía insuficientes las acciones concretas de mitigación de desastres llevadas a cabo en la infraestructura de la salud.

Si bien algunos eventos naturales pueden reducirse³, en la mayoría de las catástrofes naturales, es imposible prevenir que ocurra el evento mismo. Pero sí se puede lograr protección contra las amenazas de un fenómeno, modificando o eliminando las causas de la amenaza (reduciendo el riesgo), o aminsonar sus efectos si esta ocurre (reduciendo

la vulnerabilidad de los elementos afectados). Estas acciones que se adoptan previamente a la ocurrencia de un evento se conocen como de **mitigación**.

2. Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud, Recomendaciones, México D.F. 26-28 de febrero de 1996

3. Visión General sobre Control de Catástrofes, Programa de Entrenamiento para el Control de Catástrofes del PNUD/UN-DRO

Los hospitales merecen de una consideración especial en la mitigación de desastres naturales en razón de sus características de ocupación, dado que albergan pacientes en residencia y en tratamiento, personal administrativo y visitantes, que requieren de seguridad durante su estancia⁴. Cabe destacar además el papel que los hospitales juegan ante situaciones de desastre en la preservación de la vida y la salud de la población, especialmente en el diagnóstico y tratamiento de heridos y fallecidos. El riesgo que corren las instalaciones de salud frente a un desastre natural se entiende como la relación que existe entre la probabilidad de ocurrencia de un evento y la vulnerabilidad de sus componentes físicos⁵. El foco de las políticas de mitigación contra riesgos se centra, pues, principalmente en reducir la vulnerabilidad de los elementos susceptibles de ser afectados.

La carencia de elementos de reforzamiento y protección preventiva puede hacer que un sólo evento natural haga desaparecer una sección completa de un hospital o, en caso extremo, inhabilitarlo totalmente. Por ello, al llevar a cabo la planeación física de sus inversiones, los gobiernos deberían siempre tomar en cuenta la vulnerabilidad de las obras frente a desastres naturales. El no hacerlo carecería de racionalidad económica y conllevaría repercusiones políticas adversas.

El carácter limitado de las acciones emprendidas en la Región en materia de mitigación dificulta la obtención de parámetros de validez general que permitan establecer relaciones válidas entre el costo de las obras de reforzamiento hospitalario y los beneficios que se esperan de ellas en términos de disminuir su vulnerabilidad ante desastres naturales.

Se espera que el presente estudio aporte referencias útiles sobre los elementos de costo y efectividad de las inversiones que se han realizado en países seleccionados con el objeto de mitigar los efectos de desastres naturales en las instalaciones de salud.

Acciones para promover la aplicación de medidas de mitigación en la infraestructura de salud

En 1990 la Organización Panamericana de la Salud inició un programa para estimular el incremento de la resistencia a los desastres de las instalaciones de salud nuevas y existentes. Como parte de esta iniciativa ha desarrollado normas y proyectos-piloto, ha apoyado análisis de vulnerabilidad en hospitales de Chile, Colombia, Ecuador, Santa Lucía y Venezuela y ha cooperado en los esquemas de reconstrucción de hospitales en México.

4. OPS, *Disaster mitigation guidelines for hospitals and other health care facilities in the Caribbean*, enero, 1992.

5. Al respecto véase: OPS, *Mitigación de desastres en las instalaciones de salud*, Aspectos Generales, Vol. 1, 1993.

El Banco Mundial promueve asimismo la aplicación de medidas de mitigación. En un estudio⁶ realizado se concluye que para los países en desarrollo no sólo es más efectivo prevenir los desastres que recuperarse de ellos, sino que si el desarrollo sustentable es una meta, resulta imperativo que las consideraciones sobre mitigación sean incorporadas a los programas y planes de desarrollo.

En la Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres Naturales en Instalaciones de Salud convocada por la Organización Panamericana de la Salud, bajo el auspicio del Gobierno de México y con el apoyo de la Secretaría del DIRDN, el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (DHA), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Secretaría de la Organización de Estados Americanos (OEA) y el Banco Mundial, llevada a cabo en la ciudad de México entre el 26 y el 28 de febrero de 1996, se adoptaron una serie de recomendaciones concretas; la mayor parte de ellas tendientes a impulsar las acciones gubernamentales dirigidas a la mitigación de desastres naturales en instalaciones de salud.

Entre las recomendaciones aprobadas durante la Conferencia antes citada destacan por su importancia las siguientes⁷:

- la que exhorta a los países con riesgo de huracanes y terremotos a continuar o fortalecer o iniciar el proceso tendiente a la mitigación de desastres en instalaciones de salud durante el período comprendido entre 1996 y 2001, para lo cual es necesario formular metas basado en un cronograma anual determinado por los países de acuerdo con la magnitud de la problemática;
- a que consideren las amenazas geológicas e hidrometeorológicas como un factor determinante en la toma de decisiones para la planificación de los servicios de salud;
- y que introduzcan medidas de mitigación en el diseño y construcción de establecimientos de salud, remodelaciones y ampliaciones de las instalaciones existentes.

En esa Conferencia se instó asimismo a los países de la región de América Latina y el Caribe a hacer suyo el principio de que cada país tiene la responsabilidad primaria de proteger a su población y su infraestructura del impacto de los desastres naturales, y declarar como prioridad sanitaria, social, económica y política la adopción de medidas concretas para mitigar el impacto de los fenómenos naturales sobre las plantas físicas, líneas vitales y equipamiento en las instalaciones de salud.

Se recomendó también que los países que lo requieran deben gestionar líneas de crédito y asignación de recursos no reembolsables ante los organismos financieros y las agencias de cooperación, para ser destinados a acciones de prevención y mitigación de desastres en instalaciones de salud.

6. *Analyzing the Costs and Benefits of Natural Disaster Responses in the Context of the Development, Environment Working Paper N°29, mayo 1990.*

7. *Las recomendaciones completas de la Conferencia Internacional sobre La Mitigación de Desastres Naturales en Instalaciones de la Salud, feb. 1996, Mexico D.F. (Disponibles por Internet: <http://www.paho.org/spanish/ped/pedcm1es.htm>)*

Los contratos de seguros contra riesgos de desastres naturales, si bien son beneficiosos en la medida en que permiten resarcir una proporción sustantiva de la inversión en infraestructura hospitalaria, no se contraponen con la posibilidad de incorporar medidas de mitigación; por el contrario, al disminuir la vulnerabilidad del bien, pueden significar abatimiento del costo de la prima anual de aseguramiento y por lo tanto de los costos financieros de la unidad hospitalaria. Esta debería ser la política de las compañías de seguros, aunque en la realidad no siempre se ha reflejado en una efectiva reducción de las primas.

Se espera que estas recomendaciones conduzcan a la adopción por parte de los países de medidas concretas tanto para realizar estudios de vulnerabilidad de las instalaciones hospitalarias como para instrumentar acciones de mitigación y normatividad de las construcciones, que eleven sustantivamente el margen de seguridad y funcionalidad de las instalaciones de salud de la región.

Finalmente, de lo expresado hasta aquí, resalta la conveniencia de estimular a los ministerios nacionales encargados de la planificación, a los organismos de desarrollo y a las instituciones financieras internacionales, para que sistemáticamente incluyan el análisis de estas amenazas en sus programas de desarrollo económico.



Foto: H. Melin

La Conferencia Internacional de Mitigación de Desastres en Instalaciones de la Salud, reunió a más de 500 expertos técnicos y de salud de todos los países de América Latina y el Caribe. México D.F., 26 al 28 de febrero de 1996.

Costo - Efectividad

El modelo costo - beneficio

La literatura tradicional de evaluación de proyectos de inversión recomienda la aplicación del análisis costo-beneficio no sólo a los proyectos privados sino también a los de infraestructura social. De esta manera se estaría contrastando el conjunto de beneficios o rendimientos que harían elegible a una inversión frente a los costos en que se incurre para realizarla.

Sin embargo, en la práctica la aplicación del análisis costo-beneficio presenta limitaciones cuando se aplica a proyectos en los que está involucrado un servicio humano complejo, como es el de la salud. Por otro lado, dado que los recursos económicos serán siempre limitados, estos programas compiten con otros programas de impacto social como son los programas de educación, vivienda, etc., cuya importancia relativa en la región nadie deja de reconocer. Por ello, el impulso tiene que proceder no solamente del sector gubernamental, sino también de sectores sociales en la aportación de recursos, conocimientos y voluntad política para la mitigación de daños por desastres.

Existen también problemas metodológicos para su aplicación⁸. Por una parte, no todos los beneficios o costos relacionados con preparativos y respuesta ante desastres son cuantificables. Esta dificultad se enfrenta particularmente cuando se trata de expresar en términos monetarios los beneficios sociales, políticos e incluso psicológicos que las obras de mitigación hospitalaria podrían aportar.

En segundo lugar, el mayor problema metodológico se encuentra en el intento de descontar los costos y beneficios futuros y en incorporar el riesgo ante desastres naturales en el análisis. Las tasas de descuento son sujetas a un amplio debate en la literatura, tanto como la variedad de caminos para incorporar el riesgo en análisis de costo-beneficio.

Si la evaluación costo-beneficio en materia de proyectos hospitalarios resulta en sí compleja, más aún resulta la destinada a proyectos de reestructuración con fines de mitigación. De una parte, se trata de obras tendientes a preservar vidas humanas, lo que in-

8. Véase Anderson, Mary B. Dra., *Analyzing the costs and benefits of natural disaster responses in the context of development*, Banco Mundial, Mayo 1990.



Foto: J. Valdés, 1996

Las medidas de mitigación no estructurales representan costos bajos, como por ejemplo asegurar estantería de bodegas, farmacias y oficinas. Hospital Quillota, Chile.

mas de salud, se está estableciendo implícitamente que las vidas que se podrían salvar tienen menos valor que el costo del proyecto.

Adicionalmente, para llegar a conclusiones sobre hasta qué punto ha existido una relación costo-efectividad favorable ex post derivada de la aplicación de medidas de mitigación en la infraestructura hospitalaria de América Latina y el Caribe, se requeriría disponer de una muestra suficientemente grande de estudios de casos en los que se hayan aplicado tales medidas.

Introduce una dimensión cualitativa que se contrapone a un intento de medición (son proyectos cuyos productos no son susceptibles de traducir en beneficios expresados en unidades monetarias) y, de la otra, por tratarse de proyectos o programas sociales, que para la evaluación de costo-beneficio nos enfrentamos con un avance metodológico mucho menor de que si se tratara de proyectos económicos, para los que existe ya una metodología de aceptación general.

Es indudable que la vida tiene un valor intrínseco, y aún cuando se reconozca que una evaluación asigna un valor a la vida humana, ello no contesta la pregunta de cuál debería ser ese valor. Por ejemplo, cuando se adoptan decisiones limitando los progra-

Debería contarse además, con un período suficiente de tiempo para conocer cuáles han sido los efectos de la aplicación de tales medidas en lo relativo a la eliminación o atenuación del número de víctimas y daños materiales registrados en desastres naturales ocurridos con posterioridad a la puesta en práctica de las mismas.

En este sentido, habría que disponer de datos tales como el costo de reforzamiento en comparación con el costo de las reparaciones estructurales y no estructurales en hospitales, realizadas con posterioridad a un desastre natural, ya sea que hayan aplicado medidas de mitigación previas al mismo o que no lo hayan hecho. Al margen de estas consideraciones, es necesario hacer énfasis en que no siempre un hospital intervenido estructuralmente, dentro de su período de vida útil, enfrentará con certeza un fenómeno de la magnitud para lo que ha sido reforzado. Sin embargo, cuando está en juego la vida humana no cabe ahondar demasiado en la justificación de tales inversiones.

De lo expresado hasta aquí podría concluirse, que si bien el análisis costo-beneficio puede aportar elementos útiles a la discusión, no puede por sí mismo concluir el debate en torno a la aplicación de un programa concreto de mitigación. En efecto, el análisis costo-beneficio es más adecuado para analizar proyectos privados pero no para la evaluación de proyectos sociales, dentro de los cuales se encuadran los de mitigación.

La aplicación de un modelo de costo - efectividad

En vista de lo anterior, es necesario desarrollar un modelo de análisis que, sin dejar de perseguir una asignación racional de los limitados recursos, utilice instrumentos y procedimientos que permitan medir los logros que se espera alcanzar en materia de mitigación, comparándolos con los que se obtendrían por vías alternativas en circunstancias semejantes y contrastándolos con los objetivos buscados.

De esta manera, nos estaríamos aproximando más al concepto de costo-efectividad según el cual no se impone como prerrequisito que los productos del proyecto deban ser traducidos a unidades monetarias.

El análisis de costo-beneficio se basa en un principio muy simple: compara los beneficios y los costos de un proyecto particular y, si los primeros exceden a los segundos entrega un elemento de juicio inicial que indica su aceptabilidad, mientras que el análisis costo-efectividad aunque sigue la misma lógica, compara los costos con la potencialidad de alcanzar más eficientemente los objetivos no expresables en moneda, sino en productos.

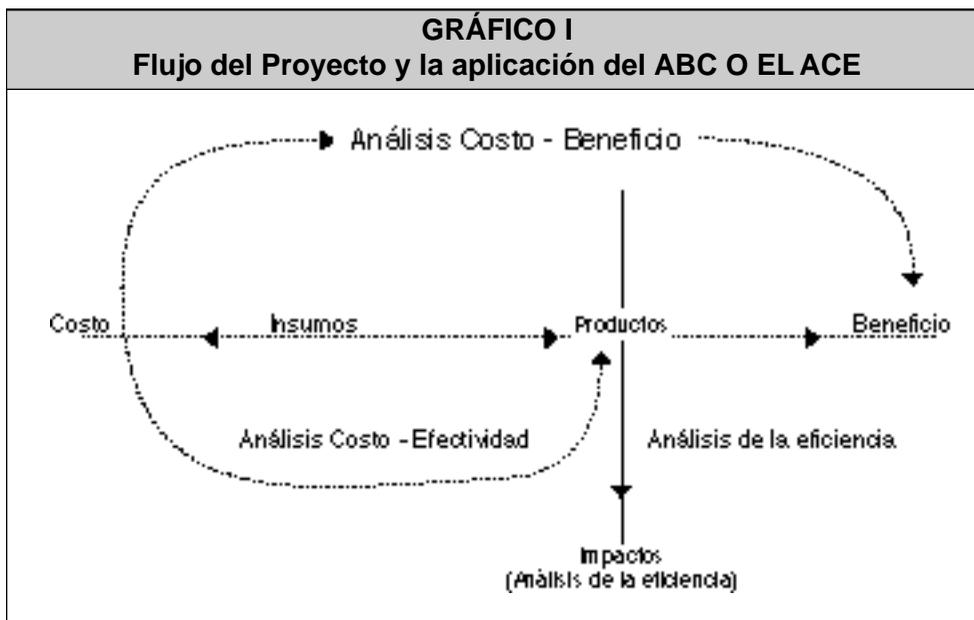
En este sentido el evaluador en la fase *ex ante* debería contribuir presentando la gama de alternativas disponibles, lo que exige un diagnóstico basado en un conocimiento concreto de la realidad.

Como es bien sabido, la evaluación es una actividad que tiene por objeto maximizar la eficiencia de los programas (minimización de los costos de los insumos o maximización de los productos del proyecto) o su eficacia (grado en que se alcanzan los objetivos del

proyecto). Véase la Gráfica I.⁹

Por ejemplo la efectividad de las inversiones de un proyecto hospitalario (o del reforzamiento de uno existente) podría medirse en función de la ampliación de los servicios (producción) que traerá aparejada la obra, como serían:

- a. Número de consultas médicas de urgencia o de medicina general.
- b. Número de egresos de medicina interna (también los ingresos o admisiones).
- c. Número de camas habilitadas.
- d. Número de usuarios (derechohabientes) de los servicios de salud respecto del total de población demandante.



9. Para realizar la evaluación de un proyecto hay que precisar:

- el universo del proyecto, es decir al conjunto de personas u organizaciones receptoras de los servicios del mismo;
- las unidades de análisis u objeto de la evaluación, (es la primera elección decisiva que es necesario realizar para llevar a cabo la hipótesis que es una afirmación conjetural referente a la realidad que el proyecto pretende modificar y explica cómo es que dichas transformaciones se van a producir);
- el plan de análisis mediante el cual se sintetiza la información, para ello deben tomarse decisiones sobre la cantidad y tipo de información, recolección requerida y la clase de análisis a aplicarse;
- el contexto que puede ser macro (régimen político, actitudes frente al proyecto, influencia de grupos de interés, etc.), y micro, que se refiere al ambiente en que se realiza la evaluación; los instrumentos de la información como por ejemplo, encuestas;
- las formas y pasos del procesamiento de la información (codificación, análisis de consistencia de las variables, y las técnicas de análisis que se refieren a la sensibilidad de las variables utilizadas frente a cambios de grado).

Es por lo tanto importante considerar en la evaluación no sólo los aspectos cuantificables, ya que la posibilidad de traducir una dimensión del proyecto a unidades monetarias no es sinónimo de su relevancia. Ante esta situación, es recomendable se realice un listado de dichos aspectos y de sus consecuencias, incluyéndolos como parte de la evaluación y permitiendo sean tomados en cuenta en el proceso de decisión.

De aquí que los objetivos de estos proyectos deban ser considerados como fines últimos perseguidos por la sociedad, por lo tanto pertenecen más bien al campo político y no al análisis técnico. Sin embargo, la identificación de alternativas constituye una dimensión central de este análisis. Se podrá así comparar el grado de eficiencia relativa que tienen proyectos diferentes para obtener los mismo objetivos.

En la determinación de los indicadores que se utilicen para medir los beneficios pueden existir limitaciones de información o de operatividad de los sistemas, por lo que se hace necesario emplear métodos indirectos de estimación a través de documentación referencial de otros hospitales de servicio público o privado. El paso siguiente consiste en plantear distintas alternativas de solución, especificando en cada caso la magnitud de los insumos requeridos y los productos resultantes. En México, por ejemplo, en el manejo de las estadísticas de servicios, en cuanto a la cobertura de la demanda, el IMSS emplea el indicador agregado de consultas por cada 1.000 derechohabientes usuarios (DHU) y se refiere al fragmento de la población inscrita que utiliza efectivamente los servicios médicos, la cual representa aproximadamente un 85% de la población total de derechohabientes adscritos a las unidades médicas de la institución¹⁰. Los derechohabientes están constituidos por la población asegurada, más los familiares dependientes económicos.

En las áreas médicas, la producción de servicios comprende una amplia gama de indicadores, diferenciados por el tipo de instalación que se trate. Así por ejemplo, se tiene cinco grandes áreas usuales de atención: Consulta Externa, Servicios Auxiliares de Diagnóstico, Servicios Auxiliares de Tratamiento, Urgencias, y Hospitalización.

Cabe señalar que de la correcta especificación de los indicadores definidos por área depende la correcta estimación de los costos de inversión en remodelaciones, ampliaciones, o reforzamientos estructurales.

Consulta Externa. Los servicios se contabilizan según: Consultas otorgadas en medicina familiar, especialidades, urgencias y dentales. En estos casos y los subsecuentes se estiman indicadores relativos a hora consultorio al año, consultas por cada 1.000 DHU, y población soportada por hora consultorio al año. Estos indicadores se desagregan a su vez por región, instalación médica, o por especialidades médicas.¹¹

10. Véase Instituto Mexicano del Seguro Social, *Indicadores para el Cálculo de Recursos Físicos de las Unidades Médicas*, México, 1993.

11. Las especialidades médicas consideradas son 32, a saber: Cirugía General, Pediatría, Gineco-Obstetricia, Medicina Interna, Traumatología, Oftalmología, Otorrinolaringología, Urología, Cardiología, Dermatología, Cirugía Pediátrica, Neumología, Psiquiatría, Gastroenterología, Medicina Física, Cirugía Plástica, Neurología, Angiología, Endocrinología, Oncología, Proctología, Hematología, Reumatología, Infectología, Alergología, Cirugía Cardio-Vascular, Cirugía Maxilo Facial, Genética, Medicina del Trabajo, Nefrología, y Audiología.

Servicios Auxiliares de Diagnóstico. Comprenden los laboratorios de análisis clínicos, y el servicio de radiodiagnóstico. En ambos, las estadísticas se manejan por persona atendida, análisis realizados, y estudios practicados.

Servicios Auxiliares de Tratamiento. Se subdividen en medicina física, radioterapia, banco de sangre, quirófano, y tococirugía. En cada caso, las estadísticas se refieren a sesiones practicadas, intervenciones quirúrgicas, o atención de partos.

Servicio de Urgencias. El catálogo de servicios incluye atenciones de consultas, atenciones en sala de curaciones y atención en salas de observaciones. Si bien, el funcionamiento de Urgencias está condicionado a la disponibilidad de laboratorios de análisis clínicos, radiodiagnóstico, sección de terapia intensiva y quirófano, las estadísticas que se generan son sobre población DHU atendida por consultorio, por sala de curaciones y por cama de observación.

Servicio de Hospitalización. Este es quizás el servicio de mayor empleo en la conformación de indicadores de servicio médico, por estar representado básicamente por las camas censables. De aquí se derivan indicadores más puntuales como son los egresos por cada 1.000 DHU, ingresos programados y urgentes, promedio de estancia de los usuarios, camas por cada 1000 DHU, días-paciente y población DHU por cama disponible. Con esta panorámica de los indicadores de servicio más frecuentemente utilizados por las instituciones de salud, es posible derivar indicadores técnicos para la estimación del costo-efectividad de los proyectos de inversión en reforzamiento de hospitales.

Como se sabe, el proceso de elaboración y puesta en marcha de un proyecto constituye un ciclo de aproximaciones sucesivas en el que, habitualmente, se diferencia tres “estados” básicos: preinversión (idea del proyecto, estudio del perfil, análisis de prefactibilidad y factibilidad), inversión (diseño y ejecución) y evaluación. Para la identificación de los costos y beneficios del proyecto que son pertinentes para su evaluación es necesario, por otra parte, definir una situación base o situación sin proyecto; la comparación de lo que sucede con proyecto versus lo que hubiera sucedido sin proyecto definirá los costos y beneficios del mismo. Un primer paso de la evaluación es, pues, la prueba “con” y “sin” el proyecto, que consiste en comparar la proyección de las tendencias presentes (pronosis sin intervención) con las modificaciones que ellas sufrirían como resultado del mismo.

Es posible que los resultados de la evaluación de un mismo proyecto sean negativos en la evaluación costo-beneficio (el proyecto da pérdidas) y positivos en la evaluación social (el proyecto incrementa el bienestar de la comunidad)¹².

12. *Evaluación de Proyectos Sociales*, Ernesto Cohen y Rolando Franco, Siglo XXI Editores, 1992.

Como se verá más adelante, los costos de las reestructuraciones son relativamente bajos en comparación con la inversión de un hospital, y la medida de la rentabilidad de esta inversión radica en la comparación de este costo con el monto de las pérdidas tanto económicas como humanas que ocasionaría un desastre.

La importancia del análisis de vulnerabilidad en la aplicación del método costo efectividad

Para emprender acciones eficaces para la mitigación de los efectos de los desastres naturales deben conocerse previamente las características de la amenaza, su ubicación geográfica y su magnitud, tanto en el país como específicamente en el área en que se piensa ubicar una obra de infraestructura o mejorar una instalación existente. Uno de los pasos fundamentales del análisis costo-efectividad es, pues, el de disponer de un diagnóstico de la situación en el que se especifique el problema que el proyecto en cuestión tratará de superar.

La comunidad científica dispone, en la mayoría de los casos, de estadísticas sobre ocurrencia de eventos y magnitud de los mismos, áreas de afectación y periodos de retorno probables. Incluso, se cuenta a veces con esta información procesada en forma gráfica mediante mapas de zonificación y hasta microzonificación, que incluyen además características geológicas y dinámicas de los suelos de la región. Sobre la base de este conocimiento, se pueden estimar las pérdidas probables ante eventos futuros.¹³

El análisis de la información sismológica existente en la Región, tanto en los catálogos sísmicos, como en las fuentes históricas, junto con la información geológica disponible en cada país, permite elaborar mapas de zonificación o riesgo sísmico, en donde se divide al país en zonas de igual sismicidad. A cada zona corresponden parámetros específicos para la evaluación de las solicitaciones sísmicas.

Existen datos sobre riesgos sísmicos para varias regiones de América Latina que son útiles a este respecto¹⁴. Dichos datos aparecen expresados en términos de la intensidad máxima esperada, con 90% de posibilidad de que ésta no sea sobrepasada. Estas zonas aparecen identificadas ya sea como líneas de fallas geológicas o mediante otras características geotectónicas.

Por ejemplo, el Centro Nacional de Protección frente a Desastres Naturales de México (CENAPRED), elaboró un Atlas Nacional de Riesgos. En el se distinguen los de origen geológico (sismos, vulcanismo, deslizamiento y colapso de suelos), hidrometeorológicos tales como ciclones tropicales, inundaciones, nevadas, granizadas, sequías, lluvias to-

¹³ Véase Rosales, Vanessa, *Políticas generales para incorporación de las amenazas naturales en proyectos de inversión en infraestructura de la salud, Programa Preparativos para Emergencias, Organización Panamericana de la Salud, sept. 1995.*

¹⁴ Nos referimos a los datos conocidos como de *Máxima Intensidad Modificada de Mercalli (MMI)*

renciales, temperaturas extremas, tormentas eléctricas, mareas de tempestad e inversiones térmicas, y otros fenómenos. El Atlas se estructuró en tres apartados:

1. **Descripción del fenómeno.** Se definieron los fenómenos y se determinaron los elementos participantes en su evolución, describiendo sus alcances en cuanto a los impactos destructivos en el lugar de incidencia.
2. **Ubicación.** Se ubicaron geográficamente los fenómenos destructivos en aquellas zonas o regiones de afectación o incidencia en esta localización, y dependiendo del nivel de agregación que se requiriera, se integró a nivel nacional, estatal o municipal.
3. **Vulnerabilidad.** Que en el lenguaje del CENAPRED se denomina Afectabilidad. Se plantearon los sistemas expuestos al riesgo (población, bienes, servicios, ecología, etcétera), en función del nivel de protección natural o artificial con que cuentan los sistemas.

Con base en esta información se han podido determinar en México aquellas zonas que presentan un mayor riesgo, así como los efectos que se estima pudieran derivarse, lo cual permitirá alimentar y afinar los criterios de identificación, con el propósito de establecer los mecanismos de prevención de desastres en las distintas regiones del país. Como se sabe, la distancia de una determinada ubicación a los epicentros y las características de su suelo determinan el efectivo riesgo sísmico¹⁵.

Dentro de un mismo país o región existen marcadas diferencias en cuanto al riesgo sísmico, que pueden llegar a superar 1,5 grados en la escala de Mercalli. A partir de datos como éstos, un proyecto de mitigación podría, por ejemplo, fijar un límite superior al 10% sobre el riesgo máximo Mercalli Modificado durante un período de 20 años.

Con el objeto de evaluar las fuerzas sísmicas, los edificios se clasifican de acuerdo con su uso y sus características estructurales. En cuanto al uso, la mayoría de las normas distinguen a los edificios importantes ya sea porque en ellos existan grandes concentraciones de personas, o porque su supervivencia resulte vital para responder a las situaciones de emergencia provocadas por los sismos.

Conviene subrayar que los hospitales son un buen ejemplo tanto de edificios con una gran densidad de uso, como de centros indispensables para la atención de las víctimas después de un sismo. En general, a los edificios importantes se les asigna un factor de sobrediseño que afecta directamente al cálculo de las fuerzas sísmicas¹⁶.

De acuerdo con las recomendaciones de la OPS¹⁷, se debe tomar en cuenta en la planificación de la construcción y en la remodelación de estructuras hospitalarias, la vulnerabilidad de área en la que se encuentran asentados o en la que se ubicarán.

15. En cuanto a la calidad del suelo, suelen distinguirse 4 categorías: i) roca; ii) grava densa o su equivalente; iii) arenas de mediana densidad o arcillas rígidas; y, iv) arcilla que varía entre media y blanda.

16. Véase Iglesias, Jesús, *Normas de Diseño Sismorresistente en América Latina: Limitaciones*, presentado al Seminario Internacional de Planeamiento celebrado en Lima, Perú, entre el 20 de agosto y el 9 de septiembre de 1989.

17. Véase, Zeballos, José Luis, *El rol de la OPS en preparativos hospitalarios para situaciones de desastres*, Lima, Perú, septiembre de 1989.

Previamente a ello habría que clasificar los hospitales de acuerdo con sus factores de riesgo y vulnerabilidad frente a desastres. Paralelamente habría que desarrollar planes de respuesta interna y externa en hospitales, así como proceder al correspondiente adiestramiento del personal.

Un proyecto de mitigación deberá estar necesariamente referido al número de víctimas y daños materiales, así como la interrupción de los servicios que prestaba, que el reforzamiento de un hospital o la construcción de uno nuevo con coeficientes más elevados de resistencia ante desastres naturales permitirá evitar. Sin embargo, no resulta fácil predecir cuál sería la situación de no haberse realizado el proyecto en referencia. Por otra parte, mientras la ocurrencia de huracanes se puede hasta cierto punto predecir, no ocurre lo mismo con los temblores.

Por otra parte, dado el espaciamiento temporal con que ocurren los desastres naturales y su diferente naturaleza y grado de intensidad, resulta extremadamente difícil, con base en la experiencia pasada, derivar relaciones medianamente válidas para fijar algunos parámetros que relacionen desastre-víctimas o desastre-daños materiales.

Por ejemplo, si el estudio de las amenazas naturales en un sitio específico escogido para ubicar un hospital nuevo demuestra que se trata de una zona de altísima peligrosidad, para la cual las normas vigentes sobre diseño y construcción no pueden garantizar niveles aceptables de seguridad o de funcionalidad ante un evento natural, el proyecto debería descartarse en favor de uno en un sitio más adecuado. Para esta decisión, un factor de peso lo constituye la disponibilidad y conveniencia de las “líneas vitales”: accesos, abastecimiento de agua potable y electricidad, y comunicaciones.¹⁸

Naturalmente que si las modificaciones son significativas se afectará el presupuesto original del proyecto. En cambio, si se trata de un hospital existente, se parte el hecho de que éste es inamovible y que la inversión que se haga deberá garantizar un nivel mínimo de seguridad y de funcionalidad.

Además, deberán tomarse en cuenta en el Análisis de Vulnerabilidad¹⁹ ciertos aspectos asociados a la zona de influencia del hospital en caso de una emergencia, y estimarse los efectos que un probable desastre ocasionarían en dicha zona, tales como la capacidad de acceso de personas al hospital, y la correspondiente demanda emergente del servicio hospitalario que surgiría ante esa eventualidad.

Suponiendo que el área seleccionada, para proyectos de infraestructura nueva es la adecuada y que se conoce el grado de amenaza del entorno en el caso de infraestructura existente, el siguiente paso consistiría en determinar el grado de cumplimiento del diseño propuesto a los requisitos locales de seguridad (como códigos y normas de construcción). En el caso de que los códigos de construcción no ofrezcan los requisitos de resistencia al tipo de amenaza identificada, debe ponderarse a su modificación. También

18. Véase Rosales, Vanessa, *Políticas Generales ...op cit.*

19. Boroschek Krauskopf, R. *Establecimiento de un plan nacional para la reducción de los efectos sísmicos en sistemas de salud, Conferencia internacional sobre Mitigación de Desastres Naturales en Instalaciones de Salud, México, febrero 1996.*

podrá considerarse necesario realizar obras de infraestructura preventiva en las zonas de riesgo.

No se cuenta en todos los países de la región con una normativa de soporte, como un código de construcción de cumplimiento obligatorio, que permita cuantificar el nivel mínimo de seguridad o el riesgo aceptable. Así, resulta preocupante que en algunos países con reconocida susceptibilidad al embate frecuente de desastres, como terremotos y huracanes, se carezca de normas propias, adaptadas a su propio contexto. En muchos casos, estas normas o códigos existen, pero no tienen carácter obligatorio, o no se crearon paralelamente a los mecanismos para velar por su acatamiento. En otros casos, la limitación es de orden presupuestal, persistiendo la vulnerabilidad de los hospitales.

Este punto es crítico, ya que deberá definirse un “nivel de riesgo aceptable”, lo cual entraña dificultades incluso de orden ético. Por ejemplo, qué grado de pérdidas se puede aceptar; si se desea garantizar únicamente la preservación de vidas o más bien la operatividad del servicio después de que ocurre un desastre; si se considera apropiado que el edificio permanezca en pie, sin colapsar, aunque se dañen equipos e instalaciones valiosas; si es suficiente que el edificio permanezca en pie únicamente hasta evacuar a todos sus ocupantes; si se contará con recursos financieros para recuperar lo que se pierda; y, finalmente si existen otros hospitales o centros de salud en las cercanías a los que se pueda referenciar tanto a los pacientes como a las víctimas de un desastre.

En el caso de México, como se verá en el Capítulo III, a muchas de estas interrogantes se ha tratado de dar respuesta en el Programa de Estudios para la Reestructuración de Unidades de Atención Médica de la Secretaría de Salud.

Además, durante la Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud celebrada en dicho país, en febrero de 1996, a cuyas conclusiones ya se ha hecho referencia, se suscribió el acuerdo de “Hospitales Seguros” entre el Director de la OPS y el Secretario de Salud de México. Este acuerdo está en vías de ser aplicado una vez que el Comité Científico establezca las bases sobre las que operará. Según el mismo se certificará—mediante comités nacionales e internacionales—a los hospitales que cumplan con las normas establecidas a nivel internacional diseñadas para reducir su vulnerabilidad ante desastres naturales. Cabe resaltar, sin embargo, que se registran ya avances en el reforzamiento de los principales centros hospitalarios manejados por el sector público.

La tendencia actual en América Latina y el Caribe es la construcción de servicios de salud para niveles locales, de menor complejidad, o hacia el equipamiento, modernización y ampliación de hospitales complejos en operación. En ambos casos, lo ideal sería considerar el entorno en términos de las amenazas naturales presentes y de las restricciones para el abastecimiento (agua, electricidad, accesos), aunque se hace necesario tener diferentes enfoques para cada caso.

Por otra parte, la información relativa a los riesgos que enfrentan diversas regiones en las que probablemente se asentarán nuevos proyectos hospitalarios puede servir también a las entidades financieras internacionales, donantes y agencias de cooperación para obli-

gar a los países a que ejecuten estudios de amenaza y vulnerabilidad previo al otorgamiento de un empréstito para infraestructura de salud. De esta forma estarían asegurando su inversión y protegiendo a los países de incurrir en mayor endeudamiento por la necesidad de recuperar los servicios de salud afectados por la ocurrencia de un desastre.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN CUYA APLICACIÓN SE RECOMIENDA

La OPS ha determinado un conjunto de medidas de mitigación para ser aplicadas en edificaciones hospitalarias existentes, clasificadas según se trate de riesgos en la estructura, riesgos no estructurales y los relativos a la conducta humana. Estas aparecen resumidas en el Cuadro 1.

La aplicación de medidas para el reforzamiento estructural, que deben ajustarse a las normas y requisitos técnicos del país, contemplará, entre otros aspectos, el reforzamiento de muros y contrafuertes en el exterior del edificio, muros de relleno de pórticos con diagonales ancladas, encamisados de columnas y vigas y, de ser el caso, la construcción de un nuevo sistema de aporticado.

CUADRO 1

Estructurales

- Diseño
- Calidad de la construcción
- Tipo de materiales
- Condiciones del suelo
- Localización del terreno
- Características sísmicas
- Cumplimiento y aplicación de normas de construcción

No estructurales

- Elementos arquitectónicos (cielos rasos, fachadas, ventanas, puertas, etc.)
- Líneas vitales de funcionamiento (agua, energía, comunicaciones, etc.)
- Instalaciones eléctricas, mecánicas e hidráulicas; muebles, equipos médicos y otros enseres

Funcionales y de organización

- Distribución física espacial
- Información pública
- Motivación
- Planes de contingencias
- Programas educativos
- Entrenamiento al personal de salud
- Realización de simulacros
- Organización de sistemas

En cuanto a las medidas no estructurales, se contemplan las siguientes:

1. **Remoción.** Alejar materiales peligrosos o retirar revestimientos vulnerables.
2. **Reubicación.** Elegir sitios seguros para equipos pesados o materiales peligrosos.
3. **Restringir movimiento de equipos.** Sujetar al piso cilindros de gas o generadores.
4. **Anclaje.** Asegurar con pernos o cables los equipos pesados.
5. **Acoples flexibles.** Emplear tuberías flexibles en las uniones con edificios.
6. **Soportes.** Aplicar sujetadores a equipos ligeros desprendibles.
7. **Sustitución.** Suplir en techos el material de teja por cubiertas livianas.
8. **Modificación.** Colocar recubrimientos plásticos a vidrios y materiales frágiles.
9. **Aislamiento.** Colocar paneles laterales a estantes y puertas.
10. **Refuerzo.** Colocar mallas de alambre o recubrimientos a muros vulnerables.
11. **Redundancia.** Almacenar medicamentos de reserva en sitios aislados.
12. **Respuesta rápida y reparación.** Almacenar suministros y herramientas en sitios accesibles y seguros que permitan su rápida utilización en emergencias.

La mayoría de estas intervenciones para reducir la vulnerabilidad no estructural—así como los trabajos de mantenimiento—pueden ser identificadas y ejecutadas por funcionarios del propio hospital con un mínimo de inversión económica.

Una vez establecidas las medidas de seguridad de estructuras, servicios y personas se recomienda organizar y desarrollar simulacros que midan la capacidad de respuesta del complejo hospitalario ante emergencias.

Algunas medidas no-estructurales, con muy bajos costos para su implementación



Foto: J. Valdés, 1996

Señalización para salidas de emergencia.



Foto: H. Melin

Acoples flexibles en las uniones



Foto: J. Valdés, 1996

Respuesta rápida y herramientas como extinguidores en sitios accesibles y seguros

CUADRO 2 ²⁰		
ETAPAS	PROCESO DE PREPARACIÓN DEL PROYECTO	ACTIVIDADES EN RELACIÓN A DESASTRES
FASE PRELIMINAR Determinación de la vulnerabilidad	IDEAS DE PROYECTOS Generación de ideas de proyectos de inversión	<ul style="list-style-type: none"> - Recolección de información básica sobre desastres. - Determinación del valor asignable a los desastres, dentro del estudio integral.
DIAGNÓSTICO Determinación de recursos y necesidades. Identificación de la capacidad institucional frente a problemas críticos.	PERFIL DE PROYECTO Preparación de perfiles de proyectos.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de situación de desastres naturales en el área. - Determinación del riesgo social aceptable de cada tipo de desastre. - Determinación de la información base de riesgo y vulnerabilidad.
FORMULACIÓN Y PLAN DE ACCIÓN Formulación de la estrategia local, incluyendo programas de apoyo institucional y legal. Formulación de los proyectos de inversión.	PREFACTIBILIDAD Formulación del proyecto. Revisión de su viabilidad técnica y económica. FACTIBILIDAD Formulación detallada y evaluación final de proyectos seleccionados.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación y análisis técnico de medidas de mitigación en el proyecto. - Evaluación de medidas de mitigación. - Evaluación de proyecto (s) al nivel de prefactibilidad. - Selección de las mejores opciones de proyectos y medidas de mitigación. - Evaluación económica final considerando el riesgo. - Diseño final de proyecto (s) incluyendo medidas de mitigación estructurales y no estructurales.
INSTRUMENTACIÓN Aplicación de la estrategia integral: programas institucional, fiscal y legal, y proyectos de inversión.	INSTRUMENTACIÓN Instrumentación de proyectos de inversión seleccionados.	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo de procedimientos de construcción de acuerdo con diseño ingenieril y medidas de mitigación estructural. - Monitoreo de medidas de mitigación no estructural - Diseño de monitoreo de largo plazo para garantizar la operación de medidas de mitigación instrumentadas.

20. Preparado con base en información de OEA/USAID, *Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning*. Washington, D.C. 1991.

Etapas para la aplicación del análisis costo-efectividad en proyectos de mitigación

Con base en una readaptación de la metodología tradicional para la formulación de proyectos de inversión, es posible identificar las diferentes etapas que habrá de cumplir un proyecto de mitigación. Estas se reseñan en el Cuadro 2.

A continuación se describe con mayor detalle la información requerida en cada una de estas fases:

Estudio Preliminar

En esta fase se definirá la información que será empleada para el estudio del área de riesgo, los objetivos y las características del estudio y se preparará el programa de trabajo.

Diagnóstico

La información sobre desastres naturales, y mapas de riesgo será utilizada en el diagnóstico para la identificación de áreas propensas al riesgo; zonificación de uso de suelo; e identificación preliminar de medidas de mitigación.

Estudios de Prefactibilidad y Factibilidad

La información sobre vulnerabilidad será utilizada para afinar los costos y beneficios del proyecto al nivel de prefactibilidad. Las consideraciones de riesgo serán incorporadas en las diferentes etapas de formulación del proyecto (el estudio de mercado, la localización, aspectos de ingeniería, etc.); además deberán seleccionarse las medidas estructurales y no estructurales de mitigación. En el nivel de factibilidad, la información disponible puede ser complementada por valuaciones de desastres específicos, lo que permitirá afinar cálculos de costo y beneficio. Pueden ser empleados métodos de evaluación probabilística para la generación de indicadores de distribución de riesgo.

Instrumentación

La instrumentación de una estrategia integral y de proyectos particulares de mitigación deberá incluir el monitoreo de los procedimientos de construcción para asegurar su adecuación a los estándares de ingeniería recomendables en la parte estructural. Se programará, asimismo, el monitoreo de largo plazo para asegurar la adecuación de las medidas de mitigación de diseño no estructural.

Rubros a considerar en un proyecto de mitigación y criterios de evaluación

Un proyecto de mitigación comprende, como se ha visto, varias fases que podrían resumirse en:

- 1) Análisis de vulnerabilidad,
- 2) proyecto de obra,
- 3) ejecución de la obra, y
- 4) pruebas de resistencia.

Ya nos hemos referido a la primera etapa, consistente en la apreciación de la vulnerabilidad del área donde está emplazada o será emplazada la obra, mediante diversos estudios de riesgo, según las distintas regiones del país.

En cuanto al proyecto de obra, este debe contemplar, además del terreno, las inversiones en infraestructura básica (construcción, cancelería, instalaciones para suministros básicos, acabados), equipamiento (equipo médico, administrativo, comunicaciones y transporte), obra exterior (pavimentación, alumbrado, jardinería). Debe contemplar también los costos indirectos accesorios al proyecto, como son remoción de escombros, demoliciones, instalaciones temporales para suplir la suspensión de servicios mientras dura la obra, y otros gastos corrientes.

La determinación de los costos de mitigación para hospitales existentes requiere la aplicación de una metodología que reúna al menos cuatro condiciones²¹:

1. Criterios para la valorización

Es necesario valorar por separado los aspectos estructurales de los no estructurales. Entre los estructurales están la planta y las instalaciones comprendidas en la edificación. Entre los no estructurales se cuentan los equipos fijos, médicos y complementarios.

2. Valorización del deterioro y la obsolescencia de instalaciones y equipos

Requiere ser aplicada a cada uno de los componentes y partes por motivo de su heterogeneidad. Para ello es conveniente la observación de los índices de rehabilitación, reparación, eliminación, modificación respecto a un equipo nuevo.

21 Véase Céspedes Mogollón, Julio, *Evaluación preliminar del costo de rehabilitación hospitalaria*, Universidad Nacional de Ingeniería, Seminario Internacional de Planeamiento, Diseño, Reparación y Administración de Hospitales en Zonas Sísmicas, Lima, Perú, sep. 1989.

3. Indicadores y proporciones actualizadas

Los costos se estimarán en relación a la inversión inicial de construcción y equipamiento de un hospital moderno equivalente al que se proyecta construir. La participación porcentual permitirá conocer la magnitud de inversión en cada sector hospitalario, de manera individual.

4. Flexibilidad

La metodología de valuación no puede ser aplicada de manera rígida a cualquier tipo de hospital. Es necesario considerar las variables condicionantes de cada caso particular, como son la actualización tecnológica, el nivel de financiamiento disponible, los estándares de seguridad locales, la capacidad de operación, entre otros.

Normas para la medición de los costos y efectividad del proyecto

En la formulación de proyectos de mitigación es conveniente una unidad de criterios para definir los costos y los efectos esperados. Para ello, se recomienda la participación de las áreas involucradas para definir los términos de referencia iniciales y los conceptos de costo y beneficio a considerar. Seguiría la enumeración de las condiciones técnicas, administrativas, económicas y políticas de cada caso, que guiarán los parámetros de valoración. Los principales criterios de valuación serían los siguientes:²²

Valoración

Definición de la unidad monetaria a emplear.

Homogeneidad

Es conveniente definir una fecha fija de valoración de las unidades monetarias, a efectos de salvar diferencias de orden inflacionario, y del tipo de cambio, y hacer comparables los montos de valoración.

Extensión

Cuantificación de las repercusiones económicas del proyecto por el proyecto mismo (efectos directos), y por los recursos empleados y los beneficios resultantes (efectos indirectos).

Al momento de formular el proyecto es posible que se presenten limitaciones técnicas conceptuales o prácticas para configurar los efectos de manera agregada u homogénea,

22. Naciones Unidas, *Manual de Proyectos de Desarrollo Económico*, 1958.

restringiendo las posibilidades de evaluar correctamente los beneficios o los costos.

La evaluación de la rentabilidad o más bien la efectividad de los proyectos de inversión en hospitales, sobre todo cuando pertenecen al conjunto de servicios gubernamentales de atención a la salud, es compatible con otros proyectos de orden social, como las escuelas, y los servicios de alumbrado eléctrico, entre otros. Se considerarán, por tanto, los indicadores de orden social que revelen los servicios otorgados a un núcleo de población claramente determinada, según su ubicación geográfica, posición económica, sexo, o edad.

Así, en el caso de un proyecto de mitigación, los beneficios esperados tienen que ver con los servicios adicionales que el proyecto permite asegurar al disminuir las consecuencias de un desastre natural (por ejemplo: número de consultas médicas de urgencia o de medicina general, número de ingresos y egresos de medicina interna, número de camas habilitadas y, en general, número de usuarios de los servicios de salud respecto del total de población demandante).

Factibilidad de un proyecto de mitigación y criterios para asignarle prioridad

El grado de vulnerabilidad o factor de riesgo de las instalaciones hospitalarias está asociado al tipo de instalación que se trate, a sus condiciones físicas, su ubicación geográfica, su localización urbana, grado de deterioro, obsolescencia, e intensidad de uso. En este sentido, la factibilidad de un proyecto de mitigación depende de las condiciones particulares que rijan en el sector salud del país correspondiente y con los recursos presupuestales de que pueda disponerse para su realización.

Existen también diferencias en cuanto a la factibilidad que tienen que ver con la magnitud del proyecto de mitigación, dado que en la mayoría de los casos, se requiere de la atención de secciones bien definidas dentro de las instalaciones del hospital, o de soluciones arquitectónicas alternas para toda una planta. En la mayor parte de los casos, la factibilidad técnica se basará en los resultados de los indicadores de ingeniería, y la factibilidad financiera en las razones de costo-efectividad del proyecto.

Los factores que conducen a dar prioridad a un proyecto de mitigación son, entre otros, los siguientes:

1. **Monto de la inversión**, (que puede considerarse relativamente modesto en relación a la construcción de un hospital nuevo).
2. **Población objetivo**. Un proyecto de mitigación frente a desastres naturales, tiene que ser referido a una población objetivo dentro de un área geográfica, a la que se

dirigen soluciones de prevención o mitigación de riesgos. La oferta de servicios estará fundamentada en la magnitud de la demanda de esa población objetivo.

3. **Tipo de servicios demandados.**
4. **Localización** de las instalaciones y radio de cobertura poblacional.
5. **Economías de escala** por encadenamiento de niveles de atención.
6. **Plazo de realización.** Los proyectos de reforzamiento de instalaciones observan distintos períodos, que van desde los 25 hasta los 36 meses.

Magnitud de las inversiones en medidas de mitigación

Se cuentan los estudios que permiten cuantificar el costo de las inversiones necesarias para llevar a cabo proyectos de mitigación en hospitales existentes. Tampoco se dispone de cifras para un número suficiente de casos que permita establecer con precisión parámetros que relacionen los costos adicionales de aplicar a un hospital nuevas medidas que eleven su resistencia frente a desastres naturales, con los beneficios que aportaría a la población estos mayores desembolsos.

De aquí que a las cifras que se ofrecen en esta sección, por provenir del estudio de un número limitado de casos y de diversas fuentes, debe asignárseles más bien un carácter ilustrativo.

Se estima, por otra parte, que el costo de los elementos no estructurales como son instalaciones eléctricas, guarniciones, o materiales de laboratorio, puede llegar a representar entre el 75% y el 85% de los costos de edificación. Su desprendimiento o colisión ante eventos naturales puede significar una gran pérdida para todo hospital, por lo que la instrumentación de medidas de diseño preventivo y de seguridad pueden ahorrar gastos significativos de rehabilitación. El rubro de equipamiento es sumamente diverso. Como equipamiento médico pueden considerarse el equipo de laboratorio, los quirófanos, además de equipos más o menos sofisticados de análisis clínicos, motivo por el cual su valoración estará sujeta a las condiciones particulares del hospital de que se trate y de su disponibilidad presupuestal.

Se estima a grosso modo que una inversión en mitigación con la que se aumente la resistencia estructural de un hospital cuya construcción se proyecta realizar, puede elevar los costos totales de la obra totalmente equipada entre 1 y 2 por ciento. Este monto no sólo resulta claramente compatible con el beneficio de prevenir la pérdida de vidas humanas, sino que seguramente reeditaría en economías de mayor magnitud durante los daños que se sucederían a la ocurrencia de un eventual desastre.

Por otra parte, las consideraciones de la Agencia Federal de los Estados Unidos para el Manejo de Emergencias (FEMA)²³ y utilizadas por varios investigadores aseguran que “el incremento promedio del costo de las instalaciones de salud debería ser menos del 1,5% del costo de construcción del edificio, el cual, por supuesto, es sólo una parte del costo total del proyecto”. El costo de proteger un hospital contra vientos huracanados generalmente es menor que el de protegerlo contra terremotos.

El análisis de los casos estudiados para el período 1979-1993 en la región de América Latina y el Caribe, revela que el costo de las reestructuraciones llevadas a cabo, teniendo en cuenta la necesidad de reducir los efectos de posibles fenómenos naturales futuros, oscilan entre 4 y 8 por ciento del valor de un hospital ya construido. (Obviamente que esta proporción se elevaría a casi el doble si dicha inversión se relacionara sólo con la parte estructural de un hospital.)

Los trabajos de reforzamiento de estructuras, según las experiencias referidas, han llegado a representar un costo total que oscila entre el 8 y el 15% del costo de la parte estructural de una obra ya construida.²⁴ En la literatura sobre mitigación, se tiene referencia de que la diferencia en los costos entre una edificación construida con elevadas especificaciones contra amenazas naturales como la sísmica, en comparación con una similar que no considere estos estándares de resistencia frente a dichos riesgos, puede oscilar entre 1% y 4% del costo total de la edificación. En otros estudios sobre el particular estos costos se sitúan entre el 1 y el 2% del costo de edificación.²⁵ El costo de reforzamiento traducido a camas



Foto: OPS/OMIS

El equipamiento hospitalario y los elementos no estructurales pueden llegar a representar de 75% a 85% de los costos de edificación.

costo total de la edificación. En otros estudios sobre el particular estos costos se sitúan entre el 1 y el 2% del costo de edificación.²⁵ El costo de reforzamiento traducido a camas

23. *Seismic Considerations-Health Care Facilities, FEMA150.*

24. Según experiencias en México del Hospital Juárez y en Costa Rica del Hospital Nacional de Niños y Hospital Monseñor Sanabria (las dos últimas reportadas por Miguel F. Cruz a la OPS).

25. Véase OPS, *Mitigación de desastres en las instalaciones de salud, ídem.*

hospital oscila entre los 2.000 y los 5.000 dólares. Si se considera que el costo de cama hospital oscila entre 55.000 y 110.000 dólares, puede señalarse que una reestructuración con fines de reforzamiento contra riesgos por sismo, oscila entre el 2% y el 5% del costo por cama. Este costo, sin dejar de ser importante, es redituable si se considera que la eventualidad de un desastre natural puede colocar a las autoridades de salud en condiciones de pérdida total de las instalaciones vulnerables. Todas éstas son estimaciones que deben ser verificadas mediante análisis más detenidos. Considerando el grado de vulnerabilidad de un hospital podría concluirse que es más conveniente realizar esta erogación que contratar un seguro contra riesgo, o asumir los costos de reposición; lo anterior sin considerar las pérdidas humanas y sociales.

Experiencias en América Latina en materia de mitigación y estudios de vulnerabilidad. Estudios de casos

Introducción

En este capítulo se aborda en primer término los casos de Chile, Ecuador, Venezuela y Colombia, que forman parte de un programa específico financiado por la Oficina de Asuntos Humanitarios de la Comisión Europea (ECHO), que aprobó a finales de 1994 un proyecto presentado por la OPS para análisis de vulnerabilidad y preparativos para enfrentar desastres en estos cuatro países del área andina. Se incluyen asimismo los casos de Perú, por tratarse de una iniciativa singular, de México y de Costa Rica en razón de que reúnen experiencias únicas sobre alternativas y costos de reforzamiento y comportamiento de hospitales. Es importante destacar que los aspectos financieros de estos estudios de casos no son estrictamente comparables, porque se refieren a aspectos diversos, según los objetivos y el alcance planteados en cada país.

El enfoque original del proyecto relativo a los cuatro primeros países mencionados, se dirigía a resaltar la evolución de las acciones del sector de la salud ante la problemática



Foto: J. Valdés, 1996

El Hospital México de Costa Rica es uno de los hospitales de la Caja Costarricense de Seguro Social en el cual se realizaron tanto los estudios de vulnerabilidad como los necesarios trabajos de reestructuración.

de los desastres, desde una respuesta improvisada hasta la mitigación y la planificación, como un modelo válido para otros sectores, y planteaba la realidad de que muchos países se encontraban listos para concretar acciones de mitigación, especialmente en este sector, pero se veían limitados por la carencia de una metodología de análisis, restricciones presupuestarias o por la falta de un compromiso político. Dichos países fueron seleccionados mediante parámetros tales como solidez institucional para ejecutar proyectos de esta índole, disponibilidad de profesionales con experiencia en el tema, información existente disponible y estudios de la amenaza sísmica. También se consideró como un requisito una firme motivación política para resolver los problemas aunque no se vislumbrara fácilmente la obtención de los recursos para ello.

En resumen, el objetivo inicial del Proyecto OPS/ECHO fue el contribuir a que 47 hospitales pudieran conocer y reducir su vulnerabilidad al punto de no convertirse ellos mismos en fuente de pérdidas humanas y materiales en el momento de una catástrofe, asegurando paralelamente su funcionalidad durante la atención de la emergencia.

Como resultados concretos del Proyecto OPS/ECHO, se requería que autoridades sectoriales, planificadores y profesionales en los países involucrados adquirieran los necesarios conocimientos y motivación para iniciar acciones de mitigación de desastres dentro de sus áreas de responsabilidad, en términos de reducir la vulnerabilidad física de las edificaciones mediante reforzamientos estructurales y mejoras. Empero, el Proyecto no contemplaba el suministro de fondos para ejecutar las acciones correctivas. Desde el punto de vista de los preparativos para enfrentar desastres, se esperaba que se activaran y reunieran periódicamente los Comités Institucionales de Emergencia de al menos 25 de los 47 hospitales sujetos a estudio. Y, en concreto, el producto final del Proyecto sería la presentación de reglamentos, presupuestos y planes para la puesta en práctica de los reforzamientos y mejoras en los casos en que resultara necesario, tanto estructurales como no-estructurales.

Una vez completados los estudios, deben divulgarse aprovechando las diferentes perspectivas y metodologías utilizadas en cada país, con el fin de proporcionar una muestra de opciones que se podrían poner en práctica en otros países de América Latina y el Caribe, de acuerdo con sus condiciones particulares. Entre las actividades de intercambio de experiencias contempladas dentro de los objetivos iniciales del Proyecto, se efectuó en octubre de 1995, en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, un encuentro de los cuatro coordinadores de los subproyectos (Colombia, Chile, Ecuador y Venezuela), con un miembro del equipo técnico del proyecto peruano participando en calidad de observador. Durante este encuentro, celebrado en la Universidad Católica de Guayaquil, se llegó a un consenso sobre el contenido ideal de un programa a nivel nacional de reducción de vulnerabilidad de hospitales (Ver Anexo No. 1), con el fin de ofrecer a los restantes países de América Latina un modelo teórico esquematizado para la formulación de una estrategia de mitigación de desastres en instalaciones de la salud que puede ser aplicado en cualquier país. La estimación de costos, o de rentabilidad de la inversión en mitigación, no fue propuesta en ese momento, ya que se consideró que aún no se disponía de suficiente información.

Las características de cada caso detallado a continuación, con sus antecedentes, resultados y proyecciones futuras, se presentan mediante un análisis general, para demostrar que los objetivos iniciales se cumplieron a cabalidad y que incluso se lograron resultados no previstos. De esta forma, se comprueba que la inversión inicial fue altamente productiva, y que otros países con inquietudes y condiciones similares pueden apegarse a alguno de los cuatro modelos y obtener un alto índice cualitativo de rendimiento de la inversión.

El caso de Chile

Chile es un país que, por su geografía y ubicación, se encuentra permanentemente expuesto al embate de desastres naturales de diversos tipos. En el presente siglo, se recuerda como especialmente destructivo para la infraestructura del sector de la salud el terremoto de 1985, que dañó más de un 30% de las instalaciones de la salud en la zona afectada, y provocó la pérdida de un 14% de las camas hospitalarias (Ver Tabla III.1).²⁶

Posteriormente, en 1987, otro sismo en la zona norte del país afectó la ciudad de Arica y causó daños de consideración en el Hospital Juan Noé, cuya recuperación requirió de una considerable cantidad de recursos. Existe en el país una disposición legal para la seguridad de las construcciones, que incluye un capítulo especial dedicado a hospitales, pero que requiere de revisiones y actualización.

En este contexto, el Departamento de Asuntos de Emergencias y Catástrofes del Ministerio de Salud aprovechó la realización del Seminario Internacional de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria en Quillota, en julio de 1993, para introducir en la agenda del evento un espacio para presentar el tema de los desastres naturales, desde una perspectiva de

Tabla III.1				
Daños en la infraestructura del sector salud durante el terremoto del 3 de marzo de 1985 (Ms=7.8 Richter)				
Regiones afectadas	Establecimientos de salud		Número de camas	
	Total	Dañados	Total	Fuera de func.
Quinta Región	111	30 (27,0%)	4.531	608 (13,4%)
Región Metropolitana	169	100 (59,2%)	11.499	1.439 (12,5%)
Sexta Región	98	35 (35,7%)	1.421	352 (24,8%)
Séptima Región	158	15 (9,5%)	2.130	397 (18,6%)
Total Zona Afectada	536	180 (33,6%)	19.581	2.796 (14,3%)

26. República de Chile, Ministerio de Salud. Informe del Ministerio de Salud de Chile a la I Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud. México, febrero de 1996.

planificación, para el caso específico de los hospitales. Ante la motivación de las autoridades del Hospital San Martín de Quillota, que solicitaron apoyo para hacer un estudio de vulnerabilidad de esa estructura, el Ministerio de Salud y la Universidad de Chile consolidaron el trabajo permanente de un equipo multidisciplinario de profesionales dedicado a la mitigación de desastres en hospitales. El estudio del Hospital de Quillota finalizó exitosamente, ya que se obtuvieron recursos propios para la ejecución de las medidas correctivas más urgentes, especialmente en aspectos no-estructurales y funcionales, y se gestó la obtención de fondos para las actividades más complejas.

Contando con el equipo profesional idóneo, el compromiso político de las autoridades sectoriales y la información científica sobre la amenaza sísmica, se planteó la necesidad de disponer de un diagnóstico global del estado de los hospitales del país, desde el punto de vista de su vulnerabilidad sísmica supuesta o comprobada. Se formuló entonces un proyecto con el objetivo de identificar acciones de reducción de vulnerabilidad para los hospitales más importantes de cada uno de los 26 servicios de salud (Ver Tabla III.2) en que está dividido el país. El Ministerio de Salud organizó un equipo de trabajo compuesto por profesionales de los Departamentos de Recursos Físicos, de Asuntos de Emergencias y Catástrofes y representantes de cada uno de los Servicios de Salud y hospitales seleccionados. El Departamento de Ingeniería Civil y la Fundación para la Transferencia Tecnológica de la Universidad de Chile fueron comisionados para hacerse cargo del desarrollo metodológico de los diagnósticos y de las evaluaciones del riesgo.

Se seleccionó una muestra inicial de 26 hospitales, que luego fue reducida a 14, dadas

Tabla III.2
Características de los Hospitales Seleccionados

Nombre	Ciudad	Nº. de camas	Superficie del Hospital	Población Asignada	Año de Construcción	No. máximo de pisos	Superficie/cama (m ² /cama)	Habitantes cama
Dr. Juan Noe Crevani	Arica	389	23.200	140.800	1946-1975	5	59,64	361,95
Dr. Leonardo Guzman	Antofagasta	733	30.600	290.840	1917-1965	8	41,75	396,78
Carlos Van Buren	Valparaíso	696	30.072	282.840	1940-1989	8	43,21	406,46
Dr. Gustavo Fricke	Viña del Mar	518	24.700	316.219	1954-1991	7	47,68	610,46
Regional de Rancagua	Rancagua	599	30.509	748.108	1940-1973	7	50,93	1.248,93
Cesar Caravagno Buroto	Talca	576	22.000	271.961	1935-1988	3	38,19	472,15
San Juan de Dios	Curico	366	16.617	131.932	1940-1971	5	45,40	360,47
Herminda Martín	Chillán	453	24.000	365.717	1945-1993	6	52,98	807,32
Guillermo Grant Benavente	Concepción	1032	38.478	1.020.749	1945-1988	6	37,28	989,10
Hospital de Temuco	Temuco	715	33.680	660.660	1930-1994	8	47,10	924,00
Hospital de Puerto Montt	Pto.Montt	420	19.273	130.737	1968	1	45,89	311,28
Dr. Sotero del Río	Santiago	800	50.000	1.300.000	1935-1995	5	62,50	1.625,00
Asistencia Pública	Santiago	280	16.644	548.254	1965	7	59,44	1.958,05
Instituto de Neurocirugía	Santiago	139	7.500	1.041.683	1952-1994	6	53,96	7.494,12

las similitudes encontradas en los sistemas estructurales, de modo que en el grupo final se contó con una muestra representativa de los diferentes tipos, y en el nivel de exposición al riesgo sísmico.²⁷ El alcance se amplió mediante la capacitación a representantes de más de 40 hospitales sobre el uso de una metodología original para la evaluación cualitativa de la vulnerabilidad estructural. El desarrollo de esta metodología fue útil en dos sentidos: por una parte, para proporcionar una herramienta que no existía al momento en el ámbito latinoamericano y, paralelamente, para identificar los problemas individuales y sus soluciones para cada hospital estudiado.

Cada uno de los hospitales seleccionados fue sometido a un intenso trabajo de evaluación, incluyendo aspectos estructurales, no-estructurales, funcionales y organizacionales. La información se resume en una ficha técnica muy práctica (ver Anexo #1). El proceso de evaluación se inicia con la estructura y la seguridad de la vida humana. Si el hospital no pasa la prueba debido al alto riesgo de colapso, no se considera recomendable profundizar el estudio, sino más bien evaluar previamente la conveniencia del reforzamiento de la estructura, su readecuación funcional o su eliminación. Sólo cuando se descarta el riesgo de colapso parcial o total se estimó conveniente cuantificar los niveles de daño y respuesta esperados, para evaluar con esta información los aspectos no-estructurales y organizacionales.

El proyecto fue ejecutado en un período de 12 meses y contempló las siguientes actividades:

- a. **Descripción del Sistema de Salud:** identificación de las características del área asistencial, distribución geográfica, nivel de complejidad, estructura organizativa, estado actual y políticas de desarrollo.
- b. **Breve reseña de la sismicidad chilena:** se efectuó una recopilación de informes científicos, periódicos y literatura especializada sobre la sismicidad chilena, sismicidad local y sobre el impacto de terremotos del presente siglo sobre hospitales, para contar con antecedentes de los efectos sociales, físicos, económicos y políticos de estos eventos. Se estimó la intensidad máxima esperada para cada hospital, con base en una microzonificación sísmica preliminar, que tomó en cuenta las características del suelo en el lugar, y los efectos de sismos anteriores.
- c. **Capacitación del personal:** se efectuó un curso al que asistieron más de 60 personas del sector, en el que se presentó información general sobre sismicidad e ingeniería

27. *Idem.*

sísmica, y procedimientos básicos de evaluación y corrección de la vulnerabilidad de los hospitales.

- d. Análisis de vulnerabilidad estructural y no-estructural:** se identificaron los principales efectos de sismos en instalaciones de la salud. Se seleccionaron y adaptaron procedimientos para la cuantificación del riesgo. Se realizaron visitas de campo para verificar la información obtenida de planos y recoger antecedentes históricos del comportamiento sísmico del hospital y de la localidad. Se desarrollaron encuestas para sistematizar la información recopilada y un programa de manejo de bases de datos.
- e. Estimación de la vulnerabilidad del sector de la salud y desarrollo de planes de mitigación:** con la información recogida en terreno se actualizaron los planos estructurales, y se estimaron el riesgo estructural y no-estructural y el grado de organización del sistema.

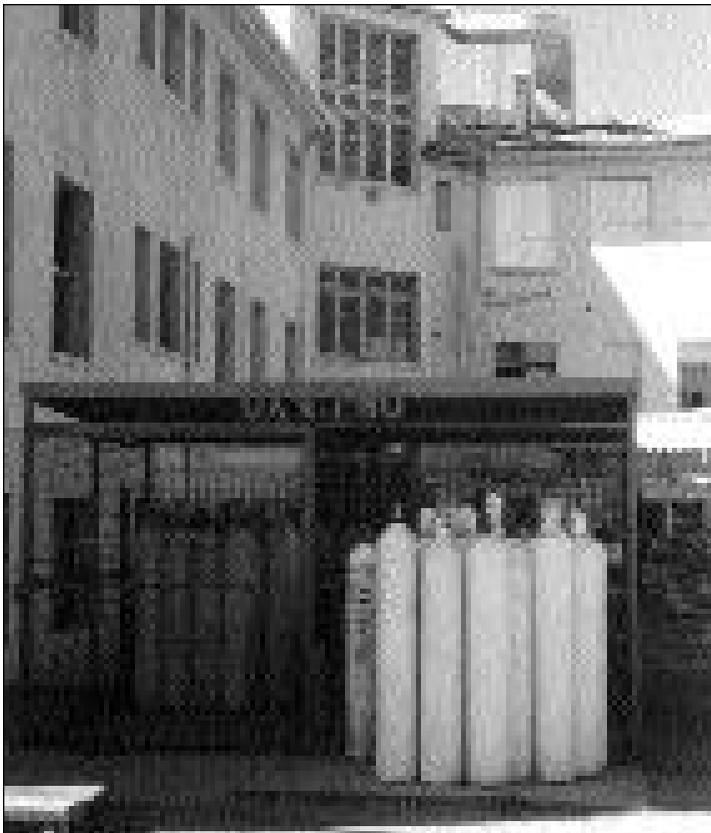


Foto: J. Valdés, 1996

El Hospital de San Martín de Quillota, en Chile, realizó un estudio de vulnerabilidad con apoyo de la Universidad Nacional. Implementaron con fondos propios muchas de las recomendaciones de carácter no estructural.

La efectividad de la metodología se comprobó cuando se presentó un sismo de magnitud 7.3 (escala de Richter) el 31 de julio de 1995, que afectó la ciudad de Antofagasta. El Hospital de Antofagasta, que había sido evaluado pocos días antes, perdió parcialmente su capacidad de operación debido a ruptura de tuberías de agua potable, ruptura de vidrios y sistemas de iluminación, daños a equipos (hemodiálisis y calderas) y daños generales y deterioro en los sistemas estructural y no-estructural, lo que inclusive provocó que se pensara en evacuar el hospital en forma urgente.²⁸ Sin embargo, la existencia de un equipo profesional con conocimientos específicos en el tema de la vulnerabilidad hospitalaria, la disponibilidad de información básica sobre las características del hospital, el conocimiento previo de las vulnerabilidades globales del hospital por medio de la evaluación hecha días antes y la existencia de canales expeditos de comunicación entre el sistema de salud y el equipo de profesionales experto en vulnerabilidad, permitieron que mediante la evaluación de la emergencia, 24 horas después y a pesar de la lejanía del sitio, se valorara la severidad del daño estructural y no-estructural, descartando la necesidad de la evacuación del hospital. Además, se tomaron una serie de medidas rápidas para satisfacer la demanda de agua potable, para garantizar el funcionamiento y limitar la posibilidad de daño en los tanques en caso de réplicas del sismo. También se logró establecer un procedimiento de recuperación a corto y largo plazo, y se restableció la confianza y la tranquilidad de los usuarios y del personal del hospital. La recuperación de los servicios tuvo un costo estimado de US\$ 60.000, lo cual representa de un 10 a un 20% de los costos estimados de reparación.

ANÁLISIS DE COSTOS

El diagnóstico global de la vulnerabilidad de los hospitales estudiados permite contar con un perfil objetivo y científico de la situación real de los hospitales del país. Con ello se facilita la formulación de un plan de mitigación, en el que se consideren medidas de gestión y administrativas de fácil desarrollo, formulación de normas, programas de capacitación, actualización de cuerpos legislativos, y formulación de proyectos de inversión específicos, tendientes a mitigar las vulnerabilidades más relevantes. Hasta finales de 1996 se han aplicado medidas concretas de mitigación en los hospitales de Quillota y Antofagasta. Próximamente se continuará con los de Copiapó y Vallenar. En el caso del Hospital San José del Carmen de Copiapó, se cuenta con un estudio exhaustivo de los edificios de administración y del Consultorio Adosado de Especialidades, que reveló que por antecedentes de daños y por el estado de los edificios, se puede esperar que severos daños no-estructurales comprometan el funcionamiento después de un sismo importante (intensidad Mercalli IX, como ocurrió en el sismo de 1922). Se han identificado las causas de posibles daños estructurales, las medidas correctivas, y una estimación del costo del

28. Boroschek, R., Astroza, M. et al. *Estudio de daños sísmicos del Hospital de Antofagasta. Informe Preliminar. Santiago de Chile, agosto de 1995.*



Foto: Astroza, 1995

Daño no estructural en el hospital de Antofagasta, por el sismo del 31 de julio de 1995. Este tipo de daño puede interferir con la prestación del servicio y provocar alarma.

estructura. Si se considera que el costo de los reforzamientos, a nivel general, podría ser del orden del 15% (basándose en casos críticos, como el Hospital de Copiapó), los fondos necesarios para el reforzamiento de los hospitales estudiados podrían alcanzar la suma de ciento veinte millones de dólares.

Estas cifras son considerables, pero por una parte reflejan que el costo real de los estudios de evaluación de vulnerabilidad de hospitales es ínfimo respecto al valor de la infraestructura, y no como míticamente se creía. Por otra parte, en la mayoría de los casos el valor de las obras de reforzamiento no llegará a ser de un 15% del costo de la edificación, en especial si se tiene en cuenta que la mayoría de las causas de vulnerabilidad ra-

reforzamiento, que fluctúa entre un 15 y un 20% del valor original de la obra.²⁹

El país contempla financiar algunas de estas medidas con los presupuestos sectoriales ordinarios, asignándole a los proyectos la prioridad debida. En otros aspectos se busca financiamiento compartido o externo. Existe un compromiso político manifiesto por parte del Ministerio de Salud, para aplicar las medidas correctivas necesarias.

Efectuando un cálculo con el valor de cada cama hospitalaria (entre US\$ 55.000 y 110.000), y considerando que el proyecto determinó la vulnerabilidad sísmica de hospitales con un total de 7.716 camas, se podría hablar que existe una inversión en esas instalaciones de la salud que al momento equivale a 800 millones de dólares.

El costo total del proyecto, incluyendo financiamiento externo y la contrapartida nacional, alcanza los US\$ 200.000, que representa menos de un 0,3% del valor de la infraestructura.

29. Boroschek, R., Astroza, M. et al. Estudio de daño sísmico y de la capacidad resistente de los edificios de administración-SOME y Consultorio Adosado de Especialidades - Hospital de Copiapó. Santiago de Chile, 1996.



Foto: Astroza, 1995

Sector del Hospital de Antofagasta a principios de julio de 1995, durante la evaluación de su vulnerabilidad.



Foto: Astroza, 1995

El mismo sector del hospital de Antofagasta después del sismo del 31 de julio de 1995. Obsérvese la rotura generalizada de vidrios.

dica en aspectos no-estructurales y funcionales y en deficiencias de mantenimiento, como lo ha demostrado la experiencia. Además, existen aspectos no cuantificables en términos monetarios, como podrían ser la pérdida de vidas humanas, la interrupción de la prestación de los servicios en el momento de la emergencia, y los impactos sociales y políticos del daño irreparable o colapso de un hospital.

La metodología del proyecto de Chile, como se ha detallado, es aplicable a cualquier país de América Latina, siempre y cuando se cuente con las siguientes características: la integración del equipo multidisciplinario experto en el tema, el compromiso institucional y político, el rol de liderazgo del Ministerio de Salud y la disponibilidad de información científica sobre la amenaza.

El caso del Ecuador

Eccuador también cuenta con un historial extenso de sismos destructivos. En la ciudad de Guayaquil, ubicada a 200 kilómetros de la trinchera donde colisionan las grandes placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, existe un 90% de suelos aluviales o suaves que pueden amplificar sismos con epicentros a 200 o 300 kilómetros, afectando en mayor medida edificaciones comprendidas entre cinco y quince pisos de altura, predominantemente construidas en hormigón armado. Un fuerte sismo con este origen se presentó en mayo de 1942, con una magnitud de 7,9 en la escala de Richter, y dañó severamente el casco comercial de la ciudad, con el colapso de dos edificios con las características antes citadas.³⁰ En 1980 se presentó un sismo de magnitud 6,1, que provocó daños de mediana consideración en edificaciones de pobre calidad o sísmicamente muy vulnerables. Se considera que existen dos fuentes sismogénicas principales: las fuentes lejanas (distancias epicentrales de 150 a 350 kilómetros), ubicadas en la trinchera de subducción, y las fuentes cercanas debidas a fallas locales (Ver Tabla III.3).

Tabla III.3
Variables del Peligro Sísmico de Guayaquil

Fuente Sísmica	Ms	Distancia Epicentral	Período de (1) retorno de Ms	Intensidad (2) MM máxima	A ⁰ (3) cm/seg ²	Período de retorno de M.M. (4)
Trinchera						
de Subducción	7.0	150 a 350 Km	22 años	VI	10-30(5)	12 años
de Subducción	7.5	150 a 350 Km	38 años	VII	30-70	43 años
de Subducción	8.0	150 a 350 Km	67 años	VIII	70-120	86 años
de Subducción	8.5	150 a 350 Km	141 años	IX	120-200	235 años
de Subducción	9.0 (6)	150 a 350 Km	247 años (6)	X (6)	>200	>500 años (6)
Sist. Fallas Locales						
Sist. Fallas Locales	5.8	30 a 120 Km	23 años	VII	50-100	30 años
Sist. Fallas Locales	6.2	30 a 120 Km	56 años	VIII (6)	100-200	95 años
Sist. Fallas Locales	6.8 (6)	30 a 120 Km	206 años (6)	IX (6)	>200	>500 años (6)

- (1) Período de retorno o recurrencia de eventos de magnitud de onda superficial "Ms" mayor o igual a la especificada
- (2) Intensidad máxima esperada de la Escala de Mercalli Modificada (M.M) registrada para magnitudes y fuentes sismogénicas especificadas.
- (3) Aceleración máxima (A₀) en suelo suave del Tipo III para sismos de zona de subducción y en roca del Tipo I para zona local.
- (4) Período de retorno de las intensidades.
- (5) Aceleraciones calibradas con registros acelerográficos.
- (6) Eventos estimados por los modelos probabilísticos, sin precedentes históricos.

30. Argudo, Jaime y Yela, Rommel. *Vulnerabilidad estructural de hospitales de Guayaquil - Ecuador. Informe final para el Proyecto ECHO presentado a la OPS. Enero de 1996.*

Se estaba finalizando un estudio denominado "Vulnerabilidad Sísmica de Estructuras Importantes de la Ciudad de Guayaquil", ejecutado por el Instituto de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Guayaquil (IIFI-UC), con el apoyo del Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (UN-DHA) y la Dirección Nacional de Defensa Civil, cuando se planteó la necesidad de profundizar la evaluación de la vulnerabilidad de los hospitales de la ciudad, como estructuras críticas para el manejo de las emergencias. En este caso, se contaba con la información científica básica, inclusive a nivel de microzonificación de la ciudad, con un equipo profesional de ingenieros de alto nivel, con la preocupación puntual de algunos de los directores de los hospitales, y con el apoyo incondicional de la Dirección Nacional de Defensa Civil, organismo rector a nivel nacional para el manejo de emergencias.

El fuerte regionalismo que existe en Ecuador, que polariza al país en dos zonas (la costa y la sierra), origina la necesidad de una mejor coordinación entre los sectores profesionales y políticos de las dos ciudades más importantes del país, Quito y Guayaquil. Los requisitos para la inclusión de Ecuador como sujeto de estudio se cumplían a cabalidad, pero puntualmente en las dos grandes ciudades, de modo que se consideró conveniente limitar el espectro del proyecto a una de las dos, y Guayaquil resultó favorecida en la selección debido a los resultados recientes del proyecto de microzonificación de la ciudad. Algunos seminarios sobre el tema del efecto de los desastres en la infraestructura de la salud, durante 1993 y 1994, habían sensibilizado a las autoridades locales, de modo que la posibilidad de desarrollar un proyecto de estudio y reducción de la vulnerabilidad de los hospitales de la ciudad encontró terreno fértil.

El proyecto fue formulado por profesionales del IIFI-UC, con la coordinación general de la Dirección Nacional de Defensa Civil y el apoyo técnico de la OPS. El objetivo inicial fue la ejecución de diagnósticos preliminares de vulnerabilidad de los 16 hospitales más importantes de la ciudad, que fue ampliado para cubrir 20 hospitales, 12 de los cuales fueron evaluados cuantitativamente y los 8 restantes en forma cualitativa. El plazo de ejecución fue de ocho meses, y la metodología empleada incluyó las siguientes actividades (Ver Tabla III.4):

- a. **Relevamiento estructural y censo de los hospitales:** se investigaron las variables estructurales que inciden en mayor grado en el comportamiento sismo-resistente de los hospitales, así como los daños estructurales y no-estructurales producidos por sismos anteriores, y un inventario de los servicios que poseen los hospitales, incluyendo existencia de planes de emergencia.
- b. **Selección de los 16 hospitales más importantes de Guayaquil:** por definición, estos son los que disponen de los servicios necesarios para la atención masiva de una emergencia causada por un desastre natural. La muestra final se seleccionó con base en las recomendaciones de la Dirección Nacional de Defensa Civil.
- c. **Definición de las solicitaciones sísmicas probables:** con base en los espectros de respuesta obtenidos en la microzonificación sísmica de la ciudad.
- d. **Evaluación experimental de la resistencia del hormigón de una muestra de 10 hospitales:** ya que el 95% de los 16 hospitales poseen estructuras de hormigón armado, se extrajeron núcleos de hormigón de las columnas de la planta baja en 10 de ellos, para ser sometidos a ensayos de compresión simple.
- e. **Evaluación experimental de características dinámicas de los 16 hospitales más importantes:** el objetivo de esta fase fue evaluar la participación de los elementos no-estructurales en la respuesta sísmica de la edificación, mediante la medición experimental de las características dinámicas para vibraciones ambientales.
- f. **Análisis matemático cuantitativo del comportamiento sismo-resistente de 12 hospitales:** mediante análisis de la resistencia de fluencia, de la ductilidad, de los mecanismos de falla y de las distorsiones de pisos.
- g. **Diagnósticos cualitativos y cuantitativos de vulnerabilidad estructural y no-estructural** (Ver Tabla III.5)
- h. **Capacitación al personal técnico a cargo de las emergencias en los hospitales:** se efectuaron encuentros de difusión de las actividades y resultados preliminares del proyecto, en los cuales también participaron funcionarios del Ministerio de Salud y de la Dirección Nacional de Defensa Civil.
- i. **Categorización de la seguridad sismo-resistente y nivel de operatividad del sistema hospitalario,** mediante una escala no-vedosa de 6 niveles, siendo la primera categoría la correspondiente a pequeños daños no-estructurales y la sexta la correspondiente a posibilidad de colapso total.
- j. **Conclusiones y recomendaciones para reducir la vulnerabilidad estructural y no-estructural:** acciones prácticas, a corto plazo, y de bajo costo.



Foto: Yela

Tabla III.4
Nómina de Hospitales, tamaño, propietario, tipo de diagnóstico,
y variables de zonificación sísmica

Nombre del Hospital	Número de camas	Tipo de Hospital	Propietario	Tipo de diagnóstico	Tipo de Suelo (8)	Tipo de Sismo (8)
1. Teodoro Maldonado Carbo (IESS)	422	General	IESS (1)	Cuantitativo	Suave	III
2. Francisco Ycaza Bustamante (NIÑO)	356	Pediátrico	MSP(2)	"	Suave	III
3. Neumológico Alfredo Valenzuela	326	Neumológico	MSP	"	Roca	I
4. Abel Gilbert Pontón (GUAYAQUIL)	240	General	MSP	"	Suave	III
5. Oncológico Nacional J. Tanca (SOLCA)	124	Oncológico	SOLCA(3)	"	Suave	III
6. Materno Infantil de Guasmo	40	Gineco-Obstétrico	MSP	"	Suave	III
7. General Luis Vernaza	900	General	JBG (4)	"	Roca	I
8. León Becerra	180	Pediátrico	SPI (5)	"	Suave	III
9. Militar	150	General	FFAA(6)	"	Transición	II
10. Naval	150	General	FFAA	"	Suave	III
11. Policía Nacional	120	General	MGP(7)	"	Suave	III
12. Alborada	17	General	Privado	"	Roca	I
13. Alejandro Mann	216	Pediátrico	JBG	Cualitativo	Suave	III
14. Gineco-Obstétrico Enrique Sotomayor	303	Gineco-Obstétrico	JBG	"	Suave	III
15. Kennedy	156	General	Privado	"	Suave	III
16. Alcívar	75	General	Privado	"	Suave	III
17. Panamericana	24	General	Privado	"	Suave	III
18. Daniel Rodríguez	80	Epidemiológico	MSP	"	Suave	III
19. Dermatológico	55	Dermatológico	MSP	"	Suave	III
20. Psiquiátrico Lorenzo Ponce	800	Psiquiátrico	JBG	"	Suave	III

(1) ESS: Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

(2) MSP: Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

(3) SOLCA: Sociedad de Lucha Contra el Cáncer, sociedad sin fines de lucro.

(4) JBG: Junta de Beneficiencia de Guayaquil, sociedad privada sin fines de lucro.

(5) SPI: Sociedad Protectora de la Infancia, adscrita al INNFA(Instituto Nacional del Niño y la Familia).

(6) FFAA: Fuerzas Armadas del Ecuador.

(7) MGP: Ministerio de Gobierno y Policía.

(8) VARIABLES DE ZONIFICACION SISMICA: Tipo de suelo sobre el cual se ha construido el hospital y el tipo de espectro sísmico que corresponde a cada tipo de suelo.

Tabla III.5
Diagnóstico de Vulnerabilidad Estructural

NOMBRE DEL HOSPITAL	DIAGNOSTICO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
GUAYAQUIL	Su primer piso posee menor rigidez respecto a los demás. Para intensidades VIII el ancho de las juntas sísmicas entre la torre de 8 pisos y los bloques anexos de un piso resultaría insuficiente, pudiéndose producir impacto entre bloques y concentración del daño en este nivel con colapso frágil tipo piso suave.
VALENZUELA	Durante el sismo de 1980 (Intensidad VII) se produjeron agrietamientos en elementos estructurales. Se estima como probable un mecanismo de colapso frágil para intensidad VII o superior.
SOLCA	Para intensidades M.M VIII, el ancho de las juntas sísmicas entre la torre de 6 pisos y los bloques anexos de dos pisos resultaría insuficiente lo que concentraría el daño a nivel del segundo y tercer piso e incrementaría su vulnerabilidad y la posibilidad de un colapso de piso suave.
IESS	El sistema estructural es heterogéneo, algunas áreas son más seguras que otras. En sus áreas más vulnerables se podrían producir daños de poca extensión para M.M VIII. Los sótanos o cámaras construidos bajo criterios de cimentación superficial compensada, permanecen inundados por el agua de las mareas, deteriorando la cimentación e incrementándose con el tiempo la vulnerabilidad estructural del hospital por deterioro.
VERNAZA	El bloque de cirugía reporta baja vulnerabilidad. Otras estructuras más antiguas del hospital han soportado sismos de intensidad M.M < VII sin experimentar daño alguno, pero actualmente el deterioro de algunos elementos estructurales (losas, vigas) podría facilitar su falla para intensidades M.M VIII.
NIÑO	Sus columnas poseen cuantías de acero y dimensiones un poco menores que las utilizadas en el estándar de diseño de la ciudad. Esto lo ubica como una estructura un poco menos dúctil y resistente que las otras similares, con un mecanismo de falla dúctil para intensidades MM=VIII, en lugar de IX.
POLICIA	Las propiedades geométricas y mecánicas de sus elementos estructurales le dan a esta estructura resistencia y ductilidad superior al estándar de diseño, configura mecanismo de falla dúctil para intensidad MM= IX o X más allá del nivel de las máximas intensidades históricas, lo que resulta recomendable para una estructura hospitalaria y le otorga baja vulnerabilidad.
MILITAR	La mala calidad y baja resistencia del hormigón se ha traducido en un nivel de vulnerabilidad muy alto. Mecanismo de falla frágil para intensidad MM=VIII.
NAVAL	El mayor tamaño y reforzamiento de las columnas respecto al estándar local, le significa a esta estructura mayor seguridad que la del estándar. Sin embargo, por su gran flexibilidad para intensidades M.M > VII se espera que se produzca una fuerte interacción con las estructuras anexas de una planta, concentración del daño a ese nivel e incremento de la vulnerabilidad con reducción de la seguridad sismo-resistente evaluada por el análisis matemático de la torre aislada.
ALBORADA	Baja vulnerabilidad debido al menor tamaño de su sollicitación sísmica y mayor dimensionamiento del tamaño de las columnas respecto al estándar de diseño.
BECERRA	Alta vulnerabilidad para un menor dimensionamiento de las columnas respecto al estándar de diseño. Posible colapso frágil para M.M=VIII.
GUASMO	Muy baja vulnerabilidad debido al bajo tamaño de la sollicitación sísmica que le corresponde por sus características dinámicas (estructura de un sólo piso). Sin experimentar colapso hasta M.M=X u XI.

Tabla III.5
Diagnóstico de Vulnerabilidad Estructural - Continúa

NOMBRE DEL HOSPITAL	DIAGNOSTICO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
ALEJ. MANN	Por su gran flexibilidad y tipo de estructura es poco vulnerable a sismos. Por ser de madera y poseer gran número de instalaciones mal protegidas tiene una alta vulnerabilidad para incendios originados por sismos.
SOTOMAYOR	Vulnerabilidad comparable con la del hospital Vernaza, con antigüedad y deterioro de elementos secundarios.
KENNEDY	Buena calidad del hormigón, estándar de diseño y baja vulnerabilidad comparable con el hospital de la Policía.
ALCIVAR	Estándar de diseño y baja vulnerabilidad comparable con el hospital de policía.
PANAMERICANA	Por sus características estructurales se le atribuye una vulnerabilidad similar a la del hospital de Solca.
INFECTOLOGIA	Por sus características estructurales se le atribuye una vulnerabilidad similar a la del hospital del Guasmo, con excepción de la estructura del tanque para abastecimiento de agua muy vulnerable.
DERMATOLOGIA	Por sus características estructurales se le atribuye una vulnerabilidad similar a la del Hospital del Guasmo, con excepción de la estructura metálica de la capilla que por su deterioro y dimensionamiento es muy vulnerable.
LORENZO PONCE	Vulnerabilidad comparable con la del hospital Vernaza, antigüedad y deterioro de elementos secundarios.



Foto: Yéla, 1995

Es posible determinar la resistencia del concreto en un hospital existente mediante la extracción de muestras y pruebas de laboratorio.

Este proyecto, con fuerte énfasis en aspectos de ingeniería y liderado por ingenieros estructurales, logró sin embargo alcanzar a la opinión pública, mediante una cobertura muy completa que otorgaron los medios de comunicación de la ciudad a las diversas fases. El resultado más significativo fue el intercambio de inquietudes entre el equipo a cargo del proyecto y los profesionales del sector de la salud, en un idioma comprensible para todos.

ANÁLISIS DE COSTOS

Un análisis de las conclusiones permite descubrir que un solo hospital se encuentra en la Categoría 1, o sea, con probabilidad de daño mínimo, y también uno se encuentra en la Categoría 6, con posibilidad de colapso total (Ver Tabla III.6). Un porcentaje importante (70%) se encuentra por debajo de la Categoría 5, o sea que tienen probabilidad de sufrir daño no-estructural de moderado a severo y daños estructurales de leves a moderados, lo cual indica que la mayoría de los problemas podrían solucionarse mediante la implementación de programas de mantenimiento preventivo de las instalaciones y que se requiere de poco o ningún reforzamiento de tipo estructural.

Un total de 4.734 camas hospitalarias fueron cubiertas por el estudio, cuyo costo final fue de US\$160.000 (incluyendo aportes locales y los costos del estudio previo de microzonificación). Esto indica que el estudio tuvo un valor de un 0,3% del costo total de las edificaciones. Considerando un valor de 10% de este costo total para los reforzamientos (que podría ser inferior, ya que un 60% de los hospitales requieren solamente pequeños reforzamientos), se podría hablar de un valor de cinco millones de dólares para reforzar todos los hospitales estudiados. Como estos pertenecen a diversas entidades (Junta de Beneficiencia, Seguro Social, Ministerio de Salud, Fuerzas Armadas, Policía, instituciones privadas), cabe esperar que cada una de ellas inicie la búsqueda de recursos dentro de sus presupuestos ordinarios o financiamiento externo para la solución de los problemas más apremiantes. La Dirección Nacional de Defensa Civil había propuesto la celebración de convenios con las entidades privadas, para entregarles los estudios a cambio de la integración de estas instituciones al Plan de Manejo de Emergencias de la ciudad, con el fin de que se pudiera contar con sus servicios en caso de ocurrir una emergencia masiva por terremoto.

MULTIPLICACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Las repercusiones del proyecto de Guayaquil se hicieron evidentes en Quito, ya que un equipo multidisciplinario de profesionales del Departamento de Estructuras de la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional emprendió la tarea de evaluar el sistema hospitalario de la ciudad de Quito, comenzando con el Hospital Pablo Arturo Suárez como proyecto piloto para el desarrollo y prueba de una metodología de análisis

Tabla III.6 Categorización de la Seguridad Sismo-Resistente y Nivel de Operatividad del Sistema Hospitalario de Guayaquil		
Categoría	Descripción	Hospitales
1	Probabilidad de experimentar pequeños daños no estructurales que no afecten la operatividad del hospital.	GUASMO
2	Probabilidad de experimentar daños no estructurales moderados que afecten parcial y/o transitoriamente la operatividad del hospital. Pequeños daños de tipo estructural que no ponen en peligro la seguridad de las personas. Daños de fácil reparación, sin evacuación.	POLICIA ALBORADA KENNEDY ALCIVAR
3	Probabilidad de experimentar daños no estructurales severos que afecten temporalmente la operatividad del hospital no permitiendo la atención de la emergencia. Pequeños daños de tipo estructural que no ponen en peligro la seguridad de las personas.	VERNAZA NAVAL SOTOMAYOR LORENZAPONCE ALEJ. MANN
4	Probabilidad de experimentar daños no estructurales severos y daños de tipo estructural moderado que requieren evacuación de las instalaciones y una reparación de la estructura con reforzamiento o técnicas similares.	SOLCA GUAYAQUIL NIÑO PANAMERICANA
5	Probabilidad de experimentar daños de tipo estructural severos que incluyen: colapso de estructuras vitales como tanques, colapso de subestructuras o partes más vulnerables de la estructura de pequeña extensión respecto del conjunto de las instalaciones con riesgo para la vida de las personas.	MILITAR BECERRA IESS INFECTOLOGIA DERMATOLOGIA
6	Probabilidad de experimentar un colapso total o de una gran extensión de la estructura con alto riesgo de pérdida de vida de las personas	VALENZUELA

Como aplicación de la utilización de los diagnósticos de vulnerabilidad estructural y no-estructural y como elemento que podría usarse como herramienta para un sistema de acreditación hospitalaria, se propone una clasificación de los hospitales según su seguridad sismorresistente y su nivel de operatividad después de un determinado desastre. Se eligió el escenario un sismo de intensidad M.M= VIII y se han utilizado términos probabilísticos para hacer énfasis y recordar el tipo de fenómeno que se ha analizado. No obstante lo razonable de una metodología de evaluación, la naturaleza siempre podrá ofrecer situaciones imprevisibles.

ajustada a las condiciones de la ciudad. Este equipo profesional había estado a cargo de un proyecto global de evaluación de la vulnerabilidad de las escuelas públicas de Quito.

En el transcurso del desarrollo del proyecto de Guayaquil un sismo de magnitud 6.9 (escala Richter) con epicentro en la cordillera sur-oriental del Cutucú, sacudió el territorio continental de Ecuador y afectó a la ciudad de Macas, con colapso de estructuras importantes en la zona epicentral, como el puente sobre el Río Upano. En Tena, a 200 kilómetros del epicentro, el Hospital Velasco Ibarra³¹ sufrió daños no-estructurales moderados, como agrietamiento de paredes, ruptura de vidrios, daños en algunas tuberías de conducción de oxígeno y agua y desperfectos en el sistema de ascensores, lo que obligó a la suspensión de servicios y a la evacuación de las instalaciones. Una vez que se constató que la estructura no sufrió daño alguno, en pocas horas los servicios podrían haberse res-

tituído. Pero la alarma y el pánico causados porque el nivel de daño fue superior al de la mayoría de las edificaciones de Tena provocó que el personal del hospital se resistiera a ocupar por meses las instalaciones, y arrojó serias dudas sobre la capacidad del hospital para resistir sismos de mayor intensidad. Por esta razón, el Ministerio de Salud del Ecuador solicitó al gobierno de Bélgica, una ayuda de emergencia para la ejecución de los trabajos de reparación del hospital. La OPS contribuyó con la asesoría técnica para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y en la definición de medidas de mitigación o tipo de intervención necesaria para dotar de una mayor seguridad sísmo-resistente al hospital. El mismo equipo técnico a cargo del estudio de los hospitales de Guayaquil fue encomendado para ejecutar el diagnóstico cualitativo de la vulnerabilidad sísmica del hospital, aprovechando su reciente experiencia, estudio que estableció la necesidad de un reforzamiento para re-



Foto: Rosales, 1996

Deterioro en el Hospital de Guaranda, provincia de Bolívar (Ecuador) por antigüedad y falta de mantenimiento, así como por efectos de sismos de intensidad moderada.

31. Argudo, Jaime. *Análisis de vulnerabilidad, diseño y construcción del reforzamiento del Hospital Velasco Ibarra, Tena, Ecuador*. Quito, abril de 1996.



Foto: Yela, 1995

Un detalle arquitectónico, en este caso una marquesina, podría eventualmente bloquear el acceso de las ambulancias o dañar alguna de ellas, tal y como sucedió en California con el terremoto de 1971. Hospital de Guayaquil, abril 1995.

ducir el daño no-estructural frente a sollicitaciones sísmicas moderadas, y para reducir la posibilidad de colapso frente a sismos severos. El gobierno de Bélgica otorgó US\$ 400.000 para la ejecución de los estudios y de los trabajos de reforzamiento.

El caso del Hospital de Tena, unido a los resultados del proyecto de Guayaquil, motivaron a autoridades políticas del más alto nivel (Vicepresidencia de la República), a solicitar a la OPS y al equipo de consultores del IIFI la formulación de un proyecto global para la reducción de la vulnerabilidad de todos los hospitales importantes del Ecuador. Se espera que las nuevas autoridades gubernamentales que asumieron el poder en 1996 estén interesadas en darle continuidad a esta iniciativa.

El caso de Venezuela

En Venezuela, desde la época de la Colonia,³² existen referencias sobre la ocurrencia de sismos y de sus efectos sobre el territorio del país. De hecho, el primer terremoto del que se tiene conocimiento se remonta al año 1530. En años recientes, el último terremoto significativo ocurrió en 1967 y afectó las zonas norte y central del país. Se presentaron daños de consideración en la ciudad de Caracas y el litoral central. Se sabe que sismos destructores, como el de 1812, tienen un período de retorno aproximado a los 200 años.

Existen también antiguas referencias bibliográficas que describen cualitativamente los efectos de los eventos sísmicos sobre las instalaciones de la salud. Entre ellas, se destaca una nota que menciona la reducción del número de médicos y el deterioro de algunos hospitales después del sismo de 1812.

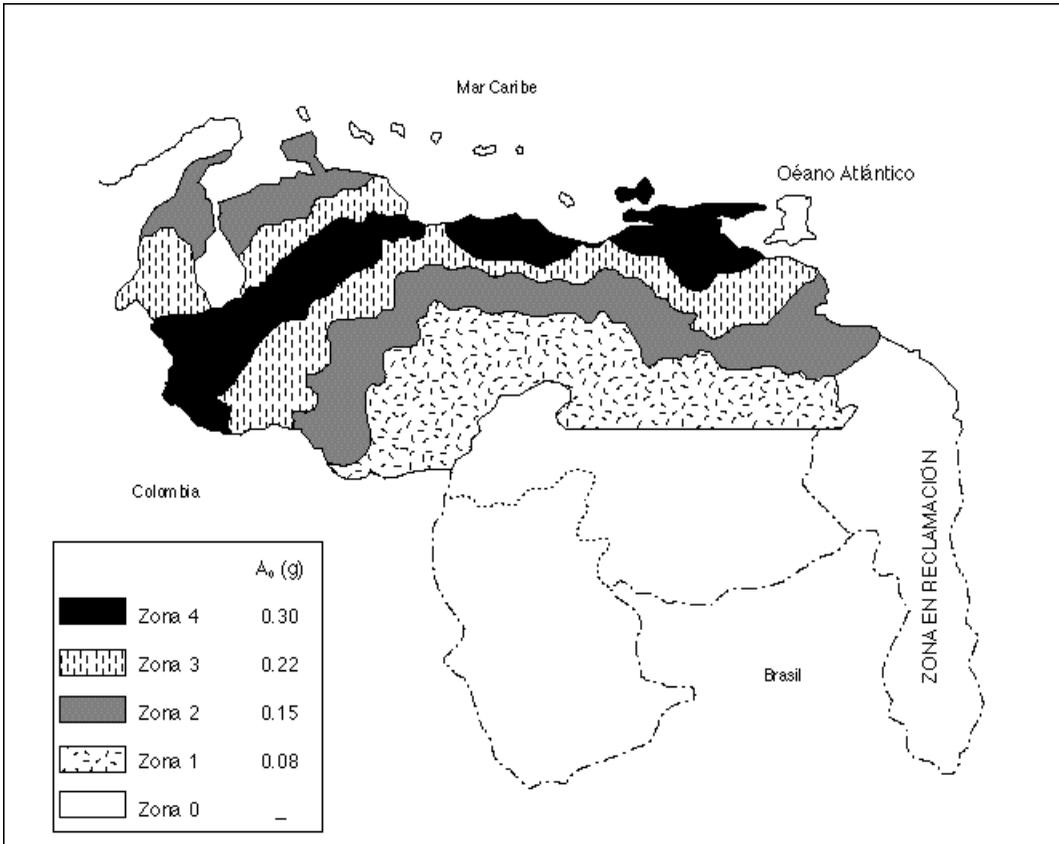
De acuerdo con la macrozonificación sísmica vigente, incluida en la "Norma para Edificaciones Antisísmicas COVENIN 1756-82" (Ver Figura III.7), varias de las ciudades importantes del país están ubicadas en la zona de mayor amenaza sísmica, como es el caso de Caracas, Mérida y Cumaná. Por esta razón, desde 1988 y con el apoyo de la OPS y otras entidades, se llevaron a cabo diagnósticos cualitativos de la vulnerabilidad sísmica de varios de los hospitales más importantes del país, como el Hospital Universitario de Los Andes (Mérida, 1988) y el Hospital General de Santa Bárbara del Zulia (Zulia, 1993).

Entre 1993 y 1994 se habían efectuado estudios preliminares en los Hospitales Dr. Enrique Tejera (Valencia, Estado Carabobo), Dr. Adolfo Prince Lara (Puerto Cabello, Estado Carabobo) y Dr. Patricio Antonio Alcalá (Cumaná, Estado Sucre). Estos estudios, a cargo de un experimentado equipo de profesionales permitieron, en esta etapa inicial, eviden-

ZONA SÍSMICA	NIVEL DE PELIGROSIDAD	AREA TOTAL DEL PAÍS	CAMAS HOSPITALARIAS
0	Despreciable	44	N.A
1	Baja	12	8,3
2	Moderada	15	16,8
3	Alta	16	17,7
4	Elevada	13	57,2

32. República de Venezuela. Dirección de Defensa Civil del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Informe Nacional sobre Venezuela preparado para la I Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud. México, febrero de 1996.

Figura III.1
Mapa de Zonificación Sísmica de la Norma para Edificación Antisísmicas
COVENIN 1756-82
(ver cuadro III.7)



ciar que las deficiencias principales en aspectos no-estructurales se debían a la ausencia o reducida aplicación de programas de mantenimiento preventivo de las instalaciones. En el caso del Hospital Patricio Antonio Alcalá, ubicado sobre el trazo de una falla sísmica activa, se tenían serias dudas sobre la capacidad sísmo-resistente de la estructura, y en los otros dos hospitales había evidencia de fallas estructurales debidas a actividad sísmica menor, anterior a los estudios. Los diagnósticos habían aportado, adicionalmente, algunas soluciones prácticas, de implementación a corto plazo y a bajo costo, para la reducción del problema de la vulnerabilidad no-estructural, y se habían planteado propuestas preliminares para el reforzamiento de las tres estructuras.

Se formuló entonces, a finales de 1994, un proyecto para ser ejecutado con los fondos aportados por ECHO como capital semilla, cuyo objetivo principal fue el reforzamiento de las áreas más críticas de cada uno de los tres hospitales, y la formulación de planes de emergencia para cada institución. Para la promoción y la realización de los estudios, el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social desempeñó un rol de liderazgo, como ente rector de la infraestructura sanitaria y, adicionalmente a la coordinación de la OPS, y la participación de las Gobernaciones de Estado (Sucre y Carabobo), ya que en Venezuela el manejo de los recursos del sector de la salud es descentralizado. También se contó con el aporte de expertos locales vinculados a la Academia de Ciencias Físicas y Matemáticas, así como de miembros de diversas fundaciones para la investigación del fenómeno sísmico, universidades y otras instituciones, como las Fuerzas Armadas, que desempeñan un importante rol en el desarrollo y práctica de planes de emergencia.

La metodología aplicada en el proyecto para los tres hospitales se resume en las siguientes dos fases. Se habían finalizado y fueron consideradas como base para el proyecto la fase a, y la fase b hasta el estudio de las alternativas de reforzamiento.

- a. **Evaluación cualitativa:** estimación del grado de vulnerabilidad, tanto estructural como funcional, del hospital, con recomendaciones para la solución de los problemas más apremiantes. Conforme a los resultados de esta evaluación se estableció la necesidad de efectuar evaluaciones cuantitativas o de dar recomendaciones de tipo general.
- b. **Evaluación cuantitativa:** estudios detallados que comprendieron el análisis de la amenaza sísmica, recopilación y actualización de planos arquitectónicos y estructurales, estudio de suelos en el sitio donde está ubicado el hospital. Además, se procedió a la extracción de muestras de hormigón y acero para ser ensayadas y determinar su resistencia, y al modelaje y análisis de la estructura de cada hospital para determinar su grado de vulnerabilidad. Posteriormente, se efectuó el estudio de alternativas de refuerzo para adecuar la estructura del hospital a la normativa sísmo-resistente vigente en el país (considerando facilidad de ejecución, operatividad del hospital y presupuestos limitados), y elaboración de los proyectos de reforzamiento detallado de las estructuras.

ANÁLISIS DE COSTOS

El proyecto tuvo un costo estimado de US\$ 90.000, incluyendo el valor de los estudios previos y del aporte de las instituciones nacionales. En este caso, no es posible establecer una relación entre el costo del estudio y el valor de las edificaciones, ya que, como se definió en el objetivo inicial, se trataba de iniciar trabajos de reforzamiento específicos y no solamente efectuar evaluaciones. En los tres casos, se estableció que el costo de los reforzamientos no debería superar el 15% del costo de reposición de las instalaciones.

Este proyecto, limitado en cuanto al número de instalaciones evaluadas, pero amplio en el sentido de que se ejecutaron acciones concretas de mejoramiento de la respuesta estructural, puso en evidencia la necesidad de formular un programa a escala nacional que cubra todas las edificaciones hospitalarias ubicadas en las zonas de más alta sismicidad, con una meta a corto plazo que sería la obtención de las evaluaciones cualitativas y las recomendaciones de aplicación inmediata. La motivación generada por este proyecto, debería complementarse con el apoyo técnico y financiero del gobierno nacional, de las instituciones del sector y, eventualmente, de organismos internacionales, para garantizar su continuidad y proyección a nivel nacional.

Entre los productos no previstos del proyecto, se elaboró un video didáctico dirigido a ingenieros y diseñadores sobre el problema de la "columna corta", causante de innumerales daños en toda clase de edificios cuando ocurren terremotos. Este video, junto con un manual instructivo, vino a llenar un vacío en América Latina sobre el tema específico y sus efectos en las estructuras hospitalarias.

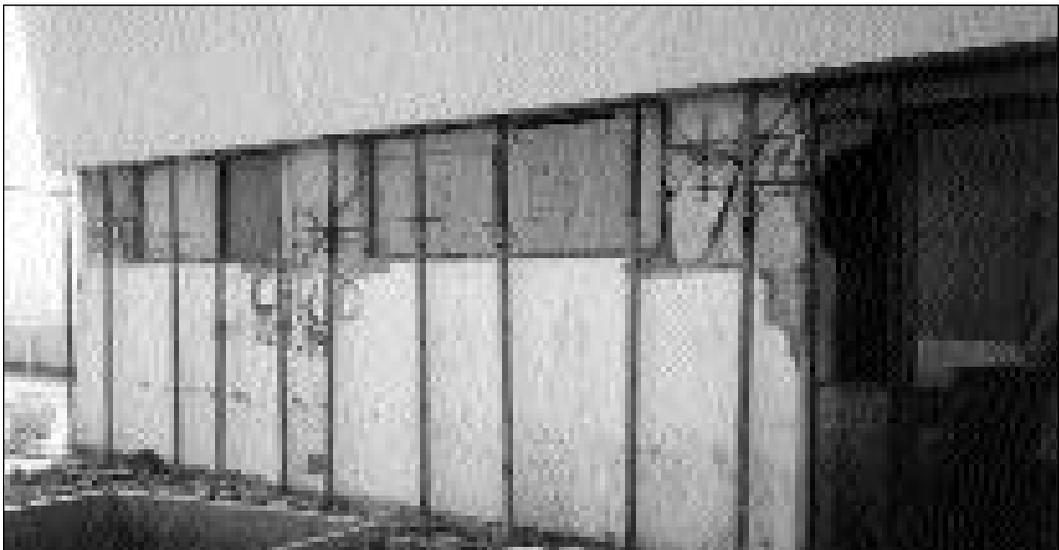


Foto: Astroza, 1995

Se ilustra el daño provocado por el problema de columna corta.

El caso de Colombia

A lo largo de su historia, Colombia se ha visto afectada por diversos tipos de fenómenos naturales. Entre los más destructivos pueden mencionarse los terremotos de Cúcuta (1875) y de Tumaco (1906), considerado este último uno de los más fuertes de la historia contemporánea. En tiempos recientes destacan el terremoto de Caldas (1979) y el de Popayán (1983). Ha sido también víctima de la erupción de volcanes, tales como el Galeras, el Ruíz y el Doña Juana y huracanes como el Joan, que azotó la costa atlántica (1988).

En marzo de 1993, la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (DN-PAD), convocó a un grupo multisectorial de profesionales representantes de instituciones y sectores vinculados con la infraestructura de la salud, con el propósito de formular un proyecto integral para el estudio y reducción de la vulnerabilidad de dos hospitales, el Kennedy y el San José, considerados como estratégicos, por su ubicación y tamaño de la población a la que sirven, de la ciudad de Santafé de Bogotá, expuesta a un riesgo sísmico moderado. Esta inquietud inicial de las autoridades se motivó con la perspectiva de la celebración del Día Internacional de la Reducción de los Desastres Naturales que, como se mencionó en el Capítulo I, ese año estaría dedicado a la protección de la infraestructura de la salud y educativa. El proyecto inicial comprendía un detallado análisis de la vulnerabilidad sísmica del Hospital Kennedy, incluyendo guías técnicas para su reforzamiento y mejora de la respuesta estructural, no-estructural y organizacional de la institución, y un diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica del Hospital San José. El proyecto, extenso y costoso, requería de financiamiento, tanto proveniente de fondos nacionales como de los aportes de organismos internacionales. El documento original sufrió varias modificaciones en el transcurso de su presentación ante diversas entidades para la obtención de los recursos, de acuerdo con las prioridades y objetivos de cada una de estas posibles fuentes de financiamiento.

Finalmente, se logró comprometer US\$ 86.000 del Fondo Nacional de Calamidades, para dar inicio a las actividades en el Hospital Kennedy, ya que se presentaron limitaciones de orden legal para incluir dentro de esta suma al Hospital San José, por tratarse de una institución privada. Por el alcance del proyecto, estos fondos resultaban insuficientes y se requería la contribución de otra fuente. Entretanto, elecciones presidenciales y un consecuente cambio de las autoridades políticas que participaban en el proyecto, elecciones en la Alcaldía Mayor de la ciudad y relevo de los representantes de esta entidad en el Comité Coordinador, junto con las dificultades en la búsqueda del financiamiento externo, ocasionaron que el inicio del proyecto se postergara durante meses.

Casi dos años después, el proyecto fue modificado nuevamente para su presentación dentro del paquete propuesto a ECHO. En apariencia, existían todas las garantías para el exitoso cumplimiento de los objetivos dentro del plazo programado, ya que existía un



Foto: Rosales, 1995

Daño no estructural provocado por el sismo de febrero de 1995 en un hospital de la ciudad de Pereira, Colombia. La prestación de los servicios debe garantizarse, limitando al mínimo el daño en equipos.

equipo profesional idóneo, con experiencia en evaluaciones similares y el aval de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, la voluntad política de las nuevas autoridades, el interés especial del Ministerio de Salud por concretar las acciones, y recursos financieros nacionales asignados como contrapartida. Además, mediante actividades de capacitación y motivación, se había logrado formular proyectos similares para hospitales en Bucaramanga (Hospital Ramón González Valencia) y otras ciudades colombianas, que requerían del financiamiento del Ministerio de Salud. Estos nuevos proyectos necesitaban elementos previos que no estaban disponibles, como el desarrollo de términos de referencia precisos para la calificación de empresas en capacidad de ejecutar estudios de vulnerabilidad y para las contrataciones, y la forma de obtenerlos era consolidando la labor del Comité del proyecto del Hospital Kennedy.

Cuando el paquete de proyectos fue aprobado, ECHO canalizó a través de la

OPS US\$ 50.000 como aporte para el desarrollo de actividades en Colombia, y el Ministerio de Salud logró asignar recursos complementarios del presupuesto ordinario. Hasta noviembre de 1995 no se pudo iniciar el estudio.

El Hospital Kennedy, ubicado al sur de Santafé de Bogotá, es una institución pública que cuenta con una estructura compleja y relativamente moderna, que atiende a una población estimada de un millón de personas. A mediados de 1996, se completó la primera etapa de la evaluación y se presentó el respectivo informe de avance. Después de un levantamiento detallado de la configuración estructural del complejo hospitalario, el cual está conformado por nueve edificaciones que cubren cerca de 24.000 m², se inició el estudio de vulnerabilidad sísmica aplicando técnicas avanzadas de análisis inelástico, con el fin no sólo de establecer las deficiencias en términos de rigidez y resistencia de las estructuras, sino en términos de disipación y concentración de energía inelástica por plasticificación y desarrollo de ductilidad.³³ Mediante el programa de computación de análisis

33. Cardona, Omar Darío. *Resumen del avance del Proyecto de Reducción de Vulnerabilidad del Hospital Kennedy*. Preparado para "Hospitales más seguros para el siglo XXI", Boletín del Programa de Preparativos para Emergencias de la OPS/OMS, Volumen 3 (en preparación).

estructural IDARC se evaluaron las nueve edificaciones, obteniendo índices de daño para cada uno de los elementos estructurales, cada uno de los pisos y la edificación en general. Igualmente, se utilizó una versión modificada y avanzada del programa COMBAT (otro programa de análisis estructural), desarrollada en Colombia, con el cual se verificaron los resultados del análisis inelástico, utilizando un modelo que permitió precisar las deficiencias de acuerdo con lo establecido en el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes vigente, y con los novedosos requerimientos que para hospitales fueron incluidos en la nueva Norma AIS-100-95, que la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica desarrolló recientemente para su discusión y aprobación en el Congreso de la República.

Para hacer este trabajo, se elaboró una familia de acelerogramas sintéticos, teniendo en cuenta los resultados del estudio de microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá, que se encuentra actualmente en proceso, mediante varias funciones de modulación que permitieran escalar adecuadamente los registros hasta ahora obtenidos en las estaciones acelerográficas existentes, y un espectro suavizado que considerara el comportamiento de los suelos blandos en los cuales se asienta el Hospital.

Dado que la zona de urgencias contaba con un proyecto de ampliación, se consideró oportuno aportar al hospital el diseño estructural de la misma, incorporando los aspectos relativos al reforzamiento estructural de la edificación existente.

Los resultados de esta primera fase indicaron que el hospital, en caso de sismos moderados o fuertes, sufriría graves daños, e incluso es posible que alguno de los bloques colapse. Esta primera fase se completó dentro del tiempo estimado para su evaluación por parte del Comité Coordinador, y se espera que en el término de dos meses se tenga el diseño de la solución más adecuada y factible, que posiblemente se base en muros de cortante o pantallas rigidizadoras.

El caso del Hospital Kennedy ha sido muy interesante debido al tipo de técnicas utilizadas para el estudio, que posiblemente hasta ahora no habían sido aplicadas a casos de hospitales en la Región, y que han permitido ratificar la necesidad de llevar a cabo evaluaciones rigurosas, dado que con métodos convencionales podrían dejar de detectarse situaciones de riesgo poco evidentes, o que podrían pasar ocultas a no ser que se utilicen técnicas avanzadas, particularmente cuando el edificio se encuentra localizado en suelos blandos como los de Santafé de Bogotá.

Paralelamente, el Comité Coordinador elaboró y estandarizó los términos de referencia para la contratación de la evaluación no-estructural, los cuales servirán para los restantes proyectos a cargo del Ministerio de Salud.

El proyecto de Colombia evidenció que los aspectos políticos, tan cambiantes en el contexto latinoamericano, pueden entorpecer o llevar al fracaso una iniciativa prioritaria que cuenta con todos los demás ingredientes indispensables para ser exitosa. Afortunadamente, en este caso las dificultades se pudieron superar sin complicaciones mayores, gracias a la motivación de las instituciones y profesionales involucrados.

El caso del Perú

Perú, como sus vecinos sudamericanos, se encuentra ubicado en una región altamente sísmica, que lo convierte en vulnerable ante este tipo de fenómenos naturales. Las inundaciones y sequías son una constante, y a ello se agrega que el país soportó más de una década de violencia político-social que cobró alrededor de 25.000 vidas. Poco a poco el país se ha ordenado financieramente y se ha reincorporado a la economía internacional.

Para el Perú, los sismos son una amenaza natural comprometedora, a consecuencia de que en sus costas interactúan las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana. Sólo en el presente siglo se han registrado 28 sismos con gran poder destructivo, de magnitudes superiores a 6,0 (Escala de Richter). Algunas grandes ciudades fueron parcialmente destruidas: Lima (1940, 1966 y 1974); Cusco (1950, 1985); Arequipa (1958,



Foto: OPS/OMS

La ciudad de Lima ha registrado en el presente siglo varios sismos con gran poder destructivo.

1960); y otras. Por ejemplo, el terremoto de 1966 (6,3 grados en escala Richter), ocasionó mucha destrucción de edificios en Lima. A causa del terremoto de 1970, en la región del Callejón de Huaylas, que tuvo una magnitud de 7,5 grados, las ciudades de Huaraz, Cuzco y Aija fueron destruidas. El Hospital Regional de Huaraz, que tenía capacidad para la atención de 150 pacientes, enfrentó una demanda desmedida de sus servicios y una disminución de su capacidad operativa, entre otros factores debido a la interrupción del suministro de energía eléctrica.

En este contexto, la OPS decidió iniciar un proceso gradual relacionado con el tema de mitigación de desastres en instalaciones de salud, convocando a instituciones, técnicos, políticos y medios de comunicación nacionales, con el propósito de disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura de salud con recursos propios de las instituciones. Para ello, se ha planteado un proyecto denominado "Mitigación de la Vulnerabilidad Hospitalaria"³⁴, cuyos aspectos relevantes han sido el autofinanciamiento de los estudios desarrollados, la obtención formal de presupuesto regular del Ministerio de Salud para garanti-

³⁴ Representación OPS/OMS - Perú. Resumen del Proyecto de Mitigación de la Vulnerabilidad Hospitalario. Preparado para "Hospitales más seguros para el Siglo XXI", Boletín del Programa de Preparativos para Emergencias de la OPS/OMS, Volumen 2, septiembre de 1996.



Foto: Astroza, 1995

Al limitar la vulnerabilidad estructural, es posible reducir también los problemas funcionales y organizativos que se presentan a consecuencia de un sismo.

La tercera fase se relaciona con la ejecución técnica continua del proceso, lo cual implica disponer de la guía metodológica previamente elaborada y probada, de un manual para capacitación al personal de mantenimiento y conservación de los hospitales, y de la identificación de los puntos críticos de cada hospital, con un plan de acción para resolverlos y el apoyo presupuestal necesario. Es deseable que la evaluación de la vulnerabilidad hospitalaria sea permanente, y que en el futuro forme parte de la acreditación de hospitales. Todas las acciones de evaluación estructural y no-estructural están orientadas a que posteriormente los estudios de vulnerabilidad sean ejecutados por el mismo personal que trabaja en los hospitales peruanos.

Para 1997, por primera vez el Ministerio de Salud incorporará en la apertura presupuestal un rubro destinado a la mitigación hospitalaria. Esto constituye una expresión concreta de la decisión política que garantizará la continuidad del proceso de mitigación

zar la continuidad del proceso, y la obtención de una metodología novedosa para la estimación de la vulnerabilidad no-estructural.

Entre los aspectos técnicos, la OPS en el Perú, conjuntamente con el Ministerio de Salud, promovió la formación de un grupo técnico sobre vulnerabilidad hospitalaria, constituido por arquitectos e ingenieros expertos en el tema, vinculados a la Facultad de Arquitectura de la Universidad Ricardo Palma y al CISMID (Centro de Investigación de Sismos y Mitigación de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería).

La primera fase del proyecto consistió en elaborar una guía metodológica para la evaluación de hospitales, que contiene tres módulos relacionados con vulnerabilidad estructural, no-estructural y funcional. La segunda etapa fue la validación de la guía, aplicándola a tres hospitales seleccionados por el Ministerio de Salud: Hospital de Emergencias, Instituto del Niño y Hospital de Tacna.

de desastres en establecimientos de salud. El Instituto Peruano de Seguridad Social también conformó un grupo ad-hoc para estudiar la vulnerabilidad hospitalaria, y ha iniciado este proceso en los hospitales de Arequipa y Tacna, previendo que durante 1996 se evaluarán al menos cuatro hospitales.

El estudio de vulnerabilidad del Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa, ubicado en Lima, ya fue finalizado. Se evidenció que el Hospital, con 102 camas, aunque no tiene deficiencias estructurales serias, muestra algún grado de deterioro en estructuras complementarias, problemas de filtraciones y "vicios de operación", o sea, casos en que los elementos estructurales primarios, como vigas y columnas, han sido perforados o modificados por la necesidad de pasar o colgar tuberías de instalaciones. El estudio estructural se efectuó a nivel cualitativo, con base únicamente en planos arquitectónicos e inspecciones oculares, por lo que resulta necesario profundizar el análisis de las estructuras. Con respecto a la vulnerabilidad no-estructural, se determinó que el hospital carece de programas de mantenimiento preventivo, y sólo se da mantenimiento correctivo (Ver Tabla III.8). Los sistemas, subsistemas y equipos no cuentan con dispositivos que los protejan del daño en caso de que ocurra un evento sísmico, lo cual podría limitar severa-

Tabla III.8		
Cuadros de Vulnerabilidad No-Estructural y Riesgos encontrados		
SISTEMA/SUBSISTEMA	VULNERABILIDAD	RIESGO
Almacenamiento y distribución de agua	Alta	Alto
Evacuación de aguas servidas	Alta	Alto
Almacenamiento y distribución de comidas	Alta	Alto
Almacenamiento de oxígeno	Alta	Alto
Equipos de uso local	Alta	Alto
Grupo electrógeno	Media	Alto
Ascensor	Media	Alto
Areas de circulación horizontal	Alta	Alto
Areas de circulación vertical (escaleras)	Alta	Alto
Almacén de medicamentos y material	Alta	Alto
Archivos	Media	Moderado
Pabellón quirúrgico	Alta	Alto
Laboratorio clínico y banco de sangre	Alta	Alto
Departamento de diagnóstico por imágenes	Alta	Alto
Sistema contra incendio	Alta	Alto

Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa.
 Estudio de Vulnerabilidad Grupo de Trabajo: OPS/OMS, Perú 1996.

mente la prestación de servicios después de un terremoto. Estos problemas pueden ser solventados a bajo costo y a corto plazo. Estudios similares fueron efectuados en los hospitales Hipólito Unanue (Tacna) y el Instituto Nacional de Salud del Niño. Las conclusiones de las evaluaciones de vulnerabilidad estructural son preliminares, y es necesario profundizar los estudios.

El caso de Perú surgió como una iniciativa novedosa durante el desarrollo de proyectos en los países vecinos. A diferencia del proyecto OPS/ECHO, el proyecto peruano dispone únicamente de recursos nacionales para su ejecución.

El caso de Costa Rica³⁵

El caso de Costa Rica ilustra una experiencia singular en el sentido de que la institución rectora de la infraestructura de la salud, la Caja Costarricense del Seguro Social, emprendió con recursos propios la tarea de reducir la vulnerabilidad física de sus hospitales antes de que fueran seriamente afectados por sismos, utilizando sus propios recursos, motivado por acontecimientos en México (terremoto de 1985) y de El Salvador (terremoto de 1986). El reforzamiento de los hospitales incluidos dentro de este programa probó su efectividad cuando ocurrieron sismos importantes en el transcurso de la ejecución de los trabajos, y se pudo comparar el nivel de daño de los edificios reforzados con respecto a los no reforzados.

ANTECEDENTES

Riesgo sísmico en Costa Rica

Costa Rica es un país centroamericano situado entre las latitudes 8 y 11 grados norte y las longitudes 82 y 86 grados oeste. La plataforma continental de Costa Rica está ubicada en la placa tectónica del Caribe, y frente a su costa pacífica se encuentra la zona de subducción donde la Placa de Cocos se introduce debajo de la del Caribe. Esta zona de subducción es capaz de producir sismos de magnitudes de hasta 7,5 en la escala de Richter e intensidades en el centro del país del orden de VII en la escala Mercalli modificada (MM).

Este choque entre placas ha causado que en la plataforma continental se presente cantidad innumerable de fallas locales, que pueden producir sismos de magnitudes Richter de 6, relativamente superficiales y cercanos a los centros urbanos, e intensidades de hasta VIII en escala Mercalli modificada.

La periodicidad de la actividad sísmica en Costa Rica, al igual que en toda Centroamérica, es relativamente alta, lo que mantiene a los organismos de monitoreo, de prevención y de atención de emergencias en constante alerta y en actividades de revisión y actualización.

Antecedentes de daños en hospitales

El terremoto del 3 de julio de 1983, ocurrido en San Isidro de Pérez Zeledón, es uno de los antecedentes costarricenses de sismos que hacen daño a las instalaciones hospitalarias. Este sismo, de magnitud 5,9, causado por una falla local, produjo intensidades de VII (MM) en la comunidad de San Isidro, y de VIII en algunas ciudades circunvecinas. La instalación pública que más sufrió daños fue precisamente el Hospital Escalante Pra-

35. El presente apartado se basa en el documento *Comportamiento de Hospitales en Costa Rica durante los sismos de 1990*, realizado para la OPS por el Ing. Miguel Cruz, marzo de 1991.

dilla, perteneciente a la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS).

El hospital, que fue inaugurado en 1975, y diseñado antes de la promulgación del Código Sísmico de Costa Rica, contaba con 200 camas y atendía una población de 110.000 habitantes. La estructura presentaba serias deficiencias que lo hacían altamente vulnerables ante sismos, y además los equipos electromecánicos carecían de seguridad al presentar anclajes y sujeciones inadecuados y al estar una gran cantidad de ellos concentrados en un mismo sitio.

Los daños estructurales que produjo el sismo fueron fallas por el mecanismo conocido como "columna corta", generalizados en toda la estructura. El daño no estructural en cielos y ventanas e instalaciones fue excesivo y contribuyó a crear el pánico entre el personal y los pacientes, que abandonaron las instalaciones en forma precipitada, dejando equipos en funcionamiento y salidas abiertas de los sistemas de gas, vapor y aire comprimido. El hospital salió de operación y los servicios de emergencia se brindaron en un hospital de campaña.

El costo total de las reparaciones ascendió a 25 millones de colones (US\$ 500.000 al cambio oficial de esa fecha), de manera que se invirtieron \$ 2.380 por cama en reparaciones, las cuales se concluyeron en julio de 1984. Por lo tanto, se necesitaron 12 meses para dejar el hospital en condiciones normales de operación.

Iniciativas para la prevención y mitigación de las emergencias sísmicas

Desde los años 30 existían en Costa Rica leyes que prohibían la construcción con adobe y bahareque, con el objeto de reducir el efecto de los sismos sobre las construcciones; sin embargo, no es hasta 1974 que se edita la primera edición del Código Sísmico, con el objeto de formalizar los diseños y procedimientos constructivos en el país.

En 1977, la Oficina de Planificación y Política Económica, el Instituto Nacional de Seguros y el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, contrataron un estudio de riesgo sísmico para Costa Rica, con el John A. Blume Earthquake Engineering Center de la Universidad de Stanford. Este estudio ha servido de base para definir los niveles de riesgo aceptados en la segunda versión del Código Sísmico.

Existen en el país organismos de monitoreo e investigación en las universidades, con apoyo de oficinas internacionales, que son en la actualidad los encargados de mantener actualizados los datos y proponer algunas normas para la prevención y mitigación de las emergencias sísmicas.

En 1986 se creó la Comisión Nacional de Emergencias, organismo que además de la atención misma de las emergencias se ha ocupado de la promoción de medidas de prevención en las instituciones nacionales, y de la asesoría para la puesta en marcha de los planes para la atención hospitalaria en situaciones de desastre, tanto internos como externos. Es así como se han formado comités de emergencia en todos los hospitales. Los planes para emergencia externa fueron ensayados en cuatro hospitales del Area Metro-

politana (Hospital Nacional de Niños, México, Calderón Guardia y San Juan de Dios) y en dos hospitales regionales (Liberia y Los Chiles). Se formuló un plan base para ser adoptado por todos los hospitales del país.

Proyectos de evaluación y reforzamiento de hospitales

Los estudios de vulnerabilidad de los hospitales del país se iniciaron en 1984, en la Universidad de Costa Rica, como proyectos de investigación y en respuesta a la preocupación creciente en el medio de que se repitiera la experiencia de 1983 en San Isidro de Pérez Zeledón. La Escuela de Ingeniería Civil se vio motivada a iniciar esta labor gracias al incentivo que le diera el Fondo Nacional de Emergencias de ese entonces y al interés mostrado por las autoridades políticas de la CCSS. La Oficina Subregional del Programa de Preparativos para Emergencias de la OPS fue otro de los entes impulsores de esta iniciativa, ya que se presentaba como un campo de investigación nuevo en América Latina.

Después del estudio del Hospital Calderón Guardia, en 1984, la Universidad solicitó el año siguiente al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) la financiación para estudiar la vulnerabilidad del total de hospitales del país. El CONICIT aprobó parcialmente el financiamiento solicitado, así que la Universidad dio inicio al proyecto con el estudio del Hospital México en 1986. Este financiamiento se logró, entre otros factores, gracias a que prominentes médicos de la CCSS apoyaron decididamente el proyecto. El estudio de vulnerabilidad del Hospital México fue el primero sobre vulnerabilidad sísmica integral que se ejecutó en el país, ya que en él se tocaron los diferentes niveles de riesgos a que estaba expuesto, los aspectos estructurales, no-estructurales y los de índole operativo que presentaba el hospital.

Simultáneamente, la CCSS por medio de su Departamento de Arquitectura e Ingeniería, contrató a firmas privadas para los estudios de vulnerabilidad de los hospitales Monseñor Sanabria, en la ciudad de Puntarenas, y Nacional de Niños, en San José.

Después de los estudios de vulnerabilidad, la CCSS contrató los diseños del refuerzo de los tres hospitales mencionados, con tres empresas privadas diferentes que determinaron los niveles de riesgo y el tipo de respuesta que se requería. Estos proyectos de reestructuración no formaron parte de un plan general que definiera objetivos, que designara presupuestos y que uniformara los niveles de riesgo, por lo que podían perder continuidad, tal y como efectivamente sucedió. Estos proyectos fueron la respuesta institucional a los resultados arrojados por los estudios de vulnerabilidad y a las experiencias vividas por países vecinos.

La CCSS contrató las construcciones de estos refuerzos mediante el proceso de licitación pública, limitando el alcance de esos concursos al refuerzo estructural, y dejando los aspectos arquitectónicos y operativos de los hospitales sin el suficiente nivel de detalle, lo que ocasionó trastornos y pérdidas económicas durante el proceso constructivo.

DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS DE REFORZAMIENTO

Dos de los hospitales reforzados en la ciudad de San José fueron el Hospital Nacional de Niños y el Hospital México. Un tercero, en la ciudad de Puntarenas, en la costa pacífica, fue el Hospital Monseñor Sanabria. En este apartado se describen estos hospitales, la naturaleza de la reestructuración y el impacto operativo que este reforzamiento tuvo sobre los mismos. Es importante destacar que la cifra indicada como "valor del hospital", se refiere únicamente al valor de la estructura.

Hospital Nacional de Niños

Este hospital tenía una capacidad aproximada de 375 camas. Está compuesto por cuatro edificios independientes, el más antiguo de los cuales fue construido en el siglo pasado y consta de tres pisos con un área de 10.000 m². El conjunto de los tres edificios más recientes tiene un área de construcción de 16.000 m². El valor del Hospital se estima en 2.700 millones de colones (23,6 millones de dólares) en valores de 1991. Los trabajos de reforzamiento de los tres edificios más nuevos consistieron en colocar paredes o muros estructurales en las ejes principales de resistencia, ya fueran estos externos o internos.

La estructuración original del edificio consistía en columnas y losas planas, sin vigas. Esto hacía que el edificio fuera muy flexible y que se deformara mucho lateralmente cuando ocurrían sismos. El daño no-estructural que presentaba era grande y la posibilidad de una falla súbita del sistema estructural no podía descartarse.

La reestructuración brindada al edificio le permite reducir los desplazamientos laterales y por consiguiente, el daño no-estructural. También incrementa su resistencia, lo que elimina la probabilidad de sufrir falla súbita. El valor de esta reestructuración fue de 110 millones de colones (un millón cien mil dólares), es decir, se invirtieron 293.000 colones por cama en dotar al hospital de mayor seguridad sísmica. Esta inversión también representa un 4,2% del valor del hospital. Más adelante se presentan otros datos que comparan esta inversión con la realizada en otros hospitales.

Durante el proceso de reestructuración, que se inició en 1988 y que duró 25 meses, la capacidad de hospitalización se redujo a 30 camas, y el hospital debió comprar servicio de cirugía al Hospital San Juan de Dios. Muchos de los servicios debieron prestarse en el Centro Nacional de Rehabilitación, con los inconvenientes que acarrea un traslado parcial del Hospital. Los servicios que continuaron laborando en el inmueble hospitalario debieron soportar las incomodidades propias de una construcción, tales como el ruido, polvo, cambios de circulación, etc.

Hospital México

Este es un hospital general que cuenta con gran cantidad de especialidades y servicios, y sirve de referencia a todos los hospitales del oeste del país. Tiene una capacidad de 600 camas y lo integran 3 edificios de hospitalización de 10 pisos cada uno, un bloque de

quirófanos de 4 pisos y 6 de otros servicios entre los que se encuentran consulta externa, casa de máquinas y lavandería, etc. Fue diseñado por el Instituto Mexicano del Seguro Social en 1962 y la construcción se concluyó en 1969. Tiene un área de construcción de 30.000 m² y un costo de tres mil millones de colones (27,3 millones de dólares).

La reestructuración del complejo hospitalario se circunscribió a los tres edificios de hospitalización, quirófanos, casa de máquinas y lavandería. Los edificios reforzados estaban compuestos por marcos (vigas y columnas) de concreto poco dúctiles, con paredes de bloques unidas a los marcos. Esta integración no era uniforme y además las paredes no estaban ligadas a las columnas en toda su altura, lo que comprometía la resistencia y estabilidad de los marcos de concreto. Existen dos escaleras de emergencia ubicadas en los extremos de los edificios de hospitalización, cuya estructura estaba conformada por muros en voladizo apoyados en una sola placa en su base, lo que les daba una gran probabilidad de sufrir volcamiento como un cuerpo rígido a la hora de un sismo, fenómeno este que ya ha sido observado en este tipo de estructuras como consecuencia de sismos pasados.

La reestructuración de los tres edificios de hospitalización consistió básicamente en colocar columnas y vigas adicionales a los marcos de concreto por su parte exterior, y en desligar todas las paredes del sistema estructural. En forma adicional, los muros de las escaleras de emergencia se ligaron a la estructura del edificio, con el objeto de evitar su volcamiento. Con esta alternativa se aumentó la rigidez de los edificios, lo que implica una disminución de los desplazamientos laterales debidos a sismos, que a su vez reduce el daño no-estructural y la posibilidad de choque entre los diferentes cuerpos, y aumenta la resistencia, limitando la probabilidad de daño estructural a la ocurrencia de eventos mayores al sismo de diseño (con menos probabilidad de presentarse en la vida útil de la estructura).

En el edificio de quirófanos se utilizó un refuerzo con base en muros de corte coloca-

dos en el perímetro del edificio. Se escogió esta estructuración porque se trabajaría principalmente fuera del edificio, y porque aportaba los mismos beneficios enumerados con anterioridad: reducción de desplazamientos, de daño no-estructural, etc. En el edificio de lavandería y casa de máquinas, la solución escogida fue la de reforzar las paredes existentes para que resultaran capaces de tomar y equilibrar las cargas inducidas por los sismos.



Foto: M. Cruz

Los trabajos de reforzamiento se iniciaron en mayo de 1989 y el proceso requirió de 31 meses de trabajo. El costo de las obras fue de 235 millones de colones (2 millones 350 mil dólares), que representan 392.000 colones por cama y el 7,8% del valor del hospital.

Durante todo el proceso, el hospital debió reducir su número de camas a 400, con la consecuente acumulación de pacientes en espera de atención.

Hospital Monseñor Sanabria

Este es un hospital con diversas especialidades, ubicado a 100 metros del litoral en el puerto de Puntarenas, que atiende las zonas del Pacífico Central y Guanacaste, con una población flotante adicional variable dependiendo de las épocas de recolección de cosechas, para un total de 500.000 habitantes.

El conjunto está integrado por un edificio principal de 10 pisos, el de servicios generales y consulta externa de un piso, y el bloque de quirófanos de 3 pisos. El hospital fue diseñado en el año 1964 y los servicios médicos se inauguraron en 1974. El área de construcción es de 17.000 m², y su valor se puede estimar en 1.700 millones de colones (15,5 millones de dólares).

El edificio estaba originalmente construido con base en marcos (vigas y columnas) de concreto reforzado. Las paredes interiores son de bloques huecos de arcilla, apoyados en vigas y columnas de manera que interactúan con la estructura. Las paredes exteriores son de bloque ornamental o bloque macizo de arcilla. El edificio está cimentado con pilotes enclavados en un depósito de arena marina saturada, de muy poca capacidad de soporte, susceptible a licuefacción.

La planta arquitectónica del edificio principal tiene forma de T, y la reestructuración consistió en introducir muros de corte en los tres extremos de la T. Según los planos del reforzamiento y lo observado en el sitio, se conservaron las paredes de mampostería se-

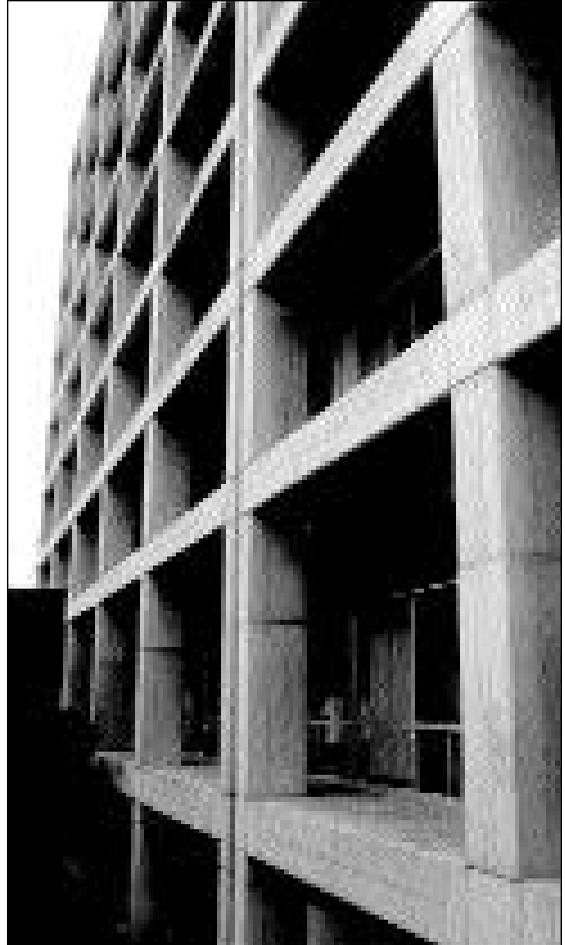


Foto: J. Valdés, 1996

Durante todo el proceso de reforzamiento estructural, el Hospital México debió reducir su número de camas a 400, con la consecuente acumulación de pacientes en espera de atención.

gún el diseño original. Es indudable que la introducción de los muros de corte mejoró el comportamiento de la estructura, reduciendo los desplazamientos laterales, aumentando la resistencia, mejorando la respuesta no-estructural en caso de sismo y disminuyendo la probabilidad de daño estructural. Los trabajos de reforzamiento se iniciaron en junio de 1988 y tomaron 34 meses para su conclusión. Originalmente el hospital contaba con 289 camas, que se redujeron a 200 durante la ejecución de las obras.

El valor de la reestructuración fue de 127 millones de colones, que representa un 7,5% del valor del hospital y una inversión de 439 mil colones por cama.

Costos comparativos de las reestructuraciones

Los datos disponibles indican que el costo de reestructuración por cama puede estimarse entre 300 y 450 mil colones, con un promedio de 374 mil colones (3.740 dólares/cama). Si este costo se obtiene en relación al valor del hospital, los reforzamientos oscilan entre el 4 y el 7,5% de ese valor, el cual incluye la obra arquitectónica y el resto del equipo. Este índice de costo es relativamente bajo e indica la rentabilidad de la inversión si se compara con las pérdidas sufridas durante los sismos.

Los datos correspondientes al Hospital de Niños son comparativamente menores, ya que la reestructuración se limitó al 61% del área útil.

Un último dato comparativo muestra que la disponibilidad de camas durante la remodelación se redujo entre el 30 y el 35%.

IMPACTO DE LOS SISMOS DE 1990 SOBRE ALGUNOS HOSPITALES

El año de 1990 fue uno de los períodos sísmicamente más activos del presente siglo. Dado que el proceso de reforzamiento de los hospitales de la CCSS se había iniciado en 1986, se tuvo la oportunidad de evaluar la respuesta de los edificios intervenidos.

La actividad sísmica se inició el 25 de marzo con el terremoto de Cóbano, continuó con el enjambre sísmico de Puriscal entre los meses de mayo y julio, y concluyó con el movimiento del 22 de diciembre ubicado también en la zona de Puriscal. Tales eventos causaron sacudidas del terreno con intensidades de moderadas a fuertes en los sitios de ubicación de diferentes hospitales. Se presentan a continuación sus efectos en los hospitales reforzados y en dos hospitales no reforzados, que son el San Juan de Dios, en San José, y el San Rafael, en Alajuela.

El domingo 25 de marzo de 1990 ocurrió un sismo de magnitud Richter 6,8, a 29,7 kilómetros de profundidad con epicentro a 19 kilómetros al sureste de Cóbano, y a 40 kilómetros del Hospital Monseñor Sanabria. Se produjeron aceleraciones máximas de 0,27g en la base del Hospital. El estado de la reestructuración cuando ocurrió el sismo era el siguiente: los muros del costado oeste llegaban hasta el último piso; los muros del costado este, hasta el segundo piso, y los del costado norte, hasta el sexto. Esto provocó una respuesta con grandes problemas de torsión y desplazamientos no uniformes en la planta

debido a la asimetría de la estructura adicionada. El daño causado por el sismo se concentró en las paredes de mampostería, debido a que estaban ligadas a la estructura principal y a los grandes desplazamientos del ala este, y en el área de farmacia, por caída de medicamentos y equipos. No se observaron daños en la estructura principal. Existe coincidencia en que el reforzamiento salvó al edificio.

En mayo se inició un fenómeno en la zona de Puriscal, que mantendría actividad sísmica continua durante dos meses. El así llamado enjambre sísmico de Puriscal, causado por el fallamiento local intraplaca culminó con el evento del 30 de junio, con una magnitud de 5,0 en escala de Richter y originado a una profundidad de 12 kilómetros. Las aceleraciones máximas del movimiento del terreno que se produjeron en San José fueron del orden de 0,08g, y el daño causado en el área metropolitana fue de leve a moderado.

El 22 de diciembre ocurrió otro sismo con epicentro también en la zona de Puriscal, de magnitud 5,7 (Richter) y una profundidad de 25 kilómetros, a 25 kilómetros al sureste de la ciudad de Alajuela y a 32 kilómetros al sur de San José. El daño en las construcciones y la alarma de la población lo califican como uno de los eventos más fuertes de los últimos 50 años en la zona central del país. Las intensidades percibidas en la ciudad de Alajuela fueron de VII a VIII MM, con una aceleración máxima de 0,45g, y en San José de VI a VII MM, con aceleraciones entre 0,13 y 0,20g. El Hospital de Niños, cuyo reforzamiento estaba totalmente concluido al momento del sismo, no sufrió ningún tipo de daño, salvo la caída de algunos objetos y agrietamientos menores en varias paredes. Aunque no ha sido una prueba concluyente, ya que el sismo fue menor que el de diseño, el comportamiento del hospital permitió apreciar las ventajas del reforzamiento y esperar que, ante sismos mayores, el comportamiento de la estructura será satisfactorio.

En el caso del Hospital México, con el sismo del 22 de diciembre y basándose en una correlación de daños y aceleraciones máximas, se puede concluir que el hospital estuvo sujeto a aceleraciones entre 0,13 y 0,17g. El reforzamiento estaba prácticamente concluido en el edificio sureste, y no se habían iniciado las obras en los restantes edificios. De acuerdo con el daño observado en los edificios no intervenidos a la fecha, principalmente no-estructurales, se puede pensar que el movimiento en el emplazamiento del hospital fue principalmente en la dirección sureste-noreste, en coincidencia con el patrón de radiación de las ondas sísmicas, lo cual pudo haber incidido en que el daño en las áreas no reforzadas no fuera mayor. El costo de los daños causados por este sismo no se pudo determinar, ya que las reparaciones se incluyeron dentro del costo del proceso de reforzamiento o como gastos normales de mantenimiento dentro del presupuesto hospitalario. El sismo tampoco fue una prueba contundente para la reestructuración, pero sí mostró una vez más las ventajas que ésta le proporciona al hospital, y las deficiencias del diseño original.

El Hospital San Juan de Dios es uno de los más antiguos del país, construido en 1898. Está formado por nueve edificios independientes agregados en diferentes épocas y con número de pisos variable. En total, el área construida alcanza 55.000 m² y cuenta con 920

camas. En esta institución se realizó el primer diseño hospitalario antisísmico en Costa Rica ya que, en 1925 debido a los daños causados por el sismo de 1924 en un sector del hospital, se contrató un diseño que consistía en una construcción de dos pisos con estructura metálica, entrepiso de madera y paredes livianas de tela metálica repellada (tela metálica con revoque). El edificio así construido ha demostrado, con el paso de los años, que efectivamente es antisísmico. Por su proximidad, el sismo del 22 de diciembre tuvo un impacto fuerte sobre este hospital, con abundante caída de cielos, leve rotura de ventanas, desajustes en el ascensor y exposición de las separaciones entre edificios. En la Unidad de Neonatología hubo abundantes agrietamientos, y fue necesario evacuarla. No se presentaron daños significativos en equipo, ya que el Comité de Emergencias había tomado las medidas preventivas del caso. El sismo no causó grandes pérdidas económicas y el costo de las reparaciones se incluyó dentro del presupuesto asignado a mantenimiento, estimándose en un millón de colones. Este hospital no está reforzado y no se cuenta con un estudio de vulnerabilidad que indique su grado de seguridad. Fue capaz de soportar un sismo de intensidad VI MM con relativamente poco daño, pero queda la duda de si soportará sismos de intensidades mayores.

El Hospital San Rafael está ubicado en Alajuela y la mayoría de sus edificios datan de 1884. Las construcciones más recientes son del año 1970. El hospital contaba, hasta antes del sismo del 22 de diciembre con 218 camas y un área útil de 10.000 m². En Alajuela, se registraron aceleraciones máximas de 0,45g y una intensidad de VII MM. El sismo causó excesivo daño al hospital y redujo su capacidad a 85 camas. La construcción más antigua, que es un edificio de dos pisos de ladrillo sin refuerzo fue la más afectada. El daño más severo fue el ocurrido en la losa del techo de la casa de máquinas y lavandería, y en las vigas superiores de pared (viga corona). Esta situación paralizó la caldera y por lo tanto se interrumpió el abastecimiento de agua caliente y vapor, y el servicio de lavandería.

CONCLUSIONES DEL CASO DE COSTA RICA

De los cinco hospitales estudiados, sólo dos de ellos fueron sometidos a movimientos fuertes del terreno: el Monseñor Sanabria, reforzado parcialmente cuando ocurrió el sismo del 25 de marzo de 1990, y el Hospital San Rafael, sin reforzar. Se estima que la reestructuración del Hospital Monseñor Sanabria salvó al edificio, aunque en ambos casos se evidenció un desperdicio de recursos debido a problemas operativos, que pudieron haberse evitado con un mínimo de prevención.

Los otros tres hospitales ubicados en San José se vieron sometidos a intensidades de VI MM durante el sismo de 1990. Comparando las respuestas que presentaron los edificios o sus partes reforzadas con las partes no reforzadas, se puede observar que el daño no-estructural se concentró en estas últimas (Hospital San Juan de Dios y algunos edificios del Hospital México). Desde el punto de vista estructural, las partes reforzadas tuvieron un comportamiento excelente, no así las partes no reforzadas donde, a pesar de haber

Mapa de amenazas de Costa Rica, Comisión Nacional de Emergencia



experimentado un sismo menor al de diseño, se empezaron a evidenciar fallas que pondrían en peligro a las edificaciones durante sismos mayores. Por lo tanto, se puede concluir que los refuerzos estructurales ejecutados en los hospitales tuvieron un efecto beneficioso durante los sismos de 1990.

El análisis de una inversión de este tipo no debe limitarse al análisis de costos, sino que debe incluir el beneficio que representa para la sociedad el contar con los servicios médicos después de un evento destructor. Estos beneficios son de difícil estimación y dependen del tipo de instalación hospitalaria y de las condiciones de cada sociedad.

Considerando sólo la parte financiera, se puede concluir, según lo presentado, que la inversión es rentable para evitar el desperdicio de recursos. Las pérdidas totales que se tuvieron en el Hospital Monseñor Sanabria se estiman en 255 millones de colones, lo que representa una pérdida total de 882.000 colones por cama. En el Hospital San Rafael se tuvo una pérdida global de 265 millones, lo que representa un millón 260.000 colones por cama. Estas cifras dan un promedio de pérdidas causadas por sismos de más de un millón de colones por cama. Si se utiliza este promedio para estimar las pérdidas que se hubieran tenido en los hospitales México y de Niños, si no hubieran estado reforzados y

fueran sometidos a un sismo fuerte, entonces las pérdidas habrían sido de 642 millones de colones en el Hospital México y de 401 millones en el de Niños, valores que superan con creces lo invertido en reestructuración.

Las posibilidades de continuar con el programa de reforzamiento del resto de los hospitales eran, hacia 1990, relativamente buenas. Los sismos de ese año aumentaron el nivel de conciencia sobre la necesidad de evaluar las estructuras y de reforzarlas si fuera el caso. A juicio de la Gerencia de Operaciones de la CCSS, el proceso en los hospitales reforzados continuaría con la prevención del daño en los elementos no-estructurales y equipos. Las empresas consultoras y constructoras del país adquirieron suficiente experiencia en trabajos de reforzamiento durante este período, así como el Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la CCSS.

El terremoto del 22 de abril de 1991, con epicentro en la región atlántica del país, que ocasionó daños no-estructurales severos en el Hospital Tony Facio (el cual no había sido reforzado hasta ese momento) e incluso tuvo que ser desalojado, contribuyó aún más con el compromiso de dar continuidad a los esfuerzos que se venían haciendo en materia de reducción de vulnerabilidad hospitalaria. De hecho, la CCSS incorporó formalmente el análisis de la vulnerabilidad sísmica desde la fase de formulación de proyectos, tanto para hospitales existentes como para instalaciones nuevas, como se demostró a partir de 1994 y especialmente durante 1996, con los casos de los hospitales de Ciudad Neily, Parrita, y el nuevo Hospital San Rafael en Alajuela.

El caso de México

A raíz del terremoto de septiembre de 1985, que afectó seriamente las instalaciones de salud del Distrito Federal, se han realizado sucesivas modificaciones en los reglamentos constructivos que elevan considerablemente los requisitos de sismo-resistencia. Los hospitales del sector público más vulnerables o que habían sufrido daños considerables fueron reforzados de acuerdo con estas nuevas disposiciones y optando por diversas alternativas de reforzamiento, como se verá más adelante. Asimismo, los hospitales que quedaron inutilizados fueron reconstruidos atendiendo la mencionada más estricta normativa.

RESEÑA DEL IMPACTO DEL SISMO EN LA INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA

Dos sismos se produjeron en el mes de septiembre de 1985 en México, provocando severos daños en el territorio nacional, especialmente en la ciudad de México. El primero se registró a las 7 horas 18 minutos del día 19, con una intensidad de 8,1 grados en la escala de Richter, y el segundo se produjo a las 19 horas 18 minutos del día siguiente, con una magnitud de 7,5 en la misma escala. Factores como la duración, la intensidad y la resonancia de los suelos del Valle de México contribuyeron a la devastación de edificaciones, la generación de incendios, la ruptura de vías de comunicación y de abastecimiento de agua, la ocurrencia de numerosas víctimas y de cuantiosos daños en la infraestructura de salud.³⁶

Cabe señalar que existen en el país dos tipos de servicios médicos: los servicios públicos y los privados. Entre los primeros se cuentan los que atienden a la población en general, como es el caso de las instalaciones médicas de la Secretaría de Salud y de la Cruz Roja, cuya prestación es gratuita; y los que atienden a usuarios inscritos o derechoha-



Foto: H. Molino, 1996

El Centro Médico Nacional Siglo XXI, fue reconstruido en un 90% de su área con edificaciones nuevas después del terremoto de 1985.

36. Véase CEPAL, *Daños causados por el movimiento telúrico en México y sus repercusiones sobre la economía del país*, LC/G.1367, 15 de octubre de 1985 y OPS, *Crónicas de Desastres No. 3. Terremoto en México*, s/f.

bientes, como es el caso del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) y el Hospital de Petróleos Mexicanos, cuya prestación requiere del pago de cuotas establecidas. Los servicios privados, por otra parte, se otorgan tanto a población abierta como a derechohabientes inscritos, y es remunerada. El recuento de daños aquí presentado se refiere a la infraestructura pública de salud.

En tan solo tres de las instituciones de salud más grandes (de nivel II y III): El Centro Médico Nacional (del IMSS), el Hospital General y el Hospital Juárez (estos dos pertenecientes a la Secretaría de Salud), que resultaron seriamente afectadas, dejaron de funcionar un total de 5.829 camas, entre las destruidas por el sismo y las que fue necesario evacuar.

El Centro Médico perdió el 40% de sus instalaciones asistenciales; el Hospital General sufrió el colapso total de dos de sus edificios, uno de 6 y otro de 8 pisos (gineco-obstetricia y residencias médicas); y el Hospital Juárez, sufrió el derrumbe de su torre central de 12 pisos. Las pérdidas de vidas en tan sólo estas tres instituciones fueron de 866 personas, de los cuales 100 eran médicos. En otras instituciones de salud se registraron 241 fallecimientos.

En total, resultaron colapsadas por el sismo 13 instalaciones del nivel hospitalario. De las instituciones médicas de menor complejidad (nivel I), quedaron inhabilitadas total o parcialmente 50 unidades y un total de 526 consultorios médicos.

De acuerdo con cifras oficiales, el número de camas censables perdidas sumó 4.387, lo que significó una de cada cuatro disponibles en el área metropolitana. La estimación de los daños materiales directos del sector de salud como resultado del sismo varía según la fuente consultada, desde más de 300 millones a los 550 millones de dólares. De los hospitales colapsados por el sismo, 9 pertenecían al Instituto Mexicano del Seguro Social y 3 a la Secretaría de Salud. En cuanto a las unidades de menor complejidad, resultaron inhabilitadas total o parcialmente 50 instalaciones, así como 526 consultorios médicos, la mayoría de los cuales pertenecía a la Secretaría de Salud.

CONSIDERACIONES ACERCA DE LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA HOSPITALARIO FRENTE A UN SISMO

Los hospitales se clasifican como estructuras importantes en todas las normas sismo-resistentes de Latinoamérica. Esto implica un sobre diseño que intenta garantizar el que estos edificios permanezcan en pie aún en situaciones extremas.

Con el sismo de 1985 quedó en evidencia que un sobrediseño del 30% no fue suficiente para evitar el colapso de varios hospitales y el daño severo de muchos más, lo que trajo aparejado un enorme déficit de camas en los momentos en que éstas se necesitaron. Las causas principales de que los daños en los hospitales fueron problemas de diseño conceptual; irregularidades en planta y elevación; torsiones excesivas; la existencia de co-

lumnas cortas, etc., que limitaron el buen comportamiento de las estructuras en el intervalo inelástico ante sismos de la magnitud de los que se registraron.

A partir de entonces se han realizado numerosos esfuerzos para entender la naturaleza de los patrones de amplificación observados durante dichos sismos y para extraer lecciones útiles que permitan mejorar la seguridad sísmica de las edificaciones hospitalarias.

Antes del sismo de 1985 no había suficiente difusión de la literatura sobre vulnerabilidad en las áreas de proyectos arquitectónicos de las instituciones médicas del país. Solamente se había dado pauta a la aplicación del reglamento de construcción sismorresistente. Actualmente la metodología de construcción del IMSS incorpora al análisis tradicional una cédula de evaluación que comprende el estudio de ubicación, características del suelo, orografía, climatología, exposición a inundaciones, precipitación pluvial, mecánica de suelos y la identificación de zonas sísmicas.

Con estos elementos se formula el diseño, las cargas para condiciones normales de uso y con sismo, y los elementos mecánicos aplicables. Sin embargo, aún se requiere de un mayor avance en la realización de estudios de vulnerabilidad en los proyectos de construcción de nuevos hospitales.

El proceso de construcción se inicia con la detección de las necesidades de atención a la población creciente de derechohabientes, que regularmente las define el área médica; sigue el diseño arquitectónico y médico, para continuar con el proyecto estructural y el de desarrollo, y finalmente con la construcción.

En el proceso se manejan coeficientes técnicos de camas por metro cuadrado de construcción, que permiten definir parámetros presupuestales.

Si bien esta mecánica puede darse sin contratiempos hasta la fase de obra negra (obra gruesa), en la fase final de acabados, es frecuente que el área médica solicite ajustes a las construcciones, para incorporar tecnologías recientes de atención médica, lo que puede llevar a una elevación de los costos originales de edificación y variar los requisitos de sismoresistencia.

REQUISITOS DE SISMORESISTENCIA SEGÚN ZONAS Y CAMBIOS OPERADOS EN LOS MISMOS A RAÍZ DEL SISMO DE 1985

En cada entidad federativa existe un reglamento de construcciones, que normaliza los usos del suelo y la especificación de los materiales a utilizar. Para el conjunto del territorio nacional existe, asimismo, una regionalización sísmica que maneja la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en su Manual de Obras Civiles, que divide al territorio nacional en cuatro franjas reconocibles, que van desde la de escasa o nula sismicidad, como son las del noreste y sureste de la República, hasta las de más elevado riesgo en la costa sur del territorio nacional y en la porción más septentrional de Baja California.

A las guías iniciales de aplicación se agrega el manual de la Compañía Federal de Electricidad y las regulaciones institucionales, como son, en el caso de hospitales, las

correspondientes a la Secretaría de Salud, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales al Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE).

Es posible actualmente estimar la intensidad de los daños según distintos escenarios sísmicos. Se cuenta también con mapas que muestran los diferentes niveles de intensidad sísmica que podrían experimentarse en distintas zonas del Distrito Federal.³⁷ Por su parte, la Secretaría de Obras y Servicios del D. F. emitió en noviembre de 1985 y en febrero de 1995 una serie de normas técnicas complementarias para el diseño por sismo.³⁸ Todo lo anterior ha dado lugar a cambios sucesivos de reglamentos de construcciones para el Distrito Federal, siendo los más importantes los contenidos en el que se publicó en agosto de 1993. El mencionado reglamento³⁹ dividió el D.F. en tres zonas, a saber:

Zona I. Lomas. Formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir depósitos arenosos relativamente blandos.

Zona II. Transición. En el que se encuentra suelo rocoso a menos de 20 metros de profundidad o menos, y está constituida predominantemente por estratos arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre.N

Zona III. Lacustre. En la que el suelo rocoso se encuentra a más de 20 metros de profundidad. Esta situación condiciona fuertemente la edificación. Está integrada por depósitos de arcilla altamente comprensible, separados por capas arenosas con contenido de limo o arcilla. Estas capas varían entre consistencia firme a muy dura. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos por suelos aluviales y rellenos artificiales.

37. Bases de datos para la estimación del Riesgo Sísmico en la ciudad de México, CENAPRED, Cuadernos de Investigación, No. 1, marzo de 1994.

38. Aparecen publicadas en las Gacetas Oficiales del Departamento del Distrito Federal del 5 de noviembre de 1987 y del 27 de febrero de 1995.

39. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Editorial Porrúa, S.A., México, 1966.

La mayoría de los edificios colapsados durante el sismo de 1985 se encontraban en la zona III, razón por la cual el coeficiente sísmico aplicable⁴⁰ a ella se elevó considerablemente a partir de ese año (véase más adelante el cuadro 1, que incluye los coeficientes sísmicos).

Por su parte el reglamento clasifica a las construcciones en los siguientes grupos:

REQUISITOS DE REFORZAMIENTO DE LOS HOSPITALES DERIVADOS DE

Grupo A.	Edificaciones cuya falla estructural podría causar un número elevado de víctimas o pérdidas económicas excepcionalmente altas, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como: hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones; estadios, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas; museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia.
Grupo B.	Edificaciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales, que se subdividen en:
Subgrupo B1.	Edificaciones de más de 30 m. de altura o con más de 6.000 m ² de área total construida, ubicadas en zonas I y II y construcciones de más de 15 m. de altura o 3.000 m. de área total construida en zona III. Además templos, salas de espectáculos y edificios que tengan salas de reunión que puedan alojar más de doscientas personas, y
Subgrupo B2.	Las demás de este grupo.

LAS NUEVAS DISPOSICIONES DE SISMORESISTENCIA

En 1985 se estimaba que todos los edificios clasificados en el grupo A debían reestructurarse, pero en 1993 se concluyó que no sería necesario el reforzamiento si al momento de efectuarse las revisiones no se detectaban daños sensibles, por lo que podían resistir otros temblores.

40. El coeficiente sísmico define el porcentaje del peso total de la estructura que se debe considerar con fines de diseño como la fuerza cortante que deberá ser resistida por la estructura en su base. Para una región sísmica específica la mayoría de las normas proporcionan valores del coeficiente sísmico en función de las características estructurales, del uso del inmueble y del tipo de suelo. En cuanto al tipo de suelo, en general se distingue cuando menos entre suelos comprensibles y suelos firmes. Para los primeros el coeficiente sísmico suele ser mayor por la amplificación que sufren las ondas sísmicas en este tipo de suelo.

La inversión que debe destinarse a la protección contra desastres es un tema sujeto a controversia. Estas consideraciones se insertan dentro del concepto de "riesgo aceptable", mencionado en el Capítulo II. Así, cabe preguntarse al respecto cuánto conviene invertir para proteger a un sistema contra su falla ante un evento extraordinario, con una probabilidad relativamente pequeña de ocurrir, considerando que en un país en desarrollo como México los recursos son escasos y los destinados a este fin se podrían canalizar hacia inversiones que produzcan satisfactores de beneficio más inmediato para la sociedad.

En efecto, en países donde las carencias de la mayoría de la población son aún considerables, los recursos para la protección contra desastres deben competir con otras apremiantes necesidades de la población—como sería, por ejemplo, una mayor cobertura de los servicios hospitalarios—lo que podría llevar a aceptar un nivel de riesgo superior.

Los requisitos planteados por el nuevo reglamento son tales que si se insistiera en cumplir la normatividad vigente, habría necesidad de reforzar el 80% de los edificios del Distrito Federal. Pero se enfrenta para ello con restricciones presupuestarias para efectuar esta magna obra de reforzamiento.

A una década de ocurrido el sismo de mayor intensidad en la ciudad, se estima que solamente se ha reestructurado un 10% de los edificios que resintieron algún daño en su estructura. En general, los edificios deben ser construidos para resistir la fuerza cortante que imprimen los terremotos. Para ello el código sísmico para el Distrito Federal señala los coeficientes aplicables a las construcciones, según su ubicación y tipo de edificación. El coeficiente sísmico actual (c) para las construcciones clasificadas como grupo B es igual a 0,16 en la zona I, 0,32 en la II y 0,40 en la III. En el cuadro III.9 aparecen los coeficientes sísmicos para los distintos grupos y zonas vigentes actualmente en la capital del país.⁴¹

Cuadro III.9 Evolución de los Coeficientes Sísmicos en los Reglamentos de Construcción del Distrito Federal											
Año	Grupo	Estruct.	Coeficiente Sísmico c			Caso	Q ⁴²	Coeficiente Sísmico/Q			Grupo A
			Zona I	Zona II	Zona III			Zona I	Zona II	Zona III	
1942	III a VI		0,025								I x 4 II x 2
1957	B	Tipo 1	0,05	0,06	0,07						x 2
1966	B	Tipo 1	0,04	0,06	0,06						x 1,3
1976	B	Tipo 1	0,16	0,2	0,24	2	4	0,04	0,05	0,06	x 1,3
1985 ⁴³	B	Tipo 1	0,16	0,27	0,4	1	4	0,04	0,068	0,10	x 1,5
1987	B	Tipo 1	0,16	0,32	0,4	1	4	0,04	0,08	0,10	x 1,5
1993	B	Tipo 1	0,16	0,32	0,4	1	4	0,04	0,08	0,10	x 1,6

41. Obtenido Diseño Sismoresistente: Un punto de vista desde la práctica Revista Ingeniería Civil, No. 326, Oscar de Buen, junio de 1996, México.

42. Factor que incorpora el concepto de ductilidad, el cual depende de las características del sistema estructural. Este se divide por el coeficiente c para calcular las fuerzas de diseño (Q). Se le denomina ahora también "factor de comportamiento sísmico".

43. Normas de emergencia.

Un ejemplo que ilustra acerca del manejo de los coeficientes. Para calcular la resistencia que deben tener las edificaciones en la zona III se tomó como base una columna de construcción que deba resistir 100 toneladas. En primer lugar debe aplicarse el coeficiente sísmico c de 0,40, lo que arrojaría la necesidad de un diseño para 140 toneladas; a ello deberá agregarse el factor de comportamiento sísmico Q de 0,10, que aplicado al anterior nos daría un requisito de resistencia de 154 toneladas. Finalmente, en el ejemplo se supone que el edificio hospitalario se ubica dentro del grupo A, por lo que habría que aplicarle el coeficiente de 1,6, como se indica en la última columna del cuadro, para dar un total de carga de diseño sísmo-resistente de 246,4 toneladas por columna. Cabe agregar que realizando este mismo cálculo a partir de los coeficientes que estaban vigentes en 1976, la carga de diseño total resultante sería de 170 toneladas; es decir, que con los nuevos requisitos la carga se habría incrementado en un 45%.

El nuevo reglamento de construcciones para la ciudad incrementó, consecuentemente, el sobrediseño hasta en un 50%. Lo anterior es indispensable en estructuras hospitalarias, cuya supervivencia resulta vital para las acciones de recuperación después de un desastre natural.

Por otra parte, la Secretaría de Salud de México cuenta con un procedimiento⁴⁴ para la realización de inversiones en reforzamiento de edificaciones hospitalarias, a través del cual se determinan, clasifican y seleccionan las unidades médicas en las que habrán de realizarse estudios, a través de empresas especializadas. Dichos estudios incluyen los siguientes aspectos:

Levantamiento Topográfico.

Consistente en el registro de las características constructivas de una edificación, tomando como referencia puntos fijos de nivelaciones horizontales y verticales, para determinar el comportamiento de la edificación con respecto a su estabilidad.

Estudio de mecánica de suelos.

Se refiere al análisis físico de las características de las capas del subsuelo, mediante la extracción de muestras para su estudio y el conocimiento de su composición, que permitirá determinar la capacidad de carga permisible del terreno, así como definir el tipo de cimentación a utilizar.

Determinación de la calidad de los materiales usados en la construcción.

Consiste en la obtención de muestras directas de los elementos estructurales (columnas, traveses y losas) que integran una edificación, que son luego procesados en un laboratorio para determinar la composición y la resistencia de los materiales empleados.

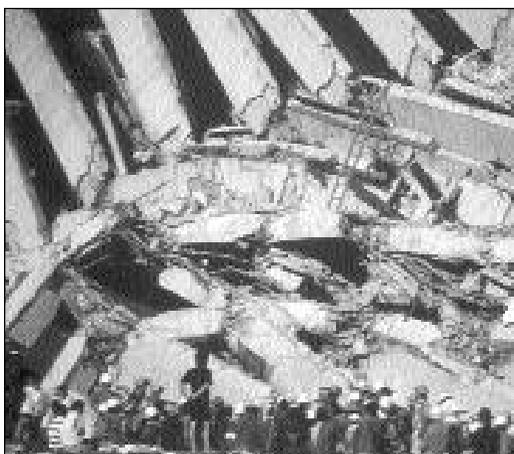
Constancia y dictamen de seguridad estructural.

Es el documento que especifica las condiciones de comportamiento estructural de una edificación y determina el uso de ocupación del inmueble y está avalado por un corresponsable en seguridad estructural.

Una vez realizados, estos estudios revelan con precisión las condiciones específicas del sistema constructivo utilizado, y el grado de vulnerabilidad de las edificaciones, según el orden de prioridad o urgencia detectados. Una vez diagnosticados los requerimientos de obra, se define el programa de construcción a realizar en cada unidad médica y la asignación presupuestal correspondiente.

Una estimación aproximativa realizada a partir de la norma más estricta de sismoresistencia $c=0,40$ para un hospital de construcción antigua; es decir, en la que no se contemplaron las normas constructivas del nuevo reglamento, requeriría inversiones de reforzamiento de aproximadamente el 25% del valor de su estructura (expresada a precios actuales). Esta proporción se reduciría a 12,5% si en el cálculo se tomara el valor total de un hospital, es decir incluyendo los elementos no estructurales, que para los efectos de este ejemplo se han estimado en un monto equivalente al valor de la construcción.⁴⁵

A continuación se describen en mayor detalle las obras de reforzamiento o reconstrucción de los principales hospitales mexicanos afectados por los sismos de 1985.



Fotos: OPS/OMIS

Hospital Juárez de México, destruido en el terremoto de 1985.

PRINCIPALES HOSPITALES REFORZADOS O RECONSTRUIDOS A RAÍZ DE LOS SISMOS DE 1985

Secretaría de la Salud

Hospital Juárez de México. El hospital se fundó en 1847 en el Colegio de San Pablo, localizado en el centro de la Ciudad de México. Durante prácticamente un siglo permaneció con el mismo sistema de atención a la salud, y fue hasta los años 1969 y 1970 que se emprendió su transformación. Las nuevas instalaciones se abrieron al público en 1971.⁴⁶

44. Al respecto se consultó el Programa de Estudios para Reestructuración de Unidades de Atención Médica, correspondiente a 1996. Secretaría de Salud, México, 1996.

45. Esta referencia fue proporcionada por el Dr. Mario Ordaz del CENAPRED.

46. Véase Secretaría de Salud, Hospital Juárez de México, 1989.

El sismo de 1985 afectó gravemente las instalaciones al derrumbarse la torre de hospitalización que había sido construida con los últimos adelantos técnicos, considerando las características del subsuelo. Se encontraba al centro del conjunto arquitectónico del hospital, que comprendía un edificio antiguo que albergaba las oficinas de gobierno, una capilla que funcionaba como auditorio magno, y los edificios de residencia de médicos y de consulta externa. Tenía 12 pisos, divididos en dos alas, con una zona central de acceso en la que se encontraban 6 elevadores.

Contaba con 11 quirófanos, área de hospitalización con 536 camas, un salón de clases para 30 alumnos en cada piso, una central de equipos y esterilización, y una unidad de cuidados intensivos.⁴⁷ Prestaba atención médica de segundo y tercer nivel, en áreas de medicina interna, cirugía, pediatría, gineco-obstetricia, enseñanza de pre y postgrado, investigación, y servicios auxiliares de diagnóstico.

Durante el sismo se perdieron 561 vidas, de las cuales 266 correspondían a trabajadores del hospital, entre ellos 44 médicos especialistas o residentes. Se sabe que con motivo de un sismo previo al de 1985 se había determinado la liberación de cargas y esfuerzos estructurales, y se llevaban avances de liberación de peso muerto en 4 de sus niveles.

Cabe agregar que antes de los sismos en el hospital no existía un plan hospitalario para casos de desastre, de manera que, en los momentos de la emergencia, el personal médico y paramédico debió organizarse bajo la dirección del cuerpo de gobierno del hospital y de líderes naturales.

Para las necesidades de recuperación de camas de hospital frente a la emergencia, se ocuparon temporalmente (de 1986 a 1988) 4 clínicas localizadas en distintos puntos del área metropolitana de la ciudad de México, en las cuales se habilitaron las diferentes secciones originales del hospital, contando con un total de 250 camas. El costo de la habilitación de esta infraestructura fue de 2,2 millones de dólares, de los cuales el 75% fue aplicado a la sede original (Hospital Central).

En esta sede, se rehabilitaron los edificios no destruidos por los sismos, donde actualmente funcionan la Clínica de Cirugía de Estancia Breve, con 20 camas y 4 quirófanos; el Servicio de Urgencias con 2 quirófanos más; y las áreas de Laboratorio Central, Radiología y Anatomía Patológica.

La antigua Unidad de Enseñanza, de 3 pisos, fue acondicionada en sus acabados y habilitada como Unidad de Estancia Breve. Con objeto de conferirle mayor seguridad al edificio, se adicionó una escalera exterior, y aún cuando se determinó que sus estructuras se encuentran en buenas condiciones, el inmueble requiere de reforzamiento para cumplir con las especificaciones del código de construcción vigente.

En la Unidad de Estancia Breve, la rehabilitación implicó costos directos por demolición, reforzamiento estructural y acabados, adicionalmente los costos indirectos por tras-

47. Consultar al respecto Rojas Enríquez, Carlos, *El Terremoto de 1985 en el Hospital Juárez de la Ciudad de México*, en *Revista de Cirugía*, Vol. LVIII, No. 232, Año 58, Hospital Juárez, mayo-agosto 1987.

lado y habilitación temporal de espacios alternos para la atención médica. Se estima que este conjunto de labores llegó a significar un 80% del costo de una nueva edificación de su tipo. Se calcula que la rehabilitación de este espacio tuvo un costo de 570 dólares por m², lo que significa que teniendo 3 niveles y aproximadamente 1.500 m², el costo total se elevó a 855.000 dólares.

Luego de superar la emergencia, la Secretaría de Salud elaboró en 1986 el proyecto médico-arquitectónico para la construcción de una nueva unidad del Hospital Juárez, en una zona de mayor seguridad del subsuelo, al norte del área metropolitana. Para su diseño y construcción, se aplicaron las normas y medidas de seguridad más estrictas, y se adoptó el modelo de construcción horizontal, con objeto de impedir daños mayores en caso de un sismo de gran magnitud. Su inauguración se realizó en septiembre de 1989, quedando como eje central de atención médica de la red de 6 hospitales en la Ciudad de México, con una cobertura de atención para más de 3 millones de personas.

El diseño arquitectónico tomó el modelo de construcción horizontal para reducir al mínimo los riesgos que se presentaron en el anterior hospital Juárez durante los sismos de 1985. Este sistema constructivo permite que se cuente con amplias salas de espera para pacientes y circulaciones cubiertas que unen a seis de los siete edificios. De esta manera, se lograron edificaciones de uno y dos niveles, a excepción de la unidad de hospitalización que cuenta con planta baja y cuatro pisos. El hospital comprende las siguientes secciones:

- **Consulta Externa**, que ocupa una superficie de 6.330 m², distribuidos en 3 plantas, donde se cuenta con Farmacia, Archivo Clínico, Consulta Externa de Cirugía y de Medicina Interna.
- **B y B1) Imagenología, Servicios Médicos y Administración**, que comprende una superficie de 6.590 m², en 2 plantas.
- **Urgencias, Radioterapia y Quimioterapia, Medicina Física y Nuclear, Anatomía Patológica, Endoscopia, Cirugía, Terapia Intensiva, Hemodinamia, Laboratorios de Terapias, y Tococirugía**, con una superficie de 7.690 m², en dos plantas.
- **Hospitalización**, con superficie de 16.975 m², en cinco plantas, construido en dos alas.
- **Investigación y Docencia**, cuenta con dos plantas, donde se ubican laboratorios, diez aulas para más de 50 alumnos, un aula magna para 90 personas y Biblio-hemeroteca.
- **Servicios Generales**, con una superficie de 912 m², de un solo nivel, donde se cuenta con cocina y anexos de almacén, comedor, lavandería, intendencia, almacén general, talleres, subestación eléctrica, casa de máquinas, imprenta y aire acondicionado.
- **Instalaciones complementarias**: Estacionamiento para 960 autos, helipuerto y áreas verdes.

La superficie nueva construida es de 48.000 metros cuadrados, distribuidos en siete edificios y un área común. Para la atención médica se previó que contara con un total de 400 camas censables.⁴⁸ Los costos de esta nueva unidad aparecen en el cuadro III.10.

El rubro construcción comprende las estructuras, obra negra y cancelería; la obra exterior se refiere al acondicionamiento de estacionamiento y áreas verdes; y el equipamiento está constituido por instalaciones eléctricas, aire acondicionado, calderas, casa de máquinas, alumbrado, equipo de bombeo, instalaciones para gases medicinales y combustible, equipo para lavandería y cocina, equipo médico, y equipo administrativo.

Los costos están estimados a precios de 1989 y corresponden sólo a valores aproximados, debido a que se realizaron más de 50 contratos desde el inicio de las obras en 1987, hasta su inauguración en 1989. El costo por cama en este hospital se ubicó en los 115.000 dólares.

Una de las políticas adoptadas por la Secretaría de Salud después de los sismos de 1985, consiste en que las construcciones nuevas no se eleven a más de 2 plantas de edificación. De hecho, todas las instalaciones médicas construidas a partir de 1985, financiadas por el Banco Interamericano de Desarrollo, fueron de una sola planta. Esta es la norma aplicada actualmente a todos los proyectos prototipo, a excepción de dos edificios (Gineco-obstetricia y Residencia de Médicos) que se construyen en el Hospital General para recuperar las instalaciones perdidas por el sismo de 1985.

La Secretaría de Salud ha estimado costos que permiten establecer índices comparativos de reestructuraciones y reforzamiento estructural de edificaciones tomando en cuenta el nuevo Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.⁵⁰ Los costos actualizados al primer trimestre de 1996, determinados para el Hospital Juárez de México se incluyen en el Cuadro III.11.

Las cifras del Cuadro 3 expresan los costos en dólares por metro cuadrado y constituyen una aproximación a la magnitud que representa el reforzamiento en este tipo de hospitales. Se menciona en primer término que el costo de construcción es de 733,33 dólares por metro cuadrado de obra nueva (equivalente a unos 5.500 pesos en moneda nacional), que fue el resultado de sumar los costos unitarios por cimentación, estructura, albañilería, instalaciones propias del inmueble y acabados (estos últimos se refieren a pintura, puertas y cancelería). Seguidamente, se establecen dos tipos de valoración, en primer tér-

Cuadro III.10 ⁴⁹	
Concepto	Costo (miles de dólares)
Construcción (48.000 m2)	24.940
Obra exterior (30.000 m2)	5.060
Equipamiento	16.000
Total	46.000

minimo

48. Consulta directa con autoridades de la Coordinación General de Obras, Construcción y Equipamiento de la Secretaría de Salud, México.

49. Se utilizó el tipo de cambio de abril 1996 :7.50 pesos por dólar.

50. Información obtenida por consulta directa con funcionarios de la Coordinación General de Obras, Conservación y Equipamiento de la Secretaría de Salud, en la Ciudad de México.

mino, se determina el costo proporcional de reforzar la cimentación y la estructura conforme a la normatividad sismo-resistente, lo que representó el 30% del costo total del hospital.

En segundo término, se indica el costo proporcional que hubiera significado la cimentación y la estructura de no haberse exigido el reforzamiento de la nueva construcción, mismo que alcanzaría el 23%. Esto revela que se erogaron \$385 dólares por metro cuadrado (7%) adicionales en esta construcción para cumplir la exigencia sismo-resistente.

Por último, se menciona un caso especial, referido a las edificaciones hospitalarias que actualmente se encuentran en funcionamiento y está previsto reforzarlas. De acuerdo a la estimación realizada, los costos de su eventual reforzamiento ascenderán al 8% del costo por metro cuadrado existente, debido a que se hacen necesarios trabajos adicionales de apuntalamiento y preparación de la estructura.

Hospitales del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)

El Centro Médico Nacional Siglo XXI, es el conjunto hospitalario más importante de esta institución, que luego del sismo ocurrido en 1985 se reconstruyó en un 90% de su área con edificaciones nuevas. La mayoría de los edificios tenían altura de 10 a 12 pisos y luego del sismo se determinó que la altura máxima fuera de 6 pisos. Los edificios dañados severamente fueron desalojados y demolidos. La reestructuración se llevó a cabo utilizando la más avanzada tecnología arquitectónica, estructural y médica.

Tanto para la construcción de nuevas instalaciones, como el reforzamiento de otras, el IMSS se apega al reglamento de construcciones vigente para el Distrito Federal, pero posee normatividades propias que en muchos casos son más exigentes que las de dicho reglamento.

En los hospitales del Instituto la construcción más frecuente es a base de traveses y columnas muy grandes. Sin embargo, la nueva tecnología estructural tiende a incorporar los disipadores de energía en edificios vulnerables, que consiste en la aplicación de elementos metálicos que convierten en calor los ciclos histeréticos de los elementos estructurales. Esto significa que contrarrestando los ciclos de carga y descarga se amortigua la transmisión de fuerzas cortantes de las mismas, la mayor de las cuales se queda en las placas colocadas en el exterior del edificio. Así, la tendencia actual no es que los edificios resistan sino que disipen la fuerza o energía sísmica.

Cuadro III.11	
Concepto	Costo Dólares
Costo de construcción por m²	733,33
Costo considerando el reforzamiento:	
- Cimentación (10%)	73,33
- Estructura (20%)	146,67
TOTAL	220,00
Costos sin reforzamiento:	
- Cimentación (8%)	58,67
- Estructura (15%)	110,11
TOTAL	168,67
Costo reforzamiento estructuras existentes (8%)	60,00

Foto: H. Molin, 1986



En la reconstrucción del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" posterior al terremoto de 1985, se aplicaron diversas técnicas de mitigación, entre ellas de separación de cuerpos para permitir movimiento independiente.

Otra tecnología que se ha aplicado son los aisladores de base, formados por placas de caucho o hule que se colocan en la cimentación del terreno, los cuales soportan la edificación, recibiendo la fuerza del terremoto pero sin transmitirla hacia arriba.

En el Cuadro III.12 se consignan indicadores del costo de construcción de diversas unidades médicas del IMSS. Se corrobora en este cuadro que el costo integrado de cama-hospital en instalaciones de segundo nivel o de más de 25 camas oscila entre 60 mil y 110 mil dólares. Estos datos resultan similares a los obtenidos para el Hospital Juárez de la Secretaría de Salud. En el mencionado Centro Médico se localizan dos hospitales que por sus características particulares de reforzamiento han sido elegidos para el presente análisis:⁵¹ el de Oncología, que ha recibido un reforzamiento tradicional con elementos estructurales

de concreto en la totalidad de sus dos naves. Esta es una de las opciones adoptadas con mayor frecuencia ante la necesidad de reforzamiento de un hospital vulnerable. A diferencia de la opción a base de disipadores de energía cuya implantación se hace en el exterior del hospital, en esta se requiere del recurso a otras instalaciones hospitalarias para satisfacer la demanda de atención médica mientras dura la obra.

El Hospital de Cardiología, en cambio, fue reforzado mediante una técnica novedosa denominada Disipadores de Energía, que no conllevó modificaciones a la estructura existente. En los proyectos de esta naturaleza, la restricción más importante es de orden presupuestal, dado que la magnitud de inversión en relación al costo de la estructura resulta muy superior a la del reforzamiento tradicional, aún cuando es apreciable el retorno de los beneficios a la población usuaria, porque se evita la interrupción de los servicios médicos en el mismo edificio.

A continuación se incluye un mayor detalle de los trabajos de reforzamiento practicados en cada uno de los dos hospitales del seguro social antes mencionados.

51. Información obtenida por consulta directa con funcionarios de la Coordinación de Construcción, Conservación y Equipamiento, Arrea Regional de Control de Obras, D.F. 1, correspondiente al Centro Médico Nacional Siglo XXI, en la Ciudad de México.

Cuadro III.12
Parámetros de costo de construcción de diversas Unidades Médicas del Instituto Mexicano de Seguridad Social (en pesos, al mes de abril de 1996)

Unidades Médicas	Capac. Derecho Hab.	Superficie en M ²		Costo por M ²				Costo por cama o Consultorio (en miles de pesos)		
		Const.	Obra Exterior	Const.	Obra Exterior	Equipo propio del inmueble	Mobiliario y equipo medico	Const.	Mobiliario y equipo medico	Integrado
Unidad Med. Rural	-	110	165	3.231	152	646	688	426,5	75,0	581,3
Unid. Medic. Familiar 5 CAMAS	24.000	3.000	1.200	3.663	152	735	762	2,638,8	457,2	3,696,0
Hosp. Reg. Solidaridad 25 CAMAS	-	3.700	3.100	3.467	152	1.044	724	668,2	107,2	775,4
Hosp. Reg. Solidaridad 40 CAMAS	-	3.905	3.250	3.467	152	1.044	724	440,4	70,7	511,1
Hosp. General Zona 72 CAMAS	72.000	8.530	7.714	3.876	152	1.168	1.549	597,6	183,5	781,0
Hosp. Gral. de Zona 144 CAMAS	144.000	10.025	14.069	3.076	152	1.168	1.549	631,4	193,9	825,3
H.G.Z. 216 CAMAS	216.000	26.457	10.000	3.876	152	1.168	1.549	617,8	18,7	807,6

Hospital de Oncología. El edificio fue construido hace 40 años, y si bien una de las naves sufrió daños durante los sismos de 1985, no fue necesario su desalojo. Con motivo de los trabajos de reestructuración general los servicios médicos continuaron, con breves interrupciones debidos a la reubicación de la zona de consulta externa. Para el reforzamiento del ala oriente se determinó la aplicación de tecnología tradicional de ensanchamiento de columnas y trabes de concreto en las dos naves que componen esta parte del hospital.

Fue necesario el desalojo total de estas dos naves, aún cuando quedaron otras naves en funciones para atender la consulta externa.

El edificio reforzado, donde originalmente se realizaba la consulta externa, cuenta con cuatro niveles, incluyendo la planta baja. Excepto la cimentación, los cuatro niveles fueron reforzados con materiales tradicionales. En términos de resistencia, el reforzamiento del edificio consistió en incrementar un 20% el volumen de trabes y columnas (las columnas se incrementaron de 60 a 85 centímetros, y las trabes se ensacharon de 25 a 30 centímetros). En total, la superficie sujeta a reforzamiento alcanzó los 5.280 m², en tanto la superficie de contacto es de 15 metros de ancho por 120 metros de largo, considerando las dos naves.

Las actividades de reforzamiento se dividieron en tres etapas: primeramente se llevaron a cabo los trabajos preliminares de adecuación de las estructuras y su reforzamiento, lo que se hizo en un lapso de 14 meses (de abril 1994 a junio 1995); en segundo término se realizó la renivelación del edificio, que se efectuó en 9 meses (septiembre de 1995 a septiembre de 1996); y finalmente la remodelación que se hizo en 12 meses (de junio de 1995 a septiembre de 1996). En conjunto las obras se realizaron en dos años y medio.

Las labores preliminares consistieron en el picado de trabes, columnas y muros, la apertura de huecos para el vaciado de concreto, y el apuntalamiento temporal; en seguida el armado, que comprendió la preparación de varillas para el refuerzo perimetral de las estructuras existentes; la cimbra, que comprendió la preparación de moldes para reci-

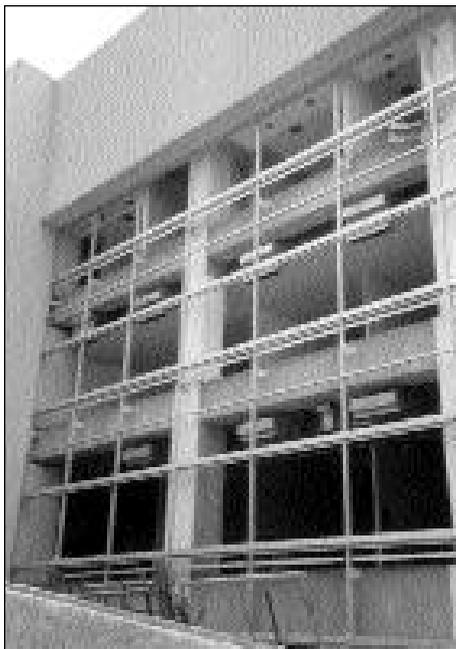
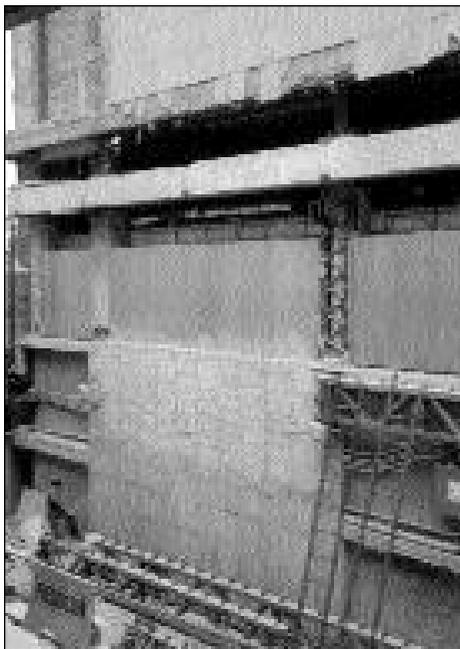


Foto: Bitrán, 1996

Hospital de Oncología del IMSS, Mexico D.F. Reforzamiento "tradicional".

bir el concreto; y, finalmente, el concreto, que fue a base de una preparación con fluidez para lograr un mejor llenado de modelos.

Una vez que se realizó el reforzamiento estructural se iniciaron los trabajos de nivelación del edificio. Este se resolvió a través de la subexcavación de la zona poniente de cimentación con túneles de 4 metros de profundidad por 70 centímetros de diámetro. Debido a las características del suelo, fue necesario también realizar el abatimiento del nivel freático. Esta labor de nivelación no requirió de obras de cimentación, por lo que su costo fue relativamente bajo respecto de las labores de reforzamiento.

Los costos del reforzamiento incluyeron las obras preliminares para la adecuación de los elementos de concreto que serían ensanchados, el acero estructural, el concreto aplicado a traveses y columnas, la cimbra en algunas áreas y los elementos de remodelación. En el cuadro III.13 se incluye el detalle de dichos costos:

Así, el costo del reforzamiento fue de 640 mil dólares, en tanto que el costo estructural del edificio (sin equipamiento) fue estimado en 3 millones 220 mil dólares, por lo que se concluye que el reforzamiento vino a representar un 20% del valor de la estructura total. Para estos propósitos, se tomó como referencia un costo de construcción para este tipo de edificaciones, equivalente a 610 dólares por m², a precios de mayo de 1995.

De manera complementaria al reforzamiento de la estructura se efectuaron remodelaciones para responder a las nuevas necesidades de funcionamiento del edificio. Así, se incluyeron nuevas divisiones con muros ligeros y se colocaron pisos y fachadas

Cuadro III.13		
Concepto	Costo (miles de pesos)	Costo (miles de dólares)
Preliminares	1.250	167
Armado	2.000	267
Cimbra	750	100
Concreto	800	106
TOTAL	4.800	640

nuevas. Los únicos elementos no modificados fueron los elevadores, en los que solamente se efectuó el remozamiento de sus acabados.

La inclinación que tenía el edificio era de aproximadamente 23 centímetros a una altura de 15 metros, y el costo del enderezamiento fue de 208 mil dólares, aproximadamente. Con el propósito de que la información sea homogénea respecto a los otros casos que se analizan, este costo, al igual que el de la remodelación y de las instalaciones especiales y médicas no se ha incluido en los costos totales del reforzamiento.

El conjunto hospitalario de Oncología comprende una superficie total de aproximadamente 32 mil metros cuadrados de construcción. La sección nueva del edificio (contiguo al reforzado), fue construida entre 1987 y 1992. Su costo estructural representó el 25% del costo total del edificio (este último comprende las partes estructurales, de equipamiento propio del edificio y de equipamiento médico).

Para cumplir con la nueva reglamentación antisísmica, los costos se incrementaron en un 20% sobre el valor de la obra estructural. Cabe señalar que la evolución del coeficiente sísmico que era de 1,3 antes de 1985, pasó a 1,5 en 1993, y se elevó a 1,6 con posterioridad, siendo el más alto que se haya tenido en la capital mexicana.

Para cumplir con la nueva reglamentación antisísmica, los costos se incrementaron en un 20% sobre el valor de la obra estructural. Cabe señalar que la evolución del coeficiente sísmico que era de 1,3 antes de 1985, pasó a 1,5 en 1993, y se elevó a 1,6 con posterioridad, siendo el más alto que se haya tenido en la capital mexicana.

Hospital de Cardiología. Este hospital comprende cinco cuerpos arquitectónicos independientes, a saber:

- a) Edificio de Gobierno;
- b) Edificio de Servicios Básicos de Administración y Mantenimiento;
- c) Torre de Hospitalización, con 876 camas;
- d) Edificio de Quirófanos
- e) Cuarto de Máquinas, y
- f) Laboratorios y Bioteri.

Después del sismo de 1985, solamente se mantuvieron en pie el Edificio de Quirófanos, los Laboratorios y el Bioterio; todas las demás instalaciones fueron construidas posteriormente.

Dadas las condiciones particulares de esta unidad hospitalaria, la interrupción de los servicios de atención a los derechohabientes con motivo del proyecto de reforzamiento habría significado la paralización de la instalación más importante en su género en el

país, por lo que se decidió aplicar una tecnología que permitiera la continuidad de la operación de estas unidades.

La opción elegida fue el reforzamiento con la tecnología denominada "disipadores de energía", que consiste en la aplicación de estructuras metálicas sujetas a la estructura del edificio, en las que se colocan los disipadores encargados de transformar la energía dinámica excedente producida por un sismo en energía calorífica.

El edificio de quirófanos había sido terminado en 1980. Comprende las áreas de Anatomía Patológica, Laboratorio Clínico e Inhaloterapia, Unidad de Coronaria, Unidad de Terapia Intensiva, Banco y Trasplante de Órganos, Unidad de Medicina Nuclear y 6 quirófanos. Durante los sismos de 1985 no sufrió fisuras ni daños graves en su estructura; sin embargo, al emitirse el nuevo reglamento de construcciones con mayor coeficiente sísmico, surgió la necesidad de reforzarlo para cumplir la nueva norma,

La adaptación de disipadores de energía fue un proyecto piloto en las instalaciones del IMSS. Se inició en 1990 y concluyó en 1992. La construcción de este refuerzo fue propuesto por la Dirección del IMSS y encomendado a su área de proyectos, la que trabajó junto con técnicos de la Universidad de Berkeley, California —poseedora de la patente— en el diseño arquitectónico y de ingeniería. Posteriormente, el área de construcciones del Instituto contrató las empresas que se encargaron de la obra.

Para el inicio de las obras fueron necesarias diversas labores preparatorias, en primer término la contratación de servicios de extracción de agua, para poder instalar los componentes de reforzamiento, ya que el suelo en que se encuentra el edificio tiene un alto nivel freático. A continuación se efectuaron los trabajos de cimentación previos a la colocación de las estructuras, mismos que consistieron en la excavación del contorno del edificio para instalar un cajón perimetral de concreto y placas base de desplante de cimbra con acero reforzado.

Sobre esta base, se colocaron 18 torres metálicas



Hospital de Cardiología del IMSS, reforzamiento a base de disipadores de energía.

Fotos: Estrán, 1996

en el contorno del edificio. Cada una de estas torres soporta 5 disipadores de energía anclados con cinturones de acero a los nodos de la estructura, uno por cada nivel del edificio. El edificio tiene una superficie de 9.720 m², mientras que la superficie de contacto es de 27 metros de ancho por 72 de largo.

El costo de instalación de los disipadores de energía ascendió a 8,9 millones de pesos o a 2,85 millones de dólares, a precios de 1992. Se estimó un costo construcción del edificio equivalente a \$2.500,00 o de 930 dólares por m², también a precios de 1992, por lo que el total de la estructura del edificio de quirófanos (sin equipamiento) ascendió a 24,3 millones de pesos o a 9,04 millones de dólares.

De esta forma, la aplicación de los disipadores de energía representó el 31,5% del costo estructural del edificio. En el cuadro III.14 se presenta una desagregación de los principales rubros de costo del reforzamiento:

Entre los trabajos preliminares se incluyeron demoliciones, tapiales y acarreo; la cimentación incluyó bombeo, cimbra, rellenos, concreto, acero reforzado, excavación y nivelaciones; la estructura metálica comprendió tanto las torres de acero estructural, como los disipadores de acero tipo A36; los costos de albañilería incluyeron los sueldos y salarios del personal y los acabados de la obra estructural.

El edificio cuenta, adicionalmente al reforzamiento de su estructura, con zonas de seguridad sísmica, debidamente señalizada en cada piso del edificio, que consiste en marcos de concreto de 90 centímetros de espesor. Cabe agregar, que el 16 de julio de 1996 se presentó un sismo de 6,5 grados en la escala de Richter, y durante la visita que se efectuó dos días después de este evento no se observó daño alguno en las instalaciones ni defecto en las estructuras metálicas de refuerzo.

En la práctica, durante la instalación de esta tecnología de sismo-resistencia se cumplieron los objetivos propuestos, y solamente se generaron interrupciones breves de los servicios por motivo del ruido producido por la maquinaria y por los cortes temporales necesarios para la reinstalación de suministros de electricidad, gas y telefonía. Actualmente, esta misma tecnología se está aplicando al edificio de Oficinas Generales del Instituto, ubicadas también en el centro de la ciudad.

Cuadro III.14		
Concepto	Costo (miles de pesos)	Costo (miles de dólares)
Preliminares	536	170
Cimentación	1.433	460
Estructura met.	5.993	1.920
Albañilería y acabados	937	300
TOTAL	8.899	2.850

Hospitales del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE)

El ISSSTE contaba en 1985 con 9 hospitales tipo II y III en la zona metropolitana de ciudad de México con 2.427 camas. El sismo ocurrido en ese año afectó seriamente a 2 de dichos hospitales, ocasionando la pérdida de 867 camas (36% del total disponible, véase más adelante el Cuadro 9). También se registraron pérdidas en 7 unidades menores y en 150 consultorios de dicho Instituto.

Del fondo de reconstrucción para hospitales y escuelas creado por el gobierno con aportaciones de particulares nacionales y extranjeros se asignó al ISSSTE 2.800 millones de pesos (equivalente a unos 2,8 millones de dólares) que se destinaron a la rehabilitación de 7 hospitales generales, 41 clínicas y 6 centros hospitalarios.

Se consigna en el cuadro III.15 el costo del reforzamiento de los principales hospitales del ISSSTE realizado con posterioridad al sismo de 1985.

No fue posible, sin embargo, relacionar estos gastos con el costo total actualizado de dichos hospitales, por lo que no se pudo inferir cual fue el costo relativo de los reforzamientos practicados.

ANÁLISIS DEL COSTO EFECTIVIDAD DEL REFORZAMIENTO EN HOSPITALES EN MEXICO

Con base en la información obtenida de los estudios de caso, es posible realizar algunas apreciaciones tendientes a estimar el costo-efectividad de las inversiones en reforzamiento de hospitales, tomando en consideración al menos las dos variantes aplicadas en México: el reforzamiento tradicional y el reforzamiento a base de disipadores de energía.

En el capítulo inicial de este estudio, al abordar los aspectos conceptuales de la aplicación de un modelo de costo-efectividad a las obras de mitigación de la infraestructura hospitalaria, se identificaron las etapas de un proyecto de inversión, que incluían: fase

Cuadro III.15	
	COSTO \$
Hospital "20 de noviembre"	182.795
Hospit. Regional "A. López Mateos"	7.663
H. Gral. "Dr. Gonzalo Castañeda"	2.301
H. Regional "Ignacio Zaragoza"	758

preliminar, diagnóstico, prefactibilidad, factibilidad, e instrumentación. El análisis que se incluye a continuación se refiere exclusivamente a la etapa de factibilidad de un proyecto de esta naturaleza, en cuanto a la evaluación económica y social. Se abordan por separado las dos modalidades de mitigación derivadas de la experiencia mexicana, es decir, la de un reforzamiento “tradicional”, y la que se hace a base de “disipadores de energía”

Impacto Económico del Reforzamiento de Hospitales

Se ha señalado antes que el costo por cama de hospital en instalaciones de segundo y tercer nivel oscila entre los 70 mil y los 115 mil dólares (véase cuadro III.12). Tomando en cuenta este elemento se intenta a continuación estimar el impacto económico de un proyecto de reforzamiento hospitalario, según las dos alternativas antes mencionadas.

Al respecto se consideró como base la cifra más alta, referida a hospitales de tercer nivel, relacionándola con los costos de reforzamiento incurridos en los dos casos que se analizaron al hacerse alusión a la experiencia del Instituto Mexicano del Seguro Social. Como se mencionó antes, los costos del reforzamiento llegaron a representar 1,6 mil dólares por cama en el hospital de Oncología —que se obtuvo de dividir 680 mil dólares que fue el costo total de las inversiones de reforzamiento empleando técnicas constructivas tradicionales entre un total estimado de 400 camas; y un valor de 7,1 mil dólares por cama en el hospital de Cardiología (una inversión total de 2,8 millones de dólares, empleando la tecnología de disipadores de energía entre 400 camas estimadas). Esta información se consigna en el Cuadro III.16

Como puede observarse, en este modelo de análisis para hospitales de tercer nivel, el costo de reforzamiento oscila entre el 1,4% y el 6,2% del costo total por cama. Naturalmente que estos coeficientes son válidos en la medida en se registren condiciones similares de edificación a las que se aplicaría una u otra tecnología. Esta situación variará en función de la gran diversidad de situaciones estructurales y de vulnerabilidad que pre-

Cuadro III.16		
Concepto	Costo (Dólares)	Proporción %
Costo por cama	115.000	100,0
Reforzamiento tradicional	1.600	1,4
Reforzamiento disipadores energía	7.125	6,2

Cuadro III.17								
Recursos	Totales	%	IMSS	%	ISSSTE	%	Otros	%
Camas Censables								
Antes del Sismo	19.540	100,0	8.197	100,0	2.427	100,0	8.975	100,0
Después del Sismo	15.162		5.422		1.560		8.180	
Pérdidas Totales	4.387	22,4	2.775	33,9	867	35,7	745	8,3

valece en otras instalaciones médicas. Sin embargo, parece ser que difícilmente el costo del reforzamiento excedería al 10% del costo por cama.

Una perspectiva de análisis más amplia para este tipo de modelo, en el que se maneje el indicador de camas de un hospital, puede realizarse a partir del número de camas perdidas luego de un desastre. En la Ciudad de México, el sismo verificado en 1985 causó efectos dramáticos en el número de camas disponibles para hospitalización, las que como se aprecia en el Cuadro III.17 se redujeron en un 22,4%.

Podría concluirse de lo anterior, que con una inversión que no superaría al 10% del costo medio por cama disponible podría evitarse, ante un sismo de intensidad similar al ocurrido en 1985, ceteris paribus, una pérdida superior al 20% de las camas existentes en la zona afectada por el sismo. Lo anterior estaría arrojando una favorable relación costo-efectividad de una inversión de esta naturaleza.

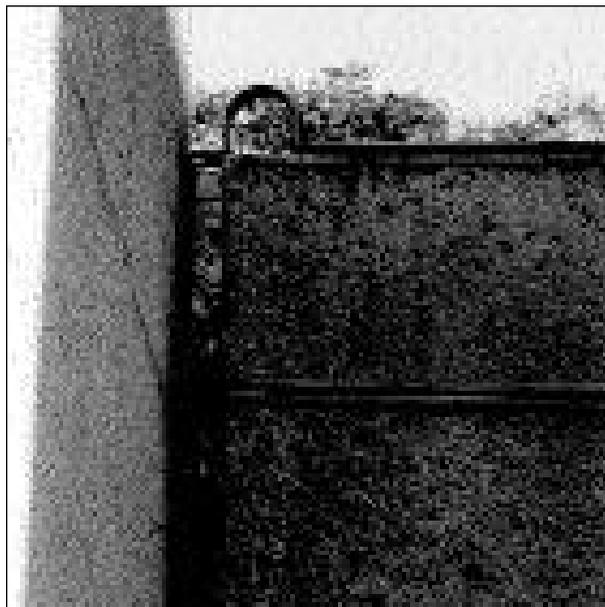


Foto: H. Molin, 1996

Medidas no estructurales en el Centro Médico Nacional, Mexico D.F., que permite flexibilidad en las tuberías.

Conclusiones y Recomendaciones

1. En el presente siglo, la frecuencia y severidad de desastres naturales de origen geológico en América Latina, y con menor incidencia en el Caribe, ha provocado daños considerables a la infraestructura de salud. Aproximadamente un 50% de los cerca de 15.000 hospitales existentes en la región están ubicados en zonas de alto riesgo. Sólo en los últimos quince años, más de 90 hospitales y 540 centros de salud han colapsado o han quedado en condiciones vulnerables que exigieron su desalojo. A consecuencia de lo anterior, alrededor de 24.000 camas han quedado inhabilitadas durante dicho lapso. Las pérdidas correspondientes han superado los tres mil millones de dólares.
2. Esta situación ha dado origen a una creciente toma de conciencia sobre la importancia de realizar acciones de reforzamiento de instalaciones de salud. Tanto las autoridades gubernamentales como los organismos internacionales han percibido la importancia de emprender políticas decididas de mitigación, en vista del carácter estratégico que estas edificaciones tienen precisamente en caso de desastre. Sin embargo, esta sensibilización no se ha traducido aún en suficientes medidas concretas, en razón de limitaciones presupuestarias, burocráticas y políticas. Las ingentes necesidades sociales de los países en diversas áreas, y especialmente en materia de salud, dificultan a las autoridades canalizar una cuantía adecuada de recursos para las medidas de mitigación de desastres. Asimismo se ha apreciado que en algunos de ellos los cambios en las autoridades políticas de alto nivel han restado continuidad a los esfuerzos que se habían venido desplegando en reforzamiento de la infraestructura de salud; por lo tanto, deberían arbitrarse medidas de orden legal que garanticen la permanencia de tales acciones.
3. No obstante lo anterior, en este estudio se aprecian experiencias muy valiosas alcanzadas en varios países de la Región, que han permitido ya aminorar los efectos de los desastres de origen sísmico ocurridos durante la última década.
4. El propósito fundamental de este documento ha sido presentar las acciones emprendidas en varios países en materia de mitigación, poniendo énfasis en su naturaleza y costo relativo. Esta información se ha considerado básica para intentar desarrollar algunas mediciones que apunten hacia una apreciación del costo-efectividad de tales acciones.

5. En el desarrollo de este documento, nos hemos apartado del concepto costo-beneficio, utilizado tradicionalmente en el análisis de proyectos, ya que dicho modelo de evaluación plantea como requisito la valoración tanto de los costos como de los beneficios en unidades monetarias. En el caso de proyectos de tipo social, como serían los relativos al reforzamiento de infraestructura hospitalaria, es indudable que la vida tiene un valor intrínseco que difícilmente puede expresarse en tales unidades. De aquí que se haya optado más bien por el concepto de costo-efectividad, según el cual se comparan los costos con el logro de ciertos objetivos cuantitativos representados por la amplia gama de servicios que prestan los hospitales. Lo que se persigue, en síntesis, es ilustrar la forma en que se logran los objetivos más eficientemente con respecto al costo.
6. Se ha utilizado el concepto de cama hospitalaria como un parámetro representativo de los servicios de salud, y las inversiones en mitigación se han relacionado con el número de camas que mediante esta intervención no se perderán en caso de una eventualidad. Para ello ha sido especialmente útil el análisis de los casos de México y Costa Rica. Cabe destacar que el valor promedio por cama hospitalaria, para los efectos de este documento varía con el grado de complejidad del hospital y se sitúa en un rango que fluctúa entre 55 y 115 mil dólares por cama.

7. Aspectos técnicos

- ✦ La determinación de la vulnerabilidad de una instalación de salud es la fase inicial del proceso de análisis costo-efectividad. Para emprender acciones eficaces para la mitigación de los efectos de los desastres naturales deben conocerse previamente las características de la amenaza, su ubicación geográfica y su magnitud, tanto en el país como específicamente en el área en que se piensa ubicar una obra de infraestructura o mejorar una instalación existente. De los aspectos técnicos desarrollados en el presente documento se puede concluir que:
 - ✦ El valor de un estudio de evaluación de la vulnerabilidad sísmica no sobrepasa un 0,3% del valor total del hospital, como se comprobó en los casos en que estos análisis finalizaron antes de la etapa de diseño de reforzamientos.
 - ✦ El desarrollo de los estudios de casos desde diferentes perspectivas, en los países en los que se han hecho estudios de vulnerabilidad y reforzamientos, demuestra que aún con diversas premisas, una metodología de análisis de las vulnerabilidades estructural, no-estructural y funcional bastante unificada ya existe para su aplicación, con pequeños ajustes y modificaciones, en aquellos países de la Región en donde no se cuenta con experiencias de este tipo. En otras palabras, el inicio de la fase "técnica" se simplifica, porque se encuentran disponibles metodologías comprobadas. Un esquema de contenido para una estrategia en este sentido se obtuvo en el Encuentro de Coordinadores del Proyecto OPS/OMS-ECHO, que se adjunta en el Anexo No. 1.

- ✦ Es necesario modificar la filosofía de diseño en los códigos sísmicos, ya que el principio de protección a la vida, si bien es fundamental en caso de eventos máximos, no asegura la continuidad del funcionamiento de los hospitales, mediante la limitación del daño no-estructural y el mínimo daño estructural, el cual debe ser reparable y al menor costo posible. Esto entraña una definición específica del nivel de riesgo aceptable para el caso de los hospitales.
- ✦ La experiencia con los hospitales evaluados al momento de este estudio demuestra que un porcentaje importante de las causas de vulnerabilidad radica en aspectos no-estructurales, muchos de los cuales pueden prevenirse mediante la sistematización de programas de mantenimiento preventivo, o corregirse con acciones ejecutables a corto plazo y con una inversión relativamente baja.
- ✦ Es necesario que los organismos rectores del sector de la salud mantengan una base de datos actualizada sobre cada hospital, incluyendo planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones actualizados, inventario de recursos y equipos, volumen de servicios prestados, etc. La disponibilidad y precisión de estos datos facilita en forma significativa el inicio de los estudios de vulnerabilidad, ya que se elimina la fase de recuperación, o en muchos casos de reconstrucción, de la información requerida. Todas las ampliaciones físicas, mejoras y cambios dentro de la vida útil del hospital deben documentarse.

8. Aspectos económicos

- ✦ A pesar de que son contados los estudios que permiten cuantificar el costo de las inversiones necesarias para llevar a cabo proyectos de mitigación, así como el número de casos suficientes como para establecer parámetros que relacionen los costos adicionales de aplicar a un hospital nuevas medidas que eleven su resistencia ante desastres naturales, con los beneficios que aportarían esos desembolsos a la población, en el presente estudio se ha intentado presentar algunas cifras que se estiman válidas. Se espera que en investigaciones posteriores puedan determinarse estas con mayor precisión.
- ✦ Grosso modo, se estima que la inversión en mitigación que aumente la resistencia estructural de un hospital que está por construirse puede elevar su costo total en alrededor de 2% (referido al conjunto de elementos estructurales y no-estructurales de un hospital).
- ✦ Cuando el reforzamiento se realiza sobre un hospital ya construido, esta proporción aumenta para situarse entre 4 y 8%, y se duplica al referirla al costo estructural del edificio, es decir, de acuerdo con las experiencias recogidas en este documento, se ubica entre 8 y 15% del costo total del hospital.
- ✦ Relacionando, a partir de la información recogida a raíz del sismo de México de 1985, en cuanto a la proporción de camas destruidas, se relacionó el costo de

las reestructuraciones llevadas a cabo en dos hospitales en los que se adaptaron dos opciones diferentes de reforzamiento, y por lo tanto, de costos. Se concluye que dicho costo de reforzamiento fluctuó, según el caso entre 1,4% y 6,2% del costo total de una cama hospitalaria (para el que se asignó un valor de 115 mil dólares). Se confirma también con los tres hospitales reforzados de Costa Rica que el valor de la reestructuración fluctúa entre el 4 y el 8% del valor del hospital.

- ✦ Podría concluirse finalmente, que con una inversión en reforzamiento que significa una cifra inferior al 10% del costo por cama, ante un sismo de intensidad superior a VIII MM podría evitarse la pérdida de alrededor de un 20% de las camas existentes. Ello estaría demostrando una favorable relación costo-efectividad de la inversión en mitigación de desastres en la infraestructura hospitalaria.
- ✦ Retomando uno de los conceptos básicos acordados en la I Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en la Salud, celebrada en México en febrero de 1996, cabría enfatizar en la necesidad de que los gobiernos e instituciones de la salud definan los lineamientos estratégicos, planes y programas integrados de mitigación de desastres en instalaciones de salud, con el objeto de fortalecer la voluntad política y canalizar los recursos necesarios a fin de evitar que las instalaciones de salud, diseñadas para mejorarla, ocasionen pérdida de vidas en casos de desastre y para asegurar su funcionamiento ininterrumpido cuando ello ocurra.
- ✦ Paralelamente, las agencias internacionales que operan en esta área, tal y como se expresó en la Conferencia, deberían incluir los análisis de riesgo ante amenazas naturales como parte integral de los criterios para aprobar préstamos o donaciones dirigidas a la construcción o reforzamiento de las instalaciones de salud. Para ello, deberán promover la divulgación de metodologías y normas para cumplir con incorporar los análisis de riesgo ante amenazas naturales dentro de un análisis de costo-efectividad de las medidas de mitigación aplicadas a estas instalaciones.

Estrategia para implementar un Programa Nacional de Mitigación de Desastres en Hospitales

(Orientado a la reducción de la vulnerabilidad sísmica)

Objetivo: Garantizar el funcionamiento de los hospitales después de la ocurrencia de un desastre.

- Reducir la vulnerabilidad.
- Ejecución a un costo razonable.
- Garantizar la continuidad del servicio.

I. Formulación de un grupo coordinador

Este equipo multidisciplinario de expertos idealmente debe estar integrado por ingenieros (estructural, equipamiento, sanitario, líneas vitales, instalaciones), arquitecto, sísmólogo, etc. . .

Este grupo de expertos será el encargado que se consideren los siguientes aspectos:

- Estructura
- Elementos arquitectónicos
- Líneas vitales
- Equipamiento
- Organización
- Entorno

II. Descripción del Sistema de Salud

Se debe analizar el sistema de salud en su globalidad, tanto desde una perspectiva histórica como organizativa. El análisis debe incluir instituciones del sector público (Ministerio de Salud, Seguridad Social, Fuerzas Armadas) y del sector privado, esquematizar sus interacciones, cuantificar hospitales según su complejidad, etc...

III. Estimación de la Amenaza

En el caso del fenómeno sísmico debe establecerse la sismicidad general y local, en términos de intensidad máxima y efectos locales. Si la información científica para las zonas

se encuentra sistematizada, será posible definir aceleraciones del suelo y desplazamientos esperados y espectros de diseño.

Debe tomarse en cuenta una decisión sobre la vida útil de una edificación hospitalaria (se estima que 30 años es una cifra razonable, tanto desde el punto de vista estructural como funcional).

Adicionalmente, debe definirse el nivel de riesgo aceptable (definición con base en criterios técnicos, económicos, políticos y sociales)

IV. Evaluación preliminar de vulnerabilidad.

Secuencia:

- Calificación y priorización.
 - Elección de metodología apropiada.
 - Capacitación multisectorial para evaluación rápida.
- Valoración de vulnerabilidad:
 - Estructural
 - No Estructural
 - Organizativa

V. Selección de edificios a ser analizados

Un criterio de selección, por ejemplo, es escoger a los de alta vulnerabilidad en zonas de alta amenaza para otorgarles prioridad.

VI. Evaluación cuantitativa de las estructuras seleccionadas

Esta evaluación será a nivel de detalle y se plantearán soluciones según normas específicas.

- Planos arquitectónicos, estructurales, instalaciones, etc...
- Trabajo de campo para completar planos y verificar si el diseño se ejecutó en la realidad.
- Estudio de materiales: núcleos, ensayos de tracción en barras, etc...
- Modelación matemática: SAP90, SuperEtabs, etc..., dependiendo de la tipología sismorresistente.
- Anteproyecto de reforzamiento vs. costo-efectividad.

VII. Priorización para proyectos de inversión

En esta selección pueden intervenir criterios organizativos, políticos, técnicos y finan-

cieros. Si no se cuenta con recursos suficientes para intervenir todos los hospitales, podrá planificarse el desarrollo de un programa a mediano plazo.

VIII. Diseño detallado de la intervención y gestión del financiamiento

En esta fase se elabora el proyecto específico para el reforzamiento del hospital, tomando en cuenta que debe procurarse la operatividad del servicio mientras se ejecutan las obras. El financiamiento idealmente debería provenir de recursos nacionales.

IX. Ejecución

Escala de Richter

Charles F. Richter del Instituto de Tecnología de California inventó esta escala logarítmica a la cual nos referimos como escala de Richter para medir terremotos. El término logarítmico significa que cada paso de número completo representa un incremento de 10 veces la amplitud medida. Por lo tanto un terremoto de magnitud 8 es 10 veces más fuerte que uno de 7, 100 veces más fuerte que uno de magnitud 6 y 1.000 veces más fuerte que uno de magnitud 5.

TIPO DE IMPACTO	MAGNITUD	ENERGIA TNT APROXIMADA
Micro temblor (imperceptible)	1.0	6 oz.
	1.5	2 lbs.
Potencialmente perceptible	2.0	13 lbs.
	2.5	63 lbs.
Generalmente sentido	3.0	397 lbs.
	3.5	1.990 lbs.
Terremoto menor (daño ligero)	4.0	6 tons.
	4.5	32 tons.
Terremoto moderado (causa daños)	5.0	199 tons.
	5.5	1.000 tons.
Terremoto mayor (destrutivo)	6.0	6.270 tons.
	6.5	31.550 tons.
Terremoto superior	7.0	199.000 tons./9,9 bombas atómicas
	7.5	1.000.000 tons/50 bombas atómicas
Terremoto cataclísmico	8.0	6.270.000 tons./313,5 bombas atómicas
	8.5	31.550.000 tons./1.577,5 bombas atómicas
	9.0	199.000.000/9.500 bombas atómicas

Fuente: U.S. Geological Survey

Escala Modificada de Mercalli

- I. No se siente, excepto por unos pocos bajo condiciones muy favorables.
- II. Sentido por solo algunas personas en descanso, especialmente en los pisos altos de edificios. Objetos suspendidos con poca firmeza pueden balancearse.
- III. Sentido claramente por personas en lugares cerrados, especialmente en pisos altos de edificios. Muchas personas no lo reconocen como un terremoto. Carros parados pueden moverse un poco. Vibraciones similares a las producidas por un camión. Duración estimada.
- IV. Sentido en lugares cerrados por muchos; afuera solamente por algunos durante el día. De noche, algunos son despertados. Platos, ventanas y puertas se mueven; las paredes hacen ruidos de agrietamiento. Sensación como de un camión estrellándose contra un edificio. Carros parados se mueven bastante.
- V. Sentido por casi todo el mundo; muchos se despiertan. Algunos platos, vidrios rotos. Objetos inestables se caen. Relojes de péndulo pueden parar.
- VI. Sentido por todos, muchos se asustan. Algunos muebles pesados se mueven; se puede caer el estuco. Daño ligero.
- VII. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; de ligero a moderado en estructuras ordinarias bien construidas; daño considerable en estructuras mal diseñadas o construidas; algunas chimeneas se caen.
- VIII. Daño ligero en estructuras especialmente bien diseñadas; daño considerable en la mayoría de los edificios ordinarios, con colapso parcial. Daño severo en estructuras mal construidas. Se caen chimeneas, estanterías en fábricas, columnas, monumentos, paredes. Muebles pesados se caen.
- IX. Daño considerable en estructuras diseñadas especialmente; estructuras de marco bien diseñadas se salen de plomada. Daño severo en la mayoría de los edificios con colapso parcial. Los edificios se mueven de sus cimientos.
- X. Algunas estructuras de madera bien constuidas son destruidas, la mayoría de estructuras de mampostería y de marco destruidas con sus cimientos. Líneas de tren se doblan.

A n e x o

- XI. Pocas, si algunas estructuras (de mampostería) quedan en pie. Puentes destruidos. Líneas de tren se doblan bastante.
- XII. Daño total. Líneas de visión y nivel distorsionadas. Los objetos son tirados en el aire.

Fuente: U.S. Geological Survey

Listado de abreviaciones

AIS-100-95	Norma de ingeniería sísmica de Colombia
ASDI	Autoridad Sueca Para el Desarrollo Internacional
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CCSS	Caja Costarricense de Seguro Social
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de los Desastres de México
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CFE	Comisión Federal de Electricidad, México
CIDA	Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional
CISMID	Centro de Investigación de Sismos y Mitigación de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú
COMBAT	Un programa de computación de análisis estructural
CONICIT	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Costa Rica
COVENIN	Norma de zonificación sísmica de Venezuela
DIRDN	Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales
DHA	Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas
DHU	Derechohabientes Usuarios
DN-PAD	Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, Colombia
ECHO	Oficina Humanitaria de la Comisión Europea
FEMA	Agencia Federal de los Estados Unidos para el Manejo de Emergencias
IIFI-UC	Instituto de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Guayaquil
IDARC	Un programa de computación de análisis estructural
IMSS	Instituto Mexicano de Seguro Social
ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, México
MM	Escala Mercalli Modificada

A n e x o

ODA	Administración de Desarrollo en Ultramar, Reino Unido
OEA	Organización de Estados Americanos
OFDA/AID	Oficina de Asistencia Exterior en Casos de Desastres, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
OPS/OMS	Organización Panamericana de la Salud, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud
PED	Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Casos de Desastres de la Organización Panamericana de la Salud
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo