

Criterios de intervención estructural en los inmuebles dañados por los sismos

José Luis Sánchez Martínez

La empresa Colinas-De Buen, S.A. fue invitada, dentro del Programa de Renovación Habitacional Popular, a prestar asesoría técnica de tipo estructural en la zona 13, localizada al norte del Centro Histórico de la ciudad de México, y comprendida entre las siguientes calles: al norte, Rayón y Héroe de Granaditas; al oriente, Vidal Alcocer o Circunvalación; al sur, Belisario Domínguez, República de Venezuela y General Miguel Alemán, y al poniente, el eje Lázaro Cárdenas o Eje Central. Esta zona abarca parte del perímetro A y parte del perímetro B del Centro Histórico.

La mayoría de los inmuebles estudiados se localizan en la zona norteñoreste del Centro Histórico de la ciudad, en lo que en tiempos prehispánicos constituía la parcialidad o *campan* de Atzacualco, zona no muy retirada del centro ceremonial y en la cual se encontraban los barrios o *calpullis* de Coatlan, Texcatzonco, Tomatlan, Mixcalco, Cocolco, Tzauatlantongo y Huehucalco, y que colindaba con el dique —de ahí su etimología— cuyas obras dirigió Nezahualcoyotl, a mediados del siglo XV, para proteger a la Gran Tenochtitlan de las inundaciones por las crecidas del Lago de Texcoco y que, además, permitió separar las aguas saladas del lago, de las dulces que provenían de Chalco y Xochimilco. Este dique, posteriormente, fue llamado por los españoles "albarrada de los indios", y así lo diferenciaban de otros.

Cuando Hernán Cortés ordenó a Alonso García Bravo que realizara la traza de la ciudad, parte de Atzacualco quedó dentro de los límites y se le denominó barrio de San Sebastián Atzacualco.

Algunos historiadores han opinado que la traza respondía más que a factores raciales a estrategias militares y políticas, aunque —además de regular la repartición de solares entre los conquistadores y prever orden en el crecimiento de la ciudad— también llevaba implícitos el concepto y la práctica de la mejor parte para el vencedor. El plan estaba en marcha: dentro de la traza quedarían los españoles y en la periferia los indígenas.

Posteriormente, el barrio de San Sebastián quedó bien delimitado por varias acequias y, con el tiempo, se diluyó la supuesta frontera entre españoles e indígenas; el barrio fue más bien de gente de escasos recursos, entre los cuales destacaron los comerciantes y algunos artesanos especializados. La arquitectura fue modesta y congruente con las clases sociales, aun cuando hubo edificaciones religiosas y planteles educativos relevantes, como fueron los colegios jesuitas de San Pedro y San Pablo, el colegio de San Gregorio, el templo de San Sebastián, el colegio de San Ildefonso, el convento de El Carmen, el templo de Loreto, y los espacios públicos generados por sus plazas, entre las que destacan la de El Carmen, la del Estudiante y la de Loreto.

En la actualidad, esta zona se caracteriza por tener un uso del suelo mixto, con alto predominio de comercio, ya que en ella se encuentran grandes áreas de acopio y abasto de giros relacionados con la industria del vestido y textil en general; de calzado, de bisutería y joyería de fantasía, y de muebles y artículos para el hogar. Tal es el caso del mercado de La Lagunilla, del mercado de zapatos, mejor conocido como Héroe de Granaditas, y de la amplia zona alrededor del templo de Loreto donde se expenden desperdicios de la industria textil.

Por lo que se refiere a la vivienda, las tipologías que encontramos en el área están formadas, principalmente, por vecindades y edificios de apartamentos, aunque la zona también cuenta con algunas casas unifamiliares con negocio particular al frente y con un nivel alto de ingresos, cuyos habitantes han conservado sus propiedades en buen estado. Las primeras se localizan, en su mayoría, en los edificios más austeros y con poco mantenimiento; datan de diferentes periodos o bien son adaptaciones espontáneas de antiguas residencias unifamiliares; su volumen no rebasa los tres niveles, tienen fachada a la calle y generalmente se organizan por patios centrales o de colindancia. El arraigo de los habitantes de vecindades es marcado, y es común encontrar familias que viven en el mismo sitio desde hace varias generaciones. Dentro de esta categoría de vivienda también entran algunos inmuebles adaptados para casa de huéspedes o albergues, para usuarios de ingresos muy bajos.

La zona refleja, en sus aspectos formales, los usos del suelo y, por ende, las actividades ahí desarrolladas; por estas razones, la imagen urbana presenta un alto deterioro al proliferar en las calles puestos ambulantes de todo tipo, anuncios comerciales, edificios alterados en sus elementos arquitectónicos —muchos de ellos utilizados como bodegas—, a los cuales se les han suprimido, abierto o modificado vanos y se les han adicionado niveles con construcciones de tipo temporal o permanente, amén del deterioro causado por la falta de conservación y mantenimiento, así como por la inadecuada utilización de los inmuebles.

Respecto a los edificios de esta zona podemos señalar que, si bien en su mayoría no corresponden a ejemplos relevantes de la arquitectura virreinal, presentan, sin embargo, características que les otorgan un valor contextual. Se trata de inmuebles predominantemente del siglo XIX, desarrollados en una o dos plantas, con patios interiores, construidos en adobe, tabique y piedra y cuyos entrepisos y azoteas son a base de terrado. Los elementos ornamentales, en su mayoría, son sumamente sencillos, destacándose los balcones hacia el exterior y los corredores en el interior.

Como se ha indicado, debido a la falta de mantenimiento el grueso de estos inmuebles padecía daños estructurales de ma-

54
 yor o menor grado, acumulados durante mucho tiempo, daños que se acrecentaron debido a los sismos de septiembre de 1985.

Durante nuestra intervención en este programa, cabe destacar la importancia del trabajo en equipo realizado por personal del Instituto Nacional de Antropología e Historia, de Renovación Habitacional Popular y de Colinas-De Buen, equipo que solucionó, en el campo y de manera expedita, los problemas de muy diversa índole surgidos antes y durante el desarrollo de las obras.

Los inmuebles intervenidos correspondieron a edificios construidos en los siglos XVII, XVIII y mayormente en el XIX, de los cuales 49 son considerados monumentos históricos.

Para su estudio, estos monumentos se clasificaron en tres grupos:

Grupo A.—Conformado por aquellos inmuebles que no presentaban alteraciones o modificaciones arquitectónicas ni estructurales y para los cuales únicamente se efectuó el cál-

culo estructural en los elementos dañados, y las propuestas correspondientes.

Grupo B.—Integrado por los inmuebles con alteraciones de tipo arquitectónico y estructural que requirieron de un análisis tanto de tipo formal como estructural, para proceder a las propuestas respectivas.

Grupo C.—Al que correspondieron dos inmuebles cuyo estado físico presentaba colapso parcial o riesgo inminente de colapso, en los cuales se demolió una parte y se conservó otra efectuándose proyecto y diseño estructural para el área demolida. El área conservada correspondió a la crujía de fachada que, por estar construida con mejores materiales y en mejores condiciones de mantenimiento, fue la menos dañada. Por otro lado, esta situación permitió conservar la imagen urbana del lugar.

Dentro de los problemas comunes que se presentaron en los inmuebles destacan los siguientes:

Cimentación.—Grietas de diferente magnitud, en cimientos generalmente ejecutados con piedra brasa, provocadas por asentamientos diferenciales. En estos casos, la solución fue sustituir algunas piezas con el objeto de amarrar el cimiento y otorgarle mayor resistencia. Ocasionalmente, hubo de mejorarse el terreno colocándose, sobre la excavación, una capa de tezontle y tepetate (figuras 2 y 3).



Fig. 2. Cimientos y muros deteriorados

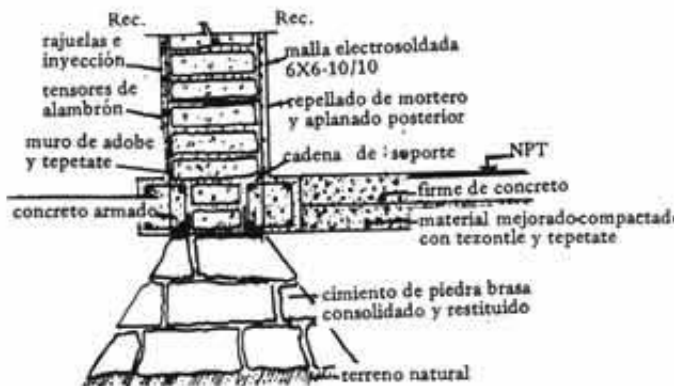


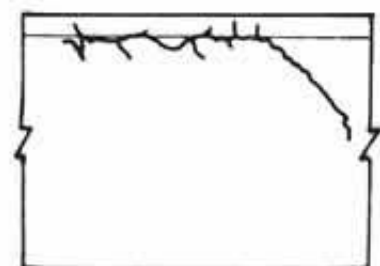
Fig. 3. Cimientos y muros deteriorados

Muros.—Grietas y degradación en estos elementos estructurales construidos con adobe, tepetate, tabique, tezontle o la combinación de estos materiales. En este caso, dependiendo del material y tipo de grieta, se recomendó desde la inyección de concreto hasta el cocido de muros, con el objeto de consolidar el elemento dañado y de restituir su comportamiento inicial de trabajo.

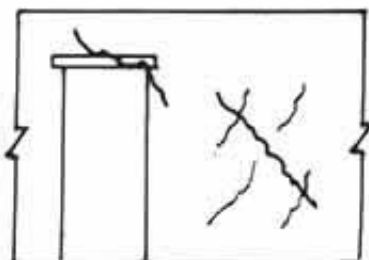
Ejemplo de ello son los muros de adobe que presentaban fisuras o grietas, en las cuales se sustituyó el material dañado por material nuevo o se consolidó inyectando mezcla y rajue-

leando con piedra brasa.

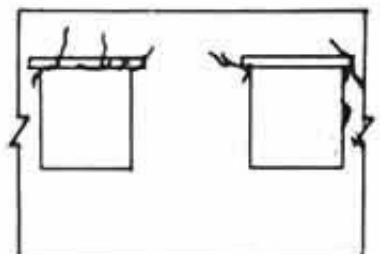
En los cruces de muros de adobe que estaban separados y dañados se traslaparon, en forma alterna, las piezas que concurren al muro, con material similar. También, se colocaron escuadras de cadenas de concreto en los cruces de muros de adobe con muros de piedra o tabique, con el fin de amarrarlos y evitar su separación. Los muros mixtos, compuestos de diversos materiales, se consolidaron inyectando lechada con mangueras.



EN MURO INTERMEDIO



EN VANO DE PUERTA



EN VANO DE VENTANA



Fig. 4. Muros deteriorados

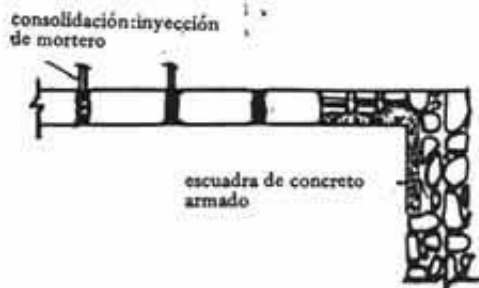
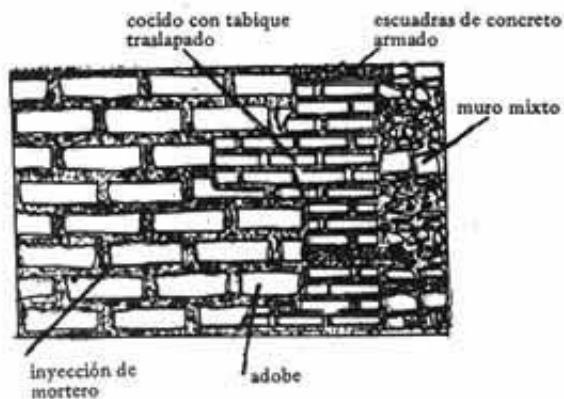


Fig. 5. Reparación de muros

Asimismo, con el objeto de unir los muros y otorgar mayor rigidez a la estructura, se colocaron castillos anclados hasta la base de la cimentación, excepto en aquellos inmuebles cuyos muros, en su totalidad, eran de adobe, en los que se colocó las escuadras de cadenas de concreto armado, como ya se indicó.

En los muros mixtos, con una altura mayor a 2.50 metros, se colocó una cadena perimetral intermedia a la altura del cerramiento de puertas y otra en la parte superior de los mu-

ros, para recibir las vigas de techumbre o la vigueta y bovedilla.

Los muros degradados por falta de mantenimiento, humedad y desgaste por intemperismo se sustituyeron o bien fueron protegidos con malla metálica electrosoldada, sujeta al muro con ganchos y estribos de alambón, sobre la cual se colocó una tela de gallinero para posteriormente aplanarlo con mezcla

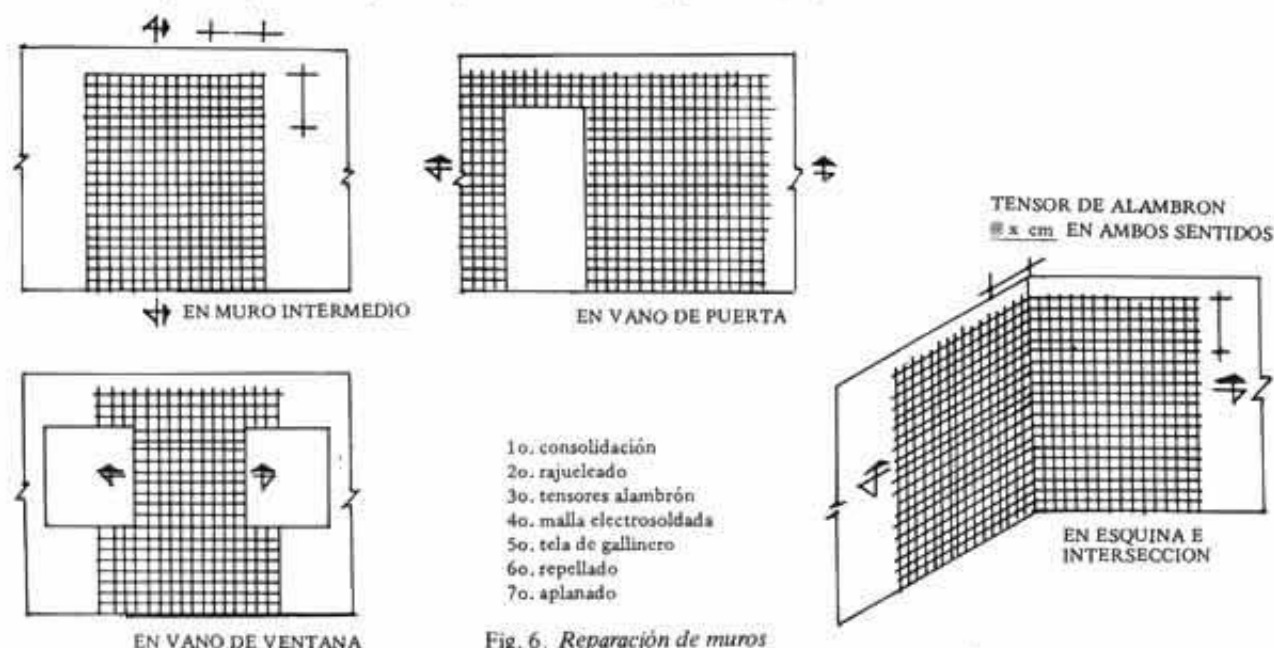


Fig. 6. Reparación de muros

Entrepisos y techumbre.—En los entrepisos y techos existentes de vigas y terrado que presentaban daños se sustituyeron los elementos dañados por piezas nuevas del mismo material, colocadas en el mismo sentido de las originales. Los rellenos de tierra fueron sustituidos por material más ligero, como el tezontle.

En aquellos casos de sustitución total de la techumbre, en los que por modificaciones de proyecto no se respetaron los

niveles originales, se colocó vigueta y bovedilla en el mismo sentido que la viguera original, con relleno de tezontle, entortado y enladrillado.

Cuando la techumbre correspondía a una bóveda catalana, se sustituyeron las piezas dañadas por material nuevo, resanándose las juntas y colocando sobre la cubierta un aplanado fino para protección de la misma (figuras 7 y 8).

Fig. 7. Deterioro en losas de azotea

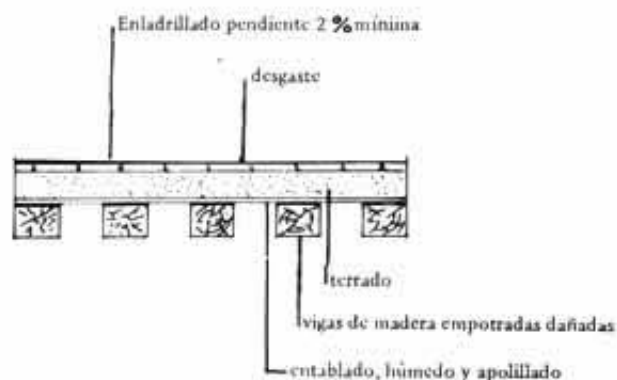
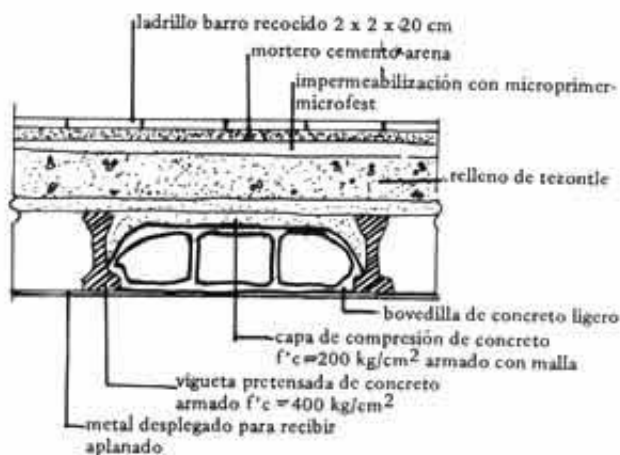


Fig. 8. Reparación de losas de azotea



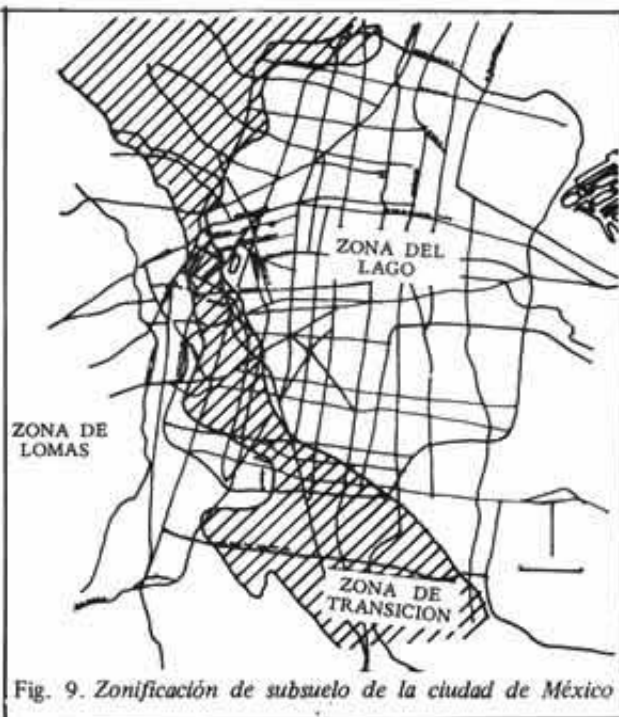


Fig. 9. Zonificación de subsuelo de la ciudad de México

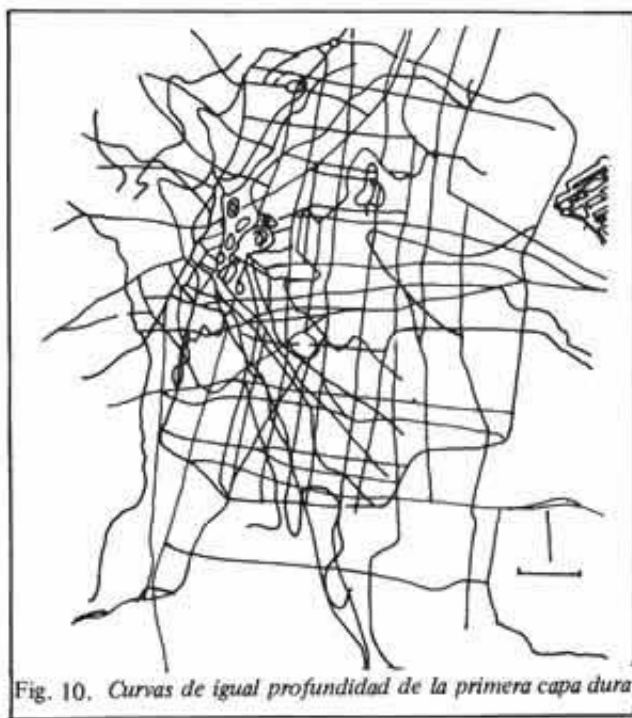


Fig. 10. Curvas de igual profundidad de la primera capa dura

Columnas.—Las columnas dañadas fueron encofradas con malla metálica electrosoldada, con un recubrimiento mínimo de 2 centímetros en cada cara. Otra solución correspondió a un zunchado con acero de refuerzo, en forma helicoidal, desde la base hasta la parte superior.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los edificios antiguos del centro de la ciudad de México, catalogados como monumentos históricos, han demostrado no ser especialmente sensibles a los intensísimos sismos que ocurren en esta zona, de tiempo en tiempo.

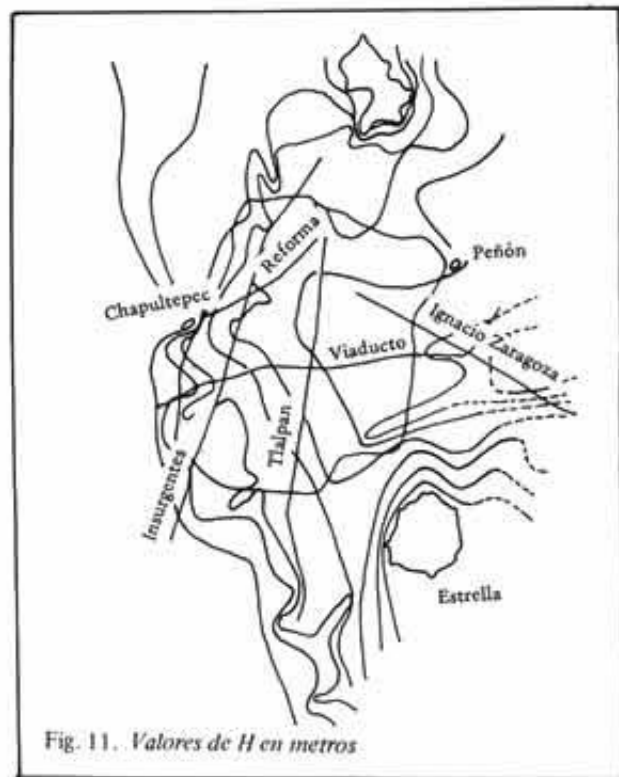


Fig. 11. Valores de H en metros

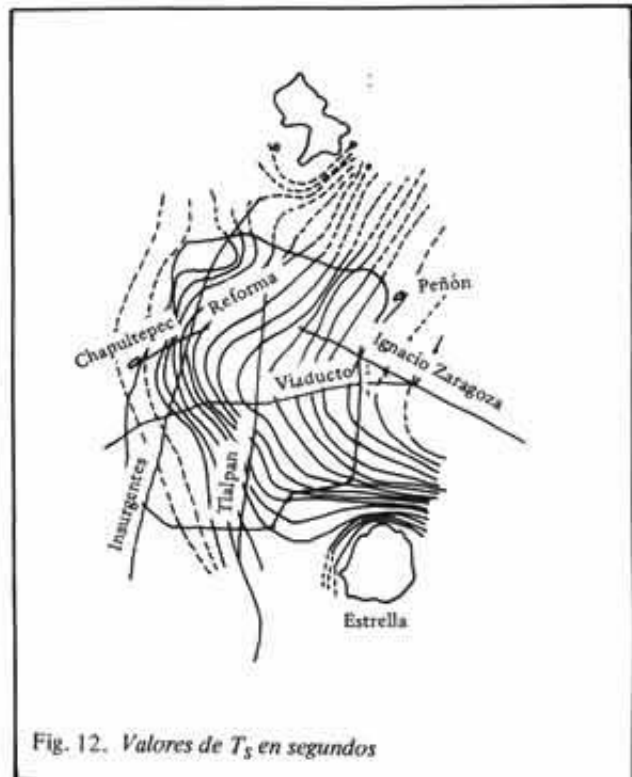


Fig. 12. Valores de T_5 en segundos

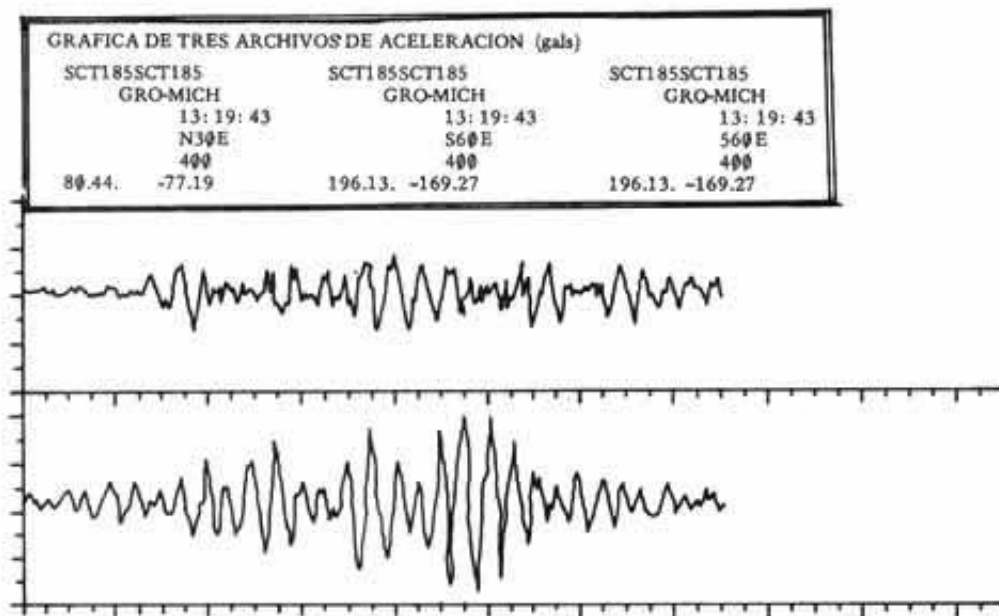


Fig. 13. Aceleraciones calculadas en direcciones N30E y S60E a partir de las componentes NS y EW registradas.

En efecto, en septiembre de 1985 ninguna de estas construcciones se derrumbó, y los daños sufridos por alguna de ellas pueden achacarse, más bien, a los estragos del tiempo que al propio sismo.

La razón de este comportamiento no se debe, por cierto, como se ha dicho en ocasiones, a que los edificios antiguos que perduran son los que se contruyeron bien. Se debe a sus propias características dinámicas y a las del terreno que los sustenta.

El suelo de la ciudad de México, constituido por una serie de estratos arcillosos extraordinariamente deformables, que descansan, a distintas profundidades, en depósitos mucho más rígidos (figuras 9, 10 y 11), es una estructura que, en amplias zonas, vibra con un periodo natural cercano a los dos segundos (figura 12).

Cuando esta estructura se ve excitada por vibraciones que tienen también un periodo natural dominante de aproximadamente dos segundos, como es el caso de las que ocurren como resultado de los sismos que, originados en la costa del Pacífico, se hacen sentir en la ciudad de México (figuras 13 y 14), entra a una condición cercana a la resonancia, produciéndose ampliaciones muy notables del movimiento que originalmente llega y que dan lugar, en la superficie del terreno, a amplitudes y aceleraciones de gran magnitud. Aquellos edificios que, colocados sobre este terreno, tengan también un periodo fundamental de vibración similar al del suelo amplifican aún más el movimiento, llegándose a condiciones que, en ciertos casos, difícilmente pueden ser resistidos por ellos, aun en el caso de que cuenten con resistencias notablemente mayores a las que son usuales.

Esta amplificación no se presenta en construcciones bajas y

rígidas que se mueven con el suelo, ni en edificios de gran altura en los que las aceleraciones que llegan a actuar pueden ser aún menores que las del propio terreno (figuras 6 y 7), pero si se presentan en edificios de altura mediana, es decir, los que tienen de seis a quince pisos, como es el caso de las construcciones que se desplomaron en las áreas más afectadas (figura 15).

Los edificios antiguos del centro de la ciudad han soportado, a través de los años, sin daños de mayor consideración, sismos similares a los de septiembre de 1985; éste es el caso

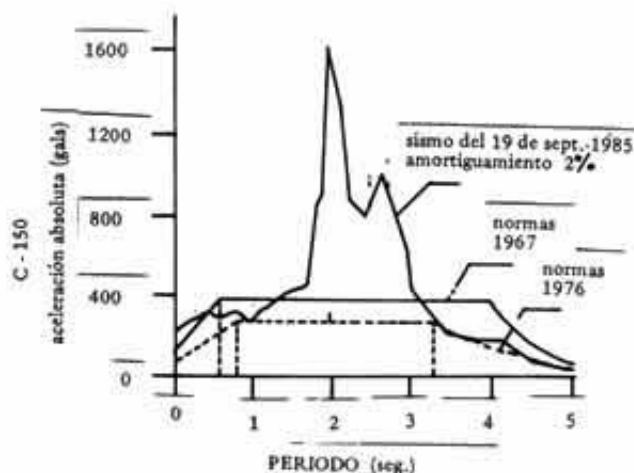


Fig. 14. Espectros comparativos

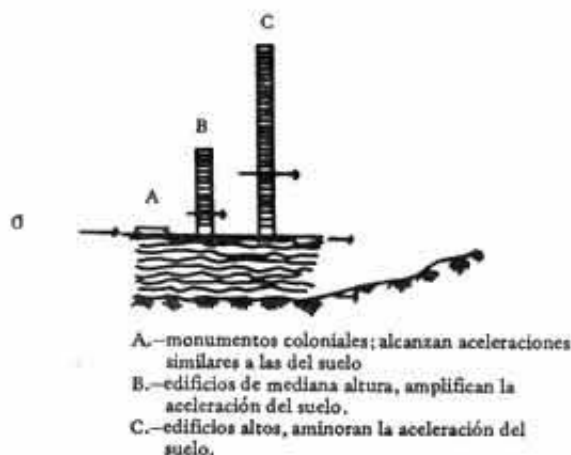


Fig. 15. *Comportamientos estructurales típicos*

del temblor de Madero, de 1910; el de Jalisco, de 1931, y el del Ángel, de 1957, entre otros que, con diferentes intensidades, tipifican los fenómenos sísmicos más dañinos para la ciudad de México (figura 10).

Basados en esta experiencia y con las consideraciones antes señaladas, se puede concluir, fácilmente, que la política más sana de reparación de edificios históricos, que por efecto sísmico resultan dañados, sería restaurarlos de modo de hacerlos recuperar sus condiciones iniciales sin pretender cambiar sus características estructurales, ya que esto consigue reponerles condiciones estructurales adecuadas para soportar los movimientos sísmicos particulares de la zona; por otro lado, resulta también lo más conveniente desde un punto de vista económico.

Esta restauración implica también disminuir apéndices que, a través del tiempo, se han hecho a ciertas construcciones predominantemente sobre sus azoteas y reconstruir muros que inicialmente se tenían y han sido eliminados, modificando,

en forma considerable, la estructuración típica de estas construcciones.

Como se ha reiterado, aquellos inmuebles localizados en el Centro Histórico de la ciudad de México, sean o no monumentos, que no rebasen una altura mayor a los siete metros aproximadamente, con una estructura compuesta básicamente por muros de carga de gran espesor, colocados en ambas direcciones y con separaciones entre sí del orden de 5 ó 6 metros, como máximo, con un sistema de entresijos y techumbre tradicional que abarquen la totalidad de los locales cubiertos y sin irregularidades excesivas, no presentan, por sus características dinámicas, riesgo inminente de colapso debido a la acción de fuerzas horizontales en sus estructuras.

Por lo tanto, no se recomienda llevar a cabo en ellos trabajos de refuerzos adicionales que, por otro lado, podrían lastimar los elementos arquitectónicos y ornamentales.

Esta situación no se puede generalizar a otras áreas ubicadas en otros sitios o localidades con otro tipo de subsuelo, pues los efectos de los sismos y el comportamiento de las estructuras son distintos.

Sin embargo, para aquellos inmuebles con las características antes descritas, se recomienda lo siguiente:

1. Devolver las condiciones estructurales originales a los inmuebles y mantener sus estructuras técnicamente sanas a través de su adecuada rehabilitación, mediante la consolidación, reestructuración y restitución o reposición de elementos.

2. Eliminar elementos adosados que no son partes originales del inmueble y que sí afectan su comportamiento estructural, como son las de tipo provisional o permanente construidas a partir del nivel de azotea.

3. Efectuar labores de conservación, mantenimiento y limpieza protegiendo de la intemperie aquellos materiales sujetos a degradación por efecto de erosión, como es el caso de los muros de adobe.

4. Evitar la sobrecarga en estructuras, generada por actividades que demeraden grandes áreas de bodega o concentración de cargas similares.

*Dibujó: Maricela Velázquez Monroy
 Mariano Vélez Lira*