

Sección de Sismología

ESTRUCTURA DE LA TIERRA

En base a estudios sismológicos se ha llegado a determinar o a dividir la tierra en 3 zonas, que son las siguientes:

- a) corteza terrestre
- b) manto
- c) núcleo.

Corteza terrestre.

Es la corteza exterior de rocas, algo heterogénea y que tiene un espesor que varía de 30 a 40 Km. bajo los continentes, hasta llegar a ser aproximadamente cero en partes de las cuencas de Atlántico y del Pacífico.

La discontinuidad de *Mohorovicik* separa a la corteza terrestre del manto.

Manto.

Es una gruesa capa basáltica con un espesor de aproximadamente el 45% del radio terrestre (2,900 Km.), se considera como una estructura concéntricamente homogénea, una segunda discontinuidad denominada de *Gutenberg* separa el manto del núcleo.

Núcleo.

Tiene aproximadamente el 35% del radio terrestre (3,500 Km.) y se describe como una esfera de níquel y hierro, se divide en dos zonas: La primera zona exterior con un 34% del radio terrestre (semilíquida); la segunda zona es el núcleo terrestre sólido con un radio del 24% del terrestre.

Falla.

Es una fractura en las rocas a lo largo de la cual ha habido movimiento.

Fisura.

Es una extensa fractura o rotura de rocas, a lo largo de la cual no se han detectado movimientos.

DEFINICIONES DE SISMOLOGIA

Sismología es el estudio de los movimientos sísmicos, tanto producidos por el hombre, como naturales.

Mediante el estudio de los movimientos sísmicos producidos por el hombre, se obtiene información acerca de la estructura de la Tierra, los yacimientos de petróleo, la profundidad de las aguas oceánicas, etc.

Los fines que se persiguen con el estudio de los movimientos sísmicos naturales, son para comprender las causas de los terremotos de modo que haga posible su pronóstico, al hacer un estudio adecuado de la sismicidad de una zona, se tendrá una orientación para el proyecto y construcción de edificaciones capaces de resistir los grandes temblores de la tierra originados en esa zona.

Movimientos sísmicos o sismos.

Es una vibración u oscilación de la superficie de la tierra, causada por un disturbio elástico o gravitacional de las masas que buscan su equilibrio.

Terremoto.

Es un conjunto de fenómenos y movimientos bruscos de la corteza terrestre, de corta duración y gran intensidad, debido a choques o golpes producidos en el interior de la tierra.

Maremoto.

Es el resultado del movimiento sísmico del fondo oceánico transmitido a la masa del

agua, produciendo las olas sísmicas marinas (*TSUNAMI*).

Tipos de sismos.

Los tipos de sismos son los siguientes:

- a) volcánicos
- b) tectónicos
- c) plutónicos
- d) perimétricos.

Sismos volcánicos.

No ocasionan grandes estragos ya que poseen un área limitada que por lo regular se circunscribe a unos pocos kilómetros de la falda o en la falda misma, ya por ser un volcán de constitución muy poco densa, las ondas sísmicas son absorbida rápidamente en ese medio y su propagación a medios más sólidos es muy inconsistente.

Se producen por fracturas en el cono del volcán, desplomes dentro del cráter, formación de nuevos cráteres, reacción química violenta que provoca explosiones al entrar el contacto elementos que al combinarse unos con otros, reaccionan en tal sentido.

A partir de la definición de Sismología:

Por medio de la Sismología se ha determinado la ubicación de los terremotos en una serie de fajas alrededor de la Tierra y un estudio detallado de sus distribuciones y sus mecanismos de foco han tenido un papel de gran importancia en la génesis de la teoría de expansión del suelo marino y la deriva de los continentes. (Tectónica de placas.)

TECTONICA DE PLACAS

Teoría en la que se afirma que la corteza terrestre y la parte superior del manto, hasta una profundidad de unos 100 Km., no es una caparazón sólida e inmutable, sino que ha estado formado por una docena de placas rígidas de tamaño continental, subdivididas en otras menores, todas ellas flotantes sobre un manto caliente y viscoso.

La superficie sólida de la Tierra y la de los fondos marinos, descansan sobre esos bloques o placas.

Las placas se deslizan en varias direcciones a velocidades geológicamente vertiginosas -de uno a cinco centímetros por año- dando origen a roces y esfuerzos en los bordes de las placas, el mecanismo básico que causa el movimiento de las placas se desconoce, pero se cree que es debido a corrientes de conversión y movimientos del manto plástico y caliente de la Tierra.

EFFECTOS DE LA TECTONICA DE PLACAS EN GUATEMALA

Sismos tectónicos.

Se presentan inesperadamente, desde grado inapreciable para las personas, hasta grandes catástrofes, propagándose a grandes distancias sobre la superficie y en el interior de la Tierra.

Entre sus causas tenemos: rebalsamiento brusco de un estrato sobre el otro, asentamiento de terrenos, disgregación de rocas, desplome de bloques en el interior de la Tierra, contracción del magma interior, etc.

Sismos plutónicos.

Se originan en las grandes profundidades en el interior de la Tierra, entre sus causas tenemos: cristalización de las rocas, formación de vapor de agua, explosión de los gases internos, etc.

Sismos perimétricos.

Los aparatos registradores de sismos, registran determinados agentes que de alguna forma pueden generar vibraciones que hacen suponer sean sismos. Estos agentes pueden ser: la acción del viento, el oleaje de las aguas del mar, el tránsito de vehículos, etc.

Según la distancia a la que se producen de la estación de observación, los sismos se pueden clasificar en:

- a) local distancia a 100 Km.
- b) vecino distancia entre 100 y 600 Km.
- c) cercano distancia entre 600 y 1200 Km.
- d) distante ... distancia entre 1200 y 6000 Km.
- e) lejano distancia entre 6000 y 12000 Km.
- f) remoto distancia entre 12000 y 20000 Km.

Hipocentro o foco.

Es el centro de dispersión de las vibraciones de un sismo (lugar donde se origina el sismo, verticalmente bajo la superficie de la Tierra).

Epicentro.

Es el punto situado verticalmente encima del foco del temblor (hipocentro), en la superficie de la Tierra.

Distancia epicentral.

Es la distancia medida en línea recta entre el epicentro y la estación de observación.

Onda sísmica.

Son los movimientos de las partículas terrestres durante el sismo, el cual es periódico, consistiendo, en vibraciones y oscilaciones que viajan o se desplazan dentro de la masa del globo terrestre.

Tiempo de origen.

Es el instante en que el sismo se produce en el epicentro.

Tiempo de recorrido.

Es el lapso de tiempo desde que se origina el sismo, hasta el arribo de las ondas sísmicas al punto de observación.

Sismógrafos.

Aparatos que captan y registran las vibraciones de la Tierra, el principio básico consiste en una masa de hierro colgante de un hilo que forma un péndulo que se encuentra suspendido de un soporte bien fijo al suelo, al moverse éste, la masa del péndulo, por su inercia permanecerá por unos instantes inmóvil, después empieza a oscilar por sí mismo, esto se evita por medio de un amortiguador, ya que así se registrará la llegada de otras ondas que se mezclarán con la onda inicial, todas las ondas quedan registradas en el sismograma.

Sismograma.

Es la gráfica de un sismo obtenida por medio de un sismógrafo. A través de un adecuado análisis de sismogramas se puede obtener:

1. hora en que ocurrió el sismo,
2. distancia epicentral,
3. dirección del movimiento inicial,
4. azimut del epicentro,
5. profundidad,
6. intensidad,
7. magnitud.

- Los sismógrafos según su registro:

Dan el registro directo del movimiento del péndulo (consecuencia del movimiento de la tierra). Es registrado directamente en el papel mediante un sistema mecánico u óptico, el registro eléctrico utiliza un elemento formado por una bobina y un péndulo que se desplaza en medio de los polos de un imán pendiente de la corriente que se desarrolla por un movimiento sísmico, esto significa que es proporcional según la teoría del movimiento relativo, entre el péndulo y el terreno, la teoría se llama de *Foucault*, la corriente así generada es registrada por medio de un galvanómetro registrador.

- Los sismógrafos según su período:

En los de período corto, se destacan las ondas terrestres de período corto (ondas longitudinales u ondas P), con períodos de alrededor de 1 seg., mientras que en los de período largo, se registran mejor las ondas superficiales (ondas Love, etc.) y con períodos mayores de 5 seg.

- Los sismógrafos según movimiento registrado:

Al ser el movimiento producido por los sismos tridimensional, será necesario medir los componentes:

- i) de movimiento vertical y
- ii) de movimiento horizontal.

El sismógrafo de tipo vertical registrará los movimientos en el plano vertical.

Para el movimiento en el plano horizontal se hace necesario tomar dos sismógrafos para que inscriban el movimiento del suelo en dirección Norte-Sur y Este-Oeste.

Reseña histórica.

Instrumento que ha sido utilizado para el estudio de los sismos por más de 1,800 años, el primer detector de sismos conocido que aparte de la ocurrencia, también detectó la dirección de la cual las ondas sísmicas provenían, fué creado por el filósofo chino *Chang Heng* en el año 132 de nuestra era. El aparato es similar a una vasija que tiene ocho cabezas de dragón en el lado exterior, señalando las ocho principales direcciones que existen en un círculo. Estos dragones tienen la boca abierta conteniendo una pelotita, cuando un sismo ocurre, una de las pelotitas se cae de la boca del dragón, indicando esto que se produjo un evento sísmico y la dirección de la cual provenían las ondas de energía liberada. Posterior a éste hubo muchos acontecimientos sobre detectores de sismos, tales como el ingenioso método de *Robert Hallet* con reflejos sobre superficies.

Geófono.

Aparato electromagnético diseñado para percibir pequeñas vibraciones del suelo y convertir el movimiento mecánico en impulsos electrónicos.

Acelerógrafo.

Instrumento mecánico o eléctrico que registra por medio de película o en un papel sensibilizado, los movimientos fuertes y por medio del cual se pueden reconocer el movimiento del suelo y la aceleración del mismo.

Sismoscopio.

Tiene las mismas funciones que el acelerógrafo, sólo que registra en una placa ahumada lo cual nos permite conocer un parámetro más que nos sirve para determinar el espectro del movimiento del suelo en caso de la ocurrencia de un terremoto.

Magnitud de un sismo.

Se refiere a la energía total liberada en la fuente de la perturbación sísmica, para cada sismo sólo hay una magnitud.

Escala de Richter.

Por medio de esta escala medimos la velocidad que tuvo el sismo, y los lugares que fué tocando. Esta escala es instrumental, basada en amplitudes de máximas medidas, es una escala abierta, lo que significa que no tiene límites en sus medidas. El sismo más grande que se ha medido con esta escala es el de Alaska en 1975 con una magnitud de 9.1 grados Richter y en Guatemala (1976) de 7.5 grados Richter.

Intensidad de un sismo.

Indica la violencia del movimiento terrestre percibido en cualquier parte del área en la cual se sintió el sismo, y se basa en los efectos observados en personas u objetos inanimados, tal como las construcciones y su contenido.

Isosistas.

Son curvas imaginarias que representan en un mapa, la distribución de puntos en que la intensidad del sismo fué la misma.

Escala de Mercalli modificada.

Es la escala utilizada actualmente en los países de América para medir la intensidad de un sismo, y se le dice modificada, pues la anterior escala de Mercalli fué modificada por *Harry O. Wood* y *Frank Newman*.

La unidad de aceleración armónica que se usa en esta escala es el Gal ($10^{-8} m/s^2$). Los grados de intensidad se representan con los números romanos de I a XII, los cuales se presentan a continuación:

- I grado Mercalli: aceleración menor a 0.5 Gal; detectado sólo por instrumentos, sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
- II grado Mercalli: aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal; sacudida sentida sólo por muy pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios.
- III grado Mercalli: aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal; sacudida sentida claramente dentro de un edificio, especialmente en los pisos altos, muchas personas no la asocian con un temblor. Los vehículos de motor

estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado. Duración estimable.

IV grado Mercalli: aceleración entre 6.0 y 10 Gal; sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de las vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los autos crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.

V grado Mercalli: aceleración entre 10 y 20 Gal; sacudida sentida casi por todos; muchos despiertan. Algunas piezas de vajillas, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; objetos inestables caen. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Retención de relojes de péndulo.

VI grado Mercalli: aceleración entre 20 y 35 Gal; sacudida sentida por todos; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio, pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Baños ligeros.

VII grado Mercalli: aceleración entre 35 y 60 Gal; advertido por todos. La gente huye hacia el exterior. Daño moderado sin importancia en estructuras de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas, daños considerables en las débiles o mal planeadas; ruptura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.

VIII grado Mercalli: aceleración entre 60 y 100 Gal; daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, colunas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel de agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían carros de motor.

IX grado Mercalli: aceleración entre 100 y 250 Gal; daño considerable en estructuras de buen diseño; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de los cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen. Pánico general.

X grado Mercalli: aceleración entre 250 y 500 Gal; destrucción de algunas estructuras de madera bien cons-

truidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.

XI grado Mercalli: aceleración mayor a 500 Gal; casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.

XII grado Mercalli: destrucción total, ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel. Objetos lanzados al aire hacia arriba. Catástrofe.

Principales eventos sísmicos del siglo XX en Guatemala.

A continuación presentamos un pequeño resumen de los principales eventos ocurridos en el presente siglo, contiene datos importantes y algunos comentarios de carácter macro-sísmico. Los datos referentes a la localización, hora, minuto fueron tomados de publicaciones mundiales con un alto grado de confiabilidad. La información de diarios de la época, resulta a veces ser falsa. Además la hora está referida a el Meridiano de Greenwich (a menos que se especifique otra), esto implica que la hora, para Guatemala fué 6 horas antes.

El terremoto de 1,902: el día 19 de abril a las 02:23:50 hrs., erróneamente llamado el terremoto de Quetzaltenango, tuvo como epicentro la zona costera de Escuintla entre los municipios de La Gomera y Puerto de San José, el error es considerable, puesto que en esa época la zona era muy despoblada, y la construcciones de tipo tropical no fueron tan castigadas como las de tipo colonial de Quetzaltenango y Sololá. Hubo reportes de aproximadamente 200 muertos, sin embargo es difícil pensar que un evento tan fuerte no cobrara más vidas. La magnitud del evento fué $M_s = 8.2$, el segundo de más intensidad en el siglo XX. Localización en 14.00 grados de latitud Norte, 91.00 grados de longitud Oeste, y 60 Km. de profundidad.

El terremoto de 1,913: el día 8 de marzo a las 08:55 hrs. (hora local), tuvo como

principal acontecimiento la destrucción de Guilapa, cabecera departamental de Santa Rosa, reportó muchas víctimas. Es importante mencionar que este y otros eventos sucedidos en los fallamientos del Norte son de poca profundidad, lo que los hace ser muy locales y destruyen en un perímetro muy reducido del epicentro. No se tiene localización exacta del epicentro.

Los terremotos de 1,917 y 1,918: dos de los eventos famosos del presente siglo. En realidad no fueron dos sismos, sino una serie, posiblemente un enjambre, en el cual las condiciones se prestaron para reconocer estos dos eventos como los más importantes. Después de elaborar una consulta por varios meses al respecto, se puede definir la actividad de la siguiente forma:

El 27 de noviembre de 1,917 se hizo sentir un fuerte evento en las proximidades de la capital, para ser exactos, sus más fuertes efectos se sintieron en el municipio de Villa Nueva, equivocadamente la población lo consideró parte de la actividad del volcán de Pacaya, que se encuentra próximo a esa población. Al parecer, un período de actividad del volcán sucedió en esas fechas. Según información de los diarios de la época, la actividad continuó percibiendo en los días subsiguientes; hasta que el día 26 de diciembre a las 05:21:00 hrs. una gran liberación de energía tuvo lugar y destruyó en gran parte el centro de la capital y las proximidades. A esta le sucedió otra, un posible post-evento (aftershock, continuación de la liberación de la energía), a las 06:18:00. Este acontecimiento prácticamente libera de posibilidades volcánicas a la actividad, puesto que los eventos volcánicos están limitados a una decena de kilómetros debido a su superficialidad.

A pesar de la destrucción del edificio ocupado por el principal diario que en ese entonces existía (diario de Centro América), para principios de 1,918 se pudo recuperar un poco de información, la cual nos reporta el fenómeno con la misma intensidad en los alrededores a la capital (50 Km. por lo menos), lo que nos da como parámetro importante la super-

ficie del evento. Se reportaron más de 250 personas muertas. El lógico pensar que posterior a estos dos eventos, tuvieron que darse una serie de microeventos para compensar el desplazamiento interno del terremoto ocurrido.

El 4 de enero de 1,918, a las 06:30.10 y 06:32.25 hrs., dos nuevos eventos sacudieron la ciudad. El final de la fuerte actividad lo marcó el 24 de enero aproximadamente a las 07:30 (hora local). Este último reportó bastantes daños, pero es lógico pensar que la ciudad había sufrido bastantes sacudidas; de tal manera que no se puede definir si el evento fué más o menos fuerte que los anteriores.

El 11 de enero de 1,918 se hizo presente I. C. Morris, asistente en los trabajos de infraestructura en la zona del Canal de Panamá, quien obedeciendo órdenes superiores realizó un informe de lo observado; consideró de mucha importancia la opinión, puesto que la persona contaba con amplios conocimientos sobre construcción y define bien los daños a estructuras hechas de adobe y ladrillo, los cuales carecen de refuerzo y trabajan principalmente por gravedad.

De acuerdo a Morris, en su informe del 27 de febrero quien al parecer también tenía conocimientos sobre aspectos sismológicos, la actividad catalogada hasta ese entonces, de 9 grados de intensidad en la antigua escala de Rossi-Forel, fué definida por él de 5 grados en la misma escala, lo que implica 6 grados en la escala actual, aproximadamente (escala MM). No se tiene localización exacta del hipocentro.

El terremoto de 1,942: el día 6 de agosto a las 23:36.98 hrs. se registró el terremoto de mayor magnitud hasta la fecha Ms = 8.3. Tuvo localización en 13.9 grados latitud Norte y 90.8 grados longitud Oeste. La profundidad fué de 60 Km. y causó los siguientes efectos:

Departamento de Guatemala:

Amatitlán. 253 casas con daños leves, 99 destruidas y 196 con daños de consideración.

Villa Nueva. Paredes de algunas casas de algunas casas se

derrumbaron, no se registraron muertos.

San Pedro Sacatepéquez. Ligeros daños en edificios.

San Juan Sacatepéquez. Edificios municipales y varias casas con desperfectos.

El resto de los municipios lo sintió, pero no se registraron problemas.

Departamento de Sacatepéquez:

Palacio de Los Capitanes Generales, algunos templos católicos y casas particulares sufrieron desperfectos de poca consideración, derrumbes en la carretera entre la capital y la ciudad de Antigua Guatemala.

Departamento de Chimaltenango:

En la cabecera departamental, edificios públicos y privados sufrieron desperfectos.

En los municipios de Comalapa, Tecpán y Patzún, varios edificios y casas destruidas, algunos muertos.

Acatenango prácticamente fué destruida, hubo bastantes muertos.

En el resto de los municipios ligeros daños materiales fueron reportados.

Departamento de San Marcos:

En la cabecera departamental se dañaron varios edificios públicos, el resto de los municipios lo sintieron pero no reportaron daños.

Departamento de Totonicapán:

Daños ligeros en casas, fué sentido en casi todos los municipios.

Departamento de El Quiché:

Daños ligeros en casas, fué sentido en casi todos los municipios.

Departamento de Sololá:

Daños ligeros en casas, fué sentido en casi todos los municipios.

Departamento de Escuintla:

Varios edificios, entre ellos la Jefatura de Policía y varias casas fueron destruidas, no se reportaron muertos.

Departamento de Huehuetenango:

Se sintió fuerte.

En los departamentos de Santa Rosa, Chiquimula, Alta y Baja Verapaz, se reportaron pocos daños materiales, pero fué sensible en casi todos los municipios.

El terremoto de 1,959: se registró el día 28 de febrero a las 18:16.33 hrs. Puede ser considerado como uno de los eventos destructores más al Norte del territorio nacional, tuvo localización en 15.94 grados latitud Norte y 90.59 grados longitud Oeste, la profundidad fué de 48 Km. El evento presentó los estragos más importantes en la población de Ixcán, departamento de El Quiché.

El terremoto de 1,976: al hablar de grandes terremotos en Guatemala, las mediciones matemáticas indican que el evento de 1,942 ha sido el de mayor cantidad de liberación de energía en lo que va del siglo, sin embargo, no ha sido el más destructor. Posiblemente por la ubicación del evento y la menor población existente en la época influyeron en ello.

El evento que más estragos ha causado en el presente siglo es sin duda el terremoto de 1,976. Fué registrado el día 4 de febrero a las 09:1.72 hrs., localizado en 15.32 grados latitud Norte y 89.10 grados longitud Oeste, características superficiales, alrededor de 5 Km. de profundidad y con efectos transcurrentes en la falla de Motagua al Noroeste de la capital, magnitud Ms = 7.5 grados.

Los efectos de la ruptura fueron desastrosos, se registraron mediciones de desplazamiento transcurrente de más de 3.00 mt. en algunas partes a lo largo de la falla, se crearon aceleraciones muy altas que ocasiona-

