

TEMA "A"

SISMOLOGIA Y PELIGRO SISMICO

Conocimientos Básicos de los Sismos

Centro Nacional de Prevención de Desastres

Sismicidad y Movimientos Fuertes en México: Una Visión Actual

Dr. Shri Krishna Singh

Características Sísmicas de la Ciudad de México

Dr. Eduardo Reinoso

CONOCIMIENTOS BASICOS DE LOS SISMOS

Centro Nacional de Prevención de Desastres¹

INTRODUCCION

Por su ubicación geográfica México se encuentra sujeto a diversos fenómenos naturales que pueden derivar en una situación de desastre; entre las calamidades a las que mayormente está expuesto el territorio nacional resaltan los sismos, que tienen un lugar especial a lo largo de la historia, tanto por su frecuencia, como por los desastres a que han dado origen, particularmente el que vivió la ciudad de México en septiembre de 1985.

La presencia de fallas geológicas y la acción de las placas continentales son factores siempre presentes en la dinámica de la naturaleza de nuestro país. En la ciudad capital, a esos elementos se suman las características del subsuelo y la gran densidad poblacional, originando una situación de riesgo sísmico.

Frente a ese panorama la acción gubernamental se orienta a informar y capacitar a la ciudadanía para enfrentar con eficacia los fenómenos telúricos con base en conocimientos objetivos, de ahí que el propósito particular de incluir en estas memorias el Fascículo "Sismos" editado por el CENAPRED, sea generalizar la información sísmica más reciente y contribuir a la consolidación de la Cultura de Protección Civil, sobre la que habrán de sustentarse las acciones en pro de la Prevención de Desastres.

Cada uno de los temas del fascículo "Sismos" abordan aspectos distintos y complementarios sobre la dinámica de nuestro planeta, en la búsqueda de una visión de conjunto que, estamos seguros, redundará en el desarrollo de la Protección Civil en México.

CONSTITUCION INTERNA DE LA TIERRA

El conocimiento que actualmente se tiene del interior de la Tierra es el resultado de un gran número de estudios científicos, en su mayoría basados en la propagación de las ondas sísmicas a través de los materiales terrestres. De esta forma ha sido posible determinar su composición y dividirla en varias capas concéntricas; éstas son:

CORTEZA

Esta comienza en la superficie y llega hasta una profundidad promedio de 35 km., pudiendo ser mayor en algunas zonas continentales como las cadenas montañosas y menor en los océanos donde llega a un espesor de 10 km. La corteza es completamente **sólida y fracturable**.

MANTO

Comprende desde la parte inferior de la corteza hasta una profundidad de 2900 km. Debido a las condiciones de la temperatura y presión a las cuales se encuentran los materiales del manto, éstos se hallan en un estado entre **sólido y plástico**.

¹Tomado de fascículo "Sismos". Editado por el CENAPRED.

NUCLEO EXTERNO

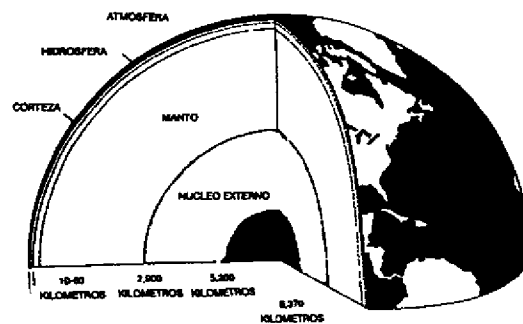
Tiene un espesor aproximado de 2300 km. y está comprendido entre 2900 y los 5200 km. de profundidad. Con base en datos sismológicos se ha podido inferir que es líquido. Esto puede deberse a condiciones de alta temperatura.

NUCLEO INTERNO

Este es el centro de la Tierra y tiene un diámetro de 2340 km. Según se ha calculado, se encuentra en estado sólido.

Para los fines de la actividad sísmica es de particular importancia la cubierta rígida de nuestro planeta, constituida por la corteza y la parte superior del manto.

Esta recibe el nombre de **Litosfera** y tiene un espesor promedio de 100 km.

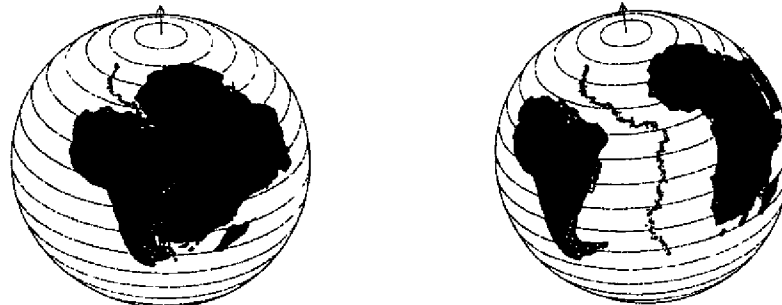


DERIVA DE LOS CONTINENTES

Sir Francis Bacon, en 1620, reconoció que claramente existía correspondencia en la forma de las líneas de la costa atlántica de América y las de África, observe la figura derecha.

Tomando como base lo anterior, Alfred Wegener desarrolló, en 1912, la **Teoría de la Deriva Continental**, que afirma que los actuales continentes se hallaban agrupados, hace 200 millones de años, formando un super continente llamado **PANGEA**. Dichos continentes al moverse constantemente sobre un supuesto sustrato viscoso llegaron a ocupar su posición actual. Ver figuras inferiores.

Posteriormente, con base en la teoría elaborada por Wegener y numerosas contribuciones de geólogos y geofísicos, se desarrolló la **Teoría de Tectónica de Placas**, que establece que la litosfera se encuentra dividida, formando una especie de mosaico de sectores rígidos, conocidos como placas, las cuales se mueven entre sí con **desplazamientos promedio** de algunos centímetros por año.

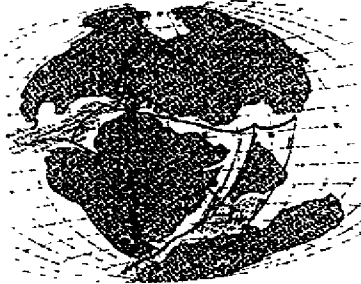




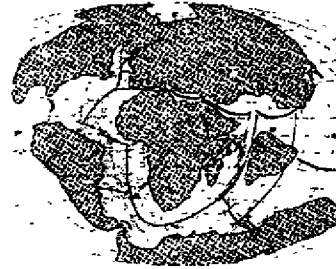
PANGEA, 200 MILLONES DE AÑOS



TRANSFORMACION, LUEGO DE 65 MILLONES DE AÑOS DE DERI



TRANSFORMACION, LUEGO DE 65 MILLONES DE AÑOS DE DERI



135 MILLONES DE AÑOS, AL FINAL DEL PERIODO CRETASICO

Para entender el mecanismo que impulsa las placas observe la figura inferior donde se muestra que la litosfera se desplaza sobre la parte viscosa del manto debido al arrastre provocado por las **corrientes de convección**. Estas corrientes son las que transmiten el calor del interior de la Tierra hacia las partes superiores de ésta, transportando materiales calientes (profundos) a profundidades menores y materiales a menor temperatura hacia profundidades mayores.

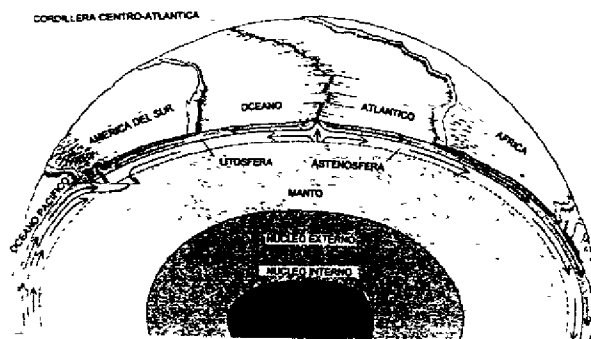
Los límites de las placas NO coinciden con los límites de los continentes; una sola placa puede contener porciones de continentes y porciones de océanos.

Los límites o márgenes entre las placas pueden ser de tres tipos:

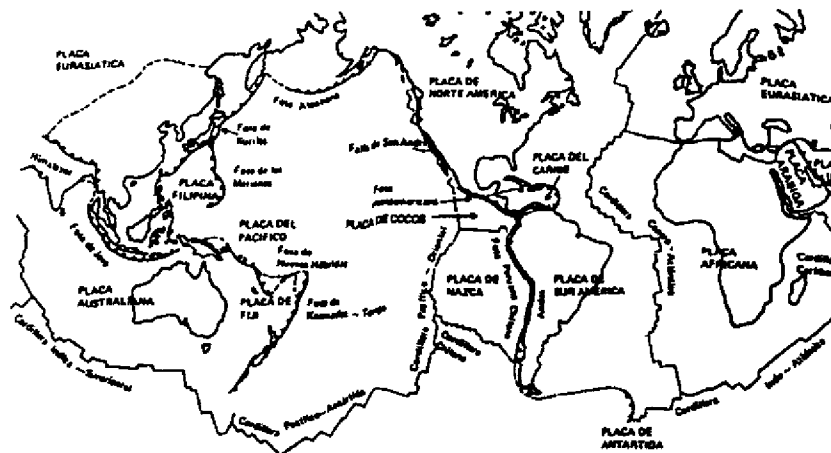
A) **DIVERGENTES**: en donde las placas se están separando; un ejemplo son las cordilleras oceánicas.

B) **CONVERGENTES** o de *subducción*: donde una de las placas se introduce debajo de otra. Como ejemplo se tiene el caso de la penetración de la placa de Cocos bajo la placa de Norteamérica en la costa occidental de nuestro país.

C) **TRANSFORMACION** o *transcurrentes*: donde dos placas se mueven entre sí lateralmente, como por ejemplo la falla de San Andrés, que afecta a nuestro país en la península y Golfo de Baja California.



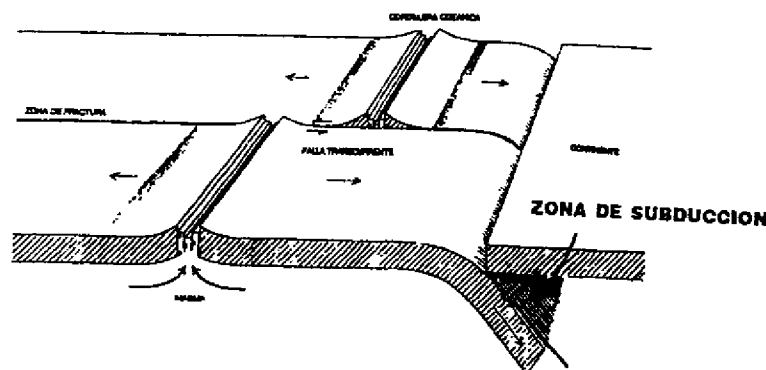
RELACION ENTRE LA TECTONICA DE PLACAS Y LA SISMICIDAD MUNDIAL



Continentes y placas litosféricas.- El mapa muestra las cordilleras centro - oceánicas, las fosas marinas y las principales placas en que se divide la corteza terrestre (Adaptado de J. F. Dewey, 1972, Ref. 2.4)

La litosfera está dividida, como ya se mencionó, en varias placas (como se muestra en la figura superior), cuyo desplazamiento alcanza velocidades del orden de varios centímetros por año. En los límites entre placas, esto es, donde hacen contacto unas con otras, se generan fuerzas de fricción que mantienen atoradas dos placas adyacentes, produciendo grandes esfuerzos en los materiales, (ver figura inferior). Cuando dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca, o cuando se vencen la fuerzas de fricción se produce la ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada. Esta es irradiada desde el **foco (o hipocentro)** en forma de ondas que se propagan en todas direcciones a través del medio sólido de la Tierra. Estas ondas son conocidas como **ondas sísmicas**.

Esquema de los diferentes límites entre placas



ONDAS SISMICAS

Al ocurrir un sismo, tres tipos básicos de **ondas** producen la sacudida que se siente y causa daños, de ellos, sólo dos se propagan en todas direcciones en el interior de la Tierra por lo que son llamadas **ondas internas**. La más rápida de las ondas internas es la **onda primaria u onda "P"**.

La principal característica de esta onda es que **comprime y expande** la roca, en forma alternada, en la misma dirección en que viaja. Estas ondas son capaces de viajar a través de las rocas sólidas así como de líquidos, por ejemplo los océanos o magma volcánico. Además, las **ondas "P"** son capaces de transmitirse a través de la atmósfera, por lo que en ocasiones son percibidas por personas y animales como un sonido grave y profundo.

La segunda **onda** llamada **secundaria u onda "S"** viaja a menor velocidad que la "P" y deforma los materiales, mientras se propaga, lateralmente respecto de su trayectoria. Por esta razón este tipo de ondas no se transmite en líquidos ni en gases.

Cuando ocurre un terremoto la onda "P" se siente primero, con un efecto de *retumbo* que hace vibrar paredes y ventanas.

Algunos segundos después llega la onda "S" con su movimiento de arriba hacia abajo y de lado a lado, que sacude la superficie del suelo vertical y horizontalmente. Este es el movimiento responsable del daño a las construcciones.

El tercer tipo de ondas sísmicas es el de las llamadas **ondas superficiales**, que tienen la característica de propagarse por la parte más superficial de la corteza terrestre, disminuyendo la amplitud de su movimiento a medida que la profundidad aumenta. Las ondas superficiales generadas por el terremoto se pueden clasificar en dos grupos. El primero es el de **ondas Love**, llamadas así en honor a su descubridor, el Físico A.E.H. Love, las cuales deforman las rocas de la misma manera que las **ondas "S"**. El segundo es de **ondas Rayleigh**, en honor a Lord Rayleigh, que tienen un movimiento vertical similar al de las olas del mar. Las ondas superficiales viajan más despacio que las ondas internas y, de éstas, las ondas Love son las más rápidas.

Las ondas Rayleigh, debido a la componente vertical de su movimiento, pueden afectar cuerpos de agua, por ejemplo lagos, mientras que las Love (que no se propagan a través del agua) pueden afectar la superficie del agua debido al movimiento lateral de la roca que circunda lagos y bahías.

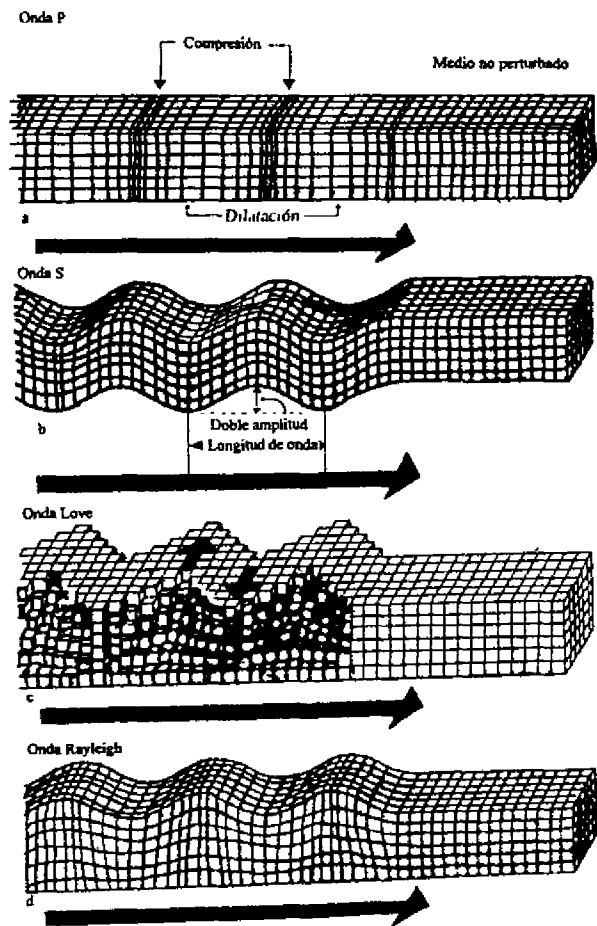


Diagrama ilustrando la forma del movimiento de los cuatro tipos de ondas sísmicas (De Bruce A. Bolt, Nuclear Explosions and Earthquakes W. H. Freeman and Company, 1976)

TIPOS DE SISMOS

Los sismos se pueden clasificar, con base en su origen, en **NATURALES** y **ARTIFICIALES**. Los sismos de origen natural son los que en general liberan una mayor cantidad de energía y, por tanto sus efectos en la superficie son mayores.

Los SISMOS de origen NATURAL pueden ser de tres tipos:

1. Sismos Tectónicos

Son aquellos producidos por la interacción de placas tectónicas. Se han definido dos clases de estos sismos: los interplaca, ocasionados por una fricción en las zonas de contacto entre las placas, de la manera descrita anteriormente, y los intraplaca que se presentan lejos de los límites de placas conocidos. Estos sismos, resultado de la deformación continental por el choque entre placas, son mucho menos frecuentes que los interplaca y, generalmente de menor magnitud.

Un tipo particular de sismos intraplaca son los llamados locales, que son producto de deformaciones de los materiales terrestres debido a la concentración de fuerzas en una región limitada.

2. Sismos Volcánicos

Estos acompañan a las erupciones volcánicas y son ocasionados principalmente por el fracturamiento de rocas debido al movimiento del magma. Este tipo de sismos generalmente no llegan a ser tan grandes como los anteriores.

3. Sismos de Colapso

Son los producidos por derrumbamiento del techo de cavernas y minas. Generalmente, estos sismos ocurren cerca de la superficie y se llegan a sentir en un área reducida.

Sismos Artificiales

Son los producidos por el hombre por medio de explosiones convencionales o nucleares, con fines de exploración, investigación, o explotación de bancos materiales para la industria (por ejemplo, extracción de minerales). Las explosiones nucleares en ocasiones son lo suficientemente grandes para ser detectadas por instrumentos en diversas partes del planeta, pero llegan a sentirse sólo en sitios cercanos al lugar de pruebas.

MAREMOTOS

Los maremotos, también conocidos como **Tsunamis**, son la consecuencia de un sismo tectónico bajo el fondo del océano; éste llega a mover el agua como si fuera empujada por un gran remo. Las olas provocadas se propagan a partir de los alrededores de la fuente del terremoto a través del océano hasta que llegan a la costa. Allí, su altura puede llegar a ser hasta de 30 metros, como sucedió en Japón a finales del siglo pasado.

ESCALAS DE INTENSIDAD Y MAGNITUD

Generalmente, al describir un gran sismo, además de su epicentro se mencionan valores de magnitud e intensidad; estos dos últimos términos representan fenómenos distintos.

La **intensidad** de un sismo está asociada a un lugar determinado y se asigna en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y en general, en el terreno en dicho sitio. Esta medida resulta un tanto subjetiva, debido a que la forma de medirse depende de la sensibilidad de cada persona y de la apreciación que se tenga de los efectos.

La primera escala de intensidad fue propuesta en 1883 por S. de Rossi y F. Forel, con grados de 1 al 10. Más tarde, G. Mercalli propone, en 1902, otra escala con doce grados, la que fue modificada por H. Hood y F. Newmann en 1931 para construcciones más modernas. Esta es conocida como **Escala de Mercalli Modificada**, la que ahora es ampliamente utilizada.

Por otro lado, con el objeto de comparar el tamaño de los terremotos en todo el mundo, es necesaria una medida que no dependa, como la intensidad, de la densidad de población y del tipo de construcción. La manera de medir al tamaño real de un sismo tiene que ver con la cantidad de energía liberada y es independiente de la localización de los instrumentos que lo registren.

Una escala estrictamente cuantitativa, aplicable a sismos ocurridos en regiones habitadas o no, fue desarrollada por Charles Richter, utilizando las amplitudes de las ondas registradas por un sismógrafo. Richter, en 1932, definió la escala de **Magnitud**, basado en la medición de un gran número de sismos en la costa de California. Hoy el uso de la magnitud ha sido más allá de estos modestos comienzos. La conveniencia de describir el tamaño de un terremoto por un número (la magnitud), ha requerido que el método se amplíe a otros tipos de sismógrafos por todo el mundo. Consecuentemente, se tiene una variedad de escalas de magnitud. Estas no tienen límite superior ni inferior, aunque el tamaño de un terremoto está, ciertamente, limitado en su extremo superior por la resistencia de las rocas de la litosfera.

En este siglo, los terremotos de mayor magnitud han ocurrido en China en 1920 ($M = 8.5$), Chile en 1960 ($M = 8.5$) y Alaska en 1964 ($M = 8.6$).

ESCALA DE INTENSIDAD MERCALLI MODIFICADA ABREVIADA

Valor de la intensidad y la descripción

- I. No tiene sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables. (I de la escala Rossi-Forel)

- II Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos suspendidos delicadamente pueden oscilar. (I a II de la escala Rossi-Forel)

- III. Sentido muy sensiblemente en interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, pero mucha gente no lo reconoce como un terremoto Automóviles parados pueden balancearse ligeramente Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable. (III. de la escala Rossi-Forel)

- IV. Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas, puertas agitados: las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente. (IV a V de la escala de Rossi-Forel)

- V. Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos, grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos Los péndulos de los relojes pueden pararse. (V a VI de la escala Rossi-Forel)

- VI. Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve (VI a VII de la escala de Rossi-Forel)

- VII. Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerablemente en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles. (VIII de la escala Rossi-Forel)

- VIII Daño leve en estructuras diseñadas especialmente, considerable en edificios corrientes sólidos con colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de chimeneas, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes Muebles pesados volcados Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Conductores de automóviles entorpecidos (VIII + a IX de la escala Rossi-Forel)

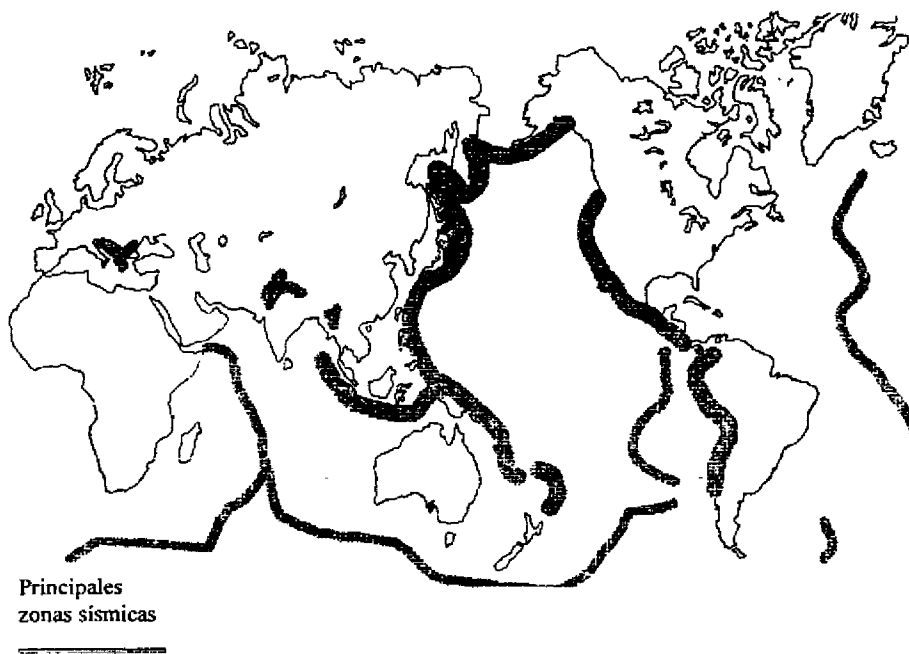
- IX. Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo Tuberías subterráneas rotas. (IX + de la escala Rossi-Forel)

- X. Algunos edificios bien contruidos en madera destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo, destruidas con los cimientos; suelo muy agrietado. Carriles rotos Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas. (X de la escala Rossi-Forel)

- XI Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchuras grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Carriles muy retorcidos.

- XII. Destrucción total Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas Objetos lanzados al aire.

ZONAS SISMICAS EN EL MUNDO



A finales del siglo pasado y a principios del presente se establecieron estaciones sismológicas en varios países alrededor del mundo, incluyendo a México.

Mediante sismógrafos de diferentes tipos se inició en esa época el registro instrumental de las ondas sísmicas generadas por terremotos, tanto de origen local como lejano, lo que permitió determinar en forma relativamente precisa la localización de los focos sísmicos y su profundidad.

Con el tiempo se formó un mapa bien definido que mostró la distribución geográfica de los sismos.

Desde el advenimiento de la sismología moderna, sorprendió a los investigadores que al representar en un mapa los focos de los sismos registrados durante un periodo de tiempo dado, estos se concentrarán siempre a lo largo de franjas relativamente angostas, indicando en dichas zonas una alta sismicidad.

Estas franjas, a su vez, limitan o separan grandes regiones oceánicas y continentales con actividad sísmica escasa o nula.

La distribución de los focos, como se observa en el mapa de la sismicidad mundial (figura superior), nos sugiere la división de la superficie terrestre en una serie de placas, lo cual apoya la teoría de tectónica de placas explicada anteriormente.

Podemos observar que la franja de sismicidad más importante se encuentra en la periferia del Océano Pacífico. Esta abarca Patagonia y Chile en América del Sur, Centroamérica, México, Estados Unidos y Canadá; se extiende más allá de Alaska a través de las Islas Aleutianas, pasando por la Península de Kamtchatka, Japón, Filipinas y Nueva Zelanda en el sur. Esta zona sísmica está caracterizada además, por actividad volcánica intensa. Por esto es conocida como el **Cinturón de Fuego del Pacífico** o simplemente **Cinturón Circunpacifico**.

Es claro que la sismicidad a escala mundial se concentra en zonas bien definidas. En contraste, grandes regiones de la tierra están libres de actividad sísmica o casi nunca ocurren sismos en ellas. Tal es el caso de Brasil, norte y centro de Canadá, Noruega, Suecia, oeste de África y una gran porción de Australia; por lo tanto estas son consideradas zonas "asísmicas".

RIESGO SISMICO EN MEXICO

Se puede ver que nuestro país está asociado a una gran zona generadora de sismos y que éstos han ocurrido seguramente a lo largo de millones de años. La mayor parte de los sismos de grandes magnitudes (mayores de 7, por ejemplo) y que son los que ocasionan grandes perjuicios para el hombre, tienen epicentros en la costa del Pacífico, a lo largo de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Sin embargo, también han ocurrido grandes sismos en el centro y sur de Veracruz y Puebla, partes norte y centro de Oaxaca, Chiapas, Estado de México y la península de Baja California, especialmente en la zona fronteriza con los Estados Unidos.

En los Estados de Sinaloa, Zacatecas, Durango y Sonora la sismicidad es más bien escasa, aunque en éste último ocurrió un sismo de magnitud 7.3 a fines del siglo pasado. En los Estados restantes no se han originado movimientos sísmicos de importancia aunque algunos llegan a ser afectados por los grandes sismos que se originan en otras regiones, como es el caso de Nayarit, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala y Tabasco.

A continuación se listan los sismos con magnitudes mayores de 7 grados ocurridos en el país durante el siglo pasado y lo que va del presente:

CATALOGO DE TEMBLORES DE GRAN MAGNITUD EN MEXICO [SIGLO XIX]		
FECHA	REGION	MAGNITUD
25 marzo 1806	Costa de Colima-Michoacán	7.5
31 mayo 1818	Costa de Colima-Michoacán	7.7
4 mayo 1820	Costa de Guerrero	7.6
22 noviembre 1837	Jalisco	7.7
9 marzo 1845	Oaxaca	7.5
7 abril 1845	Costa de Guerrero	7.9
5 mayo 1854	Costa de Oaxaca	7.7
19 junio 1858	Costa de Michoacán	7.5
3 octubre 1864	Puebla-Veracruz	7.3
11 mayo 1870	Costa de Oaxaca	7.9
27 marzo 1872	Costa de Oaxaca	7.4
16 marzo 1874	Guerrero	7.3
11 febrero 1875	Jalisco	7.5
9 marzo 1879	Costa de Jalisco-Colima	7.4
17 mayo 1879	Puebla	7.0
19 julio 1882	Guerrero-Oaxaca	7.5
3 mayo 1887	Bavispe, Sonora	7.3
29 mayo 1878	Guerrero	7.2
6 septiembre 1889	Costa de Guerrero	7.0
2 diciembre 1890	Costa de Guerrero	7.2
2 noviembre 1894	Costa de Oaxaca-Guerrero	7.4
5 junio 1897	Costa de Oaxaca	7.4
24 enero 1899	Costa de Guerrero	7.9
Tabla publicada por S. K. Singh et al. 1981		

La diferencia en número de sismos entre el presente siglo y el anterior se debe muy probablemente a falta de datos para este último período.

CATALOGO DE TEMBLORES DE GRAN MAGNITUD EN MEXICO
[1900 - 1985]

FECHA	REGION	MAGNITUD
20 enero 1900	Jalisco	7.9
16 mayo 1900	Jalisco	7.4
14 enero 1903	Frente Costa Oaxaca	8.1
15 abril 1907	Costa de Guerrero	8.0
26 marzo 1908	Costa de Guerrero	8.1
27 marzo 1908	Costa de Guerrero	7.5
30 julio 1909	Costa de Guerrero	7.4
7 junio 1911	Jalisco	7.7
16 diciembre 1911	Costa de Guerrero	7.5
19 noviembre 1912	Norte Estado de México	7.0
2 junio 1916	Sur de Veracruz	7.1
29 diciembre 1917	Frente Costa Oaxaca	7.7
22 marzo 1928	Oaxaca	7.5
17 junio 1928	Oaxaca	7.8
4 agosto 1928	Oaxaca	7.4
9 octubre 1928	Oaxaca	7.6
15 enero 1931	Oaxaca	7.8
3 junio 1932	Jalisco	8.2
18 junio 1932	Jalisco	7.8
30 noviembre 1934	Frente Costa de Jalisco	7.0
26 julio 1937	Oaxaca-Veracruz	7.3
23 diciembre 1937	Guerrero-Oaxaca	7.5
15 abril 1941	Michoacán	7.7
22 febrero 1943	Guerrero	7.5
6 enero 1948	Guerrero-Oaxaca	7.0
14 diciembre 1950	Guerrero-Oaxaca	7.3
28 julio 1957	Guerrero	7.5
11 mayo 1962	Guerrero	7.0
19 mayo 1962	Guerrero	7.2
6 julio 1964	Guerrero	7.4
23 agosto 1965	Oaxaca	7.6
2 agosto 1968	Oaxaca	7.4
30 enero 1973	Michoacán	7.5
28 agosto 1973	Oaxaca-Veracruz	7.1
29 noviembre 1978	Costa de Oaxaca	7.8
14 marzo 1979	Costa de Guerrero	7.6
25 octubre 1981	Frente Costa de Guerrero	7.3
7 junio 1982	Guerrero-Oaxaca	7.0
19 septiembre 1985	Frente Costa de Michoacán	8.1
21 septiembre 1985	Frente Costa de Guerrero	7.5

Sólo están considerados eventos entre los 15 y 20 grados Norte y los 94.5 a los 105.5 grados Oeste.

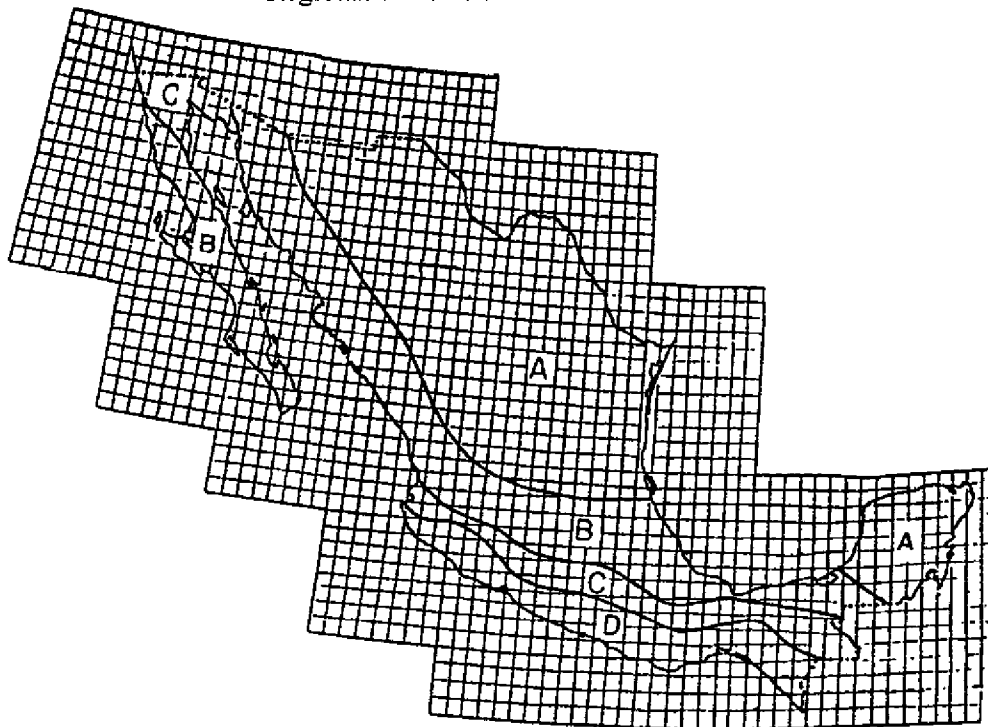
REGIONALIZACION SISMICA

El territorio de la República Mexicana se encuentra clasificado de acuerdo al peligro sísmico a que están sujetas las construcciones y, en general, las obras civiles que se planea realizar.

Se han establecido cuatro zonas, llamadas A, B, C, y D, las que representan zonas de menor a mayor peligro. Estas se han definido, básicamente, en función de la sismicidad propia de cada región.

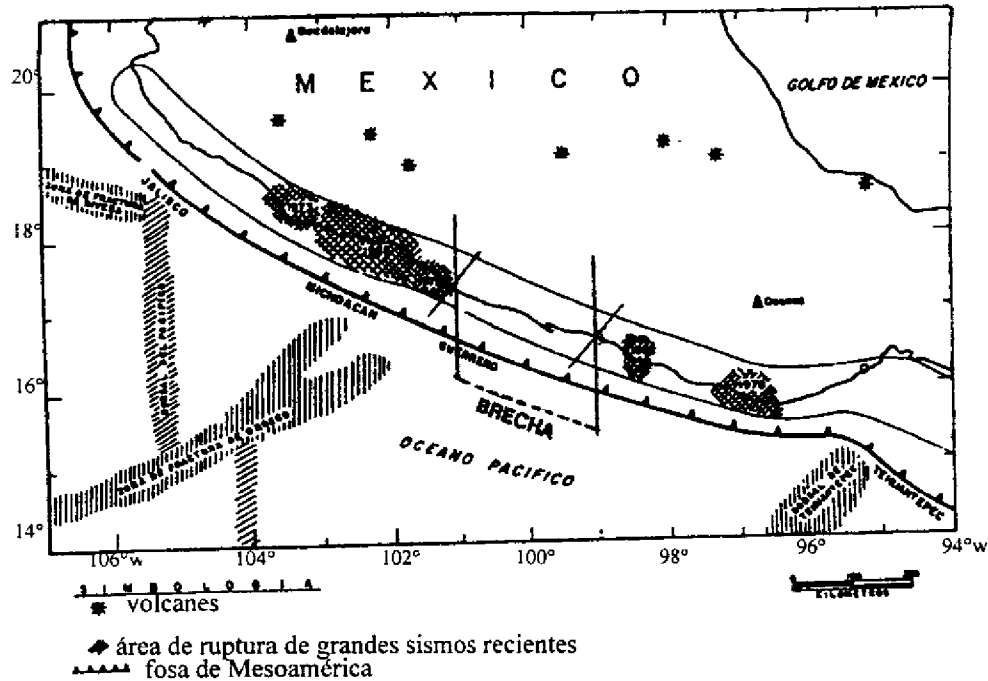
A esta clasificación se le conoce como regionalización sísmica y tiene como principal objetivo, junto con manuales de obras civiles proporcionar la información necesaria a los constructores para el cálculo de los valores con que se debe diseñar cualquier obra, de tal manera que ésta resulte suficientemente segura y su costo no sea excesivo. Cabe aclarar que la regionalización citada es aplicable a estructuras construidas en terreno firme y no toma en cuenta el fenómeno de amplificación del movimiento sísmico por efecto de suelos blandos. Este fenómeno puede ser decisivo para el peligro sísmico de algunos puntos, como la ciudad de México.

Regionalización sísmica de México



LA BRECHA SISMICA DE GUERRERO

Estudios sobre sismicidad en el Valle de México



Se conoce como brecha sísmica aquel segmento de contacto entre placas en el que no se ha producido un temblor de importancia (magnitud mayor de 7 grados) en un lapso relativamente grande, que para México los investigadores han definido como de más de 30 años. Cuando la brecha sísmica libera su energía (produciendo un temblor) es necesario un nuevo periodo de acumulación de energía hasta que se sobrepase la resistencia de las rocas y se origine en el lugar un nuevo temblor.

Una de las brechas sísmicas que en México puede producir unos o varios sismos grandes en un futuro cercano es aquella de la Costa de Guerrero. Existe consenso en la comunidad científica de que actualmente en la Zona con mayor potencial sísmico en nuestro país es la Brecha de Guerrero. En su porción noroeste (Zihuatanejo-Acapulco) se han originado grandes sismos en 1899, 1907, 1908, 1909 y 1911, después no ha habido en esa zona temblores importantes en los últimos 80 años. En la porción sureste de esta brecha (desde Acapulco hasta los límites con Oaxaca) no se han verificado eventos de importancia después de los terremotos de 1957 y 1962.

La magnitud del sismo que se puede llegar a presentar, de acuerdo al tamaño de la brecha, puede ser superior 8.0 grados, aunque existe la posibilidad que en lugar de un sólo sismo se presenten varios de menor magnitud en un periodo relativamente corto. Sin embargo es necesario aclarar que **no se puede precisar una fecha de ocurrencia** para el temblor; solamente se establece en qué zonas existe mayor probabilidad de ocurrencia.

INSTRUMENTACION SISMICA

1. *Instrumentos de registro*

Para conocer las características de las ondas sísmicas es necesario registrarlas de tal forma que puedan ser estudiadas posteriormente y determinar así la duración del movimiento, sus direcciones principales, etc., para ello se emplean principalmente **sismógrafos y acelerógrafos**. El sismógrafo se caracteriza por su alta sensibilidad, es decir, tiene la capacidad de ampliar decenas o cientos de miles de veces la velocidad con que se mueve el terreno, ya sea a causa de un sismo cercano muy pequeño o de uno grande pero lejano. A los registros obtenidos con este instrumento se les llama **sismogramas**.

Sin embargo, cuando ocurre un sismo cercano y muy fuerte, el sismógrafo no es capaz de registrarlo íntegramente ya que, por su gran sensibilidad, el instrumento produce un sismograma saturado

Los acelerógrafos tienen la característica, a diferencia de los sismógrafos, de registrar la aceleración del suelo durante un sismo no importando qué tan grande sea este. Generalmente son capaces de registrar aceleraciones mayores que la gravedad terrestre, por lo que los acelerogramas obtenidos nunca se encuentran saturados.

Existen diversas formas de registro tales como tiras de papel, cinta magnética analógica o digital y película, siendo las dos últimas comúnmente empleadas en acelerógrafos.

2. *Redes de observación sísmica en México.*

Al conjunto de instrumentos de registros sísmicos (sismógrafos o acelerógrafos), distribuidos en una zona determinada con el objeto de analizar, ya sea la sismicidad local o regional, es denominada "**Red de Observación Sísmica**". En México contamos con redes para análisis de sismos locales alrededor de presas así como en la nucleoelectrica de Laguna Verde.

En el caso concreto de la Ciudad de México, se pueden decir que, en el año de 1985, había instalados diez instrumentos que registraron los sismos de los días 19 y 20 de septiembre; tres en Ciudad Universitaria, dos en la Central de Abastos, dos en Tláhuac, uno en el sismológico de Tacubaya, otro cerca de Viveros de Coyoacán y el último en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Con base en estos registros fue posible adecuar sobre mejores bases el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, incorporando normas de diseño que permiten la construcción de estructuras más resistentes a los temblores que frecuentemente afectan a nuestra capital.

Sin embargo, dado que la respuesta sísmica en diferentes zonas de la Ciudad es variable, debido principalmente a las características del subsuelo, fue necesario extender la Red Acelerográfica de la Ciudad de México, para lo cual, la Fundación Barros Sierra instaló 40 acelerógrafos que se encuentran ubicados principalmente en centros deportivos, jardines y escuelas, de tal manera que las edificaciones cercanas influyan lo menos posible en los registros. Tres están alojados en el subsuelo.

A principios del año de 1987 la fundación ICA inició la instalación de otras 30 estaciones acelerográficas de superficie y de dos acelerógrafos bajo el terreno, uno a 20 m y otro a 40 m de profundidad por lo que a fines de ese año, la Ciudad contaba ya con 87 acelerógrafos distribuidos en las zonas de terreno duro (al poniente de la Ciudad), en las áreas de terreno de transición y en las zonas en las que antiguamente se encontraban los lagos de Texcoco y de Xochimilco, con sus suelos arcillosos blandos.

A finales de 1989, el Centro Nacional de Prevención de Desastres inició la instalación en la Ciudad de México de 10 estaciones acelerográficas con sensores de superficie y de pozo profundo (más adelante se amplía la información sobre la Red de Observación Sísmica del CENAPRED), lo que hace que en la actualidad la Ciudad de México cuente con 108 aparatos de medición de temblores fuertes, considerando 2 más instalados por el Instituto de Ingeniería. Gracias a esta red, desde el mes de febrero de 1988, se empezó a tener información suficiente para analizar respuesta sísmica del terreno de la Ciudad, ya que el día 8 de ese mes fue registrado un temblor leve que proporcionó información en más de 50 sitios.

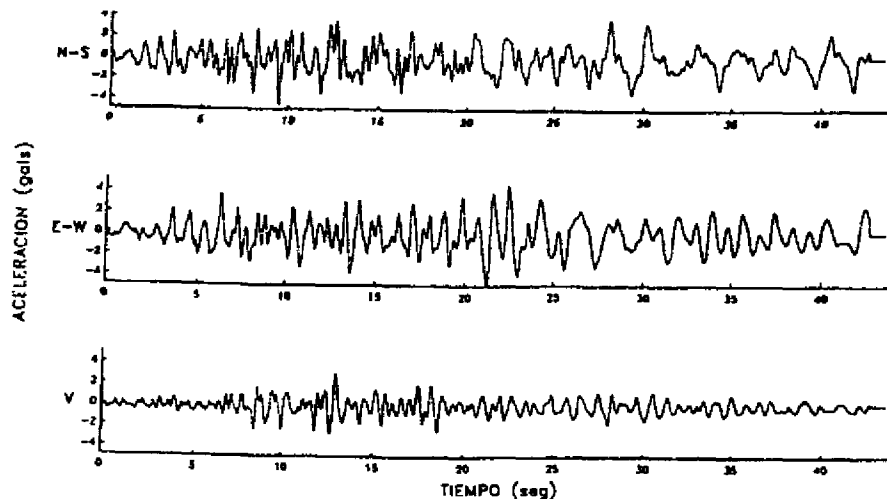
Posteriormente ha sido posible registrar otros temblores pequeños, como los del 9 de marzo, 2 de mayo y 12 de agosto de 1989, así como el 11 y 31 de mayo de 1990 y un temblor moderado el 25 de abril de 1989. Desde luego no han sido los únicos temblores en el valle de México, sino que han ocurrido muchos otros que únicamente pueden registrar los sismógrafos que, como se dijo anteriormente, poseen una mayor sensibilidad que los acelerógrafos.

Esta Red ha permitido, a la fecha, conocer con mayor precisión la distribución de algunos parámetros de movimientos sísmicos: aceleraciones, velocidades y desplazamientos máximos, así como la energía que afecta a las construcciones y ha aportado muchos datos que actualmente están utilizando los investigadores en numerosos estudios.

Adicionalmente se han colocado acelerógrafos en algunos edificios, lo que permitirá conocer con mayor exactitud el comportamiento de las estructuras. Esto, sin duda, proporcionará información, en la medida que se registren más temblores, para que los ingenieros y los investigadores especialistas lleven a cabo los análisis necesarios a fin de aportar elementos que permitan perfeccionar gradualmente las normas de diseño contenidas en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en cada una de las zonas, de acuerdo con su riesgo sísmico específico.

Red de Observación Sísmica del CENAPRED.

La red de observación sísmica del CENAPRED está compuesta por un total de 15 estaciones autónomas de registro y un puesto centralizado de recepción y procesamiento de la información ubicados en las instalaciones del CENAPRED. La Red a su vez está dividida en dos subredes.



EST. No.10, ROMA-A, superficie		
Fecha 01 de abril de 1991	Amax (N-S): -4.49	Dur. 43.52 seg
Hora. 07:36:40.XX [GMT]	[gals] (E-W): -4.88	RWAS0401.1X1
	(V): 3.14	CENAPRED

La primera esta subdividida en 5 estaciones acelerográficas uniformemente distribuidas entre Acapulco-México. El propósito fundamental de este sistema es el registro de los temblores en la zona epicentral y el estudio de las características de propagación de las ondas sísmicas en su trayectoria hacia la ciudad de México. Las 5 quedaron instaladas sobre roca firme. Los instrumentos de medición son acelerógrafos digitales triaxiales de alta resolución con registro local e interconectados vía telefónica con el puesto central de registro en el CENAPRED. Los equipos están instalados dentro de una caseta metálica y operan con celdas solares y baterías.

La segunda parte de la red de observación sísmica está formada por una subred de 10 estaciones instaladas, como ya se mencionó en distintos puntos de la Ciudad de México. La distribución de estaciones de esta subred, se hizo con base en la zonificación de la Ciudad y de acuerdo al tipo de suelo a estudiar.

Los objetivos principales de este sistema son el estudio de las características de las ondas sísmicas incidentes en el valle de México provenientes de la costa y el comportamiento de distintos suelos bajo excitación sísmica. Por esta razón se instalaron en la mayor de las estaciones no sólo acelerómetros en la superficie, sino también sensores triaxiales en pozos profundos a diferentes profundidades. Los sensores de pozo menos profundo se localizaron a la mitad del primer estrato blando de arcilla y los sensores más profundos a la mitad del estrato duro. En dos estaciones, la No. 9 y No. 15 se instalaron también instrumentos en un edificio cercano a la estación con objeto a estudiar su respuesta dinámica e interacción con el suelo durante un movimiento fuerte. Las estaciones quedaron comunicadas al puesto central de registro mediante enlaces de telemetría por radio. El suministro de energía eléctrica es de la red comercial.