

Los diseños y los fenómenos sísmicos que provocan emergencias y desastres en la Ciudad de México

SALVADOR DUARTE YURIAR*

Departamento de Métodos y Sistemas

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

sduarte@correo.xoc.uam.mx

PALABRAS CLAVE

Sismo 2017

Daños

Emergencia

Resiliencia

Prevención de emergencias

Diseño

KEYWORDS

2017 earthquake

Damage

Emergency

Resilience

Disaster prevention

Design

Este artículo expone los mecanismos que provocan los sismos que han tenido lugar en la Ciudad de México como una amenaza grave, ya que han afectado seriamente a la población, tanto por el sufrimiento y la pérdida de vidas humanas, como por los daños materiales que han provocado en edificios e infraestructura. Frente a esto, el rol de la Universidad Autónoma Metropolitana tiene un desafío formidable que es necesario atender, en particular por la posible resiliencia y continuidad que puede ofrecer el diseño como tema de investigación científica, tecnológica y humanística en las Licenciaturas de Arquitectura, Planeación Territorial, Diseño Gráfico y Diseño Industrial, y en el Posgrado de la División de Ciencias y Artes con alternativas y soluciones en materia de prevención de emergencias y desastres.

This article examines the causal mechanisms of the earthquakes that have occurred in Mexico City, which have seriously affected the population, both in terms of suffering and loss of human life, and in material damages to buildings and infrastructure. In view of the situation, the Autonomous Metropolitan University can play a role that must be addressed, particularly due to the potential resilience and continuity that design can offer as a subject of scientific, technological and humanistic research in the Bachelor of Architecture, Territorial Planning, Graphic Design and Industrial Design programs, and in the Graduate Program of the Division of Sciences and Arts, in proposing options and solutions for emergency and disaster prevention.

* Con la colaboración del Arq. Rogelio Leyva Herrera, y de las pasantes de Arquitectura C. Shaira Jacqueline Fuentes Pérez e Itzayana Vianey Pimentel Calleros, en su estancia de servicio social.

INTRODUCCIÓN

México y el mundo son zona sísmica. Esta afirmación puede sonar aterradora, pero refleja la realidad de nuestro planeta Tierra, al que debemos considerar como un organismo vivo y por ello presenta de manera natural un conjunto de fenómenos como los sismos, que provocan daños, sufrimiento y pérdidas a los seres que la habitamos, tal es el caso de los seres humanos. Este hecho no lo podemos evitar, pero sí prevenir sus efectos, reducir las pérdidas de vidas humanas y heridos, así como daños y colapsos en los edificios, que representan enormes pérdidas y un factor de agudización de la pobreza existente.

La mejor manera de prevenirlos es estudiarlos y conocer cuáles son los mecanismos que los provocan para proyectar, construir, operar y mantener los nuevos edificios, así como reforzar y reconvertir los edificios existentes de todos los géneros edilicios y la infraestructura urbana; éste es el camino para hacer más resiliente a la sociedad mexicana, tarea que en gran medida corresponde a quienes se les ha encomendado la producción del hábitat: a los *arquitectos, planificadores territoriales, diseñadores gráficos e industriales*, disciplinas que conforman el quehacer de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, en combinación con los dedicados a las ingenierías de los distintos campos: mecánica de suelos, estructuras, electromecánicos o telecomunicaciones, directa e indirectamente asociadas con ese gran objetivo social.

Los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017 provocaron pérdidas de vidas y heridos, daños materiales y alteración de la vida cotidiana de una gran cantidad de personas en edificios de todo tipo en los estados de Oaxaca, México, Puebla, Morelos, Guerrero y Ciudad de México. Particularmente, en esta última, además de personas fallecidas o heridas, se presentaron afectaciones en edificios de zonas que no las habían tenido con los sismos de septiembre de 1985, lo que provocó una gran incertidumbre en la población, pues se creía que los sismos que la afectaban eran los que se producían frente a las costas de Guerrero y Michoacán, llamados *interplaca o de subducción*.

El sismo del 19 de septiembre de 2017, denominado Axochiapan, tuvo una magnitud de 7.1 grados en la escala de Richter,

57 km de profundidad y 120 km de distancia de la Ciudad de México, y mostró que este riesgo para la ciudad también proviene de los temblores que se producen en la placa de Cocos –Intraplaca– y que, por tanto, será necesario desplegar en esa zona una red de registro y alertamiento sísmico temprano.

Particularmente, el sismo de Axochiapan, ocurrido en los límites de los estados de Puebla y Morelos, causó colapsos, daños severos y ligeros en edificios e infraestructura de la Ciudad de México, así como la alteración de la vida cotidiana y secuelas de psicosis en la gran mayoría de sus habitantes.

En este trabajo se expone la relación causa-efecto de los daños que provocan los sismos. Son varios los factores que intervienen para explicarla:

1. *Las características de los sismos: tipo, epicentro, profundidad, magnitud y distancia,*

2. *características físicas del subsuelo y su comportamiento,*

3. *las características de los edificios: edad, geometría, altura, sus elementos estructurales (esqueleto), cimentación, columnas, castillos, trabes y losas; sus elementos no estructurales, muros de mampostería, muros divisorios, pretilas y antepechos, las redes de instalaciones que hacen posible su adecuada operación: hidráulica, sanitaria, eléctrica, telecomunicaciones, equipos como aire acondicionado y elevadores, equipo biomédico en hospitales, mobiliario de oficina como computadoras, impresoras, escritorios, y los llamados contenidos, que son aditamentos e insumos que se utilizan en cierto tipo de actividades que, por exceso de confianza u omisión, permanecen sin sujetarse adecuadamente a los elementos estructurales y que al ocurrir el sismo se deslizan y caen provocando caos e incidentes como explosiones e incendios, lo que retarda la recuperación y normalización, en tiempo breve, de las actividades que en cada inmueble se llevan a cabo.*

La Ciudad de México está situada en una zona sísmica, por lo que inevitablemente seguirán presentándose estos fenómenos, razón por la cual tanto los ciudadanos, como las autoridades responsables de otorgar las licencias y permisos de las nuevas edificaciones, de protección civil local y federal, las personas y empresas que proyectan, desarrollan y construyen, y las instituciones de educación superior, como la UAM que forma arquitectos, diseñadores gráficos

e industriales, así como ingenieros tienen la responsabilidad y la oportunidad de preparar más y mejor para enfrentar de mejor manera estos eventos y reducir al mínimo sus efectos negativos.

OBJETIVO GENERAL

Exponer los mecanismos que provocan la ocurrencia de los sismos que afectan a la Ciudad de México, la relación causa-efecto de los daños que generan en sus edificios e infraestructura, para proponer convertirlos en temas que sean objeto de investigación científica, tecnológica y humanística, así como su correspondiente abordaje en los planes y programas de docencia de las licenciaturas en Arquitectura, en Planeación Territorial, en Diseño Gráfico y en Diseño Industrial y en el Posgrado de la División de Ciencias y Artes para el Diseño, desde la perspectiva de lo que cada uno puede aportar para preparar mejor a nuestros egresados y generar alternativas que permitan mejorar el hábitat existente y planear, proyectar, construir, operar y mantener los nuevos desarrollos, con una visión integral inter, multi y transdisciplinaria, basada en las premisas de resiliencia, sustentabilidad, habitabilidad, estética y economía de obra, operación, mantenimiento y autonomía relativa, para circunstancias normales y aquellas extraordinarias que se presentan con las emergencias y desastres.

ANTECEDENTES: LAS CAUSAS QUE PROVOCAN LOS SISMOS

¿Qué es un sismo? Es una vibración de la tierra que puede ser producida por diferentes causas: colapso de cavernas, erupciones volcánicas, deslizamiento de taludes en montañas, explosiones y acomodamiento de tierra o tectónicos (Fundación ICA, 1988: 13).

Los de interés para este trabajo son los sismos de origen tectónico (tectónica de placas) debido a la intensidad que pueden alcanzar y los problemas que provocan. Las principales placas son (Figura 1):

- La Norteamericana
- La Sudamericana
- Placa del Pacífico
- Placa Euroasiática
- Indo Australiana
- China
- Antártica
- Africana

- Árabe
- Filipina
- Placa de Cocos
- Placa de Nazca
- Placa del Caribe
- Iraní
- Helénica

Los temblores se pueden producir por cuatro tipos de fenómenos: interplaca (subducción, 1985), intraplaca (2017), separación de placas y fricción entre placas (Falla de San Andrés). Un terremoto interplaca es un terremoto que se produce en el límite entre dos placas tectónicas (México, 1985). Un terremoto intraplaca es aquel que ocurre dentro de una placa tectónica (México, 2017).

Foco, epicentro, profundidad focal, distancia epicentral y ondas sísmicas (superficiales y profundas)

Se conoce como *foco* o *hipocentro* al punto donde se inicia la ruptura de las rocas. Se localiza en el interior de la tierra a profundidades que varían desde 400 km hasta 700 km aproximadamente.

El *epicentro* es la proyección del foco sobre la superficie, a lo largo de un radio de la Tierra (Figura 2).

La tendencia a moverse una placa con respecto a la otra permite que se acumule energía potencial que se libera bruscamente al rebasarse la resistencia de las rocas en algunas zonas del contacto entre las placas, produciendo los temblores. El tamaño del temblor dependerá de la superficie que se movilice y de cuánto se desplacen.

Ondas sísmicas. En el origen de los sismos se producen dos tipos principales de ondas sísmicas, conocidas como ondas de cuerpo: la onda P comprime el terreno en la misma dirección de propagación; la onda S, al momento del sismo, trata de cortar el terreno moviéndose perpendicularmente a la dirección de propagación.

Al entrar en contacto con la superficie de la tierra, dan lugar a otro tipo de ondas conocidas como *ondas superficiales*. Éstas son análogas a las ondas de agua y viajan sobre la superficie de la tierra, desplazándose a menor velocidad que las de cuerpo. Debido a su baja frecuencia, provocan resonancia en edificios con mayor facilidad que las ondas de cuerpo y son las ondas sísmicas más destructivas (Figuras 3 a 5).

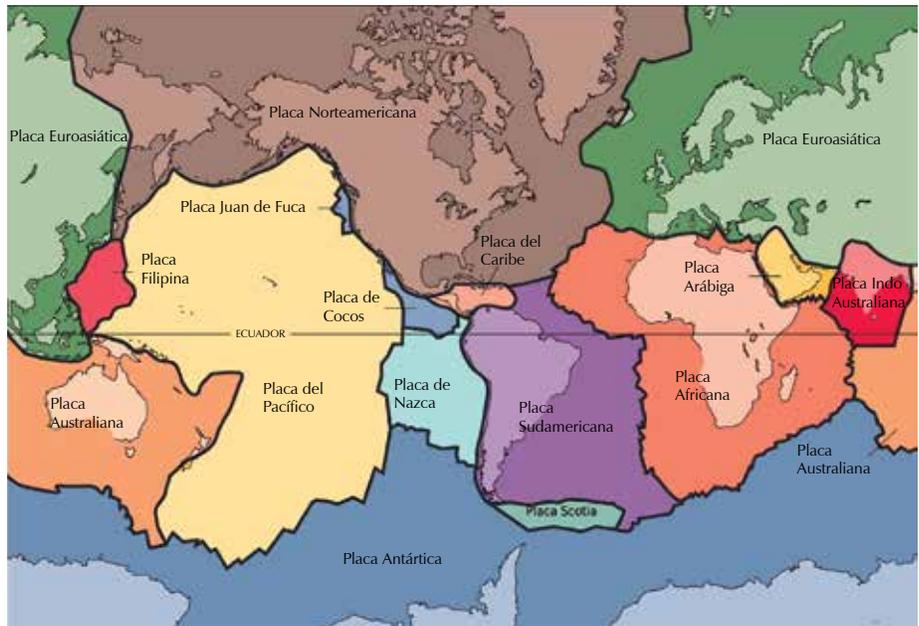


Figura 1. Placas tectónicas en el mundo. Fuente: <https://bit.ly/2ChEqks> (consultado el 16/01/2018).

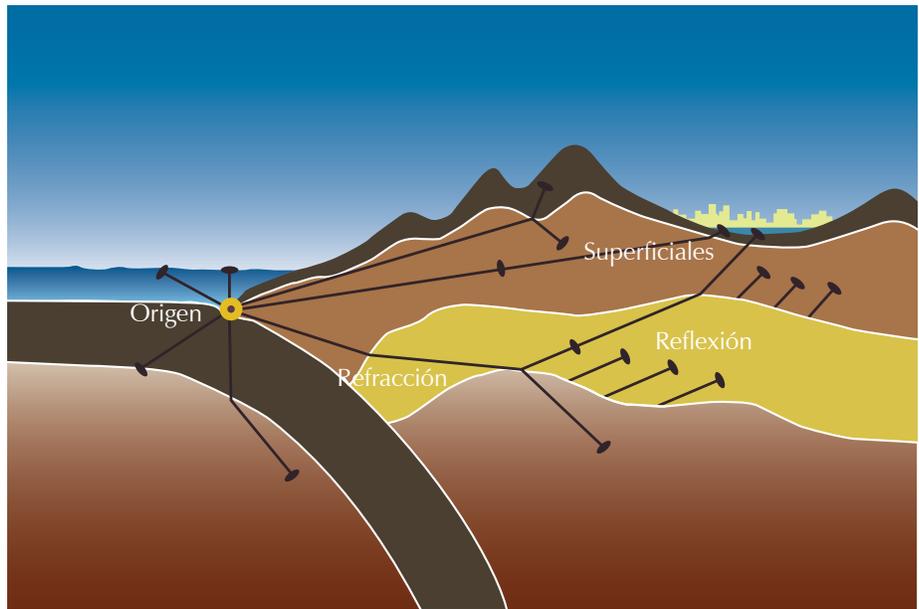


Figura 2. La Placa de Cocos penetra por debajo a la Placa de Norteamérica, se fractura y provoca el foco u origen del sismo (subducción o sismo interplaca). Fuente: (Fundación ICA, 1988).

LOS SISMOS DEL 19 Y 20 DE SEPTIEMBRE DE 1985. CARACTERÍSTICAS Y DAÑOS EN LOS EDIFICIOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Como se señaló, nuestro país es un territorio expuesto al fenómeno sísmico, particularmente en dos zonas: la primera ubicada en la costa del Océano Pacífico, frente a los estados de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas y en la unión de la Península de Baja

California en la que se generan sismos por subducción o interplaca que es donde se presentaron los sismos de 1985; la segunda, en la zona volcánica que se localiza al sur-sureste de la Ciudad de México, en la colindancia con Morelos y Puebla, en donde se han localizado varios sismos de diferentes magnitudes, entre los que destaca el del 19 de septiembre de 2017, denominado de falla normal o de intraplaca (Figura 6).

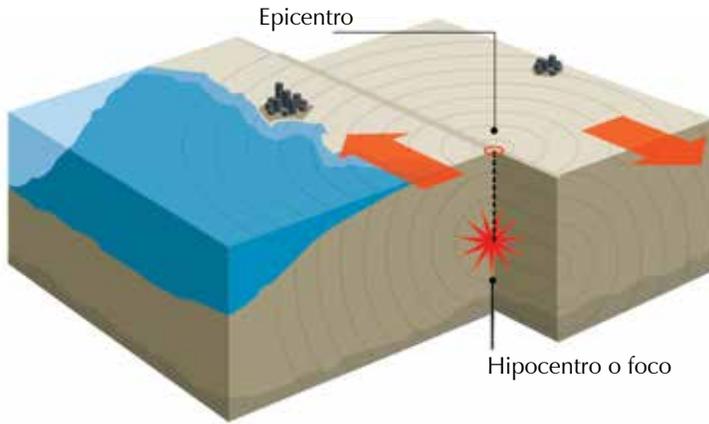
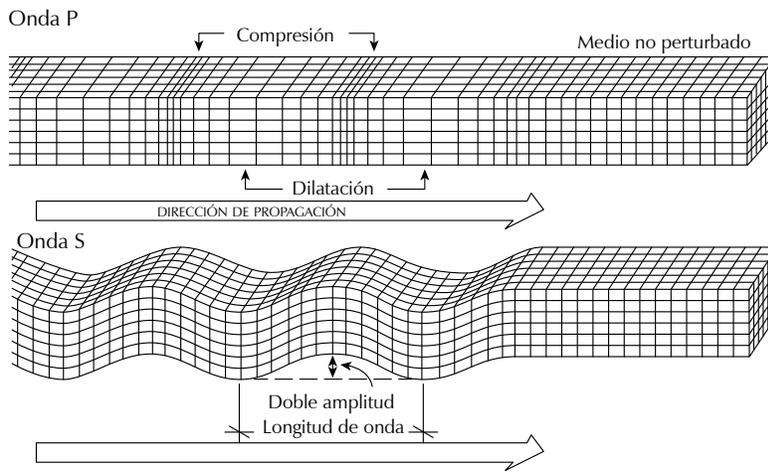


Figura 3. Descripción de las ondas sísmicas superficiales P y S. Fuente: (Sociales 7.0, 2015). Imagen: <https://bit.ly/2XDAbIU>.



Figuras 4 y 5. El foco es el punto en el que se genera el sismo, y las ondas P y S al viajar se convierten en ondas superficiales, que son las que más afectan a los edificios por el fenómeno de resonancia que pueden provocar. Fuente: <https://bit.ly/2HrtqEK>.

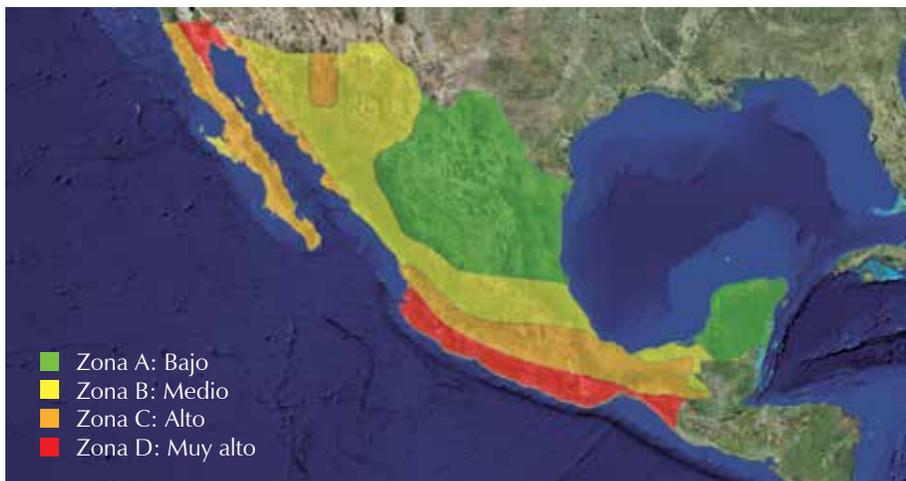


Figura 6. Zonificación de la regionalización de los sismos en México. Fuente: www.anr.gob.mx (consultado el 26/02/2018).

Los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985 han sido los más destructivos en la historia de la Ciudad de México debido a su gran intensidad, a su duración y a que en una buena parte de la zona del terreno blando las ondas adquirieron un carácter prácticamente armónico con un periodo dominante de dos segundos que hicieron entrar en resonancia a muchos edificios (Fundación ICA, 1988).

La magnitud del sismo fue de 8.1 en la escala de Richter, el epicentro se ubicó cerca de la desembocadura del Río Balsas frente a las costas de Guerrero y Michoacán a unos 400 km; la profundidad focal ha sido estimada en 16 km. El sismo fue provocado por el movimiento de la Placa de Cocos bajo la placa Americana. El epicentro se ubicó en la zona de quietud sísmica de Michoacán (Figura 7) (Fundación ICA, 1988).

La Ciudad de México se localiza en una cuenca endorreica y las características del subsuelo en que se asienta se clasifican en tres zonas: Zona I de Lomeríos, formada por suelos firmes areno-limosos (tepetate) y tobas compactas de alta capacidad de carga y baja deformabilidad; se incluyen derrames de basalto del Pedregal; Zona II o de Transición constituida por el cambio, por lo general progresivo, entre los materiales que forman la zona de lomas y los existentes en la zona de lago y la Zona III o del Lago, formada por la sedimentación de arenas y arcillas de origen volcánico, las cuales fueron transportadas por el aire y las corrientes hacia las aguas tranquilas de los lagos que se originaron en la cuenca y fueron depositadas en el fondo del lago, que ahora se sabe no es plano, sino que tiene pequeños cerros y promontorios que lo hacen una superficie irregular. Otro factor que influyó de manera importante fue la extracción de agua del subsuelo para consumo humano que desde hace años se ha llevado a cabo, lo que provocó asentamientos diferenciales e inclinaciones en los edificios (Figuras 8 y 9).

Los efectos y daños en los edificios se presentaron de manera diferenciada, resultando más afectados los que se ubicaban en la zona del Lago. Varias causas se combinaron: la duración del sismo, el movimiento que éste provocó en el subsuelo, amplificando las ondas y los periodos de vibración; estos en muchos casos coincidieron con los periodos de los edificios, provocando el

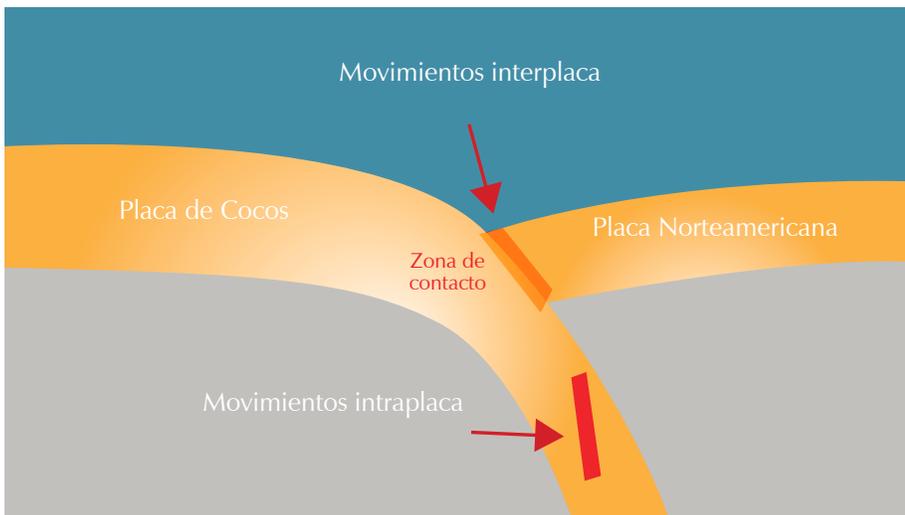


Figura 7. Mecanismo de subducción *interplaca* entre la Placa de Cocos y la de Norteamérica (1985) y de *intraplaca* (2017) en la Placa de Cocos.

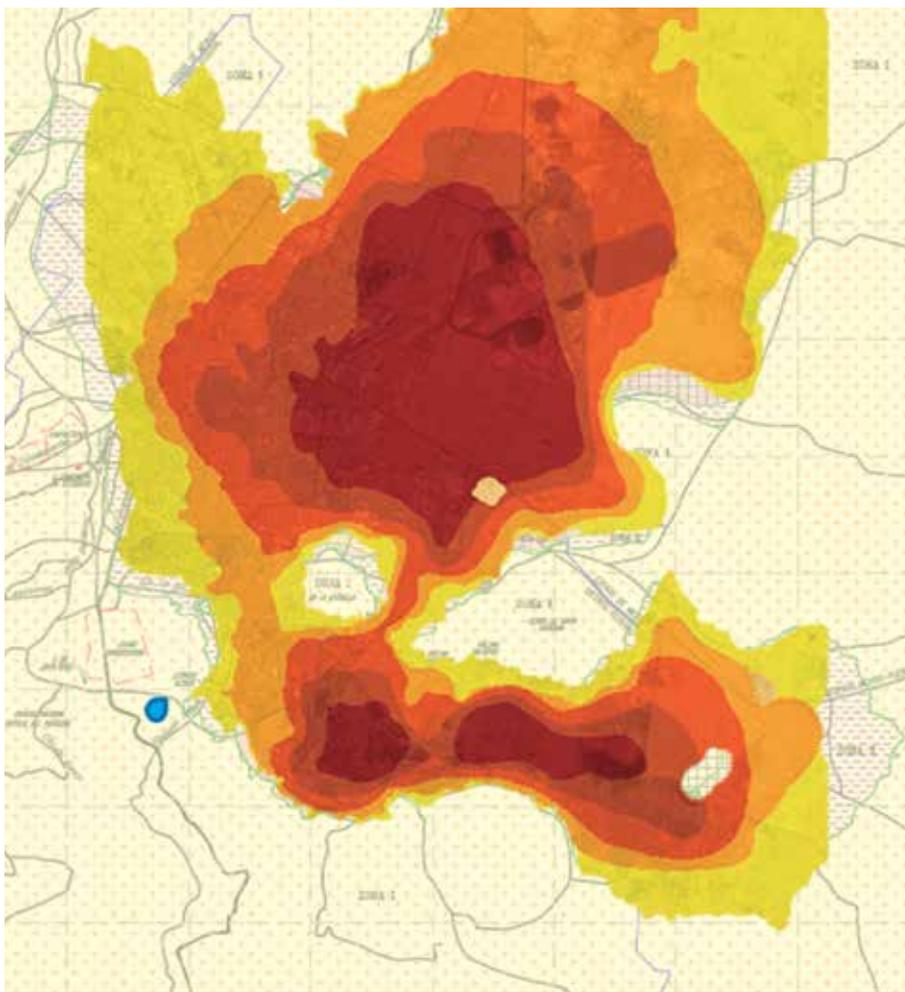


Figura 8. Comparativa de zonificación geotécnica de acuerdo con la información que proporcionan el *Atlas Nacional de Riesgos* y el Laboratorio de Mecánica de Suelos Poucell y Asociados.

fenómeno de resonancia que le imprimió esfuerzos sensiblemente mayores que la resistencia calculada de los edificios, haciendo que tuvieran daños graves y, en muchos casos, el colapso total (Figuras 10 a 19).

EL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 Y LOS DAÑOS EN LOS EDIFICIOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

El día 19 de septiembre de 2017, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo con magnitud 7.1 localizado en el límite estatal entre Puebla y Morelos, a 12 km al sureste de Axochiapan, Morelos y a 120 km de la Ciudad de México.

El sismo, ocurrido a las 13:14:40 h, fue sentido fuertemente en el centro del país. Las coordenadas del epicentro son 18.40 latitud N y -98.72 longitud W y la profundidad es de 57 km (Figura 20). Hasta las 18:00 h del 19 de septiembre se habían registrado seis réplicas (Grupo de trabajo del Servicio Sismológico Nacional, UNAM, 2017).

Mucho nos preguntamos si el sismo, de magnitud 7.1 fue más fuerte en la Ciudad de México que el terremoto de magnitud 8.1 de 1985. Sólo por la enorme diferencia en magnitud de los dos eventos, uno podría suponer que no. Esto tiene sentido, ya que el sismo de 1985 liberó 32 veces más energía sísmica que el del 19 de septiembre de 2017. Sin embargo, en 1985, el epicentro fue muy lejano y bajo las costas del estado de Michoacán, a más de 400 km de la capital, mientras que el 7.1 ocurrió apenas 120 km al sur de la ciudad. Al propagarse, las ondas sísmicas se atenúan rápidamente. Por ello, a pesar de que la ruptura que generó las ondas sísmicas el martes pasado es mucho menor que la de 1985, las sacudidas en la Ciudad de México fueron tan violentas. A continuación, veremos por qué.

La ruptura del sismo del 19 de septiembre de 2017 ocurrió dentro de la placa oceánica de Cocos (sismo intraplaca), por debajo del continente, a una profundidad de 57 km (Figura 20). Si bien este tipo de sismo no es el más común en México, de ninguna manera es extraordinario.

La Figura 21 muestra los epicentros y profundidades de algunos sismos similares, incluyendo el del martes 19 de septiembre de 2017. Estas rupturas se producen a profundidades mayores que los típicos sismos de

Corte lateral

Sección geológica del Valle de México

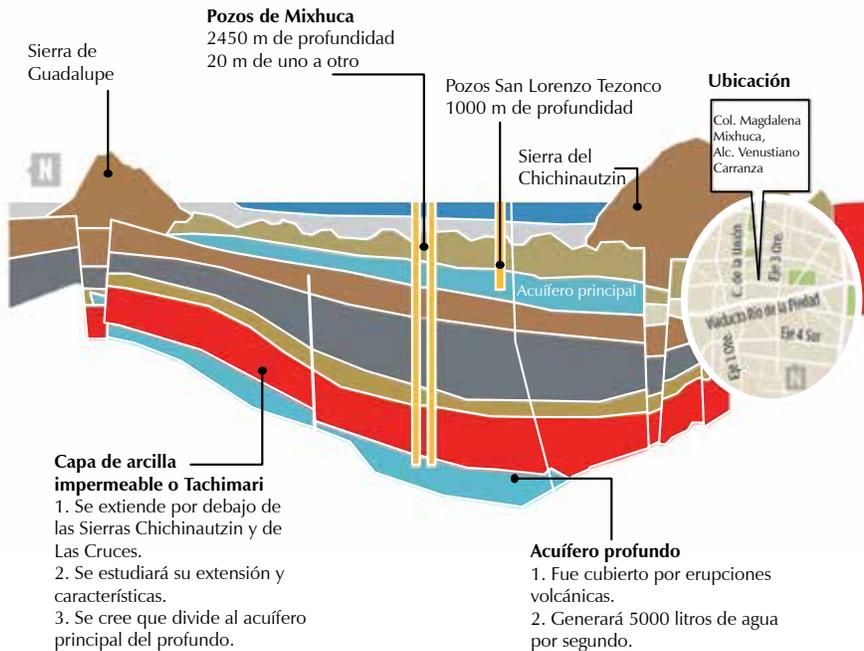


Figura 9. Corte indicativo de las capas del subsuelo de la Ciudad de México y los pozos de extracción de agua para consumo humano.



Figuras 10 a 13. Edificaciones que sufrieron colapso total durante los sismos de septiembre de 1985. Fuente: www.univision.com, www.mimorelia.com, http://vivirtlatelolco.blogspot.com

Figuras 14 a 17. Edificaciones que sufrieron colapso ¿parcial? durante los sismos de septiembre de 1985. Fuente: www.eleconomista.com.mx, candidmanmx.wordpress.com, http://jornadabc.mx.



Figuras 18 y 19. Edificaciones que sufrieron colapso ¿parcial? durante los sismos de septiembre de 1985.
Fuente: <http://vivirtlatelolco.blogspot.com>.



Figura 20. Epicentro del sismo del 19 de septiembre de 2017.

subducción como el de 1985, que tiene lugar bajo las costas del Pacífico mexicano sobre la interfaz de contacto entre las placas tectónicas de Cocos y de Norteamérica (línea roja, Figura 21).

Los sismos intraplaca, de profundidad intermedia, se producen por esfuerzos extensivos a lo largo de la Placa de Cocos. Las fallas geológicas asociadas a estos sismos se conocen con el nombre de “fallas normales”.

Es preciso mencionar que estudios realizados para sismos intraplaca en México muestran que, por año, la probabilidad de que la intensidad de las sacudidas en la Ciudad de México debidas a este tipo de terremotos sea grande es muy similar a la de los sismos típicos de subducción, como el de 1985, entre otros.

Esto implica que el peligro sísmico en la capital, asociado a los sismos intraplaca (como los del 7 y 19 de septiembre de 2017), es tan

grande como el de los sismos más comunes que ocurren bajo las costas del Pacífico mexicano (Cruz, Krishna y Ordaz, 2017).

Aceleraciones del suelo

Gracias a la vasta red de acelerógrafos y sismómetros que registraron ambos terremotos en la Ciudad de México, y a los esfuerzos de muchos sismólogos e ingenieros mexicanos, hoy hemos entendido mejor qué ocurrió.

Uno de los ingredientes que usan los ingenieros civiles para calcular las estructuras de los edificios de la CDMX es la aceleración máxima (Amax) del suelo producida por las ondas sísmicas. En 1985, la aceleración máxima (Amax) en Ciudad Universitaria (CU), que está en suelo firme (Figura 22), fue de 30 gal (1 gal = 1 cm/s²), mientras que la Amax del 19 de septiembre de 2017 fue de 57 gal. Es decir que el suelo en la zona cercana a CU experimentó una sacudida dos veces mayor que en 1985.

Sin embargo, todos sabemos que gran parte de la Ciudad de México está edificada sobre sedimentos blandos de los antiguos lagos que existieron en el Valle de México (Zona del Lago). Estos sedimentos provocan una enorme amplificación de las ondas sísmicas en la Ciudad de México que, probablemente, sea la más grande reportada en el mundo.

Para dar una idea tangible, la amplitud de las ondas sísmicas con periodos cercanos de 2 segundos en zona de lago (o zona blanda) (colonias Roma, Condesa, Centro y Doctores) puede llegar a ser 50 veces mayor que en un sitio de suelo firme de la Ciudad de México. Sin embargo, como las ondas también se amplifican en el suelo firme de la periferia, con respecto a lugares lejanos de la Ciudad de México, la amplitud en zona de lago puede ser de 300 a 500 veces mayor. En algunos sitios de la zona del lago, las aceleraciones máximas del suelo producidas por el sismo de magnitud 7.1 fueron menores a las registradas en 1985. Por ejemplo, en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, que se encuentra en dicha zona, la Amax en 1985 fue de 160 gal, mientras que el pasado 19 de septiembre [de 2017] fue de 91 gal. En otros sitios de la zona de lago, las aceleraciones del suelo durante el sismo reciente fueron, muy probablemente, mayores que las registradas en 1985. Se trata de un patrón de movimiento complejo y muy variable en el espacio (Cruz, Krishna y Ordaz, 2017).

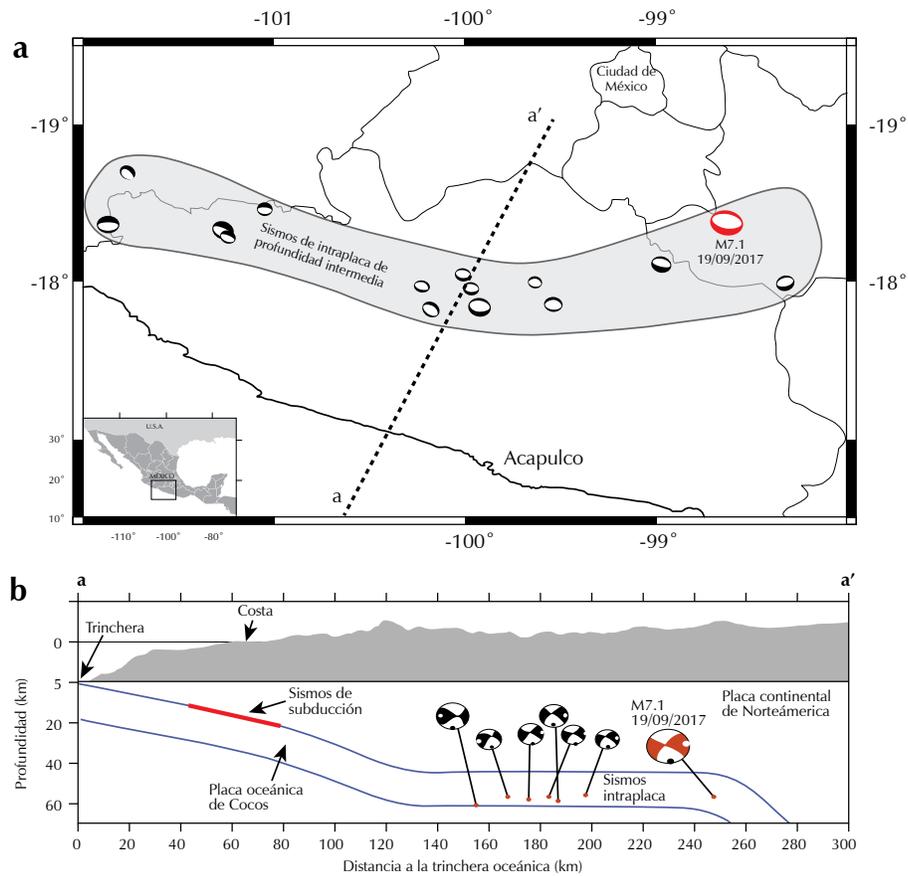


Figura 21. Localización del sismo de magnitud 7.1 del 19 de septiembre de 2017 (color rojo) y algunos otros del mismo tipo en la región. Las “pelotas de playa” ilustran la orientación de las fallas y la dirección en que deslizaron. Todas estas son fallas de tipo normal.

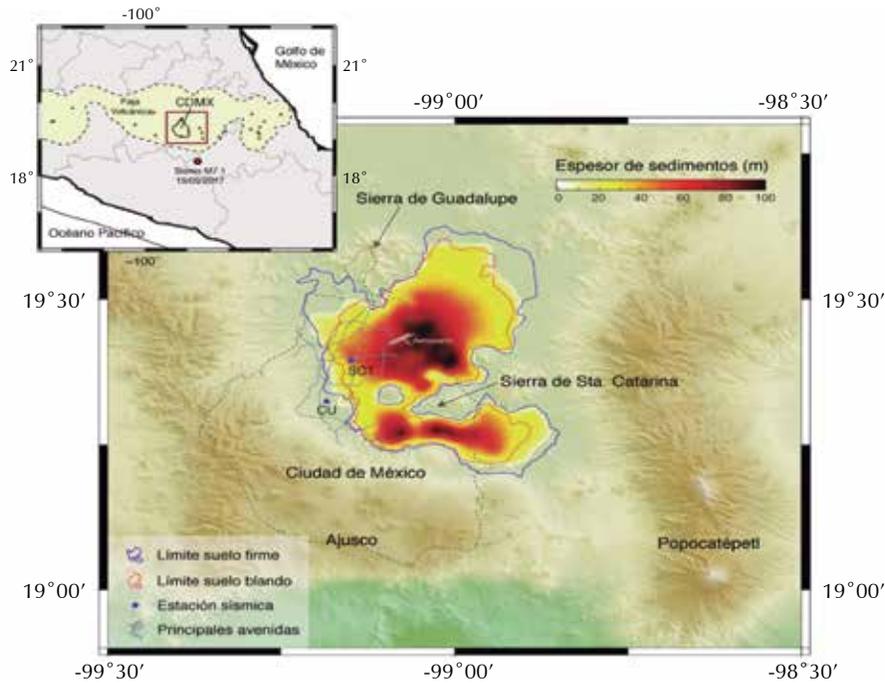


Figura 22. Cuenca sedimentaria donde se encuentra gran parte de la Ciudad de México. Nótese la localización del terremoto del 19 de septiembre de 2017 en el cuadro de la parte superior izquierda. Los puntos azules indican los sitios de dos estaciones sísmicas que registraron los terremotos de 1985 y 2017. La región entre los contornos azul y rojo representa la zona de transición entre el suelo firme y el suelo blando.

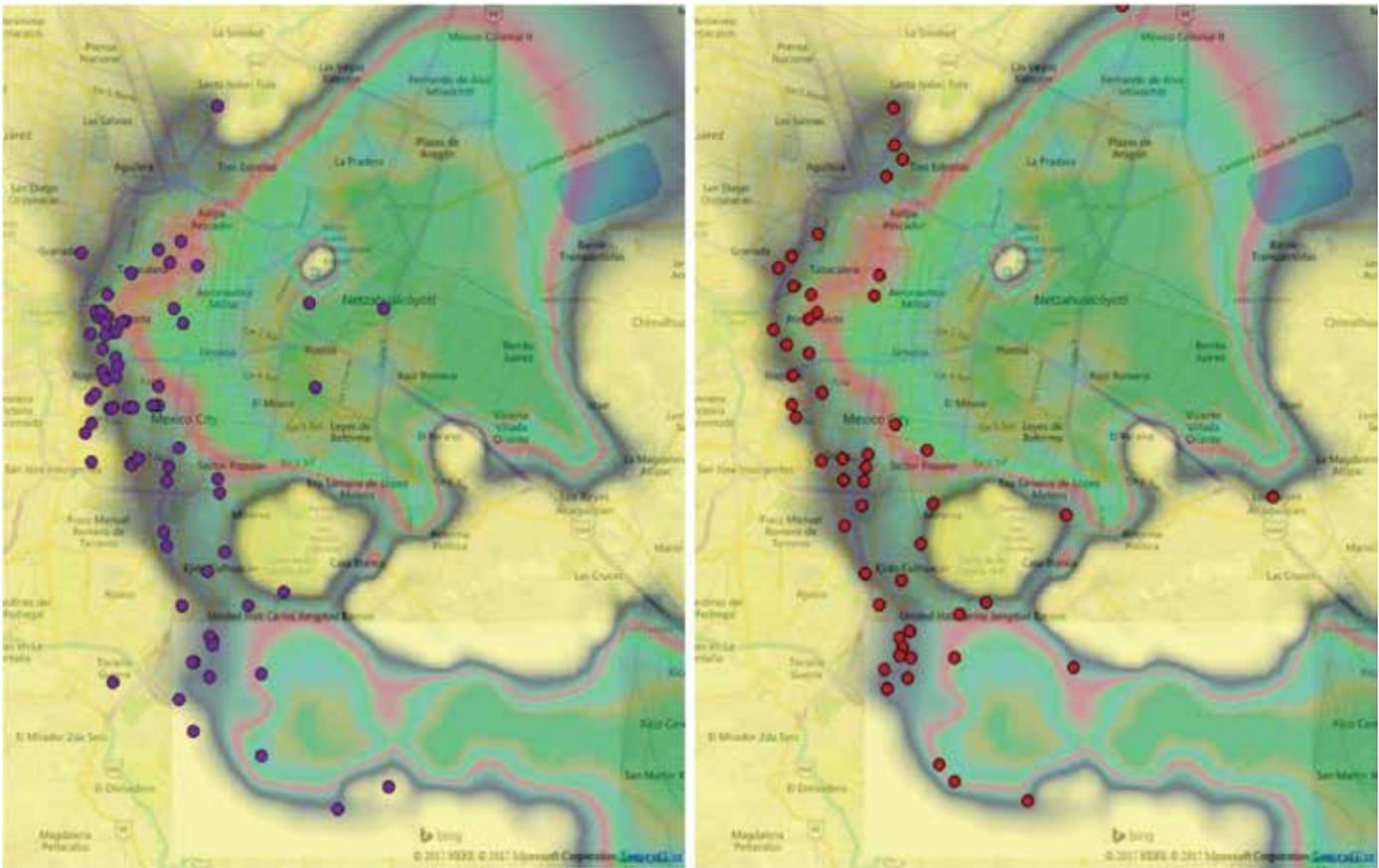


Figura 23. Mapas de colapsos reales (izquierda) y pérdidas estimadas severas (derecha), empleando el sistema R-Plus y una cartera de edificios representativa del sector asegurador. El mapa contiene de fondo la información del periodo natural del suelo (degradado de colores), que es una característica que determina el potencial de amplificación del suelo blando de la Ciudad de México. La zona en tonos grises representan los periodos de 0.5 a 1.0 segundos, también conocida como la zona de transición. Fuente: Cruz, Krishna y Ordaz, 2017.

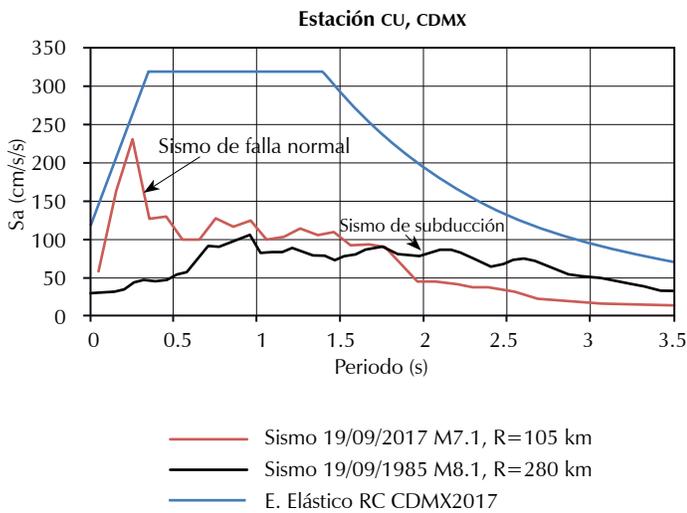


Figura 24. Comparación de la intensidad sísmica en terreno firme del sur de la Ciudad (Ciudad Universitaria) de los sismos del 19 de septiembre de 1985 (línea negra) y el 19 de septiembre de 2017 (línea roja) y espectro elástico del nuevo Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México (Línea azul).

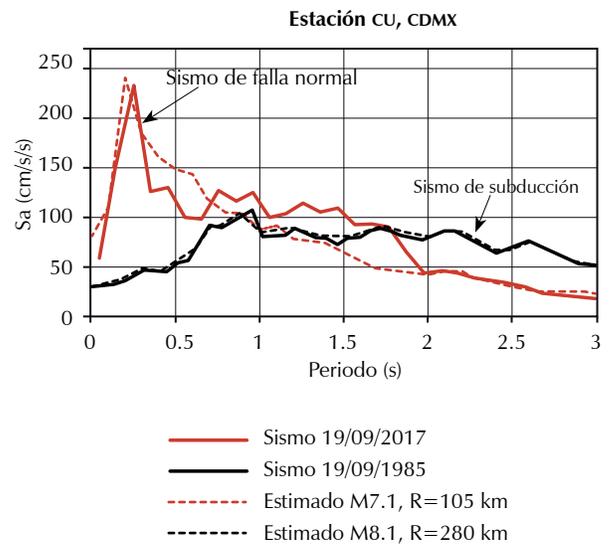


Figura 25. Comparación de la intensidad sísmica en terreno firme del sur de la Ciudad (Ciudad Universitaria) de los sismos del 19 de septiembre de 1985 (línea negra) y el 19 de septiembre de 2017 (línea roja) y las estimaciones con GMPES de Jaimes *et al.* (2006 y 2015) (Línea punteada).

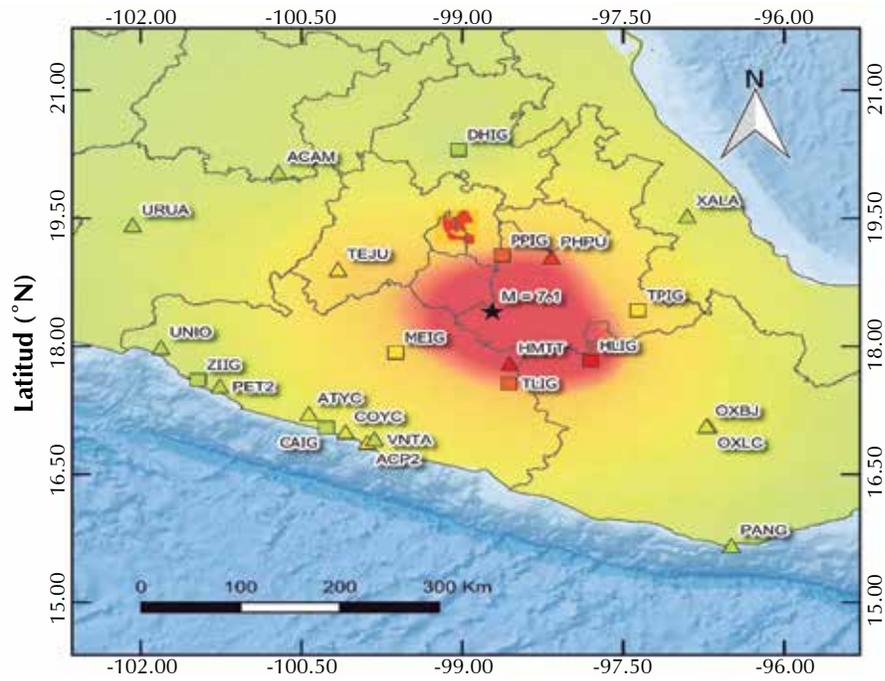


Figura 26. Instituto de Ingeniería de la UNAM. Estaciones de Medición del Instituto de Geofísica, UNAM. Estaciones de Medición del Instituto de Ingeniería, UNAM.

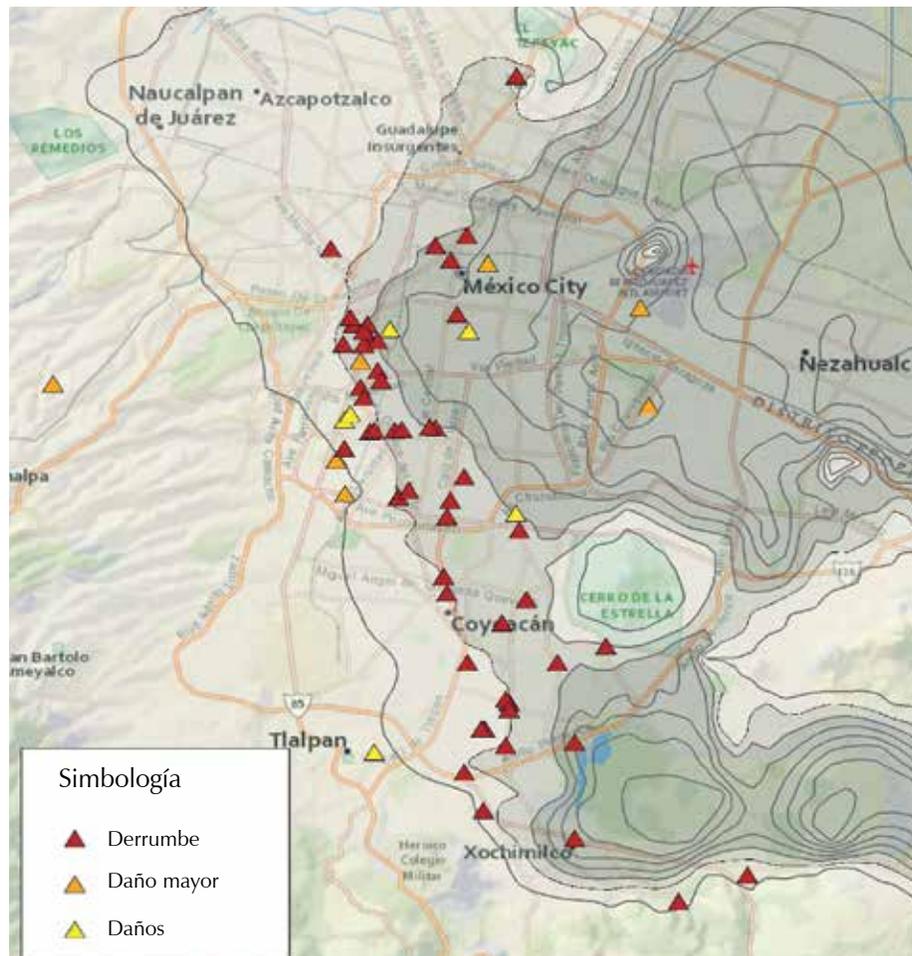


Figura 27. Localización de daños en la Ciudad de México. Fuente: (Google Maps, 2017).

Daños en edificios

De acuerdo con datos recabados por la población, las asociaciones gremiales y las autoridades, los daños y colapsos se presentaron en su mayoría en una franja Norte-Sur (N-S) hacia el oeste de la capital. La Figura 27 ilustra la distribución (Grupo de trabajo del Servicio Sismológico Nacional, UNAM, 2017).



Figura 28. Colapso ¿parcial? Ubicación: Mina 16, esquina Plaza 2 de Abril, colonia Guerrero. Causa: Falta de resistencia y rigidez en elementos estructurales en el techo –diafragma–, haciendo uso de vigas de madera, que soportaban la cubierta, la edad del edificio y la falta de mantenimiento adecuado.

LA BRECHA DE GUERRERO, UBICACIÓN POTENCIAL DE NUEVOS SISMOS

Desde que se aceptó la teoría de tectónica de placas, en los años sesenta del siglo XX para describir y explicar la incidencia de sismos, se ha logrado detectar, por medio de estudios sismológicos, el tamaño de las



Figura 29. Colapso total. Ubicación: Bolívar 168, colonia Obrera, Ciudad de México. Causas: cambio de uso. La principal causa del colapso fue la utilización de un edificio con una finalidad distinta a aquella para la que fue proyectado y construido originalmente. Sobrepeso a la estructura debido a la maquinaria colocada que rebasó la capacidad de carga “viva” calculada originalmente.

zonas que sufren desplazamientos a lo largo de los contactos entre placas durante grandes temblores.

Bajo las costas del estado de Guerrero existe una brecha sísmica de 250 km de longitud en donde podría ocurrir un sismo de magnitud superior a 8 grados en la escala de Richter. Este segmento se encuentra a unos 300 km de la Ciudad de México. Es decir, aproximadamente a 150 km más cerca que la zona epicentral del terremoto de 1985.

El tipo de sismo que la Brecha de Guerrero puede producir se denomina interplaca o de subducción, similar al de 1985.

El fenómeno de subducción en la tierra se refiere al proceso por el que una placa litosférica oceánica se hunde bajo otra, ya sea oceánica o continental. En esta hipótesis se ha determinado el movimiento de las placas en esta zona, por estar en los límites de la placa Norteamericana y Placa de Cocos porque es:

- Una de las zonas sísmicas más activas en México se ubica a lo largo de los litorales del Pacífico, desde Jalisco hasta Chiapas.
- En la costa de Guerrero se ha identificado una brecha sísmica desde Acapulco hasta Zihuatanejo, es decir, una en la que no han ocurrido grandes sismos en varias décadas.
- En esta brecha ocurrieron seis sismos de gran magnitud de 1845 a 1911 que generaron daños importantes, por lo que existe suficiente potencial para que se produzcan más.

Es importante enfatizar, no obstante, que no es posible predecir cuándo o a qué hora ocurrirá ni la magnitud e intensidad que éste tendrá.

REFLEXIONES FINALES, RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS

- El sismo del pasado 19 de septiembre de 2017, que tuvo una magnitud inferior (7.1 grados en la escala de Richter) al de hace 33 años (8.1), fue más violento en las zonas de transición y lomeríos por el tipo de ondas que generó y la cercanía de su epicentro con relación a la Ciudad de México.
- Es lamentable que después de 33 años (en 2017) se repitan escenas como las que se vivieron en 1985, en cuanto a colapsos



Figura 30. Colapso ¿Parcial? Ubicación: Concepción Béistegui esquina Yácatas, colonia Narvarte Poniente. Causas: edificio en esquina. Las causas por las que se dañó el edificio fueron su ubicación en la esquina, la falta de continuidad, dimensionamiento y resistencia de los elementos estructurales, y que estos fueron diferentes en los muros de colindancia (ciegos) e insuficientes para absorber el esfuerzo del sismo. Otra razón probable es la edad del edificio y un mantenimiento inadecuado.



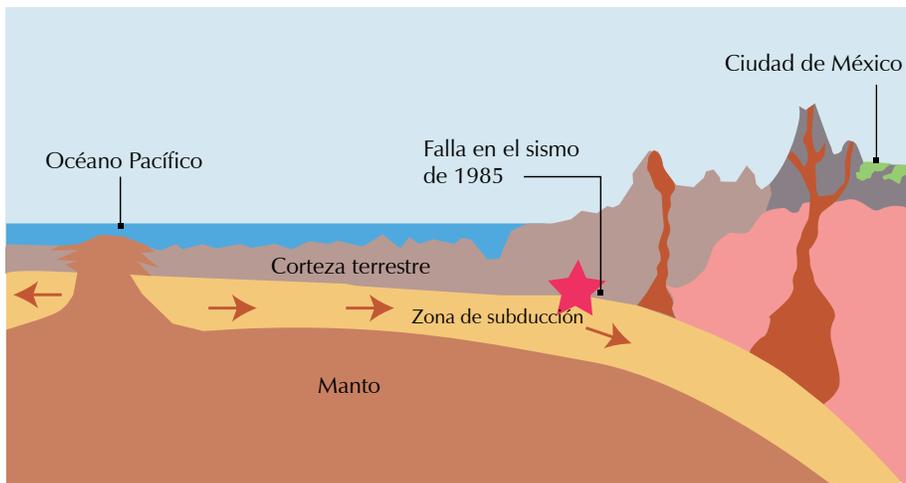


Figura 31. Esquema en que se puede apreciar el fenómeno de subducción que provoca el empuje de la Placa de Cocos a la placa de Norteamérica, que es probable que genere uno o varios sismos en la Brecha de Guerrero.



Figura 32. Ubicación de la Brecha Sísmica de Guerrero.

y daños en edificios, pérdidas de vidas humanas y demás afectaciones.

- Las causas son multifactoriales: a pesar de que el Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México es de los más avanzados del mundo, de que existe el conocimiento y la tecnología necesaria para hacer que nuestras construcciones sean muy seguras, se evidencia que mucha gente no lo cumple, con el afán de ahorrar o de obtener mayores ganancias a costa de la seguridad de los inmuebles; no se le da a los edificios el mantenimiento adecuado; la corrupción en los trámites para obtener las licencias y permisos de construcción también es un verdadero problema. Es tiempo de que reflexionemos sobre lo que se está haciendo mal en nuestra sociedad, ya que los fenómenos se seguirán repitiendo y debemos hacer lo necesario para hacer más resilien-

tes a nuestros edificios y a nuestra ciudad, como vía para hacer resiliente también a nuestra población.

- Aun cuando no es posible predecir cuándo, dónde y a qué hora ocurrirán nuevos sismos, existe la seguridad de que seguirá temblando. Sabemos con relativa certeza los probables sitios en que se presentarán los epicentros y se han hecho escenarios de los daños que los sismos provocarán. Es fundamental prepararnos como lo hacen otros países (por ejemplo Japón), implementando acciones preventivas de autoprotección y protección civil.
- La Universidad Autónoma Metropolitana, a través de sus Divisiones de Ciencias y Artes para el Diseño, de las unidades académicas Xochimilco y Azcapotzalco, en combinación con las Divisiones de Ciencias Básicas e Ingeniería de las unidades de Azcapotzalco, Iztapalapa y

Leona, de Ciencias Biológicas y de la Salud y Ciencias Sociales y Humanidades, tenemos la responsabilidad, la obligación y la oportunidad de generar procesos inter, multi y transdisciplinarios de investigación científica, tecnológica y humanística que aborden los temas de fenómenos naturales y antrópicos que provocan emergencias y desastres, como los sismos y el cambio climático y sus efectos en el hábitat, para proponer alternativas que lo hagan más resiliente, sustentable, habitable, estético, económico en su materialización, óptimo en su operación durante el ciclo de vida, con una visión ecológica que incorpore materiales, sistemas y procedimientos cuya generación, utilización, reciclamiento y disposición final sea amigable con el medio ambiente, para apoyar el desarrollo de lo que en este trabajo se asume como una de las grandes prioridades nacionales.

- Es importante asociar e incorporar a los planes y programas de estudio de pregrado y posgrado los resultados de los procesos investigativos, para la formación de nuevos cuadros de investigadores que profundicen e impulsen la innovación científica, tecnológica y humanística, así como a los profesionales de los diseños que promuevan los cambios de paradigma que la realidad nos impone.

FUENTES CONSULTADAS

Fundación ICA (1988). *Experiencias derivadas de los sismos de septiembre de 1985*. México.

Grupo de trabajo del Servicio Sismológico Nacional, UNAM. *Reporte. Sismo del día 19 de septiembre de 2017, Puebla-Morelos (M 7.1)*. En www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2017/SSNMX_rep_esp_20170919_Puebla-Morelos_M71.pdf.

Grupos de Sismología e Ingeniería de la UNAM. En www.ssn.unam.mx/.

Víctor M. Cruz Atienza, Shri Krishna y Mario Ordaz (28 de septiembre de 2017). "¿Qué ocurrió el 19 de septiembre de 2017 en México?". *Ciencia UNAM*. México: UNAM. En <http://ciencia.unam.mx/leer/652/-que-ocurrio-el-19-de-septiembre-de-2017-en-mexico->.

www.anr.gob.mx/restringido/r/index.php.