

EL TERREMOTO DE MEXICO DE 1985 (I)

LUIS DE MINGO CACHÓN
y JUAN A. VAGUERO CIDONCHA*

Este artículo recoge diversa información sobre los terremotos acaecidos los días 19 y 20 de setiembre de 1985 en la República de México y que tan graves consecuencias ocasionaron al país y, principalmente, a los 18 millones de habitantes de la capital. Asimismo, se indican algunas consideraciones generales sobre tectónica, geología y construcción en dicho país, que ayudan a situar los hechos, facilitando el análisis y, sobre todo, las conclusiones de tal acontecimiento.

Encontrado en un amplio trabajo, este artículo ha sido elaborado por los ingenieros que fueron enviados por CORPORACION MAPFRE, a los pocos días de ocurrir el suceso, con el fin de colaborar con las compañías aseguradoras mexicanas. Ambos manifiestan su testimonio de agradecimiento a las personas, entidades y organismos de la República de México que tan inestimable ayuda les proporcionaron.

La amplitud de las consideraciones y el extenso contenido del trabajo obligan a una publicación parcial del mismo, que tendrá continuidad en una edición posterior de esta revista.

* Luis de Mingo Cachón, Ingeniero Técnico Industrial, y Juan A. Vaquero Cidoncha, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, pertenecen al equipo técnico de CORPORACION MAPFRE

México, debido a su situación en la corteza terrestre, es un país altamente activo desde el punto de vista sísmico. Desde hace mucho tiempo se vienen produciendo terremotos en esta zona y, lamentablemente, puede afirmarse que seguirán ocurriendo.

Los humanos han tratado siempre, si no de vencer a esta fuerza de la naturaleza, sí al menos de paliar sus efectos. Por ello, los expertos mexicanos, al igual que los de otros países, crearon un Reglamento de Construcción que evitase o minorase los daños en caso de producirse terremotos. Este Reglamento se ha ido readaptando y mejorando con las enseñanzas extraídas de los daños sufridos en anteriores terremotos. De ahí que nadie imaginase tan alto nivel de daños como los que ha dejado tras de sí el terremoto del 19 de setiembre. Una vez más, la fuerza de la naturaleza ha desbordado las medidas que los humanos habían adoptado para amortiguarla.

LOS TERREMOTOS DEL 19 Y 20 DE SETIEMBRE DE 1985

Datos sísmológicos

El día 19 de setiembre de 1985, a las 7 horas y 17 minutos (hora local) se produjo un fuerte terremoto cerca de la costa occidental de Méxi-

co. El epicentro fue localizado, mediante los registros obtenidos por los instrumentos del Servicio Sismológico Nacional, en las coordenadas $17,6^{\circ}$ N y $102,5^{\circ}$ W. Dicho punto se encuentra en el Océano Pacífico, a unos 40 km de la población costera de Lázaro Cárdenas, frente a la desembocadura del río Balsas y dentro de la denominada Brecha de Michoacán, de la que no se tenía conocimiento de que hubiese sufrido ningún terremoto característico.

El hipocentro se situó a una profundidad de 33 km sobre un fragmento plano de 22 km de extensión lineal de un plano mayor (Benioff) que se encuentra activo en la fosa de subducción, producida como resultado del movimiento relativo, en sentido contrario, de las Placas de Cocos y Norteamérica.

La magnitud del mismo se estimó en 7,8 grados en la escala de Richter, cálculos posteriores lo elevaron a 8,1. Esta magnitud tan sólo ha sido superada en México por el terremoto ocurrido el 3 de junio de 1932, con epicentro en la Brecha de Jalisco, de magnitud 8,2.

El terremoto del día 19 fue provocado por dos

rupturas en la placa de subducción, desfasadas entre sí 26 segundos, lo que contribuyó a intensificar la duración del movimiento que llegó a ser de unos tres minutos en el Valle de México. El seísmo se inició de una forma leve, incrementándose por lo dicho anteriormente, hasta que se convirtió en un movimiento oscilatorio con un período de unos 2 segundos. La onda viajó desde el epicentro a una velocidad de 3,3 km/s, es decir, a unos 11.900 km/h. La aceleración que alcanzó fue muy elevada, llegando en algunos puntos situados sobre el lecho del lago a un 20% de la gravedad, mientras que en otros barrios alejados del centro del Valle se redujo en 5 veces. En las playas de Lázaro Cárdenas generó un maremoto cuyas olas alcanzaron los 2 metros de altura.

La mayor réplica del terremoto principal se produjo el día 20 de setiembre a las 19 horas y 37 minutos (hora local), alcanzando una magnitud de 7,5 grados en la escala de Richter. El epicentro fue localizado en las coordenadas $17,8^{\circ}$ N y $101,6^{\circ}$ W, aproximadamente a unos 340 km del Distrito Federal y a unos 105 km del epicentro del seísmo principal.

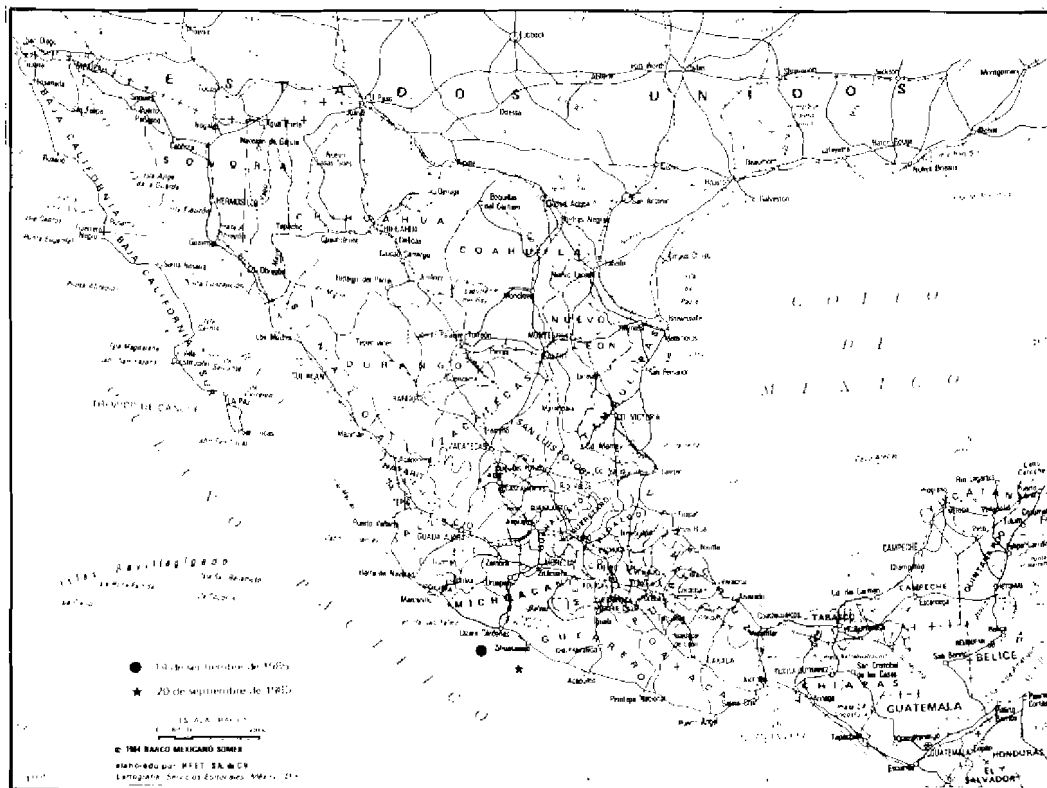


Figura 1.—Epicentros de los terremotos de setiembre.

No es frecuente que un terremoto tenga una réplica tan fuerte habiendo transcurrido tan poco tiempo desde el evento principal, pues, aunque es normal que se sigan produciendo temblores durante el estado de equilibrio, por reacondicionamiento de la placa, éstos suelen ser de pequeña magnitud. En esta ocasión, desde las 7.25 horas hasta las 16 horas del día 19 de setiembre se produjeron 19 temblores de pequeña magnitud.

El estudio de las réplicas que tienen lugar después del terremoto principal es sumamente importante desde el punto de vista sismológico. Con él se puede llegar a definir el área de ruptura en la placa. De este modo, el Dr. James Brune, de la Universidad de California en San Diego, estimó que la ruptura se extendió aproximadamente a unos 200 km, quedando la ciudad de Lázaro Cárdenas cerca de la zona de ruptura y que dicha área abarca desde Zihuatanejo, en el Estado de Guerrero, hasta el Puerto de Marmata en Michoacán.

Se ha de resaltar el confusionismo creado en un principio sobre la magnitud del terremoto principal, ya que en los primeros momentos se estimó de magnitud 7,5 y después se incrementó a 7,8 y posteriormente a 8,1. Estas sucesivas evaluaciones de magnitud son inevitables en todos los grandes seísmos, debido a que los instrumentos en un área considerable alrededor del epicentro se saturan de registros por su alta sensibilidad, lo que hace necesario utilizar registros de otros observatorios más lejanos para realizar el estudio definitivo. Ello requiere tiempo que se ve incrementado por los problemas de comunicación que se ocasionan después de un gran terremoto.

Zonas afectadas

Fundamentalmente se vio afectada la zona de México, Distrito Federal, donde el efecto devastador en diversos barrios contrastó con los leves daños de otros. Así, en el Oeste de la ciudad apenas se sintió. Las dieciséis delegaciones políticas de la capital tuvieron daños, que fueron mínimos en Contreras, Cuajimalpa, Milpa Alta, Álvaro Obregón, Tlahuac, Xochimilco y Azcapotzalco y muy graves en Cuauhtemoc, Venustiano Carranza, Benito Juárez, Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Coyoacán.

En la Figura 2, se puede observar la delimitación de las áreas dañadas en los terremotos de los años

1957, 1979 y 1985, según el estudio realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México.

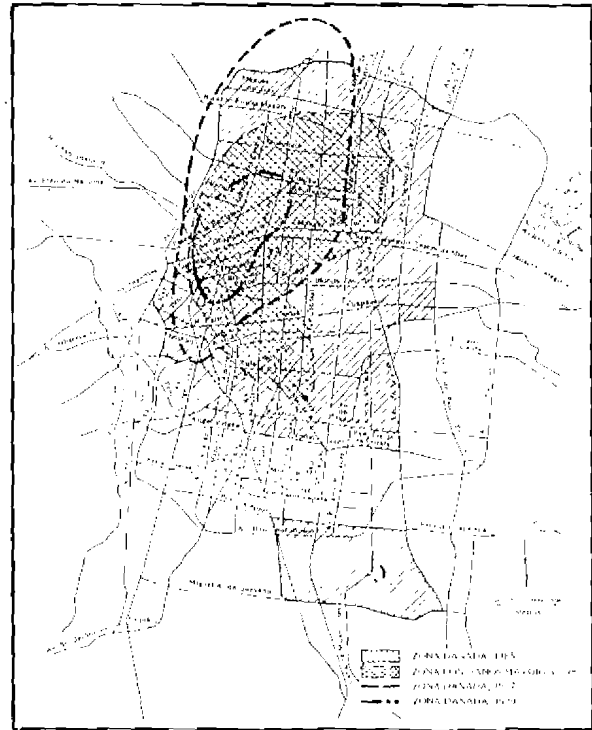


Figura 2.- Zonas dañadas por el seísmo. Seísmos de 1957, 1979 y 1985 (UNAM).

A nivel nacional, se produjeron daños de consideración en algunas poblaciones costeras importantes: Ixtapa, Zihuatanejo, Lázaro Cárdenas y otras del interior como Ciudad Guzmán.

Se ha dado el caso de ciudades que, estando a igual distancia, no presentan los mismos daños. Por ejemplo, Ciudad Guzmán sufrió daños muy fuertes mientras que Colima apenas lo sintió. Igual ocurrió entre México D.F. y Toluca. Esta heterogeneidad de daños posiblemente obedezca a un efecto direccional del sentido en que se propagó la ruptura de la placa o al trayecto que siguieron las ondas que encontraron formaciones geológicas que intensificaron su amplitud.

Estimación de daños

Al mes de ocurrir la catástrofe y por los datos proporcionados por el Instituto Mexicano de Desarrollo (IMED), los daños causados por los terremotos del 19 y 20 de setiembre ascendían a 11 billones de pesos mexicanos (aproximadamente unos 30.000 millones de \$ USA).

Los seísmos devastaron una superficie construida equivalente a nueve kilómetros cuadrados. Dicho grado de destrucción es comparable al sufrido por las ciudades de Hiroshima y Nagasaki en los bombardeos atómicos. Asimismo, es comparable al terremoto que destruyó la ciudad de Managua en 1972.

Los temblores dieron como resultado unas cifras aproximadas de: 15 000 construcciones afectadas entre las destruidas y las reparables; 35 000 muertos; 50.000 heridos y más de un millón de damnificados. Por lo que se refiere a las obras públicas, los daños fueron:

- La *red de abastecimiento y distribución de agua* sufrió más de mil fisuras, principalmente en las regiones Este y Sureste de la ciudad de México D.F., lo que motivó una pérdida de presión y una disminución del caudal que afectó a unos 5 millones de habitantes.
 - La *red de aguas residuales* del Distrito Federal se vio dañada por algunas fisuras de escasa importancia, fundamentalmente en las zonas donde se habían producido fisuras en la red de abastecimiento
 - La *red de distribución de gas propano* sufrió aproximadamente 700 fugas que fueron rápidamente reparadas. Tan sólo hubo que lamentar un caso en el que se inflamó el gas en el Hotel Regis
- La *red de distribución de energía eléctrica* sufrió daños en unos 15 km de líneas, así como en varios transformadores y en bastantes conexiones a usuarios. El servicio quedó restablecido a los pocos días de la tragedia.
- La *red de comunicaciones* se vio bastante afectada, sobre todo en los equipos de transmi-

sión internacional de Teléfonos de México. En cuanto a las comunicaciones locales y nacionales fueron restablecidas rápidamente.

- La *red de transporte público SCT-METRO* fue afectada por daños leves. Tan sólo un par de estaciones quedaron fuera de servicio durante los pocos días que duraron las reparaciones en sus instalaciones averiadas.
 - Las *presas, carreteras y puentes* resistieron los efectos del terremoto. Únicamente se produjeron pequeños alabeos del pavimento, sin importancia, en algunas calles situadas en la zona del antiguo lago
- El *aeropuerto del Distrito Federal* no tuvo daños, quedando abierto al tráfico al día siguiente del terremoto.

Los daños materiales pueden estimarse como sigue:

| | <i>Billones de pesos*</i> |
|--------------------------------------|---------------------------|
| — Daños a construcciones | 2,0 |
| — Daños a bienes particulares | 1,5 |
| — Daños a la economía nacional | 5,8 |
| — Daños a la infraestructura | 1,6 |
| — Daños al tesoro artístico nacional | 0,125 |

Como entidades con mayor cifra absoluta de daños materiales puede mencionarse:

| | <i>Millones de pesos*</i> |
|-----------------------|---------------------------|
| — Teléfonos de México | 200.000 |
| — Televisa | 350.000 |

Adicionalmente, se ha estimado que el terremoto tuvo una fuerte repercusión en la evolución de las cuentas comerciales del país con el exterior, tal como sigue:

| IMPACTO EN EL INTERCAMBIO COMERCIAL POR EL TERREMOTO <i>(Setiembre-diciembre 1985)</i> | |
|--|---------------------------|
| | <i>Millones de \$ USA</i> |
| • Caída de los intereses turísticos | 300 |
| • Importaciones de emergencia (teléfonos, telecomunicaciones, material sanitario, etc.) | 300 |
| • Reducción de exportaciones por industrias afectadas | 100 |
| TOTAL | 700 |

FUENTE: Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

En lo que respecta a los daños soportados por el sector asegurador, las compañías han recibido aproximadamente unas 6.000 reclamaciones, por una cantidad de 200.000 millones de pesos, según los datos proporcionados por la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS). Es evidente que esta cifra variará una vez haya concluido el pago de todas las reclamaciones, pero lo que sí puede afirmarse es que tan sólo alrededor del 2% de las pérdidas estaban aseguradas.

La distribución aproximada de reclamaciones para el negocio asegurador puede distribuirse como sigue:

| | <i>Millones de pesos*</i> |
|--|-------------------------------|
| - Aseguradores nacionales | 7.000 |
| - Reaseguradores nacionales | 3.000 |
| - Reaseguradores internacionales | 190.000 |

* Equivalencia del mes de octubre de 1985:
1 \$ USA = 367 pesos mexicanos.

ANALISIS DE LA ACTIVIDAD SISMICA DE MEXICO

México ha sido siempre una zona con un alto riesgo sísmico, pues continuamente se ha visto azotada por los terremotos. Así, en el Cuadro I se recogen los fenómenos sísmicos más importantes acaecidos en México desde 1900.

Los terremotos aludidos en dicho Cuadro I han sido los más importantes. No obstante, desde 1900 hasta 1970 se han registrado 1.186 seísmos de una intensidad mayor a III, lo que demuestra la gran actividad sísmica del territorio mexicano.

Los terremotos ocurridos desde 1900 a 1970 se distribuyen según se observa en el Cuadro II.

Cuadro I. Fenómenos sísmicos ocurridos en México

| <i>Fecha</i> | <i>Estado donde se determinó el epicentro</i> | <i>Magnitud</i> | <i>Comentario</i> |
|--------------|---|-----------------|---|
| 20.01.1900 | Jalisco | 7,9 | - |
| 16.05.1900 | Jalisco | 7,4 | - |
| 16.01.1902 | Guerrero | 7 | - |
| 23.09.1902 | Chiapas | 7,8 | Destructor en el Estado de Chiapas. |
| 14.01.1903 | Oaxaca | 8,1 | - |
| 15.04.1907 | Guerrero | 8,0 | Destructor en San Marcos y Ayutla. Daños en Distrito Federal. 28 muertos y 120 heridos. |
| 26.03.1908 | Guerrero | 8,1 | Destructor en Guerrero. |
| 27.03.1908 | Guerrero | 7,5 | - |
| 30.07.1909 | Guerrero | 7,4 | Daños en el Distrito Federal. Acapulco y otras poblaciones de Guerrero fueron afectadas. |
| 05.09.1909 | Guerrero | 6,6 | Daños en Ayutla (Guerrero). |
| 31.10.1909 | Guerrero | 7 | Daños en Tecpán (Guerrero). |
| 31.10.1910 | Guerrero | 6,5 | Daños en Ayutla y San Marcos. |
| 07.06.1911 | Jalisco | 7,7 | Destructor en Ciudad Guzmán (Jalisco). Daños considerables en México D.F. donde se flexionaron vías férreas. En total 91 muertos y 301 heridos. |

Cuadro I. (continuación)

| <i>Fecha</i> | <i>Estado donde se determinó el epicentro</i> | <i>Magnitud</i> | <i>Comentario</i> |
|--------------|---|-----------------|--|
| 27.08.1911 | Oaxaca | 6,7 | Daños en Oaxaca. |
| 16.12.1911 | Guerrero | 7,5 | Daños en Acapulco. |
| 14.11.1912 | Jalisco | 7 | Destructor en Acambay, Tixmadeje, México D.F., falla de Acambay. |
| 19.11.1912 | Guerrero | 7 | — |
| 02.06.1916 | Oaxaca | 7,1 | — |
| 29.12.1917 | Oaxaca | 7,7 | — |
| 03.01.1920 | Puebla | 7,7 | Intensidad IV en el Distrito Federal. Destructor en Patlanalá, Chicoltla, Coasutlán, Veracruz. Falla de Ochochoacán. |
| 19.04.1920 | Veracruz | 6 | Fuerte en Puebla y Veracruz. |
| 09.02.1928 | Oaxaca | 7,7 | Daños en Puebla y Morelos. |
| 22.03.1928 | Oaxaca | 7,5 | Destructor en Oaxaca. |
| 16.04.1928 | Oaxaca | 7,7 | Daños en Cuicatlán y Tomellín. |
| 17.06.1928 | Oaxaca | 7,8 | Destructor en Oaxaca. |
| 04.08.1928 | Oaxaca | 7,4 | Destructor en Oaxaca. |
| 09.10.1928 | Oaxaca | 7,6 | Destructor en Oaxaca. |
| 15.01.1931 | Oaxaca | 7,8 | Destructor en Oaxaca. |
| 03.06.1932 | Jalisco | 8,2 | — |
| 18.06.1932 | Jalisco | 7,8 | Tsunami. |
| 22.06.1932 | Colima | 7,9 | El Tsunami provocado por este temblor invadió a Cuyutlán. |
| 30.11.1934 | Jalisco | 7 | — |
| 26.07.1937 | Oaxaca | 7,3 | — |
| 23.12.1937 | Oaxaca | 7,5 | — |
| 15.04.1941 | Guerrero | 7,7 | Destructor de Colima, fuerte en Michoacán y Jalisco. |
| 22.02.1943 | Michoacán | 7,5 | Erupción volcánica. |
| 22.04.1943 | Guerrero | 7,5 | Destructor en Guerrero y daños en el Distrito Federal. |
| 06.01.1948 | Oaxaca | 7 | — |
| 04.11.1948 | Islas Marías | 7,2 | Destructor de las Islas Marías. Daños en el Distrito Federal. |
| 14.12.1950 | Oaxaca | 7,3 | — |
| 28.07.1957 | Guerrero | 7,5 | Destructor en Guerrero. Considerables daños en el Distrito Federal, muertos y heridos principalmente en San Marcos. |
| 24.05.1959 | Oaxaca | 6,8 | Destructor en el Estado de Oaxaca y fuerte en el Centro y Sureste de México. |
| 26.08.1959 | Veracruz | 6,5 | Destructor en Jaltipán, Goatzacoalcos y otras poblaciones de Veracruz, 20 muertos y muchos heridos. |

Cuadro I. (continuación)

| Fecha | Estado donde se determinó el epicentro | Magnitud | Comentario |
|------------|--|----------|---|
| 11.05.1962 | Guerrero | 7 | Destructor en Acapulco y daños en el Distrito Federal. |
| 19.05.1962 | Guerrero | 7,2 | — |
| 06.06.1962 | Guerrero | 6,5 | Destructor en Coyuca y daños en el Distrito Federal. |
| 30.11.1962 | Guerrero | 5,5 | Fuerte en Guerrero. |
| 06.07.1964 | Guerrero | 7,4 | — |
| 23.08.1965 | Oaxaca | 7,6 | — |
| 02.08.1968 | Oaxaca | 7,4 | Destructor en Oaxaca y Distrito Federal. |
| 30.01.1973 | Michoacán | 7,5 | — |
| 28.08.1973 | Puebla y Veracruz | 7,1 | — |
| 29.11.1978 | Oaxaca | 7,8 | — |
| 14.03.1979 | Guerrero | 7,6 | — |
| 19.09.1985 | Michoacán | 8,1 | Devastador en el Distrito Federal y otras localidades como Ixtapa, Zihuatanejo y Lázaro Cárdenas. |
| 20.09.1985 | Guerrero | 7,5 | Produjo pocos daños materiales aunque causó un gran pánico entre los habitantes. |

Cuadro II

| Intensidad correspondiente al Distrito Federal de México | III | IV | V | VI | VII | VIII | TOTAL | Promedio por año |
|--|-----|-----|----|----|-----|------|-------|------------------|
| 1900-1949 | 330 | 88 | 29 | 21 | 4 | 1 | 473 | 9,5 |
| 1950-1959 | 344 | 58 | 15 | 3 | 1 | 0 | 421 | 42,1 |
| 1960-1970 | 225 | 42 | 17 | 8 | 0 | 0 | 292 | 26,5 |
| TOTAL | 899 | 188 | 61 | 32 | 5 | 1 | 1.186 | 11,7 |

La actividad sísmica de la República de México nace de la inestabilidad de las plataformas o placas tectónicas que la rodean. Estas son:

a) La del *Pacífico*, situada al Oeste del país y que lo empuja hacia el Oeste.

b) La de *Cocos*, que se encuentra al Sur de México y lo empuja hacia el Norte. Esta placa se

sumerge por debajo de la plataforma Norteamericana, dando origen a la llamada «Trinchera Mesoamericana» que es una zona de subducción muy activa

c) La del *Caribe*, localizada al Sureste de México y que permanece relativamente estática

d) La de *Norteamérica o del Atlántico Norte*, situada, como su nombre indica, al norte del país, lo empuja en esa dirección.

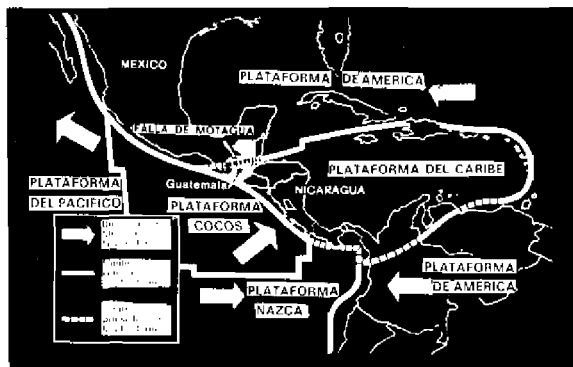


Figura 3.—Placas tectónicas que rodean a México.

Frente a las costas de México, la Placa de Cocos y la del Pacífico muestran una topografía que puede hacer cambiar las ideas relativas de cómo se expande el fondo de los océanos. La gran cordillera submarina del Pacífico Oriental tiene varias zonas de fractura, marcadas por fallas transformadas que interrumpen la cresta de la cordillera cada 200 ó 300 km. Entre las grandes fallas existen otras menores separadas por unas decenas de kilómetros, como las denominadas Tamayo, Rivera, Orozco y Siqueiros.

Así pues, la cordillera suboceánica se expande pero no con una velocidad uniforme, debido a esta serie de fracturas. A consecuencia de esta expansión del fondo del océano, la cordillera empuja a la Placa de Cocos contra la Norteamericana, provocando el hundimiento de la primera bajo la segunda como se observa en la Figura 4, lo que da origen a una zona de subducción que explica la gran actividad sísmica de la zona.

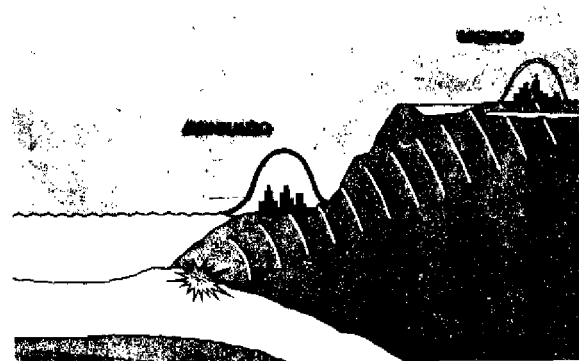


Figura 4.—Fenómeno de subducción.

Hay que resaltar que la Placa de Cocos, con una velocidad entre 5 y 7 cm/año, superó con mucho esta velocidad. En el terremoto del día 19, apro-

ximadamente 16.000 kilómetros cuadrados se hundieron más de un metro en territorio mexicano en unos minutos.

Asimismo, en la Figura 5 pueden observarse las curvas de sismicidad de México, estudiadas por el Profesor Cinna Lomnitz, las cuales delimitan áreas con la misma liberación de energía en unidades de 10^{15} ergios/km² año, lo que viene a verificar la extraordinaria actividad sísmica que se desencadena en esta parte del mundo.

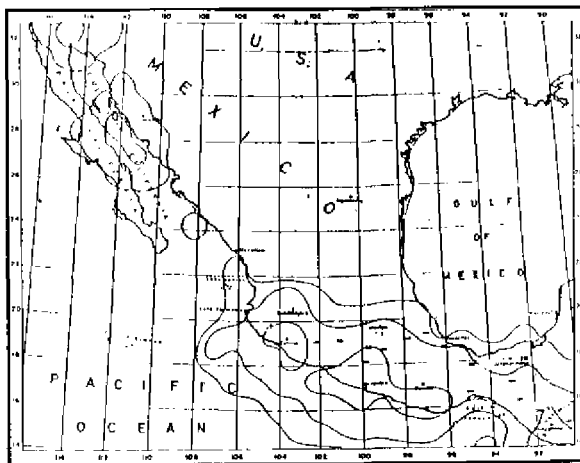


Figura 5.—Mapa sísmico de México (Global Tectonics and Earthquakes. Prof. Lomnitz).

Toda esta actividad sísmica generada en la fosa de subducción intensifica sus efectos, debido fundamentalmente a dos factores:

- La configuración geológica del Valle de México.
- Las propiedades de las arcillas del Valle de México.

En líneas generales, lo comentado anteriormente resume los hechos y consecuencias económicas de los seísmos acaecidos, cuya comprensión se facilita aún más tras las consideraciones expuestas sobre tectónica y geología que concurren en la zona.

En la continuidad de este artículo en un número posterior de la revista, se describirá un análisis de la edificación y daños sufridos, así como diversas proposiciones de aspectos constructivos que se derivan de la configuración geológica del Valle de México.

