



Entre Dos Terremotos

Los Bienes Culturales en Zonas Sísmicas

SIR BERNARD M. FEILDEN

Entre Dos Terremotos:
Los Bienes Culturales en Zonas Sísmicas

Una publicación conjunta del
ICCROM y el
Getty Conservation Institute

Versión en español
en colaboración con el Proyecto
Regional de Patrimonio Cultural y
Desarrollo PNUD/UNESCO

Entre Dos Terremotos

Los Bienes Culturales en Zonas Sísmicas

SIR BERNARD M. FEILDEN

Portada: Arco de San Francisco después del terremoto de 1976, La Antigua, Guatemala

Between Two Earthquakes
© 1987

ICCROM
Via di San Michele 13
00153 Roma, Italia

The Getty Conservation Institute
4503 Glencoe Avenue
Marina del Rey, California
USA 90292 - 6537

Diseño de la portada
Joe Molloy

Color
Heinz Weber, Inc.

Fotografía de la portada
Donald Del Cid

Fotografía
*John C. Branner, cortesía del
United States Geological Survey (figs.
1,8,17); Donald Del Cid (figs. 2,3,4,7,
9,11,12,16); Melvyn Green (figs. 5,6,
10,15)*

Entre Dos Terremotos

(Edición en español en
colaboración con el GCI)

Proyecto Regional de
Patrimonio Cultural y Desarrollo
PNUD/UNESCO
Apartado 4480
Lima 100, Perú

Traducción al español
Juana Truel

Impreso en ABRIL S.A.
Lima, Perú, 1991

INDICE

PREFACIO		5
-----------------	--	---

PRESENTACION		7
---------------------	--	---

INTRODUCCION		9
---------------------	--	---

CAPITULOS		
I	El patrimonio cultural y los terremotos	13
II	Antes del terremoto	19
III	Medidas de urgencia	37
IV	Después del terremoto	43

APENDICES		
1	Protección contra incendios de los edificios históricos	55
2	Listados de comprobación computarizados	61
3	La fotogrametría y los terremotos	63
4	La planificación para la protección de instituciones culturales y sus colecciones	71
5	La Escala de Intensidad de Mercalli Modificada	73
6	De la restauración al mantenimiento de los edificios históricos	77
7	Formularios para la evaluación de daños	81
8	La intervención estructural en los edificios históricos	87
9	Curso internacional sobre medidas preventivas para la protección de los bienes culturales en regiones sísmicas	93
10	Curso-taller internacional sobre la rehabilitación estructural y funcional de viviendas y edificios históricos en las áreas sísmicas	95
11	Condiciones de suelo: microzonificación	99
12	Preparativos para una emergencia	101
13	Resolución sobre los bienes culturales en áreas sísmicas (ICCRUM)	105

BIBLIOGRAFIA		107
---------------------	--	-----

SIR BERNARD, FEILDEN

La firma arquitectónica de Bernard Feilden ha obtenido más de quince prestigiosos premios; él ha sido galardonado personalmente con seis de ellos. La medalla de plata Europa Nostra le fue concedida por su proyecto para la conservación de Chesterfield y el premio Aga Khan por la restauración de la cúpula policromada de la mezquita Al Agzah. En 1983 fue nombrado Director Emérito del ICCROM, después de haber sido su Director de 1977 a 1981. Actualmente es Presidente del Comité Nacional del Reino Unido de ICOMOS y miembro del Comité Consultivo del Consejo Central para la Salvaguarda de Iglesias y Catedrales. Sus técnicas de meticulosa inspección salvaron la aguja de la Catedral de Norwich y la estructura de York Minster; estos trabajos los relata en forma detallada en su libro *The Wonder of York Minster*, otras obras suyas son *The Conservation of History Building* y *An Introduction to the Conservation of Cultural Property*.

Entre sus varios títulos y nombramientos se cuentan el de Doctor Honoris Causa por la Universidad de York; el de Miembro de la Society of Antiquaries; Miembro de la Royal Society of Arts; Miembro del Royal Institute of British Architects y, más recientemente, Miembro Honorario del American Institute of Architects. En reconocimiento a su obra, la Reina Isabel le confirió el Título de Caballero en 1985.

ICCROM

El Centro Internacional para el Estudio de la Preservación y la Restauración de los Bienes Culturales (ICCROM) es una organización intergubernamental creada por la UNESCO en 1959. Cuenta con setenta y cinco estados miembros y sesenta y cuatro miembros asociados (instituciones de conservación sin fines de lucro) en todo el mundo.

Su sede está ubicada en Roma. Las funciones estatutarias del ICCROM son: reunir y divulgar documentación relativa a los problemas científicos de la conservación, promover la investigación en este campo, asesorar en materias técnicas y facilitar ayuda en la capacitación de técnicos, y mejorar la calidad del trabajo de restauración. Para llevar a cabo esta tarea, el ICCROM cuenta con una biblioteca especializada y ha desarrollado un programa regular de capacitación, cursos experimentales, un programa de asistencia técnica y diversos proyectos de investigación. El ICCROM organiza además simposios sobre diversos aspectos de la conservación y trabaja en colaboración con otras organizaciones dedicadas a la tarea de conservar los bienes culturales.

THE GETTY CONSERVATION INSTITUTE

El Getty Conservation Institute (GCI) es un programa operativo del J. Paul Getty Trust. Fue creado en 1982 para mejorar la calidad de las prácticas de conservación utilizadas en la actualidad en todo el mundo. Basado en la premisa de que la mejor forma de abordar la conservación es por medio de un enfoque interdisciplinario, el Instituto reúne el conocimiento de conservadores, científicos e historiadores del arte. Mediante una combinación de actividades realizadas por el propio Instituto, y de otras llevadas a cabo en colaboración con otras organizaciones, el Instituto juega un papel de catalizador que contribuye significativamente a la conservación de nuestro patrimonio nacional. La finalidad del Instituto es fomentar la investigación científica, aumentar las oportunidades de capacitación en el campo de la conservación y apoyar el intercambio entre especialistas. El J. Paul Getty Institute cuenta también con los siguientes programas operativos: El J. Paul Getty Museum, el Getty Center for the History of Art and the Humanities, el Getty Art History Information Program, el Getty Center for Education in the Art, el Museum Management Institute y el Program for Art on Film, en colaboración con el Metropolitan Museum of Art .

Prefacio

Vivimos momentos en que la humanidad está cada vez más amenazada por los desastres causados por la naturaleza. Asistimos también, a la depredación de ésta por los seres humanos, a cómo ello afecta al medio ambiente del planeta en su conjunto y a los indicios alarmantes que sus consecuencias tienen en el medio ambiente.

Las Naciones Unidas han declarado los años noventa, como la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales.

La idea de publicar *Entre dos terremotos* de Sir Bernard M. Feilden C.B.E., en español, se nos ocurrió a Luis Monreal Director del Getty Conservation Institute y a mí en 1987, durante la presentación de la edición original, en inglés, en la Asamblea General de ICOMOS que tuvo lugar en Washington D.C. Su aparición en español a comienzos de esta década es una contribución a los esfuerzos para la previsión de los desastres y sus efectos sobre el patrimonio cultural ante las catástrofes que se presentan especialmente en las zonas sísmicas del continente americano.

La pérdida de vidas por desastres naturales puede evitarse o por lo menos reducirse mediante una buena preparación de la sociedad sobre cómo actuar en esas circunstancias. Así como también, a través del mejoramiento de las condiciones de vida, en especial de la vivienda, de quienes ocupan las viejas casonas, que son parte del patrimonio cultural, en condiciones de pobreza y miseria. Es decir, la protección contra los desastres naturales que afectan a los monumentos, centros históricos y colecciones de bienes culturales en museos y otros establecimientos también forma parte del contexto global de precauciones para salvar vidas humanas.

Las Naciones Unidas han contribuido de manera eficaz a los esfuerzos de rescate y rehabilitación de monumentos y sitios históricos en ciudades tales como Managua, México, Cusco, Quito y, recientemente, San José, La Habana, afectadas por terremotos y huracanes.

El Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo PNUD/UNESCO ha colaborado, en la época de los 80, en trabajos de prevención y rescate del patrimonio cultural en áreas sísmicas. A raíz de una reunión de científicos organizada en La Antigua Guatemala, el programa PNUD/UNESCO publicó el libro *La protección de monumentos históricos en áreas sísmicas* de amplia circulación en América Latina, el Caribe y en otras regiones del mundo ubicadas en zonas sísmicas. Esperamos que la presente edición en español beneficie a la comunidad científica, técnica y al cuerpo de defensa civil iberoamericano.

Agradecemos a Sir Bernard M. Feilden, al Centro Internacional para la Conservación y la Restauración de los Bienes Culturales (ICCROM en Roma) y al Getty Conservation Institute (GCI en Los Angeles), el haber hecho posible la edición

en español de este manual en una esmerada traducción del inglés de nuestra colaboradora Juana Truel.

El Getty Conservation Institute merece un reconocimiento adicional ya que su apoyo ha hecho viable esta edición, por lo cual le reiteramos nuestro agradecimiento, en particular a su nuevo Director Miguel Angel Corzo y a la Encargada de Proyectos Especiales Jane Slate Siena.

Sylvio Mutal
Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo
PNUD/UNESCO

Presentación

La protección de los bienes culturales significativos y sitios en zonas sísmicas es parte fundamental de la conservación del patrimonio cultural.

Este manual ha sido elaborado gracias al ICCROM y al Getty Conservation Institute (GCI) con el fin de proporcionar información acerca de la conservación de edificios históricos, monumentos y lugares arqueológicos localizados en zonas sísmicas. Es evidente que un manual como éste es sólo una introducción a tan vasto tema, y no se ocupa en detalle de los aspectos científicos de los terremotos, así como tampoco de las acciones precisas que deberán emprenderse durante una emergencia.

Muchas personas han contribuido directa o indirectamente a este manual; entre ellas David Dowrick, Pierre Pichard y Barclay G. Jones. Otras contribuciones surgieron de la reunión del ICOMOS en Guatemala en 1979, de la Conferencia organizada por la Architectural Research Center Consortium, National Academy of Sciences en los Estados Unidos en 1982, del seminario organizado por Estados Unidos y Yugoslavia en Petrovac y Budva en 1985 y del seminario auspiciado por ICCROM/IZIIS en Skopje, Yugoslavia, en 1985. Vaya nuestro especial reconocimiento a Cevat Erder, Director del ICCROM y al Getty Conservation Institute, presidido por Luis Monreal, por hacer hecho posible esta publicación.

Este manual se publica con la ayuda del Comité Directivo de Planificación para Emergencias del GCI. Recibimos valiosos comentarios y sugerencias de Jukka Jokilehto y Jeff Malliet del ICCROM; de Norbert Baer del Conservation Center of the Institute of Fine Arts, New York University; de Ansel J. Schiff del Engineering Department, Stanford University; de Phillip H. Babcock del Smithsonian Institution; de Philip Ward del Canadian Conservation Institute y de Kathleen Tierney del Institute of Safety and Systems Management de la University of Southern California.

Sir Bernard M. Feilden C.B.E.

Introducción

Los terremotos -es decir, el desplazamiento de la corteza terrestre- pueden tener como resultado una destrucción devastadora. Aun cuando existe un cúmulo creciente de información acerca de la naturaleza de los terremotos, no podemos predecir con seguridad ni el momento preciso en que sucederán ni su intensidad. Sólo podemos predecir que ocurrirán a la larga.

A pesar del nivel actual de nuestra tecnología, nada podemos hacer para reducir la frecuencia o la intensidad de los terremotos. Lo único posible es tomar precauciones para mitigar el probable desastre. Más allá de la evidente necesidad de proteger vidas humanas, tenemos además la responsabilidad de preservar los edificios y monumentos históricos. Desgraciadamente ya hemos sufrido la pérdida de cuantiosas estructuras importantes.

Los terremotos difieren de otros desastres en su capacidad casi instantánea de destrucción, sin previo aviso, lo que causa enormes daños, a menudo irreparables, a los bienes culturales. La preparación para un sismo, y la respuesta a la emergencia, involucran a las diferentes organizaciones locales, provinciales y nacionales (o federales).

En este manual nos referimos a las organizaciones responsables de la salvaguarda de los bienes culturales como "la Administración" y a sus directores como "los Administradores". Son estas Administraciones quienes pueden -y en efecto, deben- tomar las medidas más importantes de preparación para una emergencia y así poder salvar tanto las vidas humanas como el irremplazable patrimonio cultural.

La preparación para el caso de que se produzca un terremoto deberá incluir la planificación para las contingencias comunes a la mayor parte de las catástrofes, especialmente los incendios, las inundaciones y el pillaje. Al planificar de antemano, se gana un tiempo que resulta vital después de la catástrofe.

Afortunadamente, para conservar los bienes culturales se requieren otras habilidades, técnicas y materiales que las necesarias para salvar vidas y edificios modernos. Así, la conservación de nuestro patrimonio cultural no entra necesariamente en competencia con otras operaciones de rescate para obtener los pocos recursos disponibles en una situación post-catástrofe.



Fig.1 Arriba: El Memorial Arch de Stanford University, después del terremoto de 1906. Abajo: Vista de la otra cara del arco. La parte superior del arco se eliminó posteriormente dejando solo dos torres de guardia.

El incremento de la resistencia sísmica de los edificios históricos debería ser integrado en un programa regular de mantenimiento basado en inspecciones periódicas llevadas a cabo por arquitectos e ingenieros especialmente capacitados para ello. En las regiones sísmicas, los Administradores deberán asegurarse de que se realicen estas inspecciones y se prepare un inventario, con documentación detallada, antes del siguiente terremoto.

Cuando ocurren las catástrofes naturales –tales como huracanes, tornados, tifones, inundaciones, tormentas de nieve, avalanchas y otras– a menudo la infraestructura de una comunidad se paraliza. Después de la llegada de la ayuda inicial, la restauración completa puede llevar varios años.

Por esto, el presente manual se centra en tres áreas de interés para el Administrador: qué hacer antes de que ocurra un terremoto, qué hacer inmediatamente después y qué medidas habrán de tomarse a largo plazo.

Para aplicar los consejos aquí presentados, habrá que tener en cuenta las dificultades que emanen de los distintos sistemas de gobierno, distintas prácticas legales y administrativas, distintos procedimientos de planificación, distintas normas de propiedad y distintas actitudes culturales. No obstante, ninguna de estas diferencias deberá impedir que el Administrador aplique los principios recomendados para salvar tanto las vidas como los bienes. Muchos de éstos serán edificaciones históricas, aun cuando no sean sino modestas casas de arquitectura autóctona. Muchos contendrán valiosos objetos del patrimonio cultural. La acción preventiva es, pues, deber y responsabilidad de estos Administradores, cuya previsión debe reconocerse y alabarse.

La protección y prevención contra desastres tiene que luchar contra la inclinación natural de la población que piensa: “Esto no sucederá aquí mientras yo viva”. Sin embargo, la única política responsable es trabajar de manera constante y eficaz en planificar para la eventualidad de un terremoto.

Además de esto, cada terremoto deberá convertirse en otro capítulo importante de nuestro cúmulo creciente de conocimientos. La reparación y la reconstrucción efectuadas después del último sismo tienen que ser estudiadas. Aprenderemos continuamente nuevas lecciones y habremos de tener siempre presente que vivimos *entre dos terremotos*.





Fig.2 Catedral de Venzone, Friuli, después del sismo del 6 de mayo de 1976.

El Patrimonio Cultural y los Terremotos

Naturaleza de los terremotos

La corteza terrestre consta de unas veinte placas tectónicas independientes que flotan sobre una capa interior más blanda. Estas placas se hallan en continuo movimiento en relación unas con otras, debido a las corrientes existentes en el centro interno líquido de la tierra. De esta forma en los bordes de las placas hay un aumento de energía plástica, la cual se disipa con un movimiento súbito, lo que produce breves vibraciones fuertes en el suelo: es decir, un terremoto.

El lugar de la corteza terrestre donde se disipa esta energía es el foco o hipocentro del terremoto. El lugar correspondiente en la superficie constituye el epicentro. Las vibraciones se propagan con gran rapidez en todas las direcciones, pero se van debilitando a medida que se alejan.

Muy frecuentemente un terremoto es precedido por algunos temblores previos, y casi siempre va seguido de temblores posteriores, algunos de los cuales pueden ser de intensidad comparable con la del terremoto principal. La interpretación de los temblores previos es difícil; así, son poco útiles para la predicción de un terremoto importante. Los temblores posteriores pueden ser muy peligrosos, pues actúan sobre las estructuras de edificaciones ya deterioradas.

Magnitud e intensidad

La magnitud de un terremoto se expresa en grados en la escala de Richter. Esta indica la fuerza absoluta o disipación de energía del terremoto y se calcula sobre la base de registros del sismo establecidos mediante el uso de acelerómetros o sismógrafos ubicados en diferentes lugares.

Mientras que la magnitud caracteriza al terremoto mismo, la intensidad indica los efectos del sismo en un lugar determinado. La intensidad se expresa generalmente en grados (I a XII) en la Escala de Mercalli Modificada que clasifica el daño observable causado por el movimiento del suelo en edificios e instalaciones (véase el Apéndice 5). El daño que causa un terremoto de una magnitud dada y la intensidad con que se siente en un lugar determinado dependen de muchos factores: la distancia del epicentro, la dirección principal, la frecuencia, contenido y tipo de las ondas sísmicas, las condiciones de suelo, el estado de los edificios afectados (es decir, si ha sido bueno su mantenimiento y la calidad del trabajo de las reparaciones anteriores), su forma y diseño, etc.

La máxima aceleración del suelo se usa también a menudo para indicar la intensidad. Este es sólo uno de los factores importantes que determinan la intensidad, pero se trata de un valor directamente medible, que puede utilizarse con facilidad en los cálculos. Se expresa como una fracción de g , la aceleración de la gravedad.



Fig. 3 Catedral que muestra fisuras sobre los arcos ocasionadas por el terremoto del 4 de febrero de 1976. Tecpán, Guatemala.

No es de extrañar que las condiciones desfavorables del suelo produjeran en Friuli, durante el terremoto de 1976 (6.4 en la escala de Richter), un resultado tan devastador como el que tuvo el sismo de 1976 en Guatemala, de 7.6 grados Richter, uno de los más fuertes jamás registrados, con cuarenta veces más energía disipada que el Friuli. En Friuli, el segundo movimiento fuerte siguió a una serie de pequeños temblores y causó una enorme destrucción en los edificios que ya habían sido seriamente debilitados.

Otro ejemplo significativo es el terremoto de México de 1985, que alcanzó 8.1 grados de magnitud con epicentro en el Océano Pacífico. En Zihuatanejo, en la costa, a menos de cien kilómetros del epicentro, el sismo registró una intensidad de VII en la Escala de Mercalli Modificada, pero tuvo una intensidad de IX en algunas partes de Ciudad de México, a 400 kilómetros del epicentro. Esto se debió, en parte, a un efecto focalizador en la propagación de la onda, y en parte a la estructura geológica del valle de Ciudad de México. Debido a las diferencias locales de las condiciones del suelo, la intensidad en Ciudad de México varió entre VI y IX.

Los efectos secundarios de los terremotos, tales como deslizamientos de tierra, fracturas en carreteras, fallas en puentes, inundaciones y movimientos de tierra con cambios en los niveles y flujos de la napa freática también pueden ser desastrosos. Su primer efecto es interrumpir las comunicaciones y hacer más difícil la llegada del socorro. Además, en general, el lugar en donde se produce un terremoto se cubre de una nube de polvo.

Todo estado o gobierno federal deberá nombrar a un coordinador para el socorro en caso de desastre, responsable de todos los bienes culturales, entre cuyas obligaciones se podría incluir la coordinación del trabajo de los voluntarios para tareas de conservación. A continuación se da un breve resumen de las medidas administrativas y técnicas que pueden ser necesarias antes, durante y después de un desastre sísmico.

Antes de un terremoto

Medidas administrativas

- Realizar inventarios completos de todos los recursos culturales existentes, con apoyo de fotografías y registros fotogramétricos de los edificios históricos, esculturas y decoración artística de importancia. Preparar formularios para la inspección sísmica y esbozar planos de todos los edificios importantes. Guardar copia de la documentación en una zona no sísmica, o en un edificio a prueba de terremotos e incendios.

- Educar al público acerca de la importancia del mantenimiento en los edificios históricos, e incrementar la resistencia sísmica de las construcciones autóctonas. Publicar para los constructores locales normas sobre las técnicas correctas para mantener y mejorar los edificios, y preservar tanto las habilidades artesanales como los materiales que se requieren para el mantenimiento y reparación de los edificios históricos.
- Formar un grupo de emergencia, nacional o regional, para la protección de los bienes culturales.
- Capacitar a arquitectos e ingenieros en el diseño de estructuras resistentes a los sismos y en la inspección de edificios históricos.
- Asegurar los bienes muebles cuando sea posible. Sin embargo, el seguro debe considerarse como la última línea de la defensa. Los esfuerzos deberán orientarse primeramente a eliminar, o cuanto menos, a mitigar los riesgos de pérdida, dado que casi todos los bienes y objetos culturales son irremplazables.

Medidas Técnicas

- Encargar estudios geológicos que indiquen las propiedades subyacentes del lugar y su estructura geológica.
- Iniciar estudios sísmicos, incluyendo los registros históricos, con el fin de evaluar los períodos de retorno de los sismos de variada intensidad.
- Desarrollar estudios de vulnerabilidad a los terremotos de diferentes intensidades. Estos estudios deberán estar en relación con el valor artístico e histórico del edificio, su mobiliario y contenido.
- Compilar planos de la ciudad y las áreas rurales, relacionando la urbanización con los diversos grados de daño sísmico.
- Evaluar el riesgo existente para la infraestructura: carreteras, redes de alcantarillado, agua, gas, electricidad, teléfono y otras instalaciones. Iniciar diseños sismorresistentes para estas “líneas vitales”.
- Preparar planes de riesgo sísmico para los edificios históricos. Incrementar la resistencia de los edificios por etapas, cuando esto resulte económico.

Cuando ocurre el desastre

- Luchar contra incendios e impedir el pillaje de las obras de arte. Evitar daños debidos al agua por ruptura de cañerías o por tratar de apagar el fuego.

- Proteger la mayor cantidad posible de bienes culturales. Etiquetar y transportar los bienes culturales muebles a almacenes previamente señalados, fumigar y prestarles los primeros auxilios.
- Tan pronto como sea posible, obtener la cooperación de las autoridades locales, civiles y militares.
- Organizar una rápida inspección de los daños y coordinar la tarea de conservadores, arquitectos e ingenieros. Evaluar el grado de daño sufrido por los edificios.
- Establecer grupos multidisciplinarios de conservación y asignar materiales y mano de obra para la reparación, dando prioridad a la protección inmediata contra la intemperie.
- Recurrir a la ayuda internacional a través de las agencias de socorro para casos de desastre; solicitar el equipo especial necesario.

Después de la catástrofe: medidas a largo plazo

- Organizar la evaluación detallada de los daños, con estimaciones de costo de reparación (véanse los formularios normalizados en el Apéndice 7).
- Establecer prioridades para el programa de reconstrucción y reparación.
- Llevar a cabo la reparación estructural; para ello recurrir a arquitectos capacitados en restauración, así como también a ingenieros, historiadores y arqueólogos.
- Establecer equipos multidisciplinarios a fin de proponer proyectos de reparación y reconstrucción de los edificios dañados, asegurándose de que el trabajo de los ingenieros esté integrado dentro de la metodología arquitectónica/histórica de conformidad con la resolución del Simposio de Skopje 1985 (Apéndice 9).
- Evaluar proyectos alternativos, sopesando el riesgo y la vulnerabilidad con la magnitud de la intervención y la pérdida de valores culturales.
- Presentar los proyectos para su aprobación y apoyo por el público. Efectuar las reparaciones estructurales.





Fig. 4 "pero me quedan aún mi hijo y mi gato". Gemona, Italia, después del terremoto de 1976.

Antes del Desastre

Las medidas preventivas antes del desastre pueden requerir tiempo y esfuerzo considerables, pero el tiempo que se ganará una vez producido el desastre resultará en extremo valioso. El costo de los daños causados por el terremoto fácilmente se duplicará si las reparaciones tardan de dos a tres años. Sin una adecuada planificación y preparación, pueden perderse edificios enteros.

Documentación

El registro y la documentación son de vital importancia en las zonas sísmicas y merecen alta prioridad. La documentación existente deberá recopilarse y protegerse. Podrá ser necesario tomar medidas legales, u otras medidas estatales, para llevar a cabo el inventario de los bienes culturales en algunos países. Será preciso establecer criterios para los sistemas de clasificación; el más sencillo será el cronológico -cien años, por ejemplo-, pero habrá que reconocer a la vez la importancia de ciertas estructuras recientes.

Después de un terremoto, el conocimiento detallado de cada edificio histórico, así como de su contenido, será uno de los factores esenciales para realizar una evaluación precisa de los daños y del trabajo de restauración requerido. Más aún, la información detallada, que revele la forma y condición de cada edificio, es esencial para su reparación subsiguiente.

Para cada estructura histórica será necesario reunir los documentos siguientes:

1. Una descripción arquitectónica detallada, planos precisos, registros gráficos, etc., en una escala adecuada a las dimensiones del monumento (de preferencia 1:50 a menos que sea demasiado grande, con dibujos de detalle a 1:20 o 1:10).
2. Un archivo de todas las reparaciones previas, el mantenimiento y cualquier trabajo de transformación.

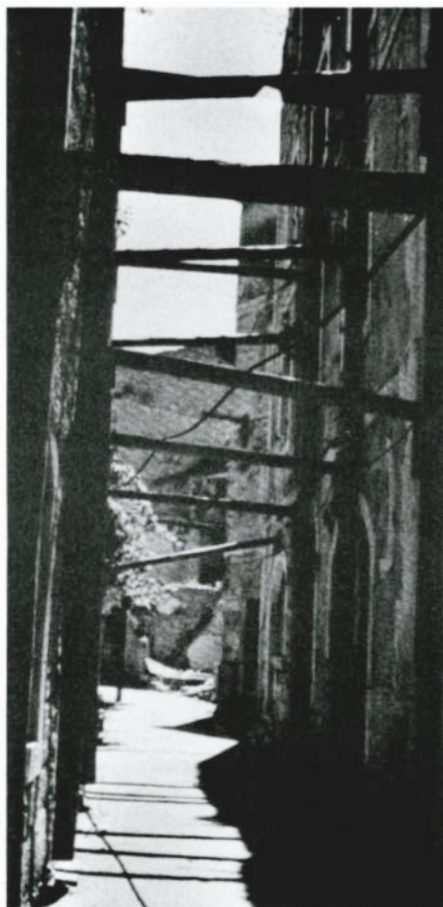


Fig. 5, Apuntalamiento provisional entre dos edificios autóctonos después del terremoto de Budva, Yugoslavia 1979.



Fig. 6, Del otro lado del muro, sólo queda la cáscara del edificio.

3. Un juego completo de fotografías en blanco y negro de la calidad requerida para archivo (vistas generales y primeros planos de exteriores e interiores).
4. Inventarios completos y precisos de los bienes muebles que se encuentran al interior del edificio.
5. Referencias bibliográficas actualizadas y documentación sobre la historia de la estructura.

Varias copias de estos documentos, incluyendo algunas en microfilm, deberán conservarse, depositándose en locales muy seguros, de preferencia fuera de las áreas sísmicas. Los documentos originales (negativos de fotos,

dibujos originales, etc.) se conservarán en un edificio construido según las más estrictas normas de resistencia a los terremotos.

Registro fotogramétrico

Los edificios situados en regiones de alta sismicidad pueden sufrir serios daños o ser destruidos en cualquier momento. El estudio fotogramétrico realizado antes del sismo ayuda enormemente en la evaluación de los daños. Deberán organizarse campañas sistemáticas de fotogrametría para todas las estructuras en las zonas sísmicas; los fotogramas podrán conservarse en un archivo y se podrán reconstituir más adelante, siempre que se cuente con el equipo necesario. Los registros se pueden ir constituyendo por etapas, como parte de un programa de fotogrametría a largo plazo.

Conservación y acceso a la información

El mantener registros demanda mucho tiempo, y la existencia de listas discrepantes para los bienes culturales puede inducir a confusión. Es evidente entonces que resultará muy útil tener un computador con una base de datos para establecer los listados y otra información pertinente acerca de los edificios históricos.

La documentación puede recogerse a nivel nacional, regional o local. En todo caso, la Administración deberá tener en cada oficina local planos de los lugares que están bajo su responsabilidad, así como también un juego de fotografías de los mismos.

Durante una emergencia es necesario, sobre todo, tener planos sencillos de cada lugar histórico, para anotar los daños y calcular qué materiales y equipos serán necesarios. Estos planos han de ser simples y precisos; la escala debe ser pequeña para un manejo más fácil en terreno. (Exceptuando casos especiales, los planos y diseños de los monumentos se harán en papel de formato corriente, que puede fotocopiar con facilidad).

Bienes muebles

El contenido de los edificios históricos muchas veces es parte especial de su mensaje total. Es evidente que deberá priorizarse la protección de los objetos irremplazables; éstos deberán ser catalogados, fotografiados y evaluados. Es difícil calcular el valor del seguro que se asigna a un objeto irremplazable. Es importante fijar o sujetar todos los objetos para que no vibren; deberán idearse soportes que reduzcan el impacto en el caso de las colecciones de estatuas, en especial las figuras sobre un pedestal que tienden a fracturarse en la base durante un terremoto.

Conciencia del riesgo

Los habitantes de las zonas sísmicas deben tener conciencia de que viven *Entre dos terremotos*. Barclay G. Jones (1968 a : 73,76) observa que, aún después de que los Administradores hayan reconocido el problema y hayan tomado medidas, sus políticas y prevenciones deberán actualizarse y reevaluarse constantemente. “Las instituciones y organismos públicos deben enfrentar el problema y establecer políticas” a fin de proteger el patrimonio cultural.

Una vez que los individuos y los organismos tienen conciencia de la posibilidad real de un terremoto -y reconocen la devastación que puede causar- deberán tomar medidas administrativas. No es posible lograr una seguridad total; así, el problema es establecer qué grado de seguridad es factible lograr, o a la inversa, cuánto riesgo se puede tolerar. Tres conceptos entran en juego en la evaluación de riesgos:

- PELIGRO** : la probabilidad de que un evento desastroso de determinada intensidad ocurra en un lugar dado.
- VULNERABILIDAD** : el grado de daño que puede soportar un elemento a causa de un sismo de determinada intensidad.
- RIESGO** : el daño probable, que combina los peligros de la ubicación y la vulnerabilidad de los edificios y sus contenidos. El riesgo puede ser eliminado, transferido, compartido, aceptado o adaptado.

Un sismo fuerte puede afectar varias zonas administrativas, y aún varias provincias o países. Es necesario evaluar el peligro existente no sólo en el país, en general, sino que habrá que realizar evaluaciones técnicas y muy específicas de todos los lugares en los que se encuentran los bienes culturales más valiosos.

Sismicidad

Un concepto importante para caracterizar la sismicidad es el período de retorno de los terremotos. El intervalo medio entre dos terremotos de cierta intensidad en un lugar dado se conoce como el período de retorno de terremotos de esa intensidad en ese lugar. Aunque los períodos de retorno son de uso limitado para las predicciones, especialmente cuando el lugar está sujeto a sismos con varios focos independientes, proporcionan sin embargo valiosa información estadística. Los períodos de retorno de terremotos de diversas intensidades hacen posible la evaluación del riesgo. En la antigua capital de Pagan, en Birmania, el valor de la aceleración se estima en 0.2g, para un período de retorno de cien años; pero para

quinientos años, lo estimado aumenta a 0.6g. Un sismo fuerte y reciente indicará una menor probabilidad de recurrencia; así, el peligro es menor pero aumenta a medida que pasa el tiempo.

En todas las estimaciones de las aceleraciones y períodos de retorno hay un gran elemento de duda. Por razones de seguridad los sismólogos pueden sobreestimar los valores, lo que puede llevar a intervenciones innecesarias en los edificios históricos. Actualmente se piensa que es mejor no evaluar intensidades para períodos de retorno de más de cien años al diseñar medidas de refuerzo en los edificios históricos, ya que esto evitará las intervenciones excesivas que pueden no durar tanto como todo el período de retorno especificado. Es mejor aplicar proyectos que no perjudiquen futuras intervenciones y que puedan ser fortalecidos si así se desea. Debe indicarse la aceleración de un lugar específico, de manera que se puedan estudiar y comparar las alternativas de acción.

Zonas sísmicas

Las zonas sísmicas corresponden principalmente a los bordes de las placas tectónicas que soportan los continentes y océanos. Los mapas sísmicos existen en todos los países y se actualizan periódicamente, aunque, como explica Pierre Pichard (1984 : 34,35) "Estos mapas, por regla general, no han sido tan ampliamente distribuidos como deberían serlo y, en muchos casos, son desconocidos por quienes tienen la responsabilidad de salvaguardar los monumentos". No obstante, estos mapas tienen un valor inapreciable para establecer con claridad cual es la situación en los lugares más amenazados.

Se recomienda, por tanto, que los organismos nacionales e internacionales responsables del patrimonio cultural cooperen con las autoridades científicas y estatales para desarrollar mapas sísmicos que identifiquen con precisión los monumentos, ciudades y barrios históricos, los lugares arqueológicos y los museos y bibliotecas importantes. Esto dará una imagen clara de cuáles son los lugares más valiosos así como de las prioridades que deberán considerarse.

Vulnerabilidad de los edificios

La vulnerabilidad de los bienes culturales, tanto edificios como objetos, varía ampliamente. Esta vulnerabilidad resulta de las diferentes características de cada terremoto en particular, del suelo en que se apoya la estructura, y de las características de la estructura misma: fundación, fallas intrínsecas debidas al diseño formal, falta de vinculación, mano de obra deficiente y fallas extrínsecas, debidas al deterioro y a la falta de mantenimiento.

Será necesario elaborar y poner en práctica planes para reducir la vulnerabilidad. La estructura de estos planos deberá ser siempre igual, sea

cual sea el organismo o individuo responsable, o los tipos de peligro natural existentes: comprenderán el inventario, registro y documentación; la evaluación de riesgo; protección; medidas de emergencia y acciones de restauración.

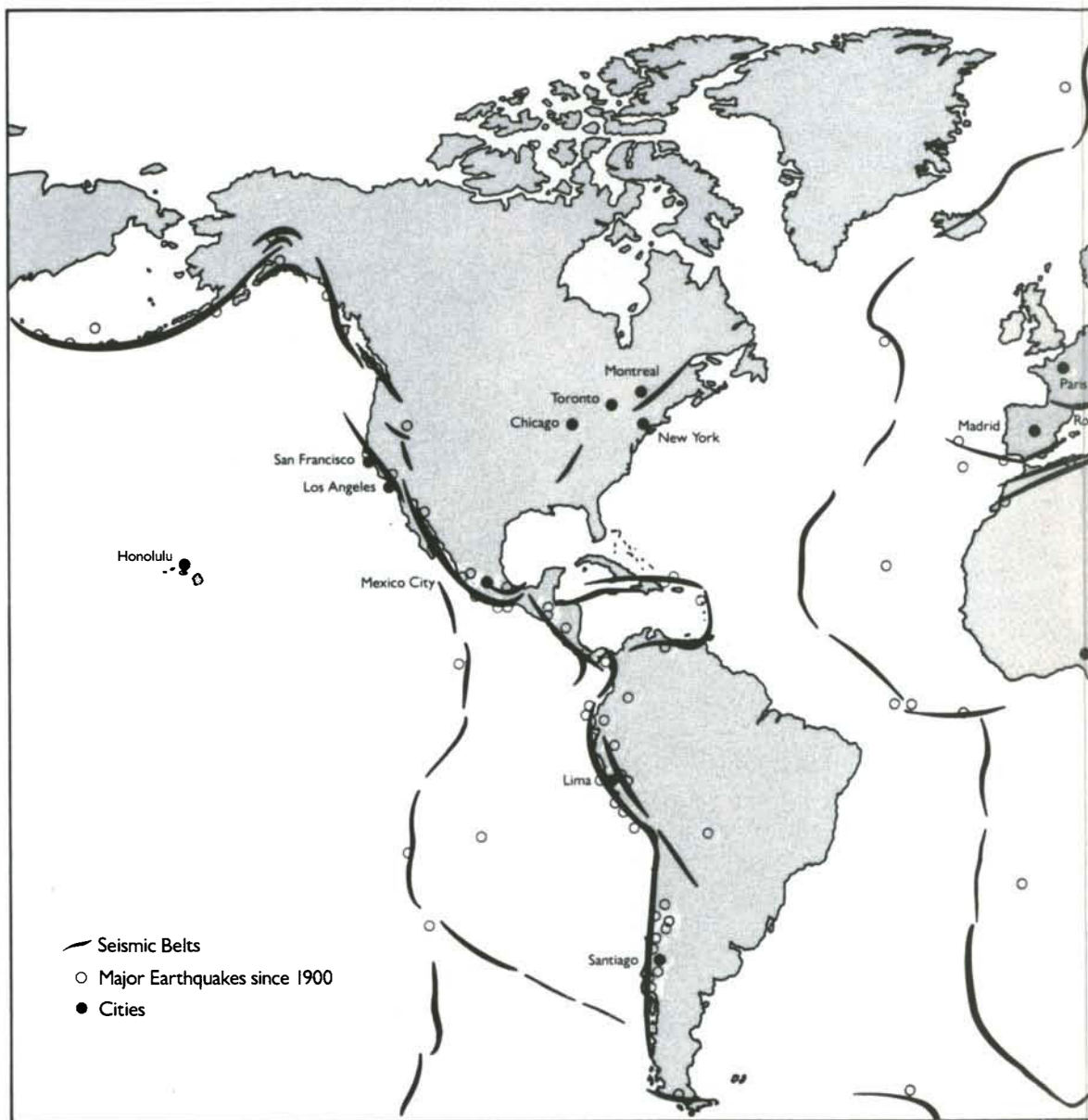
Deberán realizarse estudios de vulnerabilidad para sismos de distintas intensidades, y los efectos de los diferentes grados de intervención propuestos habrán de evaluarse. Los distintos tipos de sismos tendrán impactos diferentes sobre las construcciones históricas individuales, pero los modelos computarizados podrán ser de ayuda para evaluar el daño potencial en cada caso. Estos estudios mostrarán cuál podrá ser el escenario más probable, así como la escala de variaciones desde la media.

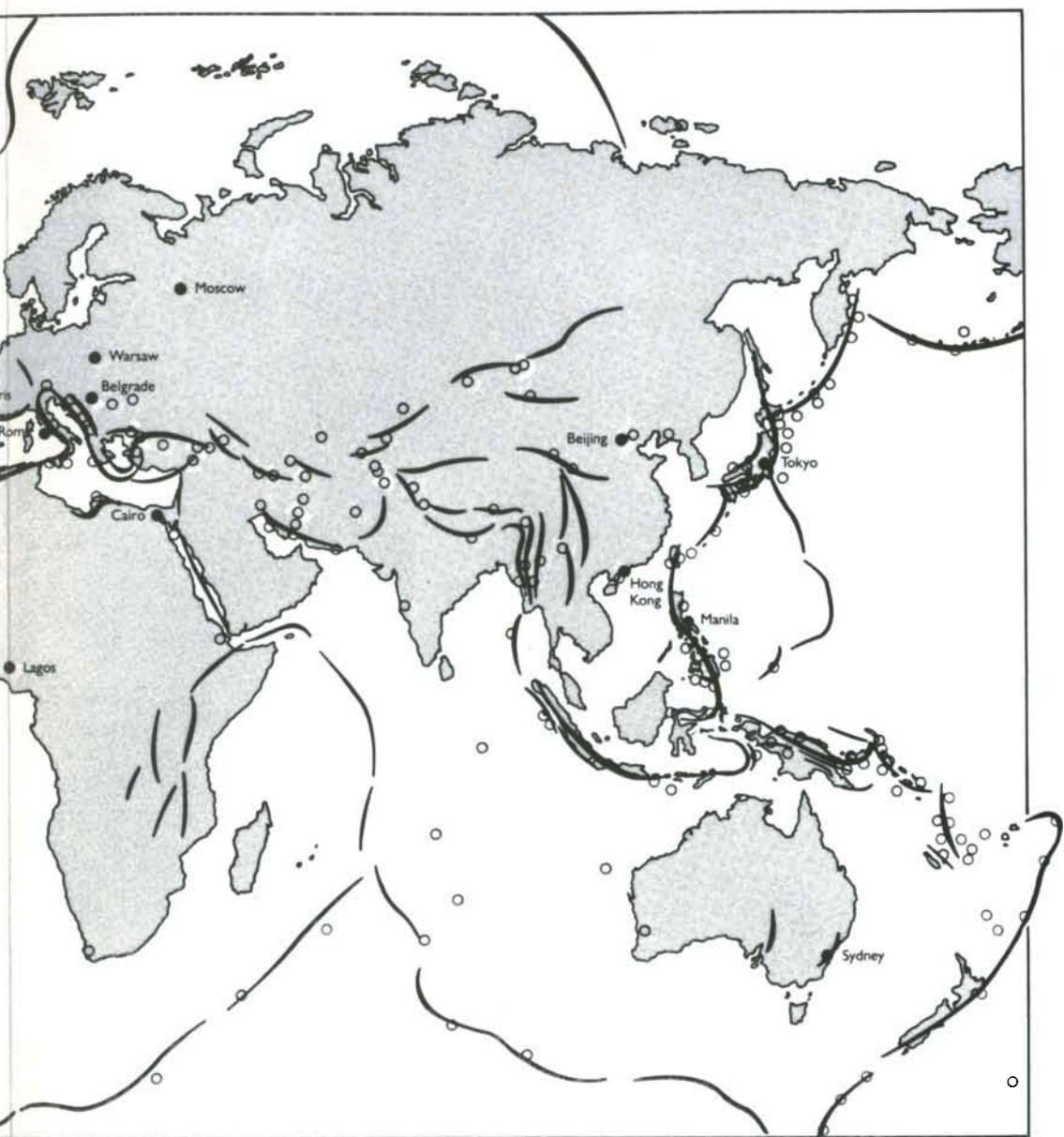
Riesgo aceptable

La mayoría de las normas de construcción nacionales para edificaciones nuevas están determinadas por los umbrales estimados de riesgo tolerable. Lamentablemente, rara vez puede aplicarse esto a un monumento histórico, en especial si se trata de la mayoría de las construcciones autóctonas o de



Fig. 7 La sacristía de Patzún, Guatemala, reducida a escombros por el sismo del 4 de febrero de 1976.





las casas tradicionales en los centros históricos. Jones (1986 b: 180) trata con más detalle los distintos tipos de políticas que se aplican:

Una estrategia frecuente es la que a menudo se describe como la primera aproximación fácil. En esta estrategia, los primeros pasos que se dan para incrementar el nivel de protección y reducir el riesgo son aquellas medidas que pueden tomarse dentro del funcionamiento normal del organismo. Se presupone que, más adelante, se tomarán medidas adicionales más dificultosas. Otra estrategia que vemos frecuentemente consiste en prestar atención prioritaria a los objetos más importantes o valiosos. Esto requiere que se establezca algunos criterios de importancia o valor en los cuales se puede basar el registro y la clasificación de bienes. Esta estrategia frecuentemente se sigue de manera inconsciente y casi automática. El llevarla a cabo de manera sistemática requiere gran esfuerzo. Aún otra estrategia es la que trata de lograr el mayor grado de protección posible dentro de un presupuesto determinado. En este caso es necesario estudiar los peligros naturales, precisando la vulnerabilidad y evaluando los riesgos, así como también debe hacerse un inventario de las colecciones, clasificándolas según importancia y valor. Conocido como "procedimiento costo/efectivo", tal estrategia puede resultar costosa en sí misma.

Metodología del urbanismo

La metodología del urbanismo puede resultar de gran ayuda para la reconstrucción después de un desastre, pero a menos de tener planes preparados de antemano, debidamente actualizados, puede tener un efecto negativo, a causa de la incertidumbre, frustración y demora que produce la espera del plan. Mientras los habitantes, desplazados, esperan un plan, sus viviendas deterioradas se van desintegrando por causa de la lluvia, el viento y las heladas.

En términos de planificación, un desastre también proporciona la oportunidad de realizar cambios largamente esperados y de mejorar el medio ambiente. El problema está, sin embargo, en que el sismo puede cambiar las proyecciones demográficas y la base económica de la localidad. Por ello, un plan para el caso de desastre deberá ser flexible, para tomar en cuenta el efecto de varias posibilidades. Esto en sí mismo será útil para el plan a largo plazo, y tenderá a minimizar los daños que resulten al ocurrir el desastre predecible.

Jones (1981) ha identificado algunos de los cambios que una catástrofe puede causar. Estos cambios influirán sobre las alternativas que podrían incorporarse en un plan a largo plazo.

En la región afectada la interrelación entre las personas, y su interacción con el medio ambiente en que habitan habrán sufrido cambios. Las relaciones del pasado pueden ya no ser las mismas, y pueden haberse creado nuevas relaciones.

Muchas de las características del paisaje pueden haber cambiado de manera drástica. Los deslizamientos de tierra y rocas pueden haber cambiado el carácter de grandes zonas y eliminado muchos elementos físicos. Los hundimientos, el desplazamiento en las fallas, la devastación causada por marejadas y tsunamis pueden haber alterado de manera sustancial el paisaje, y haber destruido muchas de las modificaciones realizadas por la población para hacerlo útil y productivo.

Un desastre también proporciona la oportunidad de corregir los defectos de la planificación urbana. En el nivel del urbanismo, podrá ser la ocasión de mejorar las viviendas y cambiar el uso de algunas estructuras. Jones (1981) cita tres maneras en que la planificación urbana puede colaborar a la reconstrucción y al rescate: 1) puede aumentar la eficiencia y rapidez de la reconstrucción; 2) puede minimizar los efectos sobre el sistema socioeconómico local; 3) puede contribuir efectivamente al desarrollo de la región.

Jones reconoce igualmente los efectos negativos que puede tener la planificación urbana (planes reguladores) si causan incertidumbre y demora en el proceso de reconstrucción.

El realizar la reconstrucción teniendo como objetivo central promover el desarrollo, puede retrasar mucho el proceso de recuperación y reducir su eficacia. Puede, igualmente, resultar en un nuevo sistema, aun más vulnerable, ciertamente en términos de pérdidas económicas, que serán mayores que las de la comunidad precedente. Asimismo, si se tratara de lograr dos de los tres objetivos propuestos, se pondría en peligro la consecución del tercero.

Todo lo que se haga en el proceso de reconstrucción debe estar conforme, en profundidad, con la naturaleza del sistema existente en la región y sus tendencias de evolución. De no ser así, las actividades pueden llegar a ser contraproducentes y sus resultados, menos que óptimos.

Propiedad

A menudo, la existencia de diversos propietarios paraliza las iniciativas para mejorar la propiedad inmueble e incrementar su resistencia sísmica, ya que todos los dueños del bien no se ponen de acuerdo. Lo mismo sucede después de un sismo la misma parálisis afecta las propuestas de reparación. El problema se agrava porque es necesario tratar las manzanas urbanas enteras, en el caso de la edificación histórica, como estructuras que se apoyan mutuamente y que forman parte de un mismo plan. Es evidente que debe establecerse claramente la responsabilidad de los particulares que son dueños de edificios históricos de manera compatible con la legislación vigente, para así lograr una acción rápida después de ocurrido el sismo.

Jones (1986 a: 73) describe los parámetros de esta responsabilidad:

El patrimonio cultural compuesto de documentos, objetos artísticos, edificios y demás construcciones constituye un legado, no sólo de la sociedad en su conjunto, sino también de las generaciones venideras; este legado ha sido confiado a los individuos y organismos que lo poseen o velan por él. Los encargados de este legado pueden ser coleccionistas o propietarios privados, comerciantes, conservadores de museos y archivos, bibliotecarios, superintendentes, directores, juntas, funcionarios u organismos legislativos. Hasta hace muy poco, las actitudes sociales hacia estos responsables del patrimonio, en lo que concierne a las depredaciones que resultan en caso de un desastre natural, eran vagas. Como consecuencia de ello, las responsabilidades estaban mal definidas, y las políticas eran inexistentes o tan vagas que apenas tenían alguna -o ninguna- utilidad.

Planificación y preparación para una emergencia

Las medidas administrativas, tales como la planificación urbana (planes reguladores), son importantes tanto en la situación que precede a una catástrofe como en la etapa de reconstrucción. No obstante, los informes acerca de lo que realmente acontece durante una emergencia indican que podrían mejorarse considerablemente las operaciones posteriores al desastre si hubiese existido una planificación y preparación para casos de emergencias. El objetivo deberá ser instituir la comunicación y la concertación entre las personas claves, antes de la emergencia. A veces se recurre a los militares porque poseen medios de movilizarse, son autosuficientes y tienen buenas redes de comunicación. Es necesario establecer una relación de trabajo permanente entre las agencia de socorro para el caso de desastres y los responsables del patrimonio cultural.

Es claro que habrá de existir un plan preparado para el caso de una emergencia en todas las zonas de alto riesgo. También habrá que hacer un listado de todo lo necesario inmediatamente después del desastre, a fin de que las organizaciones que deseen prestar ayuda puedan hacer contribuciones útiles. La rapidez es fundamental, ante la eventualidad de un segundo sismo (la réplica).

Deberá evaluarse el posible daño para las redes vitales, tales como carreteras, sistemas de alcantarillado, gas, agua, electricidad y otras instalaciones. Las zonas de riesgo de deslizamiento de tierra, liquefacción del suelo e inundación probable por rotura de muros de contención de represas, deberán identificarse. Habrá que estudiar rutas alternativas para los equipos de socorro y localizar e identificar en los mapas los lugares de aterrizaje para helicópteros. Es esencial, en los centros urbanos, contar con vías de circunvalación ya que los ejes de la circulación pueden estar bloqueados por los escombros.

Deberá estimarse la vulnerabilidad regional para diferentes tipos e intensidades de sismos; el estudio de diferentes escenarios posibles ayudará a establecer las prioridades de acción.

Las medidas necesarias para elaborar los proyectos de resistencia sísmica de los edificios históricos se resumen a continuación:

1. Estimar el riesgo sísmico en términos de la expectativa de ocurrencia de terremotos de diversas intensidades y períodos de retorno.
2. Estimar el riesgo sísmico (pérdida de vidas, daños materiales, daño funcional, degradación de la construcción).
3. Identificar los sistemas y modelos estructurales de análisis adecuados para el patrimonio histórico. Preparar planos para archivo y formularios para el registro del daño sísmico.
4. Evaluar las respuestas estructurales a sismos de distintas intensidades.
5. Determinar el tipo y grado de daño para las distintas intensidades sísmicas esperadas.
6. Desarrollar otros métodos para incrementar o fortalecer la resistencia sísmica y estimar los costos; aplicar la ética conservacionista para determinar el grado mínimo de intervención necesario.
7. Desarrollar un cronograma, e indicar costos aproximados, para proyectos alternativos, tomando en cuenta distintos períodos de retorno.
8. Preparar un proyecto de ejecución para la estrategia elegida. El presupuesto deberá asignarse en base a estimaciones precisas. Ejecutar los trabajos requeridos para incrementar la resistencia a los sismos.

Preparativos para una emergencia

Entre los preparativos para una emergencia, habrá que contar con lugares para guardar materiales y equipo de reserva en los centros destinados a recibir los bienes muebles; éstos deberán encontrarse fuera del área sísmica o a cien kilómetros de ella como mínimo. Antes del terremoto, estos centros podrán destinarse a otros fines.

Se requerirá preparar con antelación mapas y otros documentos, tales como formularios para la inspección; igualmente habrá que contar con formularios de evaluación del daño sísmico, similares a los utilizados en Montenegro, Yugoslavia (véase el Apéndice 7).

La existencia de un plan para emergencias reduce en gran medida los efectos de una catástrofe. Habrá que verificar el plan mediante simulacros de prueba. Pichard identifica cinco áreas importantes que requieren esmero: electricidad, incendios, vehículos, combustibles y preparaciones de antemano (véase el Apéndice 12).

Los simulacros de incendio deberán llevarse a cabo periódicamente, con la participación del cuerpo de bomberos local. Los ensayos frecuentes

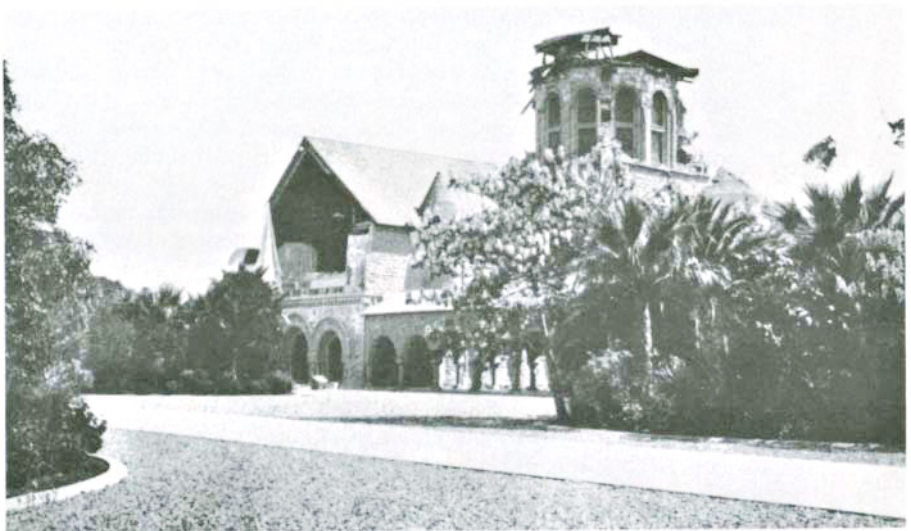


Fig. 8 Arriba: La Memorial Church de Stanford University, construida a un costo original de un millón de dólares. Abajo: El terremoto de 1906 demolió el fresco, que fue restaurado y el campanario que no se reconstruyó.

harán que tanto bomberos como moradores estén en estado de alerta y ayudarán para los otros simulacros de emergencia.

Los simulacros de operaciones de rescate en caso de sismos son de mayor alcance y deberán involucrar a todas las autoridades civiles y militares. Algo muy útil en estos simulacros es que el personal de diversas áreas de responsabilidad se pone en contacto, y juntos reconocen las necesidades específicas del patrimonio cultural. Debido a que hay cambios de personal, se sugiere llevar a cabo estos ejercicios con frecuencia, y que se centren en el rescate de personas, monumentos y bienes muebles. Los helicópteros jugarán un papel muy importante en el rescate; por ello debe tomarse nota de todos los lugares y vías de acceso adecuados para su aterrizaje.

Mantenimiento

La experiencia demuestra que los edificios bien conservados resisten mucho mejor que aquellos que no lo están; más aún: se estima que un 50% de los daños que ocurren durante un terremoto se deben a la falta de mantenimiento adecuado. Pichard (1984 : 38) subraya el valor de la mano de obra de buena calidad:

El mantenimiento adecuado y regular de los monumentos, conforme a los métodos aceptados para una buena conservación, resulta más importante en las áreas sísmicas que en otros lugares. La experiencia adquirida en diversos sismos demuestra que una albañilería adecuadamente reparada y mantenida, aunque no tenga armadura o refuerzos de protección, resiste con un mínimo de daño y, en ocasiones, sin daño alguno, mientras que edificios inmediatamente vecinos, con poco o defectuoso mantenimiento, se agrietan o derrumban. La importancia vital del mantenimiento requiere, ante todo, que se inspeccionen periódicamente los monumentos, tomando nota de todas las debilidades para remediarlas con la mayor brevedad posible.

Inspección

Casi tan importante como la necesidad de una legislación de protección y de contar con una documentación completa, es el requisito de una inspección regular, con informes oficiales sobre el estado de los edificios históricos. Dichos informes servirán de base para una estrategia de mantenimiento que tenga en cuenta el incremento de la resistencia a los sismos.

Los arquitectos e ingenieros requerirán de una capacitación especial para llevar a cabo estas inspecciones. Una vez adquirida la experiencia, podrán diagnosticar las causas de deterioro y recomendar medidas preventivas que reducirán significativamente el costo de preservar los

monumentos. En vista de la importancia de establecer estas inspecciones regulares con sus informes correspondientes, tarea administrativa básica para la conservación del patrimonio cultural, tratamos el tema por separado en el Apéndice 6.

Desde el punto de vista administrativo, es importante clasificar las tareas necesarias según el orden siguiente:

INMEDIATAS	:	para prevenir el daño a las personas.
URGENTES	:	para prevenir el deterioro acelerado.
NECESARIAS	:	para mantener la estructura (el edificio) en una condición a prueba de viento y de agua, como mínimo.
DESEABLES	:	para rehabilitar o mejorar el edificio, incluido su resistencia a los sismos.
EN OBSERVACION	:	para adquirir mayor información y establecer un diagnóstico correcto.

Educar al público

Es necesario educar al público en general acerca del problema sísmico. La reacción normal es esperar que no ocurra una catástrofe sísmica durante la vida de uno; no obstante, no existe la garantía de seguridad absoluta, y sólo se puede hacer una evaluación razonable del riesgo. Los edificios históricos son parte indispensable del sentido de identidad cultural y de continuidad de una comunidad; por tanto, es lógico otorgarles prioridad en la prevención de desastres. Le cabe al Administrador crear conciencia al público acerca del riesgo sísmico que corren estas estructuras.

Cada paso es útil pues permite ganar un tiempo precioso en esta tarea de salvaguarda. La medida más importante es establecer una estrategia de conservación e iniciar acciones que logren incrementar en lo posible la resistencia a los sismos cada vez que se emprendan trabajos importantes de reparación, remodelación o alteración.

Las normas o pautas dirigidas a los constructores locales habrán de incluir disposiciones destinadas a mejorar la construcción autóctona. Para mejorar la calidad de la edificación local, que da valor característico a nuestras ciudades y pueblos, es menester tomar medidas para la preservación de los métodos tradicionales de construcción.

Preservación de la artesanía constructiva tradicional

Sin la ayuda de mano de obra experimentada en las prácticas tradicionales de construcción, el arquitecto conservador se encuentra muy limitado. Y sin

embargo, la moderna tecnología constructiva, basada en la producción en fábrica y en el ensamblaje rápido mecanizado *in situ*, no colabora a preservar el cuidado constructivo tradicional requerido para conservar y reparar los edificios históricos.

Será necesario tomar disposiciones para preservar los distintos oficios y habilidades constructivas tradicionales. Cabe notar que el Japón, país con una importante historia sísmica, preserva estas artesanías locales como parte de su patrimonio cultural vivo. También se requerirá tomar medidas a fin de asegurar la disponibilidad de los materiales tradicionales necesarios; entre éstos, se hace cada vez más escasa la madera adecuada para las vigas estructurales.

Capacitación profesional

Todos los profesionales involucrados en la conservación de los monumentos y bienes muebles necesitan seguir un adiestramiento especializado. Ningún profesional puede resolver por sí solo, sin ayuda, los complejos problemas técnicos y culturales que inevitablemente suponen la consideración de varios niveles de riesgo y distintos niveles de intervención.

Los arquitectos e ingenieros tendrán que aprender a pensar dinámicamente, y a respetar los valores culturales de los monumentos. Los arquitectos deberán coordinar el trabajo de otros expertos, y hallar la propuesta "menos mala" desde el punto de vista del edificio histórico que, en última instancia, es su verdadero cliente. Los extremos -tales como reconstruir el edificio o no hacer nada frente al riesgo sísmico- habrán de evitarse; mediante el diálogo, cada profesional tendrá que modificar su actitud, hasta llegar a definir un diseño "óptimo".

Incentivos para el mantenimiento

Es importante reconocer que el dinero invertido en la reducción del riesgo sísmico generará en último término beneficios, ya que disminuye los daños y salva vidas. Pueden considerarse entre otros incentivos para el mantenimiento:

1. Los incentivos tributarios, tales como los que existen en los Estados Unidos. Con pocas modificaciones, pueden aplicarse a la mayoría de situaciones, conforme a lo establecido en la Carta de Venecia.
2. Ayuda para realizar la inspección del edificio y así fomentar el mantenimiento preventivo por los propietarios.
3. Subsidios para obras de reparación y mantenimiento, hasta lograr en el edificio, como mínimo, una condición de estanqueidad y de protección contra el viento, junto con una estructura integrada y una resistencia mejorada a los sismos.

4. El apoyo a organizaciones tales como el Dutch Monument Watch (Movimiento de Custodia de los Monumentos Holandeses) que realizan inspecciones y reparaciones. (El Movimiento de Custodia de los Monumentos Holandeses consiste de un taller móvil para primeros auxilios a las edificaciones; los miembros de este equipo están capacitados para efectuar reparaciones de techados, chimeneas, agujas y torres, y pueden informar si es necesario realizar trabajos de mayor envergadura que requieran el uso de andamios).

Los fondos ya sean públicos o privados- que se inviertan en aminorar el riesgo sísmico, a la postre redundan en beneficios, pues reducen los daños y salvan vidas.

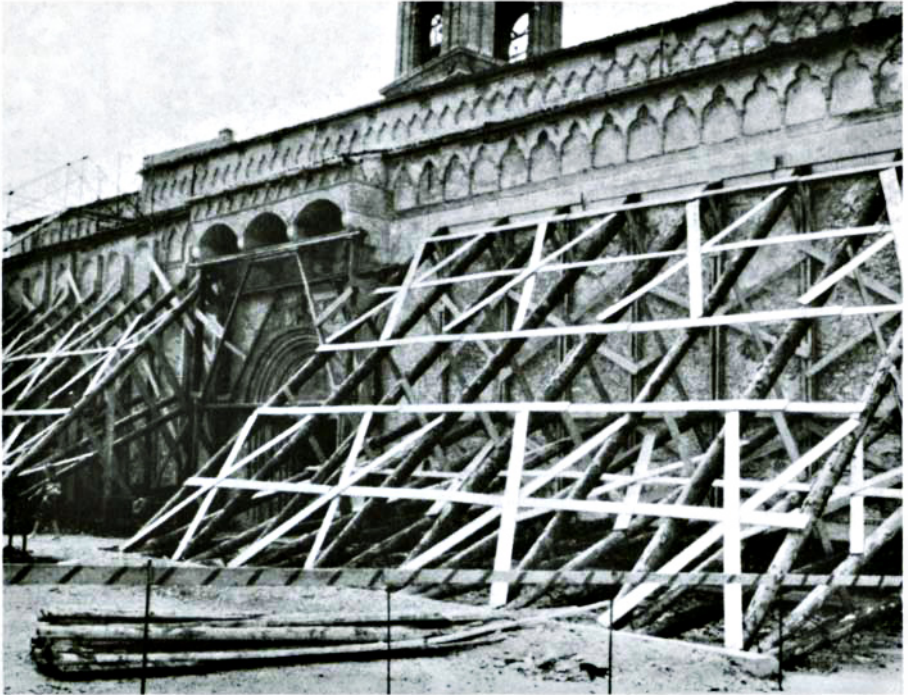


Figura 9. Exterior apuntalado de la pared de la catedral después del terremoto de 1976, Spilimburgo, Italia



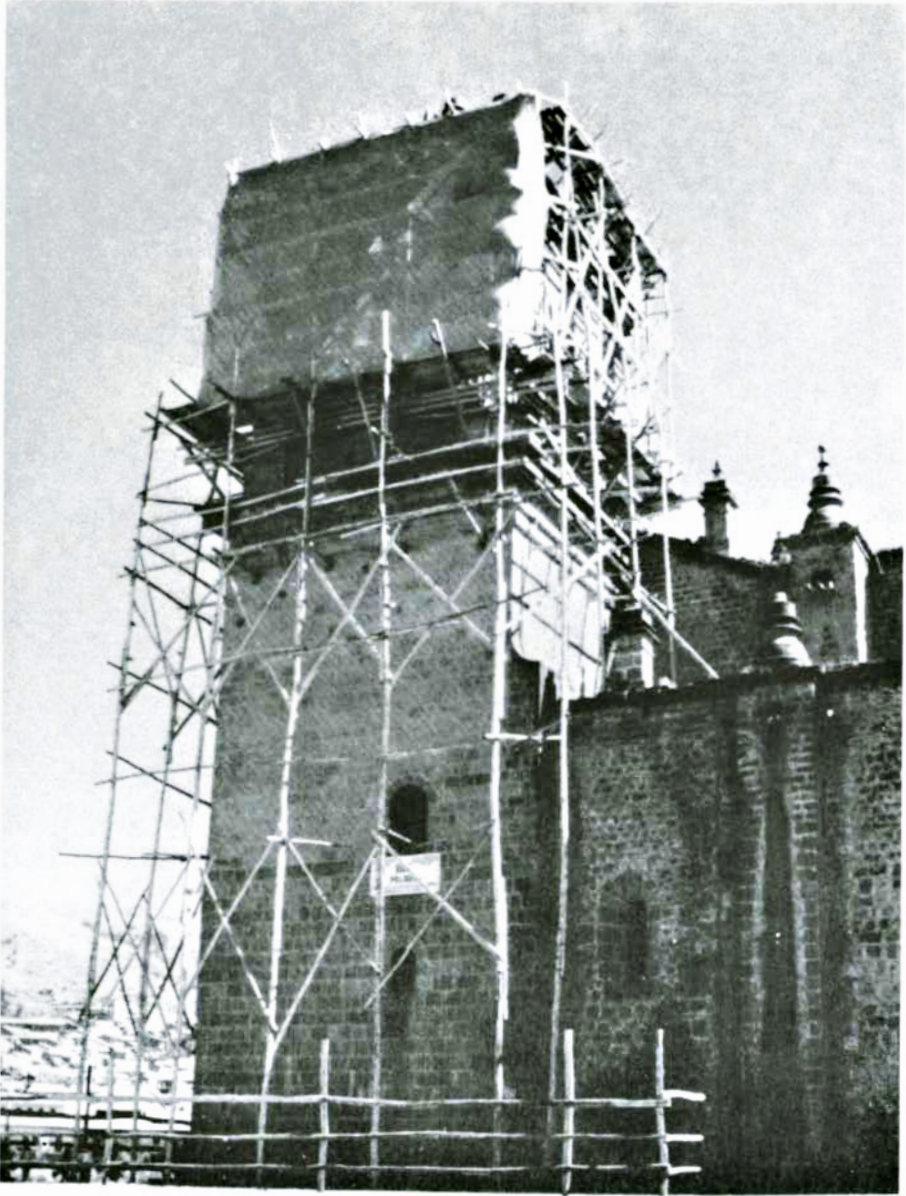


Fig. 10 Andamios alrededor de una torre en reconstrucción por daños ocasionados por el sismo de 1979 en el Cusco, Perú. La fase actual de reconstrucción durará, según se estima, veinte años: un período en el cual se espera por lo menos otro terremoto.

Medidas de Urgencia

Después de un terremoto se produce gran conmoción entre las personas. Obviamente las acciones prioritarias habrán de ser las de salvar vidas y evacuar heridos. Hay que luchar también contra los incendios, y evitar el pillaje; es necesario alimentar y albergar a los sobrevivientes.

En la situación de emergencia que se produce después de una catástrofe, los canales administrativos normales muchas veces cesan de funcionar. La responsabilidad recae entonces sobre las organizaciones de socorro, los militares y la defensa civil. Estas organizaciones poseen redes de comunicación y otros recursos que pueden operar de forma independiente, sin pasar por los trámites institucionales vigentes. Sin embargo, no existe todavía una tradición de cooperación entre las organizaciones de socorro para casos de desastre y las autoridades responsables de los bienes culturales. Por ello, es necesario que estas organizaciones de socorro incluyan directivas para las acciones de rescate que se realicen en los edificios históricos o en su entorno.

El plan de una institución deberá ser compatible con la operación total de rescate. El personal especializado, después de atender a necesidades propias y de su familia, deberá presentarse a su institución, con el fin de ayudar en las labores de rescate. Estas incluyen la inspección y evaluación de los daños, protección de objetos que podrían sufrir un daño ulterior debido a temblores posteriores, el recoger y guardar fragmentos rotos, el proteger contra el agua y prevenir las inundaciones debidas a rotura de cañerías, el traslado de objetos en el caso de que existan incendios cerca, etc.


Es necesario tomar medidas inmediatas para salvar los bienes muebles valiosos: éstos deberán rotularse y llevarse a un lugar seguro, determinado de antemano, para protegerlos del pillaje. Habrá que erigir cobertizos sobre los monumentos, especialmente aquellos que encierran obras valiosas.

Para evitar la confusión, habrá que establecer un punto central al que podrán acudir todos los voluntarios para tareas de conservación; así se evitará que sus esfuerzos se vean frustrados. El ICCROM podrá ayudar a

coordinar la ayuda internacional para la conservación, tal como lo hizo durante el terremoto de Friuli en 1976 y en 1966 en el caso de la inundación de Florencia. Las escuelas de arquitectura y los centros de conservación son una fuente importante de voluntarios.

Parte del síndrome del shock posterior al terremoto consiste en tomar parte en la destrucción de lo que queda. Son comunes los incendios intencionales, y sorprende ver con cuánta frecuencia se destruyen innecesariamente edificios históricos que podrían haberse salvado. En algunos países, las instituciones de conservación han logrado la cooperación de los militares para organizar las medidas de seguridad y la lucha contra incendios. La protección contra terremotos bien podrían añadirse a estas tareas en las zonas sísmicas.

Inspecciones de urgencia

Es esencial una inspección rápida de los daños. Las condiciones peligrosas deben asegurarse. Antes del desastre, los edificios históricos deberían estar marcados con el signo de protección de la Convención de la Haya. 

Un sistema de información para uso en operaciones de rescate fue establecido después del terremoto de Montenegro. Un código de colores, internacionalmente reconocido, se superpuso sobre mapas a gran escala, para indicar las categorías de daños. Presentamos a continuación este sistema:

Utilizable: verde

Grado 1 daño leve, superficial; virtualmente intacto.

Grado 2 daño superficial no estructural.

Grado 3 Daño superficial leve en la estructura.

Temporalmente fuera de servicio: amarillo

Grado 1 daño estructural en techos y tejados.

Grado 2 daño estructural grave en muros.

Inutilizable: rojo

Grado 1 daño estructural grave: peligroso pero capaz de reparación.

Grado 2 colapso parcial: techos y pisos.

Grado 3 colapso total; exige reconstrucción de muros, etc.

El gobierno yugoslavo ideó también un excelente formulario para dar parte de los daños (véase el Apéndice 7).

A menudo habrá dificultades en el exterior y peligro para realizar una inspección. En ese caso una unidad de fotogrametría móvil sería de gran ayuda para tomar medidas y hacer croquis sin peligro. Aunque esto es técnicamente posible, todavía no se ha desarrollado el equipo adecuado.



Fig. 11 Techo y campanario que sobrevivieron al sismo de 1976 en Gemona, Italia.

Protección de urgencia

Después de un terremoto, es vital la protección temporaria. Habrá que prestar primeros auxilios a los monumentos y bienes muebles. Será necesario establecer equipos multidisciplinarios de conservación para elaborar proyectos, conforme a lo indicado en el Capítulo II. Tendrá que aprobarse el presupuesto de cada proyecto, según las estipulaciones presupuestarias y las prioridades establecidas. Todo esto puede tardar meses o años, de ahí la importancia de las medidas temporarias. El uso de formularios normalizados ayudará en la codificación y el análisis de la información, haciendo más eficientes estas tareas.

Las prioridades de reparación se establecen en los altos niveles. Será necesario presentar proyectos y calendarios de ejecución al público, así como también ante comités de "legos" en la materia; en estos casos sirven los dibujos axonométricos y las maquetas.

Es esencial que los expertos en conservación arquitectónica actúen para evitar la demolición innecesaria de los monumentos y la remoción indiscriminada de material arqueológico. Además deberán tener la autoridad y los recursos suficientes para velar por la seguridad de los edificios, reforzándolos provisionalmente y apuntalándolos.

Para esta tarea se requieren arquitectos que tengan sólidos conocimientos de ingeniería, así como de los aspectos culturales. También habrá que capacitar a los ingenieros militares para las tareas específicas que son necesarias después de un sismo. Pero sobre todo, habrá que atender con urgencia los problemas estructurales.

La seguridad en las condiciones de trabajo requiere de una vigilancia atenta. Quienes trabajan en las obras deberán usar siempre cascos y máscaras contra el polvo. Si los alimentos perecederos permanecen mucho tiempo en los mercados o frigoríficos crearán riesgos para la salud debido a su descomposición, por tanto, se hace necesario el uso de máscaras antigás y de ropa protectora. Las ratas y otros animales pululan y dificultan aún más las difíciles tareas de limpieza. Parecido, pero aún más desagradable, es el riesgo cuando existe la costumbre local de enterrar a los muertos en nichos, pues éstos se desintegran y su contenido en descomposición se esparce por los alrededores.

Los puntales de acero ajustables mediante tornillos y las vigas de madera recobradas serán inapreciables para una rápida labor. Se precisarán con urgencia materiales para techar provisionalmente, además de pliegos de polietileno para proteger los objetos valiosos que no se puedan trasladar. Deberán protegerse contra la intemperie las pinturas murales y otras obras de arte que son parte integral de un edificio histórico; habrá también que reforzarlos estructuralmente.

Una vez que las ruinas presenten condiciones seguras, se invitará a los arqueólogos y arquitectos para inspeccionarlas, ya que podrán hacer hallazgos importantes en sus campos de especialización. Habrá que recurrir a las técnicas arqueológicas y establecer un plano reticulado para ubicar todas las piezas sueltas, que luego se almacenarán hasta el momento de la reconstrucción.

Los andamios tubulares, las grúas móviles (que sirven tanto para inspección como para remoción de vigas o trozos de albañilería desprendidos que presentan peligro), los gatos, alambres, sogas, cadenas y cables de acero con sus correspondientes aditamentos, tales como piezas esquineras y atirantadores, las vigas para apuntalar: todo esto será necesario en esta etapa, en la que también son de gran valor los vehículos de tracción en las cuatro ruedas. Después de documentar completamente el edificio, al empezar la restauración, se necesitará un taladro ligero; un generador eléctrico, cable de acero inoxidable en ramales, lechada de cemento, enchufes y materiales especiales tales como ceniza volante, coque líquido y resinas epóxicas. Todo esto además de los materiales de construcción tradicionales como piedra, ladrillo, arena, cal para enlucir, vigas de madera y tejas.

Los bienes muebles

Las obras de arte y otros bienes muebles deberán transportarse a una zona segura, situada fuera del área sísmica. Las pinturas murales y frescos podrán protegerse de urgencia mediante la aplicación de gasa quirúrgica, utilizando un adhesivo reversible apropiado; un experto en conservación podría recomendar el mismo tratamiento para otras obras. A menudo será necesario prestar "primeros auxilios" a los bienes muebles, y todo material orgánico tendrá que ser fumigado antes de almacenarse en un depósito. Después de fumigar, se procederá a consolidar y reensamblar los objetos. Después de un terremoto es esencial contar con un laboratorio de conservación muy espacioso, pero con equipo sencillo.





Fig. 12 Daños en un castillo. Terremoto de 1976, Artegna, Italia.

Después del Terremoto

En las zonas sísmicas, el reforzamiento de los bienes culturales significantes debe estar comprendido dentro de un programa general de mantenimiento preventivo. De ser posible económicamente, se hará al efectuarse otros trabajos importantes de reparación, tal como la renovación de tejados o reforzamiento de muros y cimientos. A menudo en las zonas sísmicas estas obras de reforzamiento se realizan al llevarse a cabo reparaciones después de un terremoto.

Los edificios históricos adecuadamente conservados tienen un grado bastante alto de resistencia a los sismos. Teniendo en cuenta que tanto los sismos como la reacción de las estructuras a éstos son impredecibles, lo más provechoso será estudiar y analizar los daños causados por sismos previos en esa localidad. Dichos estudios servirán de base para aplicar medidas futuras de reforzamiento, como parte de un plan general de mantenimiento de los edificios.

Daños causados por los sismos

Es importante considerar la compatibilidad de los varios elementos estructurales y tener a mano medidas estructurales alternativas posibles, para el caso de que fallen algunos elementos. Imaginemos, en el escenario siguiente, los daños que causa un sismo: primero empiezan a correrse las tejas en el tejado y se caen; las vigas débiles se parten y el maderamen del techo bate contra las paredes; los vidrios de las ventanas se quiebran y vuelan. Luego aparecen grietas en las esquinas, en los muros, en los puntos de tensión alrededor de los vanos y en bóvedas y arcos. La parte central de un arco o bóveda puede correrse hacia abajo, produciendo una cuña que quiebra y derriba la estructura. El techo y las partes de las bóvedas y cúpula caen adentro; las columnas vibran y se rajan, quebrándose al topar unas con otras. Los pináculos y torres rotan, se desplazan y colapsan; la fachada se abre. Si la construcción es buena la estructura se desintegra en grandes trozos o queda reducida a escombros si no lo es. En los edificios de arquitectura autóctona sencilla, las paredes frontales tienden a caer hacia la

calle y los techos aplastan a los ocupantes. Los estudios indican que los edificios de plantas cuadradas, circulares y octogonales parecen ser los más resistentes. Los de planta rectangular, en particular si son largos, pueden comportarse de diferentes manera en los lados opuestos, mientras que las alas y otros elementos salientes producen debilidad. Es muy común que los arbotantes resulten cortados de los muros.

Las causas principales de los daños son los desplazamientos relativos del suelo y las cargas de inercia que resultan de las aceleraciones del suelo. Los factores que afectan el comportamiento sísmico de un edificio histórico son su masa, rigidez, períodos de vibración (todos éstos afectan la carga); la capacidad de amortiguamiento; la geometría estructural; la continuidad estructural y la distribución de masa y resistencia. Los edificios históricos por lo general carecen de la ductilidad y de la continuidad estructural que pueden proyectarse en el diseño de edificios nuevos.

Procedimientos operativos

Después de un terremoto, tendrá que adoptarse procedimientos operativos acordes tanto con la ética conservacionista como con los principios de la intervención estructural. A continuación damos una lista de los aspectos que habrá que considerar:

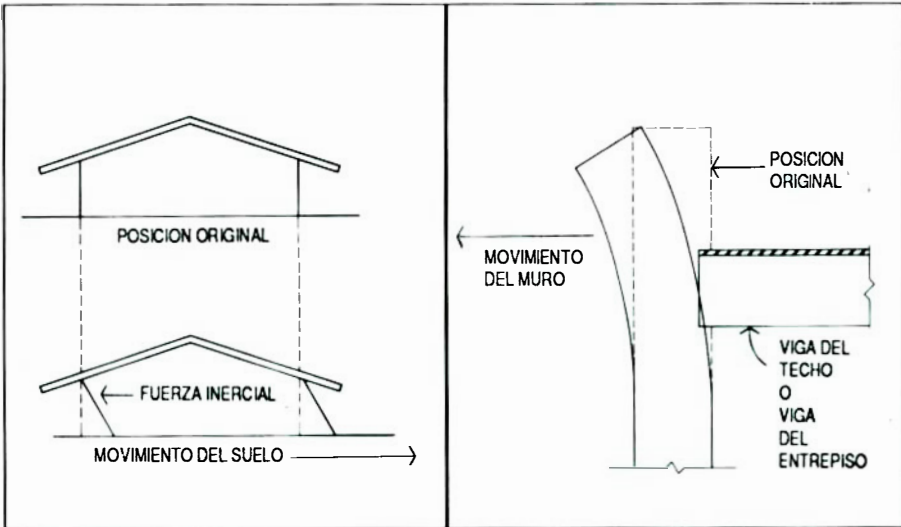


Fig. 13 Fuerzas sísmicas en edificios

Fig. 14 Falla estructural típica

1. Analizar los “valores” que contiene el edificio

Sociales	continuidad identidad espirituales-religiosos simbólicos
Culturales	arqueológicos arquitectónicos artísticos documentales históricos paisajísticos científicos urbanísticos
Usos	económicos funcionales políticos

2. Analizar el sistema estructural: ¿A cuántos terremotos ha sobrevivido la estructura? ¿Alguno de ellos ha sido mayor que de grado IX en la Escala de Mercalli Modificada? Estudiar las reparaciones y alteraciones hechas en el pasado, cuando sea posible.
3. Inspeccionar el edificio entero y sus alrededores. Anotar todos los defectos visibles.
4. Revisar las causas del deterioro: ¿son naturales o causadas por el hombre? El deterioro ¿es lento o rápido?
5. Determinar cómo está funcionando el sistema estructural: la totalidad, los elementos, los materiales.
6. Considerar el edificio en su conjunto y determinar qué otros profesionales deberán ayudar con sus investigaciones y consejos: ingenieros, especialistas en mecánica de suelos, especialistas en ingeniería de materiales, arqueólogos, historiadores de arte. Cabe señalar que los expertos que se requiere deberán inspeccionar el edificio conjuntamente.
7. Considerar nuevos usos potenciales del edificio. ¿Exigirán nuevos requerimientos estructurales? ¿Están de acuerdo con el edificio y sus valores?
8. Plantear todas las opciones alternativas de acción. Analizar las técnicas que permiten incrementar la resistencia a la tensión y a la tracción sin alterar la dinámica del sistema estructural, ya que podrían introducir nuevos efectos, posiblemente imprevistos.

9. Determinar cómo se evidencia en la estructura que son necesarias las medidas propuestas. Revisar el comportamiento pasado del edificio durante sismos anteriores.
10. Analizar las ventajas y desventajas de por lo menos dos tipos de acción posible, a la luz de la teoría conservacionista. ¿Se les está dando la prioridad que corresponde a los valores? ¿Perjudica el plan de acción las intervenciones futuras?

Tipos de edificios

Habrá que considerar dos clases de edificios históricos: 1. los de construcción moderna (en su época) construidos con materiales y mano de obra de alta calidad; 2. Los edificios autóctonos, hechos con los materiales disponibles localmente, y que cumplen con las necesidades climáticas de la manera más eficiente posible.

En la arquitectura autóctona pueden introducirse materiales que mejoren la resistencia y el “amarre”, pero un uso indiscriminado del hormigón armado puede resultar desastroso. El análisis del patrón de daños y fallas causados por sismos previos puede ser muy provechoso. Será necesario estudiar los defectos de esta arquitectura autóctona y proporcionar manuales para la construcción, con diagramas esquemáticos, a los constructores de la localidad.

Los edificios modernos son más complejos, y es imposible generalizar sobre ellos, ya que cada uno es único. Curiosamente, estos edificios pocas veces incluyen elementos de resistencia sísmica excepto algunas abrazaderas metálicas en la albañilería o riostras en arcos abiertos y cúpulas.

En la Escala de Mercalli Modificada aparecen cuatro categorías de construcción:

1. Albañilería, mortero y diseño adecuados (de buena calidad). Estructura armada, reforzada y unida lateralmente (mediante uso de hormigón armado, acero, etc.) y proyectada para resistir las fuerzas horizontales.
2. Albañilería y mortero buenos; estructura reforzada pero no proyectada para resistir las fuerzas laterales fuertes.
3. Albañilería y mortero ordinarios; no tiene debilidades extremas, tal como falta de arriostramiento en las esquinas, pero tampoco está reforzada para resistir fuerzas laterales.
4. Materiales débiles, tales como adobe; mortero y albañilería de mala calidad; horizontalmente débil.

Materiales

Mercalli es indebidamente crítico frente al adobe, que puede adquirir gran resistencia y durabilidad si se mezcla con paja larga o pasto resistente. El mortero de barro utilizado entre los adobes puede resultar el elemento más débil en estas construcciones.

Las estructuras de madera se consideran las más resistentes a los sismos, entre los sistemas tradicionales de construcción, a condición de que sus conexiones estén firmes, y la madera no esté deteriorada por hongos o insectos. No obstante, son vulnerables al fuego que a menudo se produce después de un terremoto. Habrá que considerar especialmente el uso de dispositivos autónomos de protección contra el fuego, tales como los que se han incorporado en las iglesias de madera en Noruega.

Las estructuras de albañilería se consideran, por lo general, menos resistentes a los sismos, a menos que se trate de albañilería reforzada. Los materiales utilizados –mortero y piedra o ladrillo– son rígidos y frágiles, con poca resistencia a tracción y estiramiento: por ello, son intrínsecamente poco resistentes a las fuerzas sísmicas. No obstante, la resistencia a los sismos de la albañilería, en tanto material compuesto, puede variar de buena a mala dependiendo de los materiales utilizados. La Escala de Mercalli Modificada pone gran énfasis –con justificada razón– sobre la calidad de la mano de obra en el edificio original. Además habrá que tomar en cuenta la historia clínica del edificio, incluyendo las reparaciones y restauraciones.

Comportamiento dinámico

La frecuencia dominante de la onda sísmica, así como la frecuencia natural del edificio y del suelo son factores vitales. La rigidez de la construcción en relación a las propiedades del subsuelo, deberá ser estudiada por un ingeniero experto en resistencia sísmica. El edificio entero vibrará a una cierta frecuencia (su frecuencia natural) debido a su forma y rigidez; si esta frecuencia es cercana a la del subsuelo, se produce una resonancia dinámica y el daño estructural resultante es mucho mayor. Las grietas y fracturas de la estructura cambiarán su frecuencia natural y aumentarán o aminorarán esta resonancia.

Los edificios históricos son en general rígidos, tienen períodos de vibración cortos y son más seguros si se encuentran en lugares “de período largo”. Las torres altas, así como las agujas y minaretes constituyen una excepción a esto, pues son relativamente flexibles y se ven más afectadas por las ondas largas.

Durante un terremoto violento, los elementos mal conectados actúan como arietes, oscilando de diferente manera. La experiencia demuestra que

un edificio de albañilería puede resistir unos pocos choques de gran intensidad, pero que la vibración de larga duración causa daños. Las primeras grietas que aparecen dividen la estructura en partes más pequeñas con características dinámicas propias, que vibrarán de maneras distintas y actuarán unas sobre otras, causando destrucción.

Estudio del edificio

Un edificio histórico puede haber sobrevivido ya a un cierto número de terremotos, lo que indica su resistencia. No obstante, ésta puede encontrarse debilitada. La falta de mantenimiento, las alteraciones sin criterio, la continua erosión de la resistencia, debido a un conjunto de causas entre las que se cuentan la contaminación ambiental y la vibración, tendrán como resultado un debilitamiento del edificio, cuyos efectos se van acumulando. Para contrarrestarlos, es indispensable llevar a cabo inspecciones periódicas y establecer una estrategia de reparación.

Sólo se comprenderá un edificio histórico si se estudia su historia, incluyendo la secuencia de su construcción, los detalles de las reparaciones y restauraciones previas, así como los sismos que ha padecido. Al realizar la inspección del edificio, se catalogarán las acciones necesarias como: INMEDIATAS, URGENTES, NECESARIAS, DESEABLES Y EN OBSERVACION (véase el Capítulo II).

Por lo menos habrá que comprender el comportamiento dinámico del edificio, y, de ser posible, habrá que comprobarlo colocando acelerógrafos en puntos significativos de la estructura para registrar el movimiento producido por las vibraciones ambientales o por vibraciones provenientes de vibradores especiales. Esto indicará qué partes tienden a separarse primero durante un terremoto. Habrá que tomar en cuenta también la concentración de tensiones de tracción en vanos (puertas y ventanas) para reforzar estos elementos. Es necesario verificar el amarre de la estructura (su conexión en pisos, muros cruceros y a nivel del techo).

Como mejorar la resistencia sísmica

El principio que guíe la reparación deberá ser el de restaurar e incrementar la resistencia sísmica del edificio, a fin de que éste absorba la energía sísmica y no se produzcan daños serios. Siempre habrá que respetar los principios de la buena conservación; habrá que tener en cuenta el carácter de los conjuntos monumentales y esto incluye su uso y ocupación. Nunca se recalcará demasiado el valor y la importancia de una documentación completa, como base para una restauración científica.

El reforzamiento estructural de los edificios históricos es un tema todavía no bien definido y que aún requiere de mucha investigación. (Se



Fig. 15 Arriba: una parte no anclada del edificio colapsa durante el sismo de 1983 en Coalinga. Fotografía de la derecha: el anclaje de las vigas de entrepiso estabiliza el muro.

dan algunas orientaciones útiles en el Apéndice 8.)

El reforzamiento antisísmico del sistema estructural se logra mediante el incremento de la resistencia sísmica y/o la ductilidad de ciertos elementos dentro del sistema estructural existente.

Miodrag Velkov (1985:2) afirma:

La solución para la reparación o el reforzamiento depende de muchos factores, tales como las condiciones locales de suelo y sismicidad, tipo y edad de las estructuras, grado y tipos de daños, tiempo disponible, recursos de equipo y personal adiestrado, requisitos de preservación y condiciones arquitectónicas, criterios económicos y la seguridad sísmica deseada. Las decisiones que se toman para reparar o reforzar el edificio constituyen una tarea seria y responsable en el proceso de revitalización de los monumentos dañados por un sismo.

Toda intervención, con la posible excepción del reforzamiento de los cimientos cuando existe supervisión arqueológica, causa alguna pérdida de valor cultural en el edificio histórico; por tanto, la mejor opción es la intervención mínima necesaria para responder a un riesgo aceptable. Esta decisión habrá de tomarla un equipo interdisciplinario que examine y evalúe las alternativas posibles.

Las recomendaciones finales del *Curso Internacional sobre Medidas Preventivas para la Protección de los Bienes Culturales en Areas Sísmicas* organizado por el IZIIS (Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismología de la Universidad Kiril y Metodij en Skopje), conjuntamente con el ICCROM, proporcionan algunas orientaciones útiles (Apéndice 9).

Normas para la construcción

Dado que el arte de proyectar estructuras resistentes a los sismos se halla aún en sus comienzos, la mayoría de las normas se basan todavía en gruesas simplificaciones, y utilizan cargas horizontales equivalentes y esfuerzos de corte basal como criterios de diseño para los edificios nuevos. Es opinión reconocida de los expertos que tales normas no deberán aplicarse a los edificios históricos de distintos tipos estructurales e importa subrayar que ningún edificio histórico deberá ser destruido o declarado fuera de servicio porque no cumpla (o no pueda cumplir) con la norma oficial vigente. Con un diseño apropiado y mediante técnicas especiales, estas estructuras pueden ser reforzadas. Muchos factores ausentes de la norma deben considerarse, muy especialmente el espectro sísmico directo del lugar.

Después de un terremoto deben analizarse las secuencias típicas de colapso, con el fin de rectificar los defectos de la construcción tradicional local. Las prácticas regionales se aceptarán si resultan adecuadas, pero si fallan habrá que mejorarlas mediante el uso de técnicas modernas.



Fig. 16. El arco de San Francisco en Antigua, Guatemala. Un esfuerzo por repararlo después del sismo de 1976.

Cada edificio histórico deberá ser inspeccionado, y su estructura meticulosamente estudiada individualmente. Como primer paso, es necesario conocer la historia de reparaciones previas y mantenimiento preventivo; después se aumentará su resistencia sísmica hasta donde sea práctico y económico hacerlo, conforme a un plan total de conservación que, razonablemente, pretenda prolongar la vida del monumento y reducir el peligro sísmico para sus ocupantes.

Debe tomarse en cuenta la secuencia en que han ocurrido los daños, cómo pueden extenderse, cómo prevenirlos en un futuro sismo. Rara vez hay una sola respuesta correcta para los problemas estructurales; así, deberán evaluarse las distintas opciones y costos. Cada edificio histórico debe tratarse como un problema especial; la estructura debe considerarse como un todo; de no ser así, las proposiciones parciales que se hagan para sus partes pueden resultar dañinas para el conjunto.

Los cimientos

Las ondas sísmicas se transmiten al edificio a través de los cimientos. Si estos fallan, los resultados serán desastrosos: por ello siempre será necesario estudiarlos. Si la napa freática es alta, el peligro de licuación del suelo es mayor; en ese caso habrá que considerar la posibilidad de drenar el terreno.

Si un edificio está construido sobre un horizonte inclinado o sobre suelo variados habrá que aplicar medidas especiales, tales como el uso de pilotes de largo variable en la cimentación para que el edificio entero se apoye sobre un estrato estable, no susceptible de licuación en caso de un sismo. Habrá que amarrar las cabezas de los pilotes con vigas horizontales y asegurarlos cuidadosamente a la estructura existente. En otros casos, será suficiente unificar las fundaciones con vigas en torno al perímetro. Para este trabajo el hormigón armado constituye el material más adecuado, a condición de recubrir adecuadamente las barras de acero para prevenir la corrosión.

Elementos arquitectónicos separados

Los cañones de chimenea altos tienen una vibración diferente a la del edificio y tienden a colapsar primero, causando daños y posible debilitamiento de partes vitales de la estructura. De ser posible, deberán reforzarse mediante una perforación vertical e inserción de amarras pretensadas; si están en malas condiciones habrá que reconstruirlos con refuerzos verticales firmemente anclados en el muro de abajo. Los elementos arquitectónicos como torres asimétricas deberán estar completamente separados de la estructura principal, dejando una huelga

que evite choquen entre sí. Las esculturas y ornamentos paisajísticos necesitarán también de fijaciones que los aseguren adecuadamente durante un terremoto.

Para evitar que las instalaciones mecánicas resbalen, se vuelquen o atasquen durante el sismo, será necesario mantener una huelga de 20 a 40 milímetros. Deberá asegurarse la flexibilidad de las conexiones de ductos y cables; sus fijaciones deberán ser lo bastante fuertes para resistir movimientos en tres dimensiones. Los conmutadores eléctricos de mercurio son peligrosos pues la vibración puede activarlos; los calderos de calefacción forrados con ladrillos refractarios también pueden sufrir daños. Los ductos y cañerías vitales, como los que llevan agua y electricidad a hospitales y bombas contra incendios necesitan de protección especial y deberán ser inspeccionados por especialistas.

Conexiones

El examen de los daños producidos por los sismos revela que la conexión de los muros en las esquinas es vital, junto con el amarre de los pisos y techos a los muros. La inserción de armaduras de tracción livianas, con algún grado de pretensión para conectar los elementos da a la albañilería del edificio histórico mayor resistencia sísmica, sin alterar su sistema estructural.

Los experimentos demuestran que los muros de adobe con cables diagonales pretensados anclados arriba y abajo tienen mucha mayor resistencia a las fuerzas dinámicas. En los edificios de adobe existentes se pueden agregar refuerzos diagonales de alambre de acero galvanizado, bajo la capa del enlucido de barro que se renueva normalmente. Estos alambres se anclan con pequeños elementos de hormigón armado en sus extremos.

Para las casas sencillas de dos pisos, de albañilería con mortero de cal, Kolaric (1977) recomienda colocar armaduras en ambas direcciones mediante el uso de amarras de acero de 16 milímetros de diámetro fijadas al envigado de piso y ancladas con placas de 150 y 150 milímetros y 5 milímetros de espesor que se empotran en los muros y se recubren con mortero. Deberá hacerse un refuerzo similar en el nivel del techo, donde habrá que poner especial cuidado en el anclaje de las placas del muro y el amarre de las vigas de techo, ya que el daño sísmico a menudo comienza en este punto. La caída de las pesadas tejas de cubierta y el colapso de las vigas de techo y entrepiso son una de las principales causas de pérdida de vidas. En general, esto precede o causa el colapso de los muros. La estructura de techumbre deberá incluir amarras diagonales que se pueden usar para apuntalar los muros de tímpano, y las tejas deberán sujetarse firmemente con tornillos o clavos inoxidable.

Elementos estructurales

La condición del mortero puede ser tan importante –y aún más importante– que la calidad de la mano de obra original. Un remedio común consiste en resanar, utilizando relleno de cemento y reemplazando el mortero defectuoso, pero en casos extremos el único camino será la reconstrucción. Se logrará reforzar considerablemente la albañilería de los edificios históricos empleando cal hidráulica en los distintos tipos de mortero de relleno. En casos especiales se justifica el uso de poliéster y resinas epóxicas como relleno, que resulta costoso, pero se puede utilizar cuando se trata de fisuras finas, explotando su poder de penetración. No se justifica para rellenar huecos grandes. Los muros de albañilería tosca enlucidos pueden reforzarse tal como en el caso del adobe, o bien aplicando una malla de acero en ambas caras, amarrando juntas las caras en distintos puntos a un metro de distancia unos de otros, y enluciendo encima.

El enlucido de los paneles de quincha o bahareque en las construcciones de madera puede fortalecerse con refuerzos de metal desplegado galvanizado aplicados en cada una de las caras y clavados a la estructura, si no están a la vista. Estos paneles también pueden consolidarse con rellenos de mortero de cemento.

Los muros transversales y los tabiques deberán anclarse firmemente a los muros principales. Los dinteles sobre las puertas y ventanas deberán extenderse por lo menos 400 milímetros más allá del vano, para dar suficiente protección. Si los vanos están dispuestos de manera que debilitan el muro, habrá que agregar cadenas largas de hormigón reforzado para dispersar la concentración de tensiones que ocurre en las esquinas.

Yacimientos arqueológicos

Los yacimientos arqueológicos ubicados en zonas sísmicas necesitarán de excavaciones especialmente conservadoras, a menos que estén protegidos por el respaldo de la misma tierra en la que se encuentran. Los monumentos constituidos por muros de piedra rellenos de tierra son particularmente vulnerables si la pega entre las piedras está en malas condiciones. De hecho, muchos yacimientos arqueológicos quedaron reducidos a escombros en el terremoto de Guatemala de 1976, porque quedaron expuestos a riesgos que no existían previamente a su excavación. La consolidación y reconstrucción de tales yacimientos puede resultar necesaria, en cuyo caso serán necesarios planos fotogramétricos y la numeración de las piedras en una elevación coordinada, como se hizo en Machu Picchu.





Fig. 17. Arriba: La cúpula de la biblioteca de la Universidad de Stanford poco antes del terremoto de 1906 en Palo Alto, California. Abajo: En vista de la amplitud de los daños sufridos, se demolió el edificio y no se reconstruyó.

PROTECCION CONTRA INCENDIOS DE LOS EDIFICIOS HISTORICOS

La protección contra incendios es esencial en los edificios históricos y se basa en el buen cuidado del edificio, así como en un entrenamiento que incluye simulacros de incendios y enseña el comportamiento adecuado en el caso de una emergencia.

El fuego no respeta los edificios históricos, ni los reglamentos y códigos de protección contra incendios o de reforzamiento antisísmico respetan el valor cultural y artístico del edificio. La meta de los bomberos es salvar vidas, la del conservador es prevenir el incendio y minimizar los daños del terremoto, lo que de hecho también protege la vida.

Las áreas más problemáticas en los edificios históricos son las siguientes:

1. Los materiales decorativos inflamables.
2. La acumulación de polvo y basura en los entretechos y lugares de almacenamiento.
3. Muros, pisos y puertas con deficiente resistencia al fuego.
4. Falta de separaciones y subdivisiones en el interior (por ejemplo, escaleras abiertas).
5. Salidas de escape inadecuadas, falta de puertas, pasillos y escaleras alternativos.
6. Falta de llaves maestras, cerraduras obsoletas.
7. Instalación eléctrica defectuosa.
8. Chimeneas defectuosas, con acumulación de grasa y hollín.
9. Cuidado, aseo y mantenimiento general deficientes.
10. Falta de contacto con las brigadas de lucha contra incendios y falta de ejercicios de simulacro de incendio.
11. Peligro causado por incendios premeditados, cigarrillos encendidos y operaciones de cocina.

La resistencia contra el fuego exigida en muros, pisos, techos y puertas dependen de la altura de un edificio y de su área. La legislación del Reino Unido exige las resistencias siguientes:

Altura	Area	Resistencia
Un piso	menos de 3,000 m ²	1/2 hora
7,5 m	menos de 500 m ²	1/2 hora
15 m	menos de 3,000 m ²	1 hora
28 m	3,000 a 7,000 m ²	1 hora
28 m	más de 7,000 m ²	1 1/2 hora

La distancia hasta la ruta de escape protegida más corta no deberá exceder más de 20 metros.

Al cambiar el uso del edificio de privado a público, a menudo habrá que incrementar la resistencia de elementos específicos. Esto puede precisar modificaciones de orden estructural, las que, al mismo tiempo, proporcionan la oportunidad para el incremento de la resistencia sísmica.

La reducción de la "carga de incendio", es decir, del material combustible, es una consideración importante. Con la asesoría de un conservador, deberá reducirse también la inflamabilidad del mobiliario. La potencial propagación del fuego dentro de una habitación deberá estudiarse, así como su posible extensión a otras habitaciones y pisos.

Los ocupantes deberán realizar ejercicios de simulacro de incendio en distintas horas del día o de la noche. Después de escuchar la alarma y reunirse, las personas capacitadas deberán luchar contra el fuego con extintores y mangueras, habiendo cortado previamente el suministro de corriente eléctrica para evitar electrocutarse. Las cañerías del gas deberán también cerrarse. Existe el peligro, durante un sismo, que se activen los sistemas rociadores de agua, lo que causará aún más daños.

Es necesario colocar los extintores en lugares estratégicos dentro del edificio, así como el punto central de congregación. En áreas sísmicas, este punto tendrá que estar especialmente reforzado para evitar el colapso. Existen extintores de varios tipos que cumplen funciones específicas; cada uno presenta ventajas y desventajas. Damos a continuación una clasificación general:

Agua:	Eficaz contra materiales sólidos, combustibles, como madera, cartón, tela. Peligroso para la electricidad y los líquidos inflamables.
Polvo seco	Usado en general; eficaz contra líquidos y sustancias inflamables. Produce menos daño al mobiliario, pero es difícil de limpiar después.
Dióxido de carbono	Esencial para instalaciones eléctricas. Util contra líquidos y gases inflamables. Peligroso para el usuario cuando se usa en lugares cerrados.
Espuma	Util contra materiales sólidos, combustibles y líquidos inflamables, como petróleo o aceite combustible.

Gas halón

Util contra incendios de todo tipo, salvo los de materiales livianos. Las falsas alarmas pueden ser muy costosas. El daño a los objetos valiosos es mínimo.

Los planos del edificio donde los bomberos puedan estudiar su construcción resultan muy útiles para ellos. La separación del edificio en compartimientos reduce el peligro de propagación del fuego, especialmente en el entretecho, con habilidad, se pueden incorporar en el diseño contra incendios el incremento de la resistencia sísmica del edificio.

Después de un sismo o de un incendio el restaurador deberá rescatar los objetos, y prepararlos para la fumigación y el tratamiento. Habrá que considerar los efectos nocivos que pueden tener la lucha contra el fuego. Así, después de haber recibido gran cantidad de agua, un edificio deberá ventilarse a fin de que seque su estructura y para prevenir un ataque de hongos.

Lista de control

Habrá que inspeccionar el local cuidadosamente, a fin de establecer y cumplir con normas razonables contra incendios. Las listas de control a continuación pueden ser un primer paso útil en una variedad de edificios. Habrá que cambiar o agregar lo que sea pertinente para cada local específicamente. La inspección se hará –según convenga– 1) al inicio de cada día; 2) a la hora del cierre del local o en la noche; 3) periódicamente: se realizan inspecciones a fondo, menos frecuentemente, pero a intervalos regulares.

Incendio premeditado

- Hay una vigilancia adecuada de local.
- Los desechos líquidos inflamables se mantienen lejos de los visitantes; las bodegas y almacenes son de difícil acceso para visitantes o paseantes.
- El personal eventual nuevo trabaja bajo supervisión.
- Las puertas, ventanas, cercos y rejas funcionan adecuadamente.
- El edificio y las entradas a él están protegidas contra intrusos al final de cada día.

Trabajadores

- Se ha adoptado el sistema de “pases de trabajo”.
- Está prohibido fumar en las áreas de peligro.
- Los sopletes, soldadores, cortadoras, las calderas de bitumen y otros procesos que requieren de calentamiento o quema de desechos sólo están permitidos por previo acuerdo.

- Eliminación o protección de elementos combustibles antes de empezar el trabajo.
- Procedimientos de inspección instituidos para detectar fuegos ocultos (rescoldos) después de finalizado el trabajo.
- Los extintores e instalaciones de alarma se encuentran a mano.
- Se ha explicado el procedimiento de lucha contra incendios a los trabajadores.

Instalación de calefacción

- Los cañones y pisos de chimeneas son adecuados y están en buen estado.
- Se limpian regularmente las chimeneas.
- No almacenar leña, desechos u otros materiales combustibles en la sala de calderas.
- Calderas a gas y a petróleo mantenidas regularmente.
- Válvulas contra incendios (en las calderas a petróleo) en buenas condiciones.
- Los materiales inflamables se guardan alejados de los radiadores.
- Hay chisperos o protectores colocados en su sitio.
- Aparatos portátiles de calefacción colocados en lugares seguros, lejos de puertas, cortinas, camas, muebles.
- Aparatos de calefacción a petróleo limpios y bien mantenidos se llenan fuera del local, en dependencias anexas alejados de las corrientes de aire cuando se encienden nunca se transportan encendidos.

Cocina

- Alertar a los cocineros acerca de:
 - los peligros de la grasa inflamada
 - no dejar la cocina mientras algo se fríe
 - cómo apagar la grasa inflamada
 - la necesidad de limpiar regularmente los extractores de humo

Equipos eléctricos

- Inspeccionar y comprobar el buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas cada cinco años.

- Desconectar y reemplazar equipos defectuosos.
- Cambiar cordones eléctricos gastados.
- No sobrecargar los circuitos.
- Colocar los materiales combustibles lejos de las luces.
- Contar con luces indicadoras de peligro en planchas eléctricas, mesas de carpintería, etc.

Generadores eléctricos

- Revisados y mantenidos regularmente.
- Petróleo y aceite almacenados lejos del edificio.
- No obstruir la ventilación.

Prohibición de fumar.

- Prohibido fumar en:
 - bodegas,
 - entretechos,
 - a seis metros del área de almacenamiento de petróleo,
 - otras áreas peligrosas.
- Colocar ceniceros para apagar cualquier colilla encendida.
- Colocar carteles de "No Fumar" donde correspondan.

Deshechos y Basura

- Mantener el local libre de deshechos y basura, en especial.
 - bodegas,
 - áticos y sótanos,
 - cuarto de máquina,
 - escaleras y debajo de las escaleras.
- Poner en lugar seguro la basura a la espera de ser recogida.
- Vigilar con cuidado cualquier quema de deshechos.

Salidas de escape

- Asegurar el paso libre a los medios de escape; dejar sin llave las salidas.
- Marcar claramente las salidas de emergencia.

Alarmas contra incendios

- Comprobar regularmente el funcionamiento de alarmas.
- No obstruir los detectores de fuego en lugares de llamada.
- Mantener regularmente los sistemas de alarma.

Equipos de extinción

- Mantener en posición extintores, mangueras enrolladas y baldes. No obstruir el acceso.
- Mantener una provisión de agua acumulada.

En caso de empezar un incendio

- Contar con instrucciones ya establecidas para el personal, en caso de descubrir un incendio o al sonar la alarma.
- El personal conoce estas instrucciones y sabe
 - cómo activar la alarma
 - cómo llamar a los bomberos
 - cómo usar el equipo de emergencia contra incendios
 - cómo evacuar el local
 - se llevan a cabo regularmente ejercicios de simulacro de incendio.

El último control por la noche o al cerrar el edificio

- En los edificios históricos la mayoría de los incendios ocurre en la noche, cuando duermen sus ocupantes. Es necesario verificar lo siguiente:
- Todo fuego abierto ha sido controlado, los sensores y protectores están en posición. Los calefactores, estufas, lámparas, etc. están apagados.
- Los televisores y otros aparatos que pueden desconectarse están desenchufados.
- Los calentadores de convección y otros no tienen nada encima que impida la libre circulación del aire.
- No quedan colillas de cigarrillos a medio apagar.
- Todas las puertas están cerradas.
- El edificio está adecuadamente resguardado contra intrusos.



LISTADOS DE COMPROBACION COMPUTARIZADOS

La conservación de los edificios históricos ha pasado, gracias a la planificación de la consideración de casos individuales a la administración de nuestros recursos culturales. Los criterios para establecer listas y registros han variado y aumentado a medida que ha ido cambiando nuestro conocimiento y nuestra experiencia práctica.

Las antiguas listas, que variaban entre ellas, creaban confusión administrativa. Hoy día tenemos la posibilidad de establecer listas compatibles computarizadas.

Con un sistema bien elaborado, será posible contestar inmediatamente las siguientes preguntas típicas:

1. ¿Quién es el propietario del edificio? ¿Está ocupado? ¿Quién lo ocupa?
2. ¿Quién construyó el edificio? ¿Cuándo?
3. ¿Quién fue el arquitecto? ¿Cuántas otras obras hay en la zona?
4. ¿Qué documentos referentes al edificio existen? ¿Dónde se encuentran?
5. ¿Cuáles son las características específicas del edificio? ¿Cuántos otros ejemplos de estas características existen en la zona? ¿Son similares a las del edificio en cuestión?
6. ¿Qué acontecimientos históricos se han desarrollado en el edificio o en torno a él?
7. ¿Ha sufrido alteraciones?
8. ¿Qué materiales se usaron en su construcción? ¿Requieren éstos de mano de obra o de técnicas especiales, tales como ensambles en las vigas de madera?
9. ¿Está sujeto a peligro el edificio? ¿Contaminación ambiental? ¿Tránsito?
10. ¿Cuánto cuesta su reparación y mantenimiento? (Subdividir en categorías las reparaciones: inmediatas, urgentes, necesarias, descables).
11. ¿Qué donaciones se recibieron en el pasado? ¿Se están haciendo los trabajos con estos fondos? ¿Hay promesas de nuevas donaciones?

Las respuestas a las preguntas pertinentes permitirá a la Administración planificar su política de conservación sobre la base de una información correcta y actualizada.

Las primeras ocho preguntas proporcionan datos valiosos a los arquitectos y planificadores. Además de las preguntas listadas, podrían añadirse otras nueve para los arqueólogos:

1. ¿Qué lugares o edificios corren peligro debido a que existen planes de construcción de carreteras, edificios u otras causas?
2. ¿Qué construcciones proyectadas afectarían a las zonas arqueológicas?
3. ¿Cuántos lugares en el área pertenecen a determinado período arqueológico?
4. ¿Cuántos lugares han sido catalogados?
5. ¿Cuántos lugares no lo han sido?
6. ¿En cuántos lugares hay protección?
7. ¿Qué lugares están protegidos por acuerdo agrícolas?
8. ¿Qué lugares están sujetos a robos y vandalismo?
9. ¿Cuál es la prioridad para excavar e investigar?

La cantidad de preguntas que podría hacer un historiador de arte es infinita. Una base de datos computarizada le ahorraría mucho trabajo tedioso; ésta en verdad representa una herramienta ideal para la investigación histórica, ya que –publicada o en otra forma– vuelve inmediata y ampliamente disponible la información.



LA FOTOGRAMETRIA Y LOS SISMOS

La técnica fotogramétrica puede tener un valor inapreciable para hacer el registro o inventario en las zonas sísmicas. En primer lugar, sirve en el sentido convencional para establecer un archivo con el inventario de los recursos culturales que podrían verse afectados, bastante antes de que suceda la catástrofe. Pero tiene también otro valor, y es que puede utilizarse inmediatamente después de un terremoto para documentar, muy rápidamente, las estructuras parcialmente destruidas, así como aquellos monumentos que será inevitable demoler debido a la importancia de sus daños. Y todo esto se hace sin acercarse a la estructura.

Antes de proceder a consejos específicos sobre la aplicación de la fotogrametría en estos casos, ofreceremos algunos antecedentes para quienes desconocen esta técnica. La fotogrametría es la ciencia de la medición a partir de la fotografía. El principio del método puede describirse en términos geométricos sencillos: si en un triángulo se conocen dos ángulos y la distancia entre ellos, podemos calcular las coordenadas del tercer punto. El principio se usa ampliamente en la topografía convencional, donde con un teodolito se miden los ángulos hacia un punto desde los extremos de una base conocida. Una cámara fotográfica también puede actuar como el teodolito. El punto central del lente de la cámara corresponde al eje de rotación del teodolito. Así, cualquier punto grabado en una fotografía por un rayo de luz que atraviesa el centro del lente de la cámara define un ángulo horizontal y vertical. Si tomamos dos fotografías de un objeto, con una distancia base conocida, tenemos suficiente información geométrica para definir las coordenadas de los puntos en el objeto.

Dos piezas de equipo son necesarias para que este proceso se transforme en la ciencia exacta y precisa que es la moderna fotogrametría: primero, una cámara cuidadosamente construida de manera que sus características geométricas son definidas, y que se denomina "cámara métrica"; y segundo, un instrumento de estéreo-restitución, o "estéreo-trazador", en el cual se coloca el par de fotografías y del que podemos subsiguientemente obtener las medidas necesarias.

La aplicación general de la fotogrametría es algo bien establecido y de uso regular en muchos países. El procedimiento se utiliza normalmente para proporcionar dibujos lineales de elevaciones de fachadas para la renovación o conservación de edificios, y para crear un registro o archivo del material existente. En las regiones sísmicas es particularmente apropiado considerarlo para fines de registro e inventario. Al establecer un archivo, no es necesario hacer

inmediatamente la versión gráfica; los negativos fotográficos y las mediciones asociadas para dar la escala y referencias constituyen el registro primario. La parte más larga y costosa (producir los dibujos lineales) puede posponerse de manera indefinida, sabiéndose a ciencia cierta que en el caso de una catástrofe los registros fotográficos pueden ser analizados y medidos.

Documentación fotogramétrica

La fotogrametría proporciona así la manera quizás más segura y mejor de registro de los monumentos. No obstante, no debe considerarse como algo aislado, sino formando parte de una política de documentación en las zonas sísmicas. La fotografía convencional, los detalles de la arquitectura hechos a mano alzada, la preparación de planos y cortes, el registro escrito y el análisis de los materiales son parte importante del registro total. Sin embargo, cuando el tiempo y los recursos son limitados, se considera que la documentación fotogramétrica deberá ser una parte fundamental del registro primario. Sólo los expertos en una cultura determinada podrán decidir qué debe registrarse, y con cuánto detalle pero en general un archivo tendrá mayor valor si posee la estéreo-cobertura de muchos edificios en lugar de tener un registro completo para sólo unos pocos.

Pero aún con la fotogrametría, habrá que tomar una decisión equilibrada en cuanto a qué técnica utilizar, y con cuánto detalle. Para los edificios más importantes, como catedrales, palacios, castillos y otros que se consideran de valor irremplazable dentro de una cultura, deberá hacerse un estéreo-registro completo. De ser posible, habrá que documentar todas las fachadas o superficies, sin asumir que sean repetidas o regulares. La meta es crear un registro definitivo, en un sentido arqueológico, en el que se consigne hasta el detalle más pequeño. No habrá que olvidar los interiores y los cielorrasos, especialmente en las iglesias y salas principales de los edificios importantes. Para una segunda categoría de edificios, las normas serán menos exigentes: las escalas fotográficas serán más pequeñas, se harán menos mediciones de control, se asume la repetición de elementos. Para una categoría aún menor de construcción (es decir, las edificaciones de una calle común y corriente) se puede recurrir a un procedimiento menos costoso, llamado fotografía rectificadas. Siendo éste un proceso fotogramétrico, no utiliza sin embargo la estéreo-fotografía, sino que se basa en fotos tomadas directamente sobre la fachada e impresas a escala. En conclusión, un archivo fotogramétrico elaborado según estos principios será un registro invaluable de los monumentos de un país o una región. Si el archivo puede constituirse junto con un programa, aunque sea pequeño, de trazado de diseños, los conservadores y otros involucrados en la renovación de los edificios hallarán en la fotogrametría una contribución muy positiva al mantenimiento y conservación de los monumentos.

Lamentablemente, hay que aceptar lo inevitable: en algún lugar, en algún momento, ocurrirá un sismo allí donde el registro de los bienes patrimoniales es

inadecuado o no existe. En estos casos, la fotogrametría es el *sine qua non* de las técnicas de registro debido a las cuatro siguientes razones: la cantidad de información que encierra un estéreo-par de fotografías; la rapidez con que se pueden obtener los estéreo-registros; la relativa seguridad con que se obtienen las fotografías y finalmente, a partir de estas fotografías, esta técnica proporciona dibujos lineales exactos y rápidos, que serán invalorable para el análisis estructural del monumento. En caso de demolición, queda un registro, aunque sea parcial, de lo que allí había. Si puede ser salvado el edificio, existe un levantamiento (obtenido sin riesgo) que será vital en el proceso de reconstrucción.

Gracias al uso de computadores digitales, se han logrado grandes avances en fotogrametría. Es importante por ello recurrir a quienes estén al día cuando se quiere aplicar la fotogrametría. El CIPA (Comité Internacional para la Fotogrametría), conjuntamente con el ICCROM, han estudiado en años recientes la aplicabilidad de esta técnica. Ambas organizaciones estuvieron activamente involucradas en la documentación de la comuna de Venzona, luego del devastador sismo que tuvo lugar en el norte de Italia en 1980 y, desde entonces, han estudiado los problemas de orden más general. El CIPA puede asesorar sobre políticas de documentación para archivo, así como para casos de urgencia; se le puede contactar por intermedio de la sede de ICOMOS en París.

Una guía para los levantamientos fotogramétricos

Esta guía explica paso a paso los detalles del proceso de registro y los intereses periféricos donde existe concordancia entre tales. Aconseja acerca de los mejores procedimientos para circunstancias particulares y subraya tanto las ventajas como las limitaciones inherentes a los distintos sistemas. Al final se da una lista de verificación (check-list) que puede ser la base de la comunicación entre el cliente y el usuario.

Definiciones

Estereofotogrametría es el proceso en el que el detalle arquitectónico se obtiene de un "estéreo-par" de fotos. Estas fotografías por lo general se toman con cámaras métricas especiales, y el trazado se hace utilizando una máquina estereotrazadora del tipo que deriva de la aerofotografía. El producto más común de este proceso es un dibujo lineal de la fachada, que muestra varios niveles de detalle y presenta un gran nivel de exactitud.

Fotografía rectificadas constituye otro proceso proveniente de la fotografía aérea. Las fotos se toman de preferencia paralelas a la fachada y luego se imprimen

exactamente a un nivel predeterminado. Si hay inclinación, se corrige en la etapa de impresión. La ventaja de este proceso es que se obtiene una imagen fotográfica a escala. La desventaja mayor es que cualquier "profundidad" en la fachada induce a errores de escala y desplazamiento, lo que impedirá hacer mediciones exactas a partir del producto.

Mediciones manuales se refieren a todo proceso de medición en una fachada que no incluye las principales mediciones o el registro que se deriva de la fotografía. Tradicionalmente se medía usando cuerda, plomada y nivel. Hoy existen instrumentos modernos de medición, tales como los equipos electrónicos de medición a distancia, que resultan invaluable para revelar la estructura. A pesar de que estas notas se refieren a las mediciones fotográficas, habrá que tener en cuenta la posibilidad de usar técnicas de medición manuales: en una fachada simple o para un problema sencillo, resultarán más rápidas y baratas.

Tipos de levantamiento y documentación

Hemos identificado las áreas principales en las que es aconsejable el recurrir a la fotogrametría. En cada caso damos las ventajas y desventajas de su aplicación:

1. Documentación de las estructuras para archivo. Serán utilizadas para establecer un archivo histórico o bien se recurrirá a ellas antes de una demolición o alteración importante. Pueden ser necesarios los trazados, pero una alternativa es realizar solamente la estéreo-fotografía y archivarla, sabiendo que se podrán preparar los trazados de las elevaciones cuando se requiera.
2. Investigación histórico-arqueológica. Se realizan planos de planta y elevaciones para analizar los edificios históricos, con detalles finos e información detallada acerca del tipo de piedra o morteros utilizados, etc. Para este caso, los dibujos fotogramétricos a escala 1:20 parecen ser los más adecuados.
3. Análisis del material. Para planos y levantamientos hechos en vista de una reparación, sirven como registro del estado actual del material y estructuras, y constituyen una herramienta muy útil para decidir sobre el tipo de reparación adecuada. Por ejemplo, para el caso de la piedra muy dura, la fotografía rectificadora será lo mejor. Para edificios de sillería (piedra sillar) con variación de "profundidad", la fotogrametría será más indicada.
4. estructural durante la inspección periódica. Para planos estructurales en los que se registra información procedente de otras técnicas de levantamiento. Para la documentación rápida en casos de urgencia. Serán necesarios los cortes transversales y horizontales, así como las elevaciones. Los planos fotogramétricos (o las coordenadas, solamente) se requerirán en estos casos. Cabe señalar, sin embargo, que si se están investigando movimientos

estructurales de menos de 5 milímetros (0.2 pulgadas), la fotogrametría resultará un método demasiado costoso.

5. Como herramienta de planificación. Para el análisis del ambiente urbano, incluyendo registro de las calles, alineamiento de elevaciones a escala y relación entre edificios nuevos y antiguos. En este caso también puede bastar la fotografía rectificadora, pues se aceptan bajos niveles de exactitud. Además, la cobertura fotogramétrica en calles estrechas puede resultar muy costosa.

Productos

La información puede guardarse y mostrarse de varias maneras: una de las ventajas de la fotogrametría es la flexibilidad que ofrece.

a) ¿Es necesario en realidad un trazado? En algunos casos, bastará con tener sólo el registro estéreo-fotográfico. En casos en que se requiere registrar lo que existe, para archivo, o si existe la posibilidad de que surjan problemas legales, o si simplemente se quiere estudiar la superficie y no se requieren dibujos, las estéreo-fotografías solas son de gran valor.

b) Un dibujo lineal producido por fotogrametría es quizás el producto más común. Se pueden dibujar distintos niveles de detalle; se pueden hacer trazados generales, omitiendo detalles al trazar.

c) La fotografía rectificadora proporciona una imagen fotográfica, pero carece de exactitud. Puede presentarse como impresión directa, hecha con bromuro, lo que da excelentes detalles pero tiene problemas de reproducción. Otra alternativa consiste en imprimir la imagen sobre una película transparente que luego se colorea delineándola.

d) Un compuesto de dibujo fotogramétrico y fotografía rectificadora en sobreimpresión puede dar muy buen resultado. En un edificio de ladrillo, por ejemplo, resultaría muy costoso dibujar cada ladrillo y todavía así no serían evidentes las variaciones en la albañilería. Pero el conocer las deformaciones es algo importante, y aquí el "compuesto" puede ser la solución.

e) El dibujo lineal fotogramétrico hoy día puede "digitalizarse" fácilmente: el resultado es una cinta magnética. Mediante los sistemas CAD y CAM (diseño por computadora y fabricación por computadora), cada día más utilizados, el uso de estos productos irá en aumento. El cliente, sin embargo, tendrá que clasificar los datos según categorías de diferentes características: por ejemplo, elementos principales arquitectónicos, juntas de la piedra, detalles de ventanas, etc., a fin de que la presentación resulte más útil.

Interpretación

El conocimiento del detalle arquitectónico que posea el operador del estéreo-trazador, y su percepción de ese detalle cuando lo vea en la máquina trazadora, afectarán el producto que se reproduce sobre el papel. El nivel de detalle

puede también cambiarse o enmendarse según el tipo de dibujo requerido. Por ejemplo, un edificio medieval con decoración irregular requerirá de más detalle que una elevación clásica donde el detalle se ordena en base a una simetría. Habrá que definir si es preciso dibujar cada detalle.

Presentación

Los productos de la fotogrametría se presentan de diferentes maneras. El dibujo realizado directamente desde el trazador se llama trazado a máquina y por lo general tiene una apariencia plana mecánica, ligeramente inacabada. El producto puede entregarse tal cual, pero muchos clientes requieren que los “detalles escondidos” se completen. En esta etapa, a través del dibujo hecho a mano, se puede dar mayor realce a los elementos principales.

Los distintos sistemas de trazado fotogramétrico pueden presentar una apariencia diferente en el dibujo. El trazado en línea continua produce el registro más completo y detallado; el sistema de dibujo por puntos lleva a una generalización de las características, pero sin duda resulta más barato producirlo.

Establecimiento de escala y referencia

Parte importante del trabajo de planimetría es el establecer la escala y el plano de referencia. Esto se conoce en general como el “control”. La técnica empleada no interesa realmente al cliente, pero sí es importante establecer si el “control” resultará en puntos coordinados tridimensionales o no. Los métodos más simples, donde se utiliza “cinta de medir y nivel”, no tienen este resultado. Los puntos coordinados en general resultan en una mayor exactitud y permiten la elaboración de cortes horizontales y verticales.

Tipos de cámaras fotográficas

Para la fotogrametría es necesario contar con una cámara llamada “métrica”. Estas cámaras tienen lentes que no distorsionan y las construyen expresamente los fabricantes de instrumentos fotogramétricos. En este caso tampoco necesita el cliente conocer el tipo exacto de la cámara utilizada, pero si se trata de trabajos para archivo, es cierto el axioma; “cuantos más centímetros cuadrados, mejor”.

Para la fotografía rectificadora no hace falta una cámara métrica, pero también puede utilizarse.

Exactitud

La exactitud que se logra con el proceso fotogramétrico puede sorprender a un lego en la materia. Esto se ilustra de manera muy vívida en referencia a la fotografía

aérea: en las fotos tomadas a 1,500 pies (500 m) la altura de los puntos en tierra puede determinarse hasta dentro de un rango de 3 pulgadas (7.5 cm). Mediante el dibujo fotogramétrico es fácil lograr una exactitud del orden de + 1 a 1.5 centímetros (0.4 a 0.6 pulgadas) en una escala 1:50. Esto corresponde al espesor de la línea y significa que todas las medidas tomadas (de la película de poliéster suministrada) serán tan exactas como las que se pueden medir con un escalímetro ordinario. No obstante, la exactitud que se obtiene es función de la escala de la fotografía original. Por lo tanto las fotografías tomadas a escala promedio para un trazado a 1:50 no pueden ser "agrandadas" para obtener exactitudes de 1 o 2 milímetros, como podría requerirse para el caso de una dimensión crítica, como el ancho de la apertura de una ventana.

Restricciones de operación

Una de las ventajas de la fotogrametría también puede ir en su contra: este método de documentación "sin contacto" no requiere de andamios y en general es más seguro... pero si hay cualquier obstrucción entre la fachada y el punto de toma óptimo para la foto, habrá dificultades. Si hay árboles o vehículos delante de la fachada, partes de ésta se oscurecerán. No obstante, excepto en casos extremos, la experiencia nos demuestra que puede registrarse una mayor porción de la fachada de lo que piensa el cliente. La ubicación de la cámara en un lugar adecuado, las fotos "oblicuas" y las plataformas aéreas, todo ayuda a resolver el problema del registro de áreas escondidas.

Rapidez de producción

Obviamente éste será un factor de interés para el cliente: si bien los productos fotogramétricos en general se elaboran más rápidamente que las planimetrías y levantamiento hechos a mano, comparables en exactitud y detalle, no se producen de la noche a la mañana. Como guía general, un día de trabajo en terreno, en condiciones normales, puede resultar en 8 a 12 estereomodelos, más las mediciones de "control". Esto cubriría, digamos, la fachada anterior y posterior de un edificio con un frente a la calle de 30 a 40 metros (90 a 120 pies). Es más difícil determinar el tiempo que toma hacer el trazado: una fachada londinense sencilla, de ladrillo, podría trazarse en 3 a 5 días. Si la misma fachada fuese de sillería de piedra, muy ornamentada, podría demorar de 10 a 15 días. La comprobación en terreno y el completar el diseño podrían requerir uno o dos días adicionales.

Entrega

Al encargar un trabajo, el cliente deberá establecer con el ejecutor del levantamiento la cantidad de datos que desea recibir con los dibujos. Esto afectará el costo total del

trabajo. Por ejemplo, un cliente podrá requerir fotos impresas, o negativos de dibujos para archivo, o ampliaciones selectivas de levantamientos específicos para mejorar la información en su banco de datos. O podrá querer obtener datos de control (interpretados y no sin elaborar) para poder archivarlos. Será necesario, por último, establecer quién tendrá los derechos de autor del estudio fotogramétrico.

(por Ross Dallas de la Unidad Fotogramétrica del Institute of Advanced Architectural Studies de York University, y John Fidler del English Heritage).



LA PLANIFICACION PARA LA PROTECCION DE INSTITUCIONES CULTURALES Y SUS COLECCIONES

Pocas bibliotecas, museos o sociedades históricas tienen la previsión de elaborar un plan para hacer frente a un desastre. Esta catástrofe bien puede no ocurrir jamás y según las leyes de la probabilidad, les tocará a otros. Sin embargo, lo cierto es que las instituciones sí sufren daños debido a incendios, inundaciones y otros fenómenos naturales y de no existir un plan para esas emergencias, la pérdida sufrida será mayor de lo necesario. Las consideraciones siguientes podrán servir a la elaboración de un plan para situaciones específicas.

Seguros

Es necesario cerciorarse de que la cobertura del seguro sea total y cubra por entero la colección, el equipo, el local, además del mobiliario de oficina, recuperación de archivos, costos de reubicación temporal y la infinitud de gastos incurridos para volver a lograr el *status quo* existente antes del desastre.

El primer paso al planificar consiste en contactar a un agente de seguros que podrá ayudar a proveer la cobertura para todas las actividades y bienes de la institución. Podrá recurrirse a algún representante local de las compañías de seguros, o a organizaciones tales como The American Library Association, The American Association of Museums, The American Association of State and Local History u otras organizaciones pertinentes.

Será esencial trabajar con un experto en seguros, pues pocos museólogos o bibliotecarios conocen la complejidad de una cobertura adecuada. El tipo de registro o inventarios requeridos para estimar daños o pérdidas en caso de hacer valer el seguro es sumamente preciso y los detalles en que se basa una reclamación deben estar muy bien documentados si ha de llegarse a un pago adecuado. Los registros deberán indicar la fecha de adquisición, procedencia, costo inicial, valores actuales de reemplazo y otros datos de los que se dispondrá así inmediatamente, pues no habrá tiempo después de una catástrofe, para ocuparse de esto detalladamente cuando se está luchando por mantener el servicio y restaurar la colección.

La póliza de seguros debe tomar en cuenta no sólo los costos de reposición, sino también los de restauración. Se puede estimar un monto para la reposición de un

diccionario común y corriente, pero ¿Cuál será el costo de reposición o el factor de pérdida si se destruye un folleto del siglo XIX o una copa veneciana de factura única? ¿Cómo calcular el valor del tiempo que pasará el personal para reemplazar un catálogo de la colección dañado o destruido, o en reconstruir archivos e inventarios?

Conservar y mantener la documentación de colecciones

Los registros de ingreso, las fichas del inventario y los catálogos de la colección figuran entre los bienes más valiosos que posee una institución; a veces resultan más importantes después de una catástrofe que los objetos mismos que representan. Al ocurrir un desastre, no podrá hacerse un inventario adecuado de la reclamación por pérdidas si no está disponible la información adecuada. Esta deberá incluir la descripción completa del objeto, incluyendo tamaño, condición, fecha de adquisición, procedencia o costo original, valor actual de reposición (esto último puede ser útil para reajustar la cobertura si el valor aumenta, o cuando se trate de deshacerse de los duplicados). Para los libros habrá que consignar el número de páginas, número de planchas de ilustración, (especificar si en color o blanco y negro) y toda otra información pertinente.

La documentación no sólo debe mantenerse completa y actualizada, sino que debe estar disponible, lo que implica mantener duplicados. Un catálogo exhaustivo no servirá de nada si la única copia se destruye durante la catástrofe. Todas las fichas deberán guardarse en un microfilm; copias de éste se depositarán muy lejos de la sede de la institución, de manera que no se pierda también. No es suficiente depositarlas en un banco si éste se encuentra en la misma zona sujeta a catástrofes: la documentación de colecciones podrá guardarse en la zona, pero el microfilm principal deberá depositarse preferentemente en una bóveda especial para archivos, donde haya control de humedad. Hay empresas comerciales que mantienen estos depósitos y en general pueden también duplicar microfilms. Para mayor información, dirigirse a la National Microfilm Association.

Después de haber microfilmado todo el inventario, habrá que proceder, cada año, a filmar las nuevas documentaciones para completar el registro total. A menudo esto supondrá mantener fichas de ingreso en duplicado que luego podrán filmarse a fines de año. Se recomienda volver a filmar el registro total periódicamente (cada cinco o diez años), para tener así un archivo duplicado de la documentación general que reemplace al original y a los cinco o diez ficheros anuales complementarios.

(por John H. Martin, ed. *The Corning Flood: Museum Under Water*, Corning, New York, The Corning Museum of Glass, 1977, p 54).



LA ESCALA DE INTENSIDAD SISMICA DE MERCALLI MODIFICADA

I	Imperceptible	No se percibe. Sólo lo registran los sismógrafos.
II	Muy ligero	Se siente en los pisos superiores y sólo lo perciben las personas que están quietas.
III	Ligero	Se siente en el interior. Vibraciones parecidas a las que produce un camión liviano al pasar.
IV	Moderado	Se mecen los objetos colgantes. Vibraciones como las que produce un camión pesado, o una sacudida como la que ocasiona un objeto pesado que golpea contra la pared. Los autos estacionados se mecen como un balancín. Ruidos de ventanas, puertas, vajilla.
V	Bastante fuerte	Se siente en el exterior. Despierta a las personas que duermen. Los objetos pequeños no sujetos se desplazan o se vuelcan. Las puertas se abren y cierran. Las contraventanas y los cuadros se mueven. Los relojes de péndulo se paran y caminan o cambian su ritmo.
VI	Fuerte	Es difícil caminar. Las ventanas, vajilla y vasos se quiebran. Los muebles se mueven o se vuelcan. Aparecen grietas en el enlucido frágil y en los materiales

de construcción tipo D. Tocan solas las campanas de iglesias y colegios.

VII Muy fuerte

Lo perciben el conductor de un auto y sus pasajeros. Los materiales tipo D sufren graves daños. En algunos casos aparecen grietas en materiales de construcción tipo C. Las chimeneas débiles se cortan a nivel del tejado. Colapso del enlucido, ladrillos sueltos, piedras, tejas, anaqueles.

VIII Destructivo

Es muy difícil conducir un auto. Daños cuantiosos en materiales de construcción tipo D y algunos daños en materiales de tipo C. Colapso parcial. Algunos materiales tipo B se despegan. El estuco se desprende. Colapso de chimeneas, edificios, torres y tanques elevados. Los tabiques sueltos son arrancados de su sitio. Se quiebran las ramas de los árboles. Cambios de flujo o temperatura en fuentes. Cambios de nivel en los pozos. Grietas en suelos húmedos o en pendientes pronunciadas.

IX Muy destructivo

Pánico general. Materiales de construcción tipo D se destruyen totalmente. Serios daños al material tipo C y colapso frecuente. Daños serios también en materiales tipo B. Las estructuras con marco se separan de sus cimientos o colapsan. Grietas en las vigas portantes en estructuras de hormigón armado. Se revientan las cañerías subterráneas. Grandes grietas en el suelo. En zonas aluviales, surgimiento de agua, arena y barro.

X Sumamente destructivo

La mayoría de estructuras de albañilería y madera se destruyen. Los edificios y puentes de acero reforzado sufren serios daños; algunos se destruyen. Daños

graves en represas, diques y esclusas. Grandes deslizamientos de tierra. El agua es lanzada contra los bordes de canales, ríos y lagos. Se tuercen los rieles.

XI Desastre

Todas las estructuras se colapsan. Aún los puentes grandes y bien construidos se destruyen o sufren daños. Sólo quedan en pie unos pocos edificios. Los rieles se tuercen y saltan fuera de posición. Los cables y cañerías subterráneas se rompen.

XII Desastre mayor

Cambios a gran escala en la estructura del suelo. Los ríos y arroyos superficiales y subterráneos sufren muchos cambios. Se crean cascadas; los lagos se taponan o rompen sus orillas. Los ríos alteran su curso.

Construcción tipo A

Diseño, mortero y mano de obra de buena calidad, reforzada, en especial, horizontalmente. Amarrada con cadenas de acero, hormigón armado, etc. Diseñada para resistir fuerzas laterales.

Construcción tipo B

Mortero y mano de obra de buena calidad. Reforzada pero no diseñada para resistir fuerzas laterales fuertes.

Construcción tipo C

Mortero y mano de obra ordinarios. No hay debilidad extrema, como falta de arriostramiento en las esquinas, pero tampoco está diseñada para resistir las fuerzas horizontales.

Construcción tipo D

Materiales débiles, tales como adobe. Mortero y mano de obra de baja calidad. Horizontalmente débil.



DE LA RESTAURACION AL MANTENIMIENTO DE LOS EDIFICIOS HISTORICOS

Un edificio histórico, un objeto artístico, una persona y aún un auto podrán ser bellos si están bien mantenidos, y a condición de respetar la pátina de la edad y el uso. El mantenimiento debe tener en cuenta la naturaleza de los materiales. Este proceso es continuo: en palabras de William Morris, "se trata de prevenir el deterioro mediante el cuidado diario" (Manifiesto de la Society for the Protection of Ancient Buildings, 1877).

Cabe recordar que el mantenimiento anual es característica esencial de la arquitectura autóctona hecha en materiales tan sencillos como el adobe, el enlucido a la cal o los techos de paja. Habría que estudiar algunas de las prácticas tradicionales de mantenimiento, tales como el encalado o la restauración de pintura y laca en los templos.

Tal como Morris lo hubiese deseado, hemos pasado de la restauración al mantenimiento. En el pasado la restauración implicaba intervenciones mayores en sucesivas campañas, espaciadas por largos intervalos de inacción. Tales campañas resultaban costosas, a menudo eran injustificadas pero dramáticas y –a veces– atractivas. Eran seguidas, inevitablemente, por largos períodos de negligencia. El tiempo, sin embargo –esta cuarta dimensión de todo trabajo de conservación–, mostraría otro camino.

El mantenimiento implica un mínimo de intervención en un monumento dado; supone la conservación de técnicas artesanales de construcción y una capacitación en esas técnicas. Si se lleva a cabo correctamente, el mantenimiento resulta a la postre menos costoso que la mera negligencia. El nivel de mantenimiento requerido varía, pues es una combinación de lo que demandan los usuarios del edificio, los requerimientos del edificio mismo y el financiamiento disponible. Las exigencias del edificio dependen en primer término del clima y de los agentes de deterioro presentes, los cuales son por lo general, producto del clima. Dependerán también de la calidad de los materiales usados en la construcción, así como de la calidad de la mano de obra original.

Las reparaciones defectuosas y las alteraciones previas, los acontecimientos tales como inundaciones, incendios y terremotos afectan al edificio y lo hacen más vulnerable. Los cambios exteriores, tales como el aumento de las vibraciones producidas por el tránsito de vehículos o la contaminación atmosférica tienen relación directa con el mantenimiento. Cabe subrayar que los edificios bien mantenidos sobrevivieron al terremoto de Montenegro de 1979, mientras que aquellos que no habían sido mantenidos se colapsaron ante la misma intensidad de vibración.

¿Cómo desarrollar una estrategia de mantenimiento preventivo? ¿Qué impide establecerla? Para contestar a la segunda pregunta en primer lugar, diremos que una estrategia de mantenimiento en los monumentos requiere de profesionales altamente calificados y con preparación cultural, que deberán ser remunerados. A la larga, ellos logran ahorrarle mucho dinero al propietario del inmueble, pero a corto plazo el dueño sólo considera el costo del servicio profesional y lo cree elevado.

Una estrategia de mantenimiento preventivo se basa en inspecciones realizadas por profesionales debidamente capacitados (por lo general, se trata de arquitectos) a intervalos regulares. Los intervalos entre inspecciones y las normas exigidas dependen del clima, la construcción misma y sus alrededores.

Habrà que tomar en cuenta que los edificios históricos –en vista de su longevidad– están sometidos a mayores riesgos frente al viento o la lluvia. Como primera prioridad, en vista de que se trata de monumentos irremplazables, habrá que protegerlos de los incendios y contra los rayos.

Existen programas interesantes para la inspección regular de las iglesias en Dinamarca y para los edificios históricos privados en Holanda. Mi propia experiencia se basa en un cuarto de siglo de trabajo en un gran número de iglesias medievales en Norfolk, Inglaterra, conforme a la *Inspection of Churches Measure* de 1955. Dieciocho mil iglesias están comprendidas en este programa que redujo notablemente el costo de mantenerlas hasta alcanzar la norma mínima de resistencia al viento y estanqueidad. Esta norma habrá de interpretarse de manera inteligente y no muy literal. El éxito de este programa contesta la primera pregunta. ¿Y qué puede estar en contra de un programa como éste, si se ahorra dinero y se preservan los edificios históricos? Actualmente el estado otorga subsidios a las iglesias parroquiales que cumplen con el requisito de la inspección regular cada cinco años, lo que constituye un beneficio adicional.

La clave del éxito de tal operación es la inspección realizada por una persona eminentemente capacitada. Para dar inicio al programa, el *Institute for Advanced Architectural Studies York* ofreció cursillos para especialistas con el resultado de que hoy día hay casi 400 arquitectos, incluso algunos topógrafos, capacitados en la inspección de monumentos.

El tiempo que demanda una inspección varía en función del tamaño y complejidad del edificio. Para una iglesia sencilla de dos o tres recintos y una torre se necesitarán de 5 a 6 horas: una iglesia grande demandará de 20 a 30 horas y una gran catedral como la de York (cuya responsabilidad tuve que asumir) requirió unas

2,000 horas/hombre. Un castillo será de una complejidad parecida a la de una iglesia, mientras que una casa pequeña o una tienda pueden inspeccionarse en pocas horas.

Para realizar debidamente la inspección se necesita cierto equipo. Es esencial suministrarse de papel, una tabla para poder escribir, lápices, una cuchilla y una pequeña barra. Además serán útiles un destornillador, martillos para golpear, un espejo para mirar detrás de los objetos. Será necesario contar con implementos especiales como higrómetros y detectores de metal. Un lente de aumento resulta útil. Personalmente, me gusta redactar mi informe *in situ*, pues así "veo" y "pienso", y si el ver me plantea interrogantes, puedo resolverlos fácilmente al observar desde otra posición. Actúo como un detective que busca las causas criminales del deterioro.

El informe de inspección deberá contener una descripción del edificio, su planta y alrededores, así como un resumen de su historia. Es importante identificar todos los materiales y hacer más claro el informe mediante dibujos o planos de detalles. Se deberá listar claramente la condición de cada objeto, empezando siempre de arriba hacia abajo y siguiendo la dirección de las manecillas del reloj alrededor del edificio, o de una sección del inmueble. Se anotará en el informe los lugares escondidos o inaccesibles que no se ha podido inspeccionar.

Para terminar, habrá que proponer un plan de acción y dar costos estimativos. La evaluación es difícil, pero con experiencia se podrá hacer; sin una estimación de costos, el informe carece de valor práctico. Sugiero que se den dos montos: una cifra razonable para el costo de la obra y otra cifra tope, que tome en cuenta los imprevistos o dificultades. Estos montos podrán consignarse bajo cinco categorías generales, según convenga: INMEDIATA, URGENTE, NECESARIA, DESEABLE, EN OBSERVACION.

Estas categorías indican una estrategia para cada edificio; habrá que tener en cuenta medir las secuencias correctas para efectuar reparaciones (por ejemplo, empezar por los techos) contra el grado de urgencia para cada objeto listado. Henry J. Chambers, en su muy completo informe titulado *Cyclical Maintenance of Buildings*, analiza la frecuencia con que debe realizarse toda operación de mantenimiento, incluida la limpieza diaria. La inspección regular de cada edificio histórico podrá convertirse en una estrategia nacional de mantenimiento del patrimonio cultural. Deberíamos entregar nuestros monumentos a la nueva generación en una condición algo mejor que aquella en que los recibimos de nuestros padres.



FORMULARIOS PARA LA EVALUACION DE DAÑOS

(elaborado por la República de Montenegro, Yugoslavia)

Bienes culturales inmuebles

1. Nombre del Monumento

Número de referencia

- Yacimiento arqueológico
- Conjunto urbano
- Área urbana fortificada
- Monasterio
- Grupo de construcciones rurales
- Monumento aislado

	Datación (siglo)									
	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	
Monumento religioso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vivienda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edificio público	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edificio que tiene una finalidad económica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arquitectura militar (fortificada)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estructura etnológica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edificio que tiene una finalidad técnica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Monumento significativo en la lucha por la liberación nacional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Ubicación

Comunidad _____

Pueblo/Ciudad _____

Lugar _____

Dirección _____

Registro de propiedad nº _____

Propietario _____

Superficie total de planta (m2)

Sótano _____

Primer piso _____

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

Total _____

Condición antes del sismo

- Buena
- Regular
- Mala

Categoría del monumento

Agencia de Protección

4. Daños ocasionados por el sismo

Destruído	Fuertes daños	Dañado	Daños Leves	Intacto	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chimenea (s)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tejado/Cubierta
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estructura
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cúpula
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bóveda
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cielorraso
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Entrepisos de madera
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Otros pisos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muros portantes
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muros no portantes
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Arcos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Columnas
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Escaleras
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cimientos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Campanario (s)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Minarete (s)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Decoración
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Arquitectónica
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Iconostasis
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pintura mural
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

5. Grado de daño

- Susceptible de reparación
- Reparación imposible

Estado del monumento

- Invariado
- Variado
- Perdido

MEDIDAS DE EMERGENCIA

6. Plano de planta (a nivel de piso) del edificio y medidas principales

Fotos e indicación de daños
(Adjuntar planos)

7. Características estructurales

Tipos y calidad de los materiales de construcción y materias adhesivas

8. Descripción de la deformación y del daño estructural

9. Medidas de emergencia propuestas

10. Programa de reparación propuesto

- Demolición total
- Demolición parcial
- Cubrir temporalmente
- Apuntalar
- Andamios exteriores
- Andamios interiores
- Proteger la pintura mural
- Proteger la decoración arquitectónica
- _____

- Demolición
- Chimeneas
- Tejado/Cubierta
- Vigas de la estructura
- Cúpula
- Bóveda
- Cielorraso
- Pisos de madera
- Otros pisos

- Muros portantes
- Muros no portantes
- Arcos
- Columnas
- Machones
- Vigas
- Escaleras
- Exploración geomecánica
- Cimientos

- Campanario/minarete (s)
- Enlucido exterior
- Enlucido interior
- Conservación
- Restauración
- _____
- _____
- _____
- _____

11. Clasificación de daños y estado de servicio/uso del edificio

Definido por la Comisión Técnica para la Evaluación de los daños en la República Socialista de Montenegro

I. En servicio (verde)

- IA - grado 1 - intacto excepto daño superficial
- IB - grado 2 - no hay daños estructurales
- IC - grado 3 - daños estructurales leves

II. Temporalmente fuera de servicio (amarillo)

- IIA - grado 1 - daño estructural
- IIB - grado 2 - daño estructural severo

III. Fuera de servicio (rojo)

- IIIA - grado 1 - daño estructural muy severo
- IIIB - grado 2 - destrucción parcial
- IIIC - grado 3 - colapso total

12. Costo estimado de la reparación

1. Valor del edificio antes del sismo

_____ m2 x _____ (costo) = _____ costo total

2. Costo de restauración del edificio a su condición anterior al sismo (reparación estructural)

_____ m2 x _____ (costo) = _____ costo total

1. Valor del edificio antes del sismo (Consolidación)

_____ m2 x _____ (costo) = _____ costo total

13. Notas

Miembros de la Comisión

Cobertura fotográfica

Número de negativos

Fotógrafo

Copyright - Derechos del Autor

Lugar

Fecha

Bienes culturales muebles

1. Nombre del Monumento _____
 Número de referencia _____

2. Naturaleza del objeto

	Datación (siglo)									
	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	
Religioso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Profano	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Etnológico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arqueológico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Literario/Archivos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Técnico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Objeto significativo en la lucha por la liberación nacional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Material
- Metal
 - Madera
 - Textil
 - Cuero
 - Papel
 - Cerámica
 - Vidrio
 - Porcelana
 - Piedra
 - Hueso
 - Cuerno
 - Pergamino
 - Piedras preciosas
 - _____
 - _____

4. Ubicación

Comunidad _____

Pueblo/Ciudad _____

Lugar _____

Dirección _____

Propietario _____

Condiciones antes del sismo

- Buena
- Regular
- Mala

Categoría de clasificación _____

Agencia de protección _____

5. Daño causado por el sismo
- Destruído
 - Fuertes daños
 - Dañado
 - Ligeramente dañado
 - Intacto
6. Grado de peligro
- Es susceptible de reparación
 - Reparación imposible
- Estado del objeto
- Invariado
 - Variado
 - Perdido

MEDIDAS DE EMERGENCIA

7. Dibujo del objeto y dimensiones principales

Fotos e indicación de daños (adjuntar dibujos y planos)

8. Características principales del objeto _____

9. Descripción de las deformaciones y daños _____

10. Medidas de emergencia

- | | |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Limpieza | <input type="checkbox"/> Almacenar |
| <input type="checkbox"/> Desmantelamiento | <input type="checkbox"/> Secar |
| <input type="checkbox"/> Embalaje | <input type="checkbox"/> Inventariar |
| <input type="checkbox"/> Traslado | <input type="checkbox"/> Fotografiar |
| <input type="checkbox"/> Desinfección | |

11. Programa de reparación propuesto

- Conservación total
- Conservación y reconstrucción
- Conservación y restauración
- _____
- _____

12. Clasificación de daños y estado de servicio del objeto

- En servicio
- Temporalmente fuera de servicio
- Fuera de servicio

13. Costo estimado de reparación

Costo de restauración del objeto a su condición previa _____

14. Notas

Miembros de la Comisión

Cobertura fotográfica

Número de negativos

Fotógrafo

Copyright - Derechos del Autor

Lugar

Fecha

LA INTERVENCION ESTRUCTURAL EN LOS EDIFICIOS HISTORICOS

En el ICCROM en Roma tuvo lugar un seminario-taller para analizar la tecnología apropiada en la conservación de los edificios históricos. Los siguientes expertos en ingeniería y arquitectura participaron en él: P. Beckman (Dinamarca), B. M. Feilden (ICCROM), J. Heyman (Reino Unido), M. Kolaric (Yugoslavia), R. W. Mainstone (Reino Unido), G. Musumeci (Italia), W. Preiss (Alemania Democrática), P. Sanpaolesi (Italia), E. Schulze (Alemania Federal) y G. Tampone (Italia).

Presentamos a continuación un resumen de sus ideas. Algunos las estimaran revolucionarias, otros las juzgarán reaccionarias y para otros más, serán lecciones obvias que nos enseña la historia.

El grupo rechazó virtualmente el tratamiento de los edificios históricos según el "Código de Procedimientos" oficial. Se reconoce el valor funcional de los elementos tradicionales, tales como el mortero de cal, y se reafirma la Carta de Venecia.

Si bien no se rechazan las modernas técnicas de análisis, se subrayó el valor de la observación y evaluación cuidadosas en la formación de los arquitectos e ingenieros para apreciar el comportamiento sísmico de los edificios históricos. Se fomenta así una comprensión intuitiva cualitativa, que constituye la tecnología apropiada de diseño. Después de todo, ésta fue la técnica utilizada por los constructores del pasado, cuando edificaron sus asombrosas obras de arte.

La estructura de los edificios históricos: formas, observación, análisis y diagnóstico de las debilidades.

Se pueden clasificar en grandes categorías las formas estructurales usadas en el pasado y sus respuestas características al viento, a la intemperie, a los sismos y a la acción siempre de la gravedad. Son útiles –y hasta necesarias– para empezar a estudiar la condición de un monumento determinado. Cabe subrayar, no obstante, que todo edificio es un individuo, y que tanto como un "paciente humano", debe ser

considerado por los "médicos ingenieros" o "médicos arquitectos" como único. Su historia pasada y su entorno son de gran importancia, como lo son para un enfermo humano. Ante todo, debe considerarse el edificio como una totalidad, lo cual podrá requerir que se le preste tanta atención al suelo sobre el que se levanta como a la superestructura visible.

Las mediciones y análisis minuciosos deberán guiarse por la visión de conjunto cualitativa que va surgiendo de la observación visual directa y del estudio de su historia pasada (que se estudiará en documentos, etc.). Los dibujos superpuestos, o aún las maquetas sencillas, son útiles para consolidar esta visión. Los registros anotados según prácticas normalizadas para el control de grietas, desplazamientos, etc. también resultan de provecho. Mucho se puede lograr mediante estas observaciones y en base a éstas se puede visualizar los modos posibles de colapso. Las mediciones detalladas y los cálculos son valiosos para obtener una precisión cuantitativa que de otro modo no se conocería, y para distinguir entre las alternativas posibles.

Las mediciones de las deformaciones, con una exactitud de +3 a 5 mm. se consideran adecuadas para la mayor parte de las observaciones preliminares, pero se requiere de una precisión mucho mayor para analizar a largo plazo el posible incremento de éstas, o el efecto de una intervención. Es necesario contar con información fidedigna, y las mediciones deberán hacerse a intervalos frecuentes y regulares. Deberán trazarse a medida que se toman, y revisarse con regularidad. Las deformaciones por desplome no son fáciles de medir. El uso de plomada significa un costo en mano de obra y está sujeto a interferencias del viento e intemperie en el exterior y necesita de amortiguamiento si se quiere obtener una precisión razonable. Las plomadas ópticas y los clinómetros de precisión también tienen limitaciones prácticas. La correlación de las inclinaciones de la vertical, particularmente si se realiza en asociación con un estudio de otras deformaciones relacionadas incluyendo los cambios de nivel, es una manera útil, no obstante, de elucidar la historia estructural de un edificio cuando se carece de otras evidencias o las que existen son erradas.

Al realizar el análisis de la condición estructural, habrá que seleccionar, a la luz de lo observado y de las preguntas planteadas, la técnica más apropiada para cada caso. El problema en su conjunto, así como las limitaciones inevitables del análisis, no deberá perderse de vista. Las técnicas que van desde los análisis gráficos de las líneas de esfuerzo axial en los sistemas de arcos hasta los análisis de elementos finitos computarizados, todas juegan un papel. Se consideró, no obstante, que la costosa y a menudo poco realista técnica experimental fotoelástica no tenía mayor aplicación. Sobre todo, se juzgó que un tratamiento basado sobre el "Código de Procedimiento" es infundado, no sólo porque las estructuras de los edificios históricos difieren mucho de las que el Código vigente contempla, sino también porque los edificios son estructuras que ya tienen una debilidad específica. Por la misma razón, aunque con menor fuerza, los criterios actuales de diseño y procedimiento se consideran como poco pertinentes. En el "momento de la

decisión”,
 recurriendo a sus colegas expertos si fuese necesario.
 no es nunca una garantía de estabilidad futura:
 derrumbamiento parcial del Ospizio San Michele en Roma:
 se declaró inseguro y se evacuó,
 horas más tarde se derrumbó debido en parte al *shock* térmico producido por una
 noche particularmente fría.

Intervenciones bajo tierra

Un edificio que carga uniformemente en un terreno uniforme debería asentarse
 uniformemente,
 forma sus propios cimientos.
 se habrá realizado hace mucho tiempo e importa poco hoy día.
 asentamiento que varía linealmente,
 continua sobre el ancho o largo de las condiciones de apoyo importa poco,
 inclinación resultante del cuerpo del edificio no es excesiva en sí o en relación a su
 altura.
 asentamiento al centro,
 absorbidos por deformaciones debilitantes de la superestructura.
 de estructuras comparables pueden ayudar a evaluar cuánta deformación diferencial
 puede aceptar un edificio,
 parcialmente de la rapidez y secuencia originales de la construcción.
 programa lento de construcción en el cual la construcción se va desarrollando
 uniformemente a todo lo largo del edificio,
 se corrige sin deformación estructural en las etapas constructivas siguientes,
 ocurrió con la catedral de San Pablo en Londres.
 asentamientos pueden y deben quedar registradas,
 Campanile de Pisa y para Yorkminster en Londres.

Por lo general las condiciones bajo tierra permanecen virtualmente sin cambio a
 través de los siglos mientras que la superestructura sufre una progresiva pérdida de
 resistencia debido a la intemperie y al deterioro de los materiales,
 efectos destructores de los cambios cíclicos de temperatura,
 tiempo en tiempo por las intervenciones humanas.
 debería darse por sentada.
 resultado de drenaje,
 intervenciones y condiciones también pueden cambiar debido a obras adyacentes de
 otro tipo.
 predecir, pero
 la napa freática.
 en la inclinación del Campanile de Pisa se debieron al retiro de aguas,
 freática anterior se está reponiendo por inyección de agua.

localmente, o el bombeo, constituyen también un peligro, en particular si resultan en la eliminación del limo. Allí donde el asentamiento diferencial está causando deformaciones excesivas en la superestructura, la situación habrá de analizarse en sus aspectos sobre y bajo el suelo. Las ventajas y costos relativos del reforzamiento de la superestructura, el socialzado (es decir, el bajar los cimientos hasta un estrato existente más firme) y la mejora de las condiciones del suelo deberán evaluarse cuidadosamente para escoger el procedimiento más apropiado. Los métodos posibles de mejora de las condiciones del suelo (cada uno con la ventaja de dejar intocado el edificio) incluyen: 1) Sobrecargar el entorno, para evitar levantamientos del suelo adyacente. 2) Extraer agua localmente, para causar una contracción local y así un asentamiento diferencial correctivo. 3) Recurrir al drenaje o a la eliminación de agua.

Antes de adoptar estos métodos, habrá que realizar una investigación exhaustiva y un control cuidadoso. Es también posible estabilizar el suelo mediante inyección a alta presión, pero esto requiere de tecnología especial, equipo costoso y es difícil realizarlo en áreas ya totalmente construidas. En todos los casos de posibles peligros debido a movimiento de suelos, es deseable investigar los antecedentes geológicos generales, a fin de localizar e identificar el peligro específico que puede ser, por ejemplo, la presencia de una línea de falla geológica, o la presencia de laminación fina en un suelo arcilloso.

Intervenciones en la superficie

Es necesario revisar los movimientos debidos a cambios térmicos o variaciones en el contenido de humedad. Fuertes grietas pueden producirse también como resultado de incendios, o por la introducción de calefacción central. Dado que aun en ausencia de acontecimientos extremos tales como fuertes incendios siguen ocurriendo algunos movimientos cíclicos, es inútil tratar de eliminar todas las grietas en un edificio histórico. Habrá que diseñar refuerzos cuya finalidad sea simplemente mantener las grietas bajo control. Los materiales deben considerarse tanto en relación a la consolidación estructural como a la protección de las estructuras de albañilería contra la intemperie. En relación a esto último, información proveniente de Suecia enfatiza, en particular, los grandes méritos del mortero de cal tradicional, fácilmente renovable y relativamente absorbente, para restaurar y enlucir. Los morteros de cemento, por otra parte, son más rígidos, casi impermeables y excesivamente fuertes. Debe reconocerse, no obstante, que las condiciones climáticas varían mucho y que el papel que juega un muro exterior, en tanto "piel" a la intemperie y filtro ambiental, también varía. La elección correcta de los materiales en cada caso particular habrá de hacerse en términos de las condiciones locales y con consideración a la función total de muro (que, por ejemplo, puede tener un fresco importante en la otra cara), las construcciones existentes y los materiales y habilidades artesanales disponibles.

En todo muro o pilastra es deseable que el centro sea tan resistente y rígido como las caras y que esté firmemente pegado a ellas. Excepto en el caso de muros de ladrillo sólidos, de algunos de albañilería de sillar puro, y en la mayoría de muros romanos de hormigón, éste no es el caso en general. De no recurrirse a la reconstrucción completa de los muros y pilastras que tienen un centro en albañilería de piedra bruta, la única técnica de conservación disponible es el relleno por inyección, posiblemente reforzada mediante la introducción de una cantidad limitada de armaduras.

En estos casos es deseable usar morteros más fuertes aunque el mortero de cemento es criticable porque es excesivamente rígido, poco elástico e impermeable. Este punto deberá ser discutido a fondo con los constructores e ingenieros.

Conclusiones y recomendaciones

1. Antes de empezar una investigación o realizar una intervención importante, el ingeniero y el arquitecto deben tener una idea muy clara del objetivo. ¿Cuáles son las características más importantes del edificio? ¿Qué edificios es más deseable conservar y para qué usos se destinarán en el futuro? El "uso" continuo, en el sentido normal del término, es siempre preferible a la mera preservación como monumento, museo, o a dejarlo sencillamente como parte del entorno, pues permite que el edificio siga teniendo un papel social total, lo que es la mejor garantía para su cuidado y mantenimiento continuo. Pero existen también edificios o restos de edificios cuyo uso futuro es importante, pues constituyen la encarnación física de una cultura pasada, o son ejemplo de la excelencia lograda, y deberán conservarse.
2. Sean cuales fueren los objetivos, cada edificio presenta problemas únicos. Es una estructura individual y deberá evaluarse individualmente, guardando el sentido de la proporción en cuanto a la profundidad justificable de la investigación.
3. La investigación de los requerimientos del edificio deberá tener en cuenta toda la información pertinente acerca no sólo de su uso futuro, sino también de las condiciones del entorno, condición de los cimientos e historia pasada. Esta última resulta muy importante para interpretar correctamente los signos aparentes de peligro. Por lo general, las condiciones presentes de la estructura ofrecerán ciertas pautas, pero habrá que consultar también las fuentes documentales.
4. Una evaluación estructural cualitativa deberá preceder y guiar los análisis cuantitativos que de otra manera podrían basarse en suposiciones erradas, o que llevarían a concentrarse en los aspectos más obvios del problema, en detrimento de la situación total real. Los análisis deberán basarse en los primeros principios y no se deben economizar pasos recurriendo al Código de Procedimiento vigente u otras normas de diseño actuales, ya que éstas nunca

son realmente aplicables a los edificios históricos e incluso pueden producir daño si se aplican.

5. Cuando se estime necesario realizar una intervención, ésta deberá respetar, hasta donde sea posible, el carácter e integridad de la estructura original. Deberán usarse –si es posible– materiales similares, y si se substituyen por otros distintos, habrá que cuidar de no introducir elementos de resistencia o rigidez excesivas en una estructura por lo general menos rígida, y que se adapta mejor a los movimientos de ondas largas que las estructuras contemporáneas.
6. La decisión final acerca del procedimiento a seguir debe tomarse sólo después de haber evaluado y sopesado las alternativas posibles, tomando en cuenta la envergadura de las obras y recursos financieros disponibles, y teniendo en cuenta el futuro. En general, las intervenciones que pueden hacerse por etapas, cuyos efectos se pueden controlar y vigilar, y que pueden repetirse, reforzarse o revertirse, según sea el caso, son preferibles a aquellas que son irreversibles y que requieren de un compromiso total y anticipado con una sola técnica de procedimiento. Todo lo que se haga deberá quedar registrado en detalle, para referencia futura.
7. La mejor salvaguarda para el futuro es poner el edificio bajo la supervisión continua de un *Dom Baumeister*, o “Inspector de la Catedral”, preferiblemente ayudado por un pequeño número de artesanos calificados que llegan a conocer íntimamente la estructura.
8. Dado que los procedimientos actuales de diseño son muy poco pertinentes en la conservación de los edificios históricos, será necesario profundizar la capacitación de arquitectos e ingenieros, a fin de que comprendan mejor el comportamiento estructural de tales edificios.



Curso Internacional sobre Medidas Preventivas para la Protección de los Bienes Culturales en Regiones Sísmicas

Skopje, Yugoslavia, 24 de junio–5 de julio 1985

RECOMENDACIONES FINALES

En la esperanza de que continúe el progreso realizado en este campo y que se emprendan nuevos estudios interdisciplinarios más especializados con el fin de que mejore el conocimiento de esta materia.

Considerando que cada edificio histórico es único y merece estudios especiales, se recomienda:

1. que el sistema estructural de dichos edificios históricos sea respetado, pues es probable que ya haya resistido a muchos terremotos;
2. que todo material o estructura nuevos utilizados en reparar y reforzar el edificio sea compatible y durable, y que se restrinja el uso del hormigón armado;
3. que se evalúe individualmente el grado de seguridad requerida, en base a las varias probabilidades sísmicas y a la posibilidad de un reforzamiento mayor ulterior, cuando se hayan desarrollado mejores técnicas;
4. que la pérdida de los valores culturales deberá tomarse en cuenta al evaluar los diferentes efectos sísmicos posibles. Esto implica que los ingenieros, arquitectos conservadores, arqueólogos e historiadores de arte deberán considerar formalmente las propuestas alternativas;
5. que se instruya a los propietarios o habitantes, y se les aliente para mantener mejor el sistema estructural y constructivo existente;
6. que se realice un estudio y documentación completa de los edificios históricos en áreas sísmicas y que se organice un calendario de inspección regular y de mantenimiento;
7. que se emprenda un estudio de microzonificación del riesgo sísmico para los edificios históricos localizados en las áreas más vulnerables.

Se recomienda además:

1. que se incremente la investigación experimental y analítica de la resistencia sísmica de la albañilería y de las estructuras de albañilería, con especial énfasis sobre las técnicas de construcción históricas y estudiando los antiguos conceptos de construcción y protección contra sismos;
2. que se inicie la investigación y experimentación de distintas mezclas de mortero de relleno, evaluando sus efectos a largo plazo sobre la albañilería y que se estudien los morteros compatibles con la naturaleza de los edificios históricos,
3. que se evalúe la eficacia de las técnicas de reforzamiento, estudiando el comportamiento actual de los edificios reforzados durante un sismo.



Seminario–Taller Internacional sobre la Rehabilitación Estructural y Funcional de los Edificios Históricos en las Areas Sísmicas

Ciudad de México, 25 de agosto –12 de septiembre 1986

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Definición de los problemas

Los problemas del deterioro de los edificios en los centros históricos sitios en áreas sísmicas se deben a:

1. En el plano político/administrativo
 - a. La falta (o no aplicación) de una política preventiva integral para mitigar el riesgo sísmico en situaciones de urgencia. (Esta política debería existir para el largo, mediano y corto plazo).
 - b. En consecuencia de lo anterior, las medidas socioeconómicas tomadas tanto durante la urgencia como a mediano y largo plazo son inadecuadas y a menudo perjudiciales para el patrimonio cultural.
 - c. Por lo general, los planes de desarrollo no incluyen una política adecuada de conservación.
2. En el plano socioeconómico
 - a. Las personas que sufren la catástrofe son desalojadas de sus viviendas.
 - b. En caso de un desastre, se agudizan las tendencias especulativas y la presión de intereses económicos sobre los bienes raíces.
 - c. La pérdida de los valores que constituyen la identidad cultural se acentúa como consecuencia del manejo socioeconómico de la situación de urgencia.
 - d. Se debilita la cohesión social de la población en relación a su patrimonio histórico.
3. En el plano físico/espacial:

- a. El riesgo sísmico permanente al que están sometidos estos centros urbanos se incrementa debido al proceso acelerado de urbanización.
 - b. El entorno urbano y la arquitectura se ven afectados por un proceso de deterioro debido sobre todo al mantenimiento deficiente, como consecuencia –entre otros factores– de los mecanismos que determinan la relación entre ocupantes y propietarios. Un sismo aumenta este deterioro en forma violenta y revela todos los problemas previamente existentes.
 - c. La ocupación intensiva de los espacios genera la sobreocupación y la rehabilitación irregular de las viviendas.
4. En el plano técnico:
- a. El conocimiento técnico del comportamiento de los materiales y de la estructura de los edificios históricos, tanto en condiciones normales como sísmicas, es todavía muy insuficiente.
 - b. El conocimiento científico de los principios que determinan el riesgo sísmico es también insuficiente y poco difundido.

Objetivos generales:

Considerar en conjunto la solución de tres problemas: el de la vivienda en los centros históricos, la conservación de los bienes culturales y la disminución del riesgo sísmico, e incorporar las soluciones en una política preventiva de largo plazo.

Fomentar incentivos políticos para una consideración global de estos problemas y su solución.

Recomendaciones:

Considerando estos problemas y metas, se recomiendan las medidas siguientes:

1. En el nivel político/administrativo:
 - a. Incorporar los centros históricos dentro de los planes nacionales, regionales y urbanos de desarrollo, tomando en cuenta medidas específicas para aplicación en situación de emergencia.
 - b. Establecer un programa permanente de conservación para estas áreas históricas (mantenimiento y rehabilitación).
2. En el plano socioeconómico:
 - a. Formación de un comité para la protección y salvaguarda de los centros históricos y sus ocupantes. Este comité deberá ser mixto (representantes de organizaciones vecinales, colegios profesionales, servicios estatales). Su tarea será coordinar y supervisar las medidas de salvaguarda para estas zonas, de manera permanente y durante una catástrofe. Su funcionamiento deberá integrarse a los programas de las organizaciones civiles y de asistencia para el caso de desastre: defensa civil, ejército, Cruz Roja, etc.
 - b. Promover programas de defensa de los valores socioculturales en estas

áreas mediante organizaciones integradas a nivel de barrios y distritos.

c. Crear conciencia en la población del riesgo sísmico permanente en el que vive, y establecer medidas que mitiguen los daños a los edificios y sus ocupantes.

3. En el plano técnico:
 - a. Promover y difundir información detallada acerca del patrimonio monumental sito en áreas sísmicas mediante inventarios que tomen en cuenta tanto los valores culturales como el grado de vulnerabilidad sísmica.
 - b. Intensificar la capacitación de personal técnico especializado para resolver los problemas de los centros históricos localizados en áreas sísmicas.
 - c. Inspeccionar sistemáticamente el efecto que tiene la aplicación de las técnicas de construcción modernas en los edificios de materiales y sistemas de construcción tradicionales, en especial el comportamiento sísmico. Establecer acuerdos para el intercambio de investigaciones y experiencias.
4. En el plano legal:
 - a. Las normas de construcción deberán incluir criterios apropiados para los edificios históricos y no sólo para las nuevas construcciones.
 - b. Necesidad de reglamentar la mejor ocupación y uso de terrenos urbanos, especialmente los del centro histórico.
 - c. Necesidad de códigos que reglamenten la propiedad en los centros históricos y que aseguren su protección.
5. En el plano del financiamiento:
 - a. Establecer un fondo nacional permanente para el estudio, conservación y renovación de los centros urbanos y zonas tradicionales, dando prioridad no sólo a los monumentos sino también al contexto arquitectónico y tradicional urbano.
 - b. Canalizar fondos de interés social hacia la conservación y renovación de la vivienda en estos centros urbanos.
 - c. Otorgar ventajas tributarias para proyectos de conservación y revitalización del patrimonio edificado.
 - d. En el caso de catástrofes sísmicas, la ayuda económica internacional destinada a la renovación de los centros urbanos deberá otorgarse de manera coordinada, con adecuada supervisión tanto de las instituciones o naciones donantes como de las autoridades locales, con el fin de lograr el cumplimiento de las metas propuestas.



CONDICIONES DE SUELO: MICROZONIFICACION

Los lugares que se hallan sobre depósitos sedimentarios del Holoceno o del Pleistoceno sufren oscilaciones 2.6 a 3. mayores que los que se hallan sobre roca cristalina para toda la banda de frecuencias.

incidencia sobre la respuesta a excitaciones de período corto.

los suelos cuyo índice de huecos está en el rango de 0.

produce una respuesta media 6 veces mayor que en la roca cristalina y 3 veces mayor que en los suelos con bajo índice de huecos.

generalmente aumentan con el incremento del espesor del Cuaternario y/o la profundidad de la roca basal.

Se sabe que el limo arcilloso,

napa freática influyen en la respuesta del sitio,

velocidad de las ondas de corte (o índice de huecos,

fuertemente sobre el módulo de corte),

espesor del Cuaternario y la profundidad de la roca basal

constituyen parámetros que podría utilizarse directamente en un modelo de la respuesta de un sitio dado.

datos se pueden obtener de mapas geológicos,

cambios de nivel en pozos,

información de calicatas para proyectos de construcción.

Por ejemplo,

en terrenos aluviales son varias veces mayores que las registradas en lugares sedimentarios de otra roca cristalina.

amplificación de las amplitudes máximas de las oscilaciones de período largo es mayor en los sitios que se encuentran sobre los sedimentos de mayor espesor.

respuesta a las oscilaciones de período corto pueden ocurrir

también en sitios basados sobre roca,

cerca de la cresta de una colina u otro accidente topográfico

pronunciado.

(Rogers,

El espectro sísmico que describe las intensidades de vibración para diferentes frecuencias en un sitio determinado, variará según las condiciones locales del terreno, tales como los tipos de suelo, especialmente aquellos propensos a licuarse, la pendiente de los suelos sedimentarios, la existencia de cualquier horizonte y su pendiente de estratos, los cambios horizontales de los tipos de suelo, la profundidad del suelo sobre la roca basal, incluyendo crestas y depósitos. En suelos con alto contenido de agua o con una napa freática a menos de 8 metros de profundidad, existe el peligro de licuación durante un terremoto.

Los edificios fundados sobre dos tipos de suelo, o aquellos construidos sobre una falla son particularmente vulnerables. Deberá establecerse un mapa de zonas de riesgo para los distintos edificios históricos. De estos estudios se desprende que la aplicación de un tratamiento *standard* a los edificios históricos no constituye el camino correcto: cada edificio es un individuo, y cada sitio tiene problemas específicos que sólo podrán ser atendidos mediante un estudio detallado.

Este tipo de estudio de un área, tal como una ciudad, se conoce como microzonificación. Los geólogos e ingenieros podrán obtener indicaciones generales observando los daños producidos por un fuerte sismo, pero normalmente la microzonificación supondrá estudios y análisis geológicos y científicos exactos. Se podrá producir así un mapa a escala 1:5000 ó 1:1000, indicando los distintos sitios y sus características sísmicas. Esta microzonificación resulta de enorme importancia para el diseño de edificios nuevos, pero también constituye una herramienta indispensable en la estimación del riesgo sísmico para las estructuras ya existentes.



PREPARATIVOS PARA UNA EMERGENCIA

Los terremotos no ocurren a menudo y esto complica la tarea de la preparación previa: aun en zonas de alta sismicidad es casi imposible formar brigadas especiales para una emergencia y luego pedirles que esperen, con los cascos puestos, un terremoto que podrá no producirse hasta dentro de un siglo.

Pero el sismo lo mismo puede ocurrir mañana.

A nivel del servicio de conservación local o regional, habrá que tomar las medidas que aumenten la capacidad de una acción rápida durante el período crítico, así como la de funcionar autónomamente hasta la llegada de recursos desde fuera, puesto que es muy probable que se corten los servicios de teléfono y electricidad.

1.

general después de un sismo, la Administración debe contar con una fuente de energía independiente en su local: un generador a petróleo portátil, con una capacidad de 2.5 KW, de 220 V y 50 Hz. Servirá tanto para alumbrar (será necesario trabajar de noche los primeros días, pues se aprovecharán las horas de luz en terreno y para el funcionamiento de equipo, tal como fotocopiadora, laboratorio fotográfico para desarrollar e imprimir negativos y tomas hechas por los equipos de inspección, etc). También habrá que tener 2 rollos de 50 metros de cables y un stock de conexiones (enchufes, adaptadores, cables de extensión, etc.).

2. Incendios. A menudo ocurre un incendio después de un terremoto pues se producen cortocircuitos, se revientan las tuberías de gas y se producen colapsos en el edificio en lugares donde hay llamas, tales como estufas, calderas, calefactores, etc. Estos incendios pueden llegar rápidamente a grandes proporciones (San Francisco, 1906; Tokio, 1923). difícil luchar contra ellos pues se producen muchos incendios simultáneos; se cortan las cañerías de agua, se interrumpe el tránsito, etc. Tanto el local de la Administración como cada uno de los monumentos –según su vulnerabilidad– deberá contar con equipos tales como: extintor de polvo, arena, bomba de agua a petróleo, (cuando hay un punto de agua cercano permanente). Será necesario capacitar a los vigilantes y a todo el personal.

3. Vehículos. Durante la emergencia es vital contar con vehículos (motocicletas, automóviles, furgones, camionetas) para poder inspeccionar los monumentos, evaluar daños, organizar las medidas de emergencia, etc. Por ello, la Administración no puede permitir que sus vehículos, o los del personal (que serán muy útiles en estos casos) resulten dañados por el sismo. Habrá que considerar con cuidado dónde estacionar los automóviles y colocar los garajes. Durante un terremoto, los garajes de material ligero (metal, madera, asbestos-cemento) con estructura flexible pero resistente al viento serán preferibles a los de albañilería. No habrá que emplazar los estacionamientos debajo de edificios de varios pisos; aun el estacionamiento temporal deberá prohibirse cerca de un edificio (hasta una distancia que sea el doble de la altura del edificio). No basta con prohibirlo mediante señalización: físicamente se obstruirá el paso, con árboles, terrazas, muros bajos, fosos, etc. Durante el terremoto de San Fernando (EE.UU., 9 de febrero de 1971) la losa de hormigón armado del estacionamiento de las ambulancias del Hospital Olive View cayó sobre los vehículos. No es necesario subrayar la utilidad de las ambulancias después de un sismo, en particular en este caso ya que el hospital, muy dañado, tuvo que ser evacuado y el corte de energía eléctrica había interrumpido también el teléfono y la comunicación por radio. Haciendo un paralelo, los vehículos de la Administración son tan importantes en el momento del desastre como las ambulancias lo son para el hospital.
4. Combustible. También puede interrumpirse el suministro de combustible por varios días. Se recomienda, así, tener una pequeña reserva de combustible para los vehículos y el generador (1 o 2 barriles de petróleo de 200 litros y , si es necesario, de petróleo diesel) en un lugar aislado (independiente del local principal) pero protegido contra robo. Una bomba de mano, o por lo menos un tubo flexible deberá guardarse al lado, para llenar el tanque combustible.
5. Preparativos. Pocos preparativos directos pueden hacerse con anticipación. Naturalmente, es posible mandar imprimir los formularios para evaluación de los daños, tener una reserva de ángulos metálicos y comprar alambre de acero para el arriostamiento: pero ¿qué probabilidad hay de encontrar todo esto rápidamente y en buenas condiciones de ocurrir el terremoto en unos 50 o 100 años más? Es mejor hacer estos preparativos a escala nacional: por ejemplo, mandar imprimir autoadhesivos para marcar los monumentos, que puedan enviarse a cada Administración local, y que podrán reemplazarse cada 10 años (con la ventaja de que esto sirve para recordar el peligro sísmico a los funcionarios). Los varios formularios y todo el material podrán enviarse al lugar del sismo tan pronto como se informe de la catástrofe. En el nivel local de cada administración será mejor proveerse regularmente de estos materiales, a fin de tener siempre a disposición lo necesario, en vez de tenerlos almacenados y fuera de servicio, o que se vuelvan inservibles. Por ejemplo, además de los ya citados (párrafos 2, 3 y 4) habrá que tener siempre a disposición películas, papel, equipo fotográfico, baterías para linternas y

calculadoras, cámaras fotográficas, etc., así como útiles de escritorio y materiales de dibujo. Pero sería un error guardarlo todo en un armario con el rótulo: "Abrir solo en caso de terremoto" Es necesario revisar periódicamente el stock, a fin de que sigan vigentes los productos como películas o papel fotográfico. Se necesitaría tener un stock como para un año: esta cantidad podrá agotarse en 2 o 3 semanas si ocurre un terremoto.

(por Pierre Pichard 1984:37-38)



RESOLUCION SOBRE LOS BIENES CULTURALES EN AREAS SISMICAS

ICCROM

Se recomienda que todo Estado Miembro cuyo patrimonio cultural se halle parcialmente sito en zonas sísmicas:

1. Informe a los administradores locales de la responsabilidad que les cabe en el establecimiento de planes para casos de emergencia, dirigidos a salvar el patrimonio cultural.
2. Aliente la cooperación entre el servicio responsable de la salvaguarda del patrimonio cultural, la Administración local y el ejército, con miras a realizar ejercicios de simulacro de sismo en períodos regulares de año.
3. Establezca un coordinador nacional para el rescate del patrimonio cultural después de un terremoto nombrando a una persona vinculada con alguna de las organizaciones de ayuda en casos de desastre.
4. Envíe el nombre de este coordinador a la Secretaría del ICCROM.
5. Autorice al ICCROM para organizar un simposio internacional para los coordinadores nombrados.



BIBLIOGRAFIA

- Dowrick, D.J.
1977 *Earthquake Resistant Design*. London: J. Wiley & Sons.
- Jones, B.G.
1981 "Planning for Reconstruction of Earthquake Stricken Communities." En *Proceedings of the P.R.C. –U.S.A. Joint Workshop on Earthquake Disaster Mitigation through Architecture, Urban Planning and Engineering*. Beijing: Office of Earthquake Resistance, State Capitol Construction Commission. P.R.C.
- Jones, B.G. (ed.)
1986 a "Facing Disaster." En *Protecting Historic Architecture and Museum Collections from Natural Disasters*, pp 71–77. Stoneham, Massachusetts: Butterworths.
- 1986 b "Preventing Damage." En *Protecting Historic Architecture and Museum Collections from Natural Disasters*, pp 177– 188. Stoneham, Massachusetts: Butterworths.
- Kolaric, M.
1977 "Consolidamento degli edilizi storici in pietra con speciale riguardo alla stabilità sismica." *Symposium on Structures in Historic Buildings* settembre 13–19. Rome: ICCROM
- Martin, J.H. (ed.)
1977 *The Corning Flood: Museum under Water*. Corning, New York: The Corning Museum of Glass.
- Pichard, P.
1984 *Emergency Measures and Damage Assessment after an Earthquake*. Paris: UNESCO.
- Rogers, A.M.
Tinsley, J.C. y "Issues related to the effects of geologic conditions on the intensity of ground shaking." *US/Jugoslav*

Hays, W.W.
1985

Workshop on Protection of Historic Structures and Town Centers in Seismic Regions, Lessons from Montenegro junio 17-22. Petrovac–Budva.

Velkov, M.
1985

“Concepts and criteria for repair and strengthening of historic structures considering load bearing and deformability capacity.” *US/Jugoslav Workshop on Protection of Historic Structures and Town Centers in Seismic Regions, Lessons from Montenegro* junio 17–22, 1985. Petrovac–Budva.

THE GETTY
CONSERVATION
INSTITUTE



ICCROM



PROYECTO REGIONAL DE PATRIMONIO
CULTURAL Y DESARROLLO PNUD/UNESCO

ISBN 0-89236-180-8