

Emilio Rosenblueth
Virginia García Acosta
Teresa Rojas Rabiela
Francisco Javier Núñez de la Peña
Jesús Orozco Castellanos

Macrosismos

Aspectos físicos, sociales, económicos y políticos

Centro de Investigaciones y
Estudios Superiores en Antropología Social

centro de investigación sísmica
de la fundación javier barros sierra

Sismos y sismicidad en México

Emilio Rosenblueth
Instituto de Ingeniería, UNAM

Introducción¹

La corteza terrestre está constituida por grandes placas poco deformables (véase fig. 1). Arrastradas por corrientes magmáticas del manto y empujadas por la nueva corteza que se forma en ciertas aberturas, principalmente submarinas, las placas se mueven unas con respecto a otras. Estos movimientos relativos son resistidos por fricción cuyo vencimiento suele dar origen a temblores.

Los movimientos relativos entre placas alcanzan varios centímetros por año. Pueden ser de tres tipos:

- De separación horizontal en las aberturas. Causan temblores débiles que generalmente no ocurren cerca de áreas pobladas.
- De deslizamiento horizontal relativo. Estos tienen lugar en las llamadas fallas de transformación.
- De subducción. Se presentan porque una placa se dobla y penetra bajo otra.

Nos interesan aquí sólo los movimientos del segundo y tercer tipos. La sismicidad de la península de Baja California y de los estados de Sonora y Sinaloa está dominada por fallas de transformación que forman parte del sistema de San Andrés; se originan en el estado de California y se continúan, alternando con cortos riscos, en el golfo de California. Desde Colima hasta Oaxaca domina la subducción de las placas Rivera y de Cocos bajo la de Norteamérica. (La placa

¹ Agradezco al ingeniero Luis Vicitez y al M. en C. Mario Ordaz la revisión crítica del texto y sus constructivas sugerencias, así como al M. en C. José Manuel Jara por su gentil colaboración.

Rivera es un triángulo que se halla al NNW de la de Cocos; aunque se desplaza con velocidad diferente de ésta, en muchos mapas se la muestra como parte de ella.) Al SE de Oaxaca, la placa de Cocos se subduce bajo la del Caribe, afectando con ello el estado de Chiapas. El movimiento horizontal de la placa del Caribe con respecto a la placa norteamericana produce temblores que afectan a Chiapas.

Como consecuencia de los deslizamientos entre placas y de movimientos del magma, aquéllas se ven sujetas a esfuerzos que pueden llegar a fracturarlas, incluso lejos de sus fronteras. Tales fracturas son fallas geológicas donde también se producen sismos. La mayor parte de nuestro territorio está afectada por estos fenómenos. En adición, las placas Rivera y de Cocos ya subducidas bajo las placas continentales también se ven sujetas a esfuerzos, y la rotura de ellas también origina temblores, cuya profundidad bajo territorio mexicano suele denominarse intermedia. Todos los demás temblores a que nos hemos referido son someros en nuestro país: se producen a menos de unos 25 km de profundidad mientras que los de las placas subducidas alcanzan profundidades hasta de unos 125 km y más.

Hemos mencionado las causas de los temblores que más interesan desde el punto de vista de sus efectos en las obras civiles y en la población; hay otras, como la actividad volcánica, pero su importancia es mucho menor, así que no nos referiremos a ellas.

Magnitud e intensidad

La magnitud es un índice de la energía que libera un temblor. Se usan diversas escalas de magnitud según la porción de los registros que se empleen para calcular esta cantidad. Gana aceptación la llamada "magnitud de momento" (M_w), que se relaciona directamente con la energía liberada: es función lineal del logaritmo de esta energía. Esta escala está en principio abierta en ambos extremos: podría ir de menos a más infinito. Sin embargo, para los fines de la ingeniería sólo son significativas las magnitudes mayores de 4.5 o 5; las menores que esto sólo tienen interés en sismología. Por diversas razones conviene, sin embargo, referirse a la magnitud M_s para los grandes temblores. Esta escala se satura en una magnitud como de 9.0, es decir que no pueden reportarse valores de M_s mucho mayores que esto. M_s se calcula a partir del registro de ondas superficiales. Por su mayor relevancia desde el punto de vista ingenieril, nos referiremos aquí a magnitudes en la escala M_s salvo indicación en contra. Las máximas magnitudes que se han registrado en la República Mexicana son 8.2 entre placas, 7.8 en las placas subducidas y 7.0 en el interior de la placa norteamericana. Es posible, pero muy poco probable, que algún temblor futuro llegue a exceder de estos valores en más de 0.2. (La máxima magnitud registrada en todo el

mundo no ha sobrepasado de 9.0 en la escala M_s ni de 9.5 en la M_w , ni se ha encontrado evidencia geológica de que jamás se hayan sobrepasado estos valores.)

Por la forma logarítmica de la escala de magnitudes M_w , un incremento dado en magnitud implica la liberación de un cierto número de veces más energía. Por cada dos grados son mil veces más energía; por cada grado casi 32 veces, y por cada 0.2 de grado dos veces más. Estos valores son también válidos para las magnitudes que más empleamos, las M_s , mientras estas se hallen entre 6 y 8.5 más o menos.

De las rupturas en las fallas geológicas, es decir del vencimiento de la fricción en ellas, así como de los movimientos originados en otras fuentes, emanan ondas de diversos tipos. A toda estación (punto de observación) llegan las ondas en tiempos que dependen de su tipo, longitud y trayectoria, y se manifiestan como vibraciones del terreno. La amplitud de las ondas generalmente se atenúa con la distancia, y tanto más rápidamente cuanto mayor sea la frecuencia de vibración, pero puede amplificarse localmente como consecuencia principalmente de la topografía o de las propiedades dinámicas del suelo. Este último fenómeno se conoce como efecto de sitio. Las ampliaciones locales son selectivas en cuanto a la frecuencia de las ondas.

Las vibraciones del terreno tienen un poder destructivo que depende del conjunto de frecuencias de las vibraciones, de sus amplitudes, de la duración del movimiento y de las construcciones que existan en el lugar. Para caracterizar el movimiento debemos hacer abstracción de las propiedades de las estructuras existentes y referirnos al poder destructivo potencial de un temblor. De esta manera nos referimos al poder destructivo que tendría el temblor en un sitio si allí existieran estructuras de tales y cuales tipos y en tal proporción de cada uno.

Este poder destructivo, el potencial, de un temblor en un sitio es lo que se mide con el concepto de intensidad. Un mismo temblor tiene por ello una sola magnitud (en una escala dada), pero diversidad de intensidades (aun en una escala dada de intensidad) según el punto de la superficie terrestre a que nos refiramos.

El estudio cuantitativo de los sismos como fenómenos naturales se inició a mediados del siglo pasado. Aun antes de que se dispusiera de instrumentos de registro adecuados, se asignaron intensidades a los temblores. Las escalas que se idearon fueron necesariamente subjetivas. Se originaron en Italia, así que reflejaban en parte los efectos sísmicos en las construcciones italianas de la época. En buena medida, a ello se debe que en diversos tiempos y países se hayan propuesto modificaciones a las escalas existentes y hasta se hayan ideado nuevas escalas. Tal vez para la ciudad de México debimos haber establecido nuestra propia escala, pero ya no sería útil hoy en día, dado que ya se dispone de una red respetable de instrumentos de registro que permite describir el movimiento con mucho más detalle y precisión que lo que comunica un so-

lo número en una escala subjetiva. Además, la que fuera la escala más indicada para nuestra ciudad capital tendría que variar con el tiempo, pues debería depender de las tendencias arquitectónicas prevalecientes.

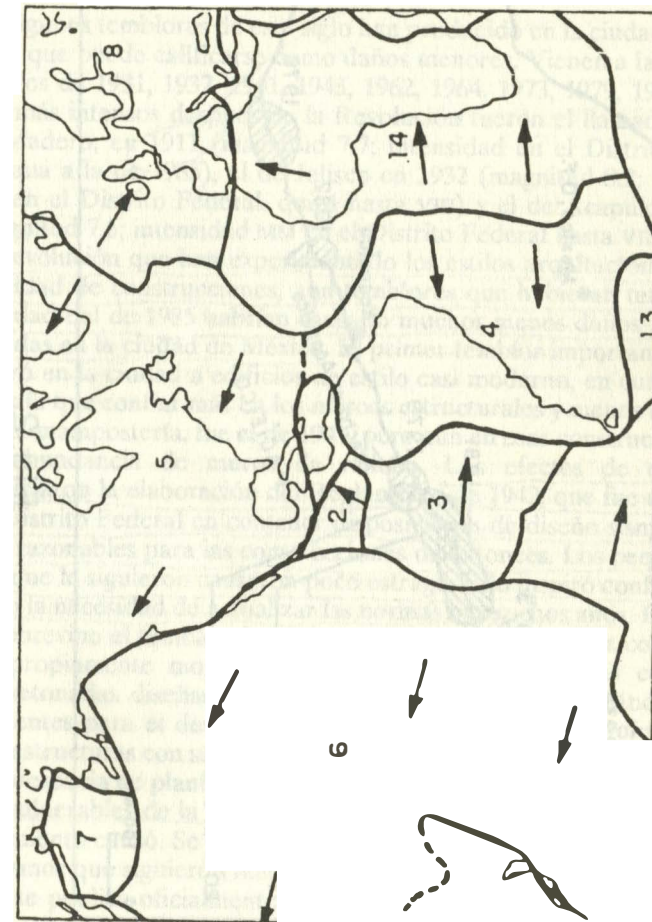
La escala de intensidades más usada en nuestro continente es la de Mercalli Modificada (MM). Va de 0 al grado XII. El XII corresponde por definición a destrucción total; no puede, pues, excederse.

El macrosismo de 1985

El origen del terremoto del 19 de septiembre se halla en la rotura del contacto entre las placas de Cocos y de Norteamérica, en una extensión de 50 km x 170 km y a unos 18 km de profundidad. Su magnitud fue 8.1. La intensidad en la superficie directamente sobre la zona de ruptura alcanzó IX en la escala MM. Forzando el uso de esta escala para referirnos a la ciudad de México, cabe asignarle también IX en partes de la ciudad. Esto, no obstante la gran distancia focal (370 Km), que atenúa fuertemente las ondas en roca, pues los efectos de sitio las amplifican dramáticamente, principalmente en ciertos rangos estrechos de frecuencia de vibración.

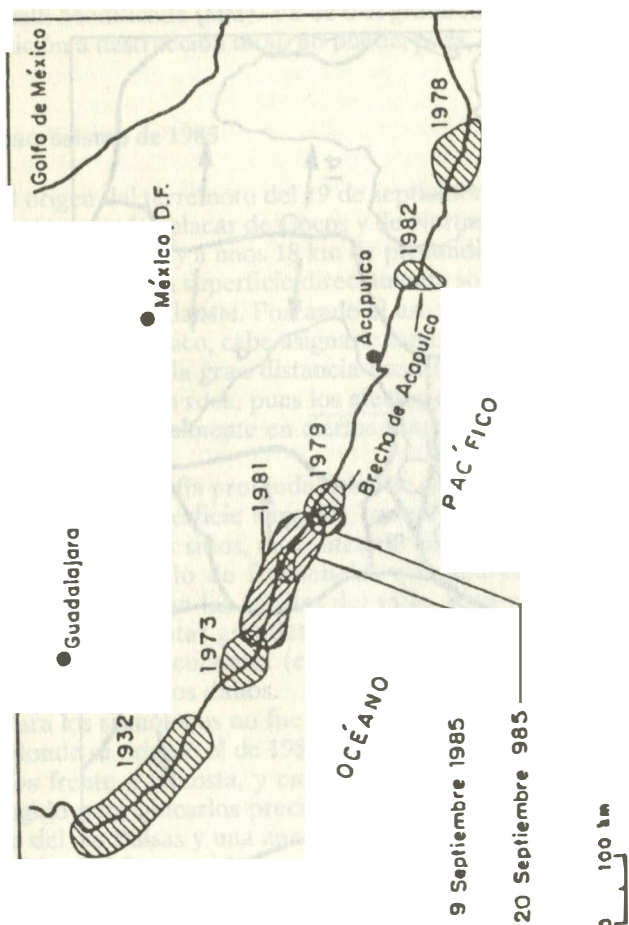
Por la estratigrafía profunda del valle de México, las ondas que llegaron aquí a la superficie superior rocosa tenían, en comparación con temblores en otros sitios, un contenido excepcionalmente alto de energía en un intervalo de frecuencias que abarca justamente aquellas que más amplifican las arcillas del valle. A su vez, las construcciones que, al experimentar grandes oscilaciones, vibraban naturalmente en este rango de frecuencias (en general edificios de 7 a 15 pisos) sufrieron los máximos daños.

Para los sismólogos no fue sorprendente que ocurriera un macrosismo donde se originó el de 1985. Estaban instalando una red de acelerógrafos frente a la costa, y entre ésta y la ciudad de México, y habían escogido para ubicarlos precisamente la desembocadura del río Balsas y una zona próxima a Acapulco. En ninguno de estos sitios había ocurrido un macrosismo en varios decenios (véase fig. 2). Constituían tramos de quietud. Era de suponerse que se produjera un terremoto a corto plazo. En efecto, ocurrió el macrosismo de Michoacán, bajo la desembocadura del Balsas. Si la información geológica, sismológica, y la de los historiadores que nos hablaban de los grandes temblores del pasado, no habían hecho que se modificara el Reglamento del Distrito Federal, era porque los dedicados a diversas disciplinas trabajábamos muy aislados. El insulismo se acabó merced a la interacción a que nos forzaron la reevaluación de la sismicidad en Laguna Verde y la elaboración del Reglamento del Distrito Federal.



F. 9.

SEU SON
SIS AMER



F 9 2

La interacción ha resultado grata y fructífera, al menos para los ingenieros.

Casos parecidos ocurridos en México

Algunos temblores de este siglo han producido en la ciudad de México lo que puede calificarse como daños menores. Vienen a la mente los eventos de 1931, 1932, 1941, 1943, 1962, 1964, 1973, 1979, 1980 y 1981. Los más intensos después de la Revolución fueron el llamado temblor de Madero, en 1911 (magnitud 7.7; intensidad en el Distrito Federal cercana a la de 1985), el de Jalisco en 1932 (magnitud 8.2; intensidad MM en el Distrito Federal, quizá hasta VIII) y el de Acapulco en 1957 (magnitud 7.5; intensidad MM en el Distrito Federal hasta VIII). Debido a la evolución que han experimentado los estilos arquitectónicos y a la densidad de construcciones, aun temblores que hubieran tenido la intensidad del de 1985 habrían causado muchos menos daños y pérdidas de vidas en la ciudad de México. El primer temblor importante que encontró en la ciudad a edificios de estilo casi moderno, en cuanto a que se tenía que confiar más en los marcos estructurales y menos en los muros de mampostería, fue el de 1941, pero aun en esas construcciones había abundancia de muros de relleno. Los efectos de ese sismo propiciaron la elaboración del Reglamento de 1942, que fue el primero del Distrito Federal en contener disposiciones de diseño sísmico. Estas eran razonables para las construcciones de entonces. Los pequeños sismos que le siguieron causaron poco estrago. Ello inspiró confianza y no se vio la necesidad de actualizar las normas en muchos años. Pero cuando sobrevino el temblor de 1957 ya había buen número de construcciones propiamente modernas, unas cuantas estructuradas con placas encasetonadas diseñadas deficientemente, refuerzos longitudinales insuficientes para el desarrollo de esfuerzos en barras de refuerzo, muchas estructuras con serias torsiones, escasez de muros en una dirección o la presencia de planta baja débil. Además, se habían poblado las áreas más vulnerables de la ciudad. De allí la severidad de los daños que ese movimiento causó. Se elaboraron las Normas de Emergencia; de nuevo los sismos que siguieron fueron pequeños e inspiraron confianza. Hasta 1966 se publica oficialmente un nuevo reglamento, y en 1976 otro. En ellos, sobre todo el segundo, se avanza significativamente en métodos generales de análisis, métodos que son capaces de cubrir prácticamente cualquier estilo de construcción, y se avanza en la zonificación de la ciudad en función del tipo de suelo de cada sitio. Sin embargo, se conserva la errónea idea de que no hay por qué diseñar para perturbaciones mucho más intensas que el temblor del 28 de julio de 1957. Lo que siguió, de 1979 a la fecha, lo hemos vivido todos.

De los temblores a que me he referido, la mayoría ha sido de subducción. El de Acambay de 1912 se originó a unos 70 km de la capital, por deslizamiento en una falla de la placa norteamericana. El de 1980 tuvo su origen en la placa de Cocos ya subducida, pero su magnitud fue sólo de 7.0. Además ocurren multitud de sismos de origen local en el valle de México, que causan daños menores y muy localizados. De las causas de los temblores que afectan el resto del país ya hablamos.

La fosa de Guerrero. Su potencial sísmico

Los aportes de geofísicos, geólogos e historiadores y su interacción con los ingenieros han hecho posible cuantificar la sismicidad de la República, en especial del Distrito Federal. En términos generales podemos caracterizar los temblores que se originan en una fuente como si la probabilidad de que allí se exceda determinada magnitud en un periodo de un año de duración fuera independientemente del tiempo. Esa probabilidad se conoce como tasa de excedencia de la magnitud en cuestión. La hipótesis de que las tasas de excedencia son constantes en cada fuente vale generalmente con fines prácticos cuando se trata de temblores que alcanzan intensidades pequeñas o moderadas en el sitio de interés, pues, aunque no sea estrictamente cierto para los sismos que emanan de cada fuente en particular, los de fuentes diversas llegan en forma aleatoria. Tratándose de la ciudad de México, la hipótesis es razonable salvo por lo que toca a los macrosismos de subducción que tienen su origen en las costas de Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, o al menos las dos últimas, y cerca de ellas. Los grandes temblores de una fuente dada tienen una tendencia a la periodicidad. Los tiempos de recurrencia de estos eventos son del orden de varios decenios cuando se trata de temblores de subducción. El que haya ocurrido el temblor de Michoacán hace poco probable que en el mismo tramo de la zona de subducción se presente otro macrosismo antes de varios decenios. Por tanto, las presas de Infiernillo y la Villita cercanas a este foco potencial, están más seguras que antes de 1985. En cambio al poniente de Acapulco no se ha originado ningún gran temblor en 78 años a pesar de que su tiempo de recurrencia es de 50 años. Con base únicamente en información sobre temblores de magnitud superior a 7 se concluye que la probabilidad es 2/3 de que ocurra un macrosismo al poniente de Acapulco antes de 30 años. Si además se tienen en cuenta los temblores de menor magnitud que vienen presentándose cerca de esta zona desde febrero del año pasado, hay quienes sostienen que se debe asignar una probabilidad bastante mayor a que ocurra el fenómeno a corto plazo, y más aún si se tiene en cuenta la distribución espacial de estos sismos. Si el área de ruptura sólo cubre de Acapulco hacia el poniente, es posible que el próximo macrosismo alcance una magnitud

de 8.1 a 8.2. La distancia de esta área al Distrito Federal es ligeramente menor que la correspondiente al terremoto de Michoacán. Teniendo esto en cuenta vale decir que es probable que la intensidad del próximo macrosismo en el Distrito Federal sea comparable o ligeramente mayor a la del terremoto de 1985. Puede, no obstante, suceder que la energía acumulada en esta llamada brecha sísmica de Acapulco se libere en, digamos, tres temblores con magnitud de 7.9 repartidos hasta en una década de años. Y, por otra parte, no es imposible que la ruptura abarque también una zona al oriente del puerto, ya que allí no se han originado macrosismos desde 1957, es decir en 32 años. En tal caso la magnitud podría alcanzar 8.3 u 8.4 y los estragos en la ciudad de México serían mucho mayores.

Aun si la magnitud es de 8.2, serían de esperarse daños materiales en nuestra ciudad capital comparables a los que causó el macrosismo de 1985, pues, si bien los edificios que entonces eran más vulnerables se cayeron o se demolieron y otros muchos se reforzaron, hay en cambio multitud de construcciones que seguramente resintieron algún daño y que ahora están en peores condiciones. Y si el desastre tiene lugar a una hora menos favorable que en 1985, el número de víctimas en esta ciudad puede ascender a cinco o diez veces lo que fue entonces.

Riesgo sísmico

El ejemplo de lo que depara el futuro sísmico a la ciudad de México sirve de trasfondo para abordar el concepto de *riesgo sísmico*. Con referencia a todo evento indeseable posible, los puristas están tendiendo a emplear, en sentido cuantitativo, el término *peligro* en un lapso dado, como sinónimo de la probabilidad de que en ese lapso ocurra el evento de que se trata, y a reservar el término *riesgo* como un concepto que involucra tanto el peligro como las consecuencias del evento. La nomenclatura no está unificada y es todavía más usual el empleo de la palabra riesgo correspondiente a determinada probabilidad de ocurrencia, en vez de peligro.

Entenderemos pues por *riesgo sísmico* en un intervalo de tiempo y en determinado sitio la probabilidad de que en ese sitio y durante ese lapso se exceda la intensidad de interés.

Esta definición de riesgo sísmico es congruente con la que comúnmente se aplica a la *función de riesgo* o *tasa de excedencia* de la intensidad en cuestión, que no es sino el riesgo por unidad de tiempo o, si se quiere, la derivada del riesgo con respecto al tiempo. Cuando vale la hipótesis de que el riesgo es casi independiente del tiempo (porque se esperan temblores importantes de muchas fuentes), la función de riesgo es también casi independiente del tiempo. Las tasas de excedencia son constantes para el sitio de interés. Cuando sucede, como en la ciudad de Mé-

xico, que los temblores más devastadores de unas cuantas fuentes ocurren con tendencia a la periodicidad (véase fig. 3), sus tasas de excedencia varían con el tiempo (véase fig. 4).

Incertidumbres

De ningún fenómeno podemos aspirar a tener certeza absoluta. En ingeniería sísmica las incertidumbres son mucho mayores que en la mayoría de los demás contextos. Se predicen eclipses con centésimas de segundo de aproximación, pero podemos fallar por decenas de años en la fecha en que ocurrir un macrosismo, decenas de kilómetros en cuanto a su foco, enormemente en lo que toca a su magnitud, a sus contenidos de frecuencia y en cuánto se atenúan las ondas en función de la distancia. Los estudios sobre efectos de sitio dejan todavía incertidumbres de decenas por ciento y más pues falta muchísimo por explorar y por estudiar. Las respuestas de las estructuras y los montos de los daños económicos directos tienen incertidumbres aún mayores; y no se diga en cuanto a las pérdidas económicas indirectas, las pérdidas de vidas y los efectos sociales y políticos de los sismos. La situación exige el uso de teoría de probabilidades.

Refiriéndonos solo a la sismicidad, importa reconocer que las incertidumbres pueden expresarse como probabilidades y éstas combinarse de acuerdo con una teoría sencilla y rigurosa con las probabilidades calculadas para las tasas de excedencia. Pongamos un ejemplo. Digamos que, si la ruptura de la brecha de Guerrero ocurre sólo al poniente de Acapulco, entonces la probabilidad de que se exceda una aceleración del terreno igual a 0.2 g en determinado sitio de la ciudad de México durante 1990 vale 0.06/año, que esa probabilidad vale 0.15/año si la ruptura se extiende algunas docenas de kilómetros al oriente de Acapulco, que consideramos la primera hipótesis dos veces más probable que la segunda y que no hay más posibilidades. En estas circunstancias la probabilidad de que se exceda una aceleración de 0.2 g en el sitio es $(2/3)0.06 + (1/3)0.15 = 0.09$ por año.

Comentarios finales

Hemos revisado de manera rápida cuestiones referentes a la naturaleza y efectos de los temblores. Notamos que fuera del Distrito Federal y de Acapulco se ignora más respecto a estos fenómenos pero que aun aquí las incertidumbres son enormes. Incluso si no hubiera tales incertidumbres, es muy elevado el riesgo de un terremoto a corto plazo con efectos comparables en la ciudad de México a los de 1985 y no es des-

preciable la probabilidad de que los efectos sean considerablemente mayores. También hemos visto que asolarán a nuestra capital numerosos temblores provenientes de fuentes diversas. Muchas cosas importantes se han hecho en el Distrito Federal para mitigar estas consecuencias pero mucho más es lo que falta por hacer.

Entre lo muy positivo para nuestra capital están:

-La elaboración del Reglamento de Construcciones de 1987, que protege las edificaciones de manera más realista que el reglamento anterior.

-El refuerzo adecuado de la mayoría de las escuelas públicas y de otras construcciones importantes.

-Los avances que se han alcanzado en investigación para comprender mejor el fenómeno y saber para cuánto debemos prepararnos y cómo.

-La instalación, mantenimiento y operación de buen número de aparatos de registro, sobre todo en la superficie del valle de México, cuyos datos están alimentando sustancialmente la investigación.

-Los simulacros con desalojo rápido que se han hecho en varias escuelas y en algunas empresas.

-La comunicación de las lecciones aprendidas, tanto al público en general como a ingenieros y arquitectos en el ejercicio práctico y a las nuevas generaciones de profesionales.

Falta, sobre todo:

-Revisar y reforzar adecuadamente multitud de estructuras que se dañaron visiblemente en 1985, así como de otras, aparentemente intactas pero que pudieran sufrir daño o colapso durante un sismo muy diferente del de 1985, y otras más, también intactas pero cuya importancia justifique hacerlas particularmente seguras.

-Cumplir más cabalmente el reglamento vigente, mediante un ejercicio de la profesión más responsable y mejor basado en conocimientos esenciales o mediante una vigilancia más estrecha.

-Instalar instrumentos de registro en ciertos puntos críticos de la superficie del valle de México que no están adecuadamente cubiertos por las redes existentes, así como instrumentos subterráneos y otros en edificios de especial interés, mantenerlos, operarlos e interpretar sus registros.

-Mejorar los métodos para calcular efectos de sitio en valles extensos con suelos muy deformables, como lo es el valle de México

-Estudiar temas aún poco explorados de las respuestas sísmicas de estructuras, como su interacción con el suelo y la acumulación de daños.

-Desarrollar y estimular el uso de dispositivos que tienden a reducir las respuestas estructurales.

-Tornar sistemáticos los simulacros en escuelas y ciertos edificios, pues nuestra memoria de ciertos asuntos es corta.

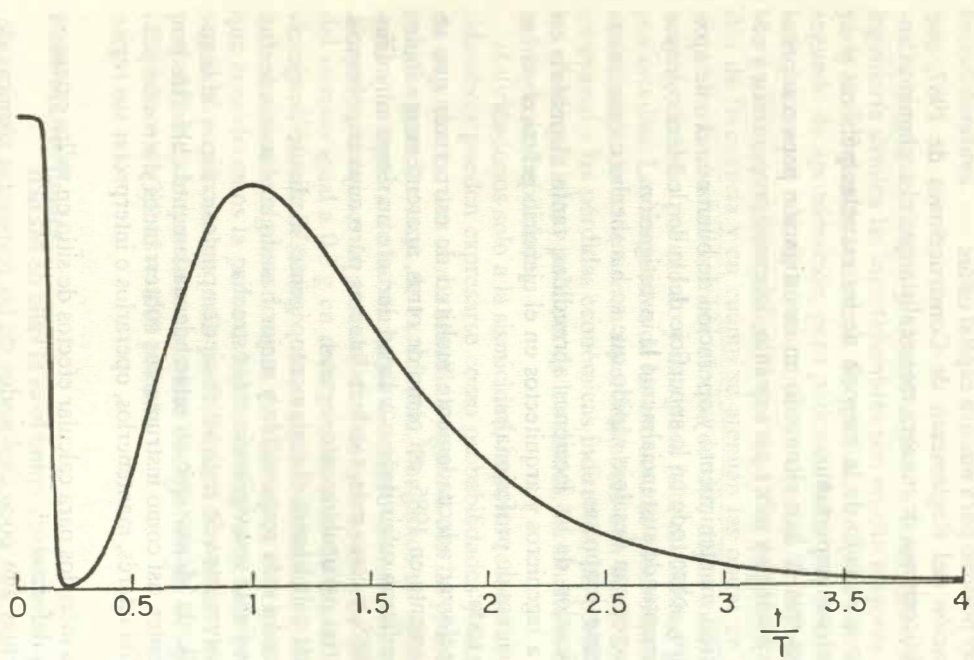


Fig. 3

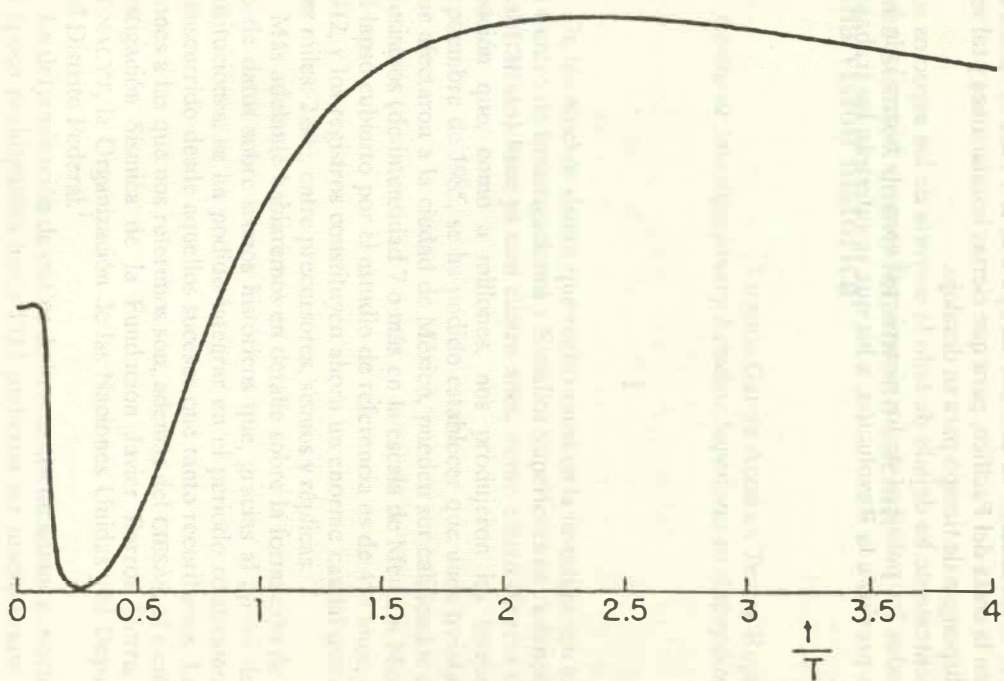


Fig. 4

-Inspeccionar periódicamente las salas de espectáculos y otros edificios en que la rapidez de evacuación es crucial, a fin de asegurarse de que las salidas están en buenas condiciones, especialmente las de emergencia.

-Explorar la instalación de una alarma operada con base en sensores ubicados en la costa del Pacífico, para que ciertas instalaciones y tal vez escuelas dispongan de tiempo para su desalojo.

Conscientemente he dejado de lado la mayoría de los aspectos sociales y todos los políticos de los sismos, así como la historia de los temblores previos a la Revolución, a los que se referirán los trabajos siguientes.

Los sismos como fenómeno social: una visión histórica

Virginia García Acosta y Teresa Rojas Rabiela
Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social

I

De los muchos sismos que registramos en la investigación iniciada en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) hace ya casi cuatro años, como efecto directo de la conmoción que, como a millones, nos produjeron los terremotos de septiembre de 1985, se ha podido establecer que unos treinta de ellos, que afectaron a la ciudad de México, pueden ser calificados como macrosismos (de intensidad 7 o más en la escala de Mercalli Modificada). El lapso cubierto por el estudio de referencia es de 457 años, de 1455 a 1912, y los registros constituyen ahora un enorme caudal que se cuenta por miles: 2 800, entre precursoros, sismos y réplicas.

Más adelante hablaremos en detalle sobre la formación de este banco de datos sobre sismos históricos que, gracias al apoyo de diversas instituciones, se ha podido integrar en el periodo relativamente corto transcurrido desde aquellos sucesos que tanto recordamos. Las instituciones a las que nos referimos son, además del CIESAS, el Centro de Investigación Sísmica de la Fundación Javier Barros Sierra, A.C., el CONACYT, la Organización de las Naciones Unidas y el Departamento del Distrito Federal.¹

La determinación de cuáles de los cientos de sismos conocidos desde la época prehispánica hasta 1912 pudieron ser macrosismos, se deriva directamente de la interpretación de los datos históricos (se carece casi por completo de registros instrumentales sistemáticos previos a 1911). La magnitud y el epicentro, entre otros datos, se obtienen utilizando los propios registros pero mediante métodos especiales que los sismólogos han ido creando para tales fines. En nuestro caso, estas tareas han esta-