



**Comisión Nacional de Emergencia**  
TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

**SISMOLOGIA**

**EL SISTEMA DINAMICO DE LA TIERRA**

**MSC. Luis Diego Morales M.**

**1. CONCEPTOS BASICOS**

- a. La tierra es un planeta dinámico, como se evidencia por el hecho de que los materiales están diferenciados y segregados de acuerdo a su densidad, dentro de distintas capas o zonas concéntricas que de adentro hacia afuera son el núcleo, el manto, la litosfera y los fluidos superficiales. (Ver figura 1). Las capas más dinámicas son: (a) los fluidos superficiales (agua y aire) y (b) la litosfera rígida que descansa sobre la capa suave y plástica (la astenosfera) en el manto superior. Por lo tanto, los materiales dentro de las capas más externas de la "Tierra" se están moviendo en dos sistemas principalmente, el hidrológico y el tectónico, este último referido a los gigantescos bloques rígidos (placas) que se mueven sobre la astenosfera.
- b. El "sistema hidrológico" implica el movimiento de los fluidos superficiales (aire y agua) que originan una serie de procesos (erosión, transporte y depositación de sedimentos) que modifican y modelan la superficie de la tierra. La fuente de energía para el sistema hidrológico es el calor del sol, ya que crea gradientes de presión (causa que el aire se mueva) y por el ciclo del agua.
- c. El "sistema tectónico" resulta de la energía interna de la tierra e implica movimiento de materiales en el interior (manto superior) presumiblemente en corrientes de convección.

Como resultado de dicho proceso, la litosfera está segmentada o dividida en una serie de placas que están en constante movimiento. Donde las placas divergen apartándose unas de otras, nueva corteza oceánica es formada por actividad volcánica y en donde las placas convergen encontrándose o deslizándose una bajo otra, una de ellas se hunde y es consumida en el manto superior, mientras que la otra se levanta creando montañas, (Ver figura 2).

Como resultado del movimiento de las placas litosféricas tenemos: extensión del fondo oceánico y deriva de los continentes (teoría de tectónica de placas), con los fenómenos asociados de la sismicidad, ocurrencia de temblores en espacio y tiempo, construcción de montañas y vulcanismo.



## Comisión Nacional de Emergencia

TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

El calor radiogénico, (resultado de la desintegración de elementos radiactivos en el manto superior), es la fuente de energía del sistema tectónico. Aunque algunos desconocen este hecho, los continentes van separándose, aunque con mucha lentitud, por lo que se requieren millones de años para poder apreciar ese movimiento.

Por ejemplo, hace cerca de 200 millones de años, Sur América se empezó a separar de África (hace tanto tiempo que Costa Rica era parte del fondo oceánico todavía).

### 2. LAS PLACAS TECTONICAS QUE AFECTAN A COSTA RICA

Costa Rica forma parte del llamado "cinturón de fuego del Pacífico", caracterizado por una alta sismicidad y vulcanismo activo. A escala regional, las estructuras geotectónicas que se presentan y afectan el país, (Ver figura 3), son: la placa de Cocos, que se mueve hacia el NE sumergiéndose en la Fosa Mesoamericana bajo la placa Caribe sobre la cual se asienta nuestro territorio. La Fosa se encuentra paralelamente a nuestras costas con profundidades máximas de 4000 m, frente a las costas del NO del Guanacaste. Sobre el fondo oceánico al SE del país se levanta la Cordillera de Cocos, cuyo punto más alto es la isla del Coco. Finalmente, un sistema principal de cordilleras cruzan el país con una orientación aproximada de NO a SE, con un sistema de fallas que cruzan el país en la misma dirección (NO a SE) y otro fallamiento complementario que va de NE a SO y unas pocas de E a O. De la interacción entre los diferentes elementos geotectónicos anteriormente citados, depende el sistema tectónico que afecta a nuestro país. Por lo tanto, trataremos de integrarlos para tener una visión global del problema.

El empuje de la placa de Cocos sumergiéndose bajo la placa Caribe origina una zona de fricción llamada también zona de subducción o zona de Benioff. Allí se acumulan esfuerzos que, al vencer la resistencia elástica de las rocas originan los temblores, liberándose violentamente la energía en forma de ondas sísmicas (primarias y secundarias), que causan los llamados temblores de tierra.

Como resultado del empuje y de la fricción generada, el calor originado a cierta profundidad (120-200 Km) alcanza el punto de fusión de las rocas y se origina una magma calcoalcalino, que posteriormente puede alcanzar la superficie por grietas o conductos volcánicos, saliendo hacia el exterior como lava. Es así como existe una asociación volcánica con las llamadas zonas de subducción.

Como ejemplo tenemos la Cordillera Volcánica Central y la del Guanacaste. En un distante paso geológico, la Sierra de Tilarán y los Montes del Aguacate tuvieron ese mismo origen.



## Comisión Nacional de Emergencia

TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

Pero, ¿qué ocurre con la de Talamanca? En dicha región situada hacia el SE del país nos encontramos con que la Fosa Mesoamericana se ha reducido al ser interceptada por la Cordillera Oceánica de Cocos. Esto afecta el proceso de subducción y el correspondiente vulcanismo, ya que la placa subducida (Cocos) no llega a alcanzar las profundidades necesarias para que la roca se funda y origine el magma que alimentaría los volcanes.

Se produce en cambio un levantamiento de la zona y secuencias de temblores. Un poco más hacia el S de Punta Burica (cerca de los 82,5 grados W) se encuentra el límite entre las placas de Cocos y de Nazca, conocido con el nombre de "zona de fractura de Panamá", caracterizada por una alta sismicidad debido al desplazamiento relativo entre las rocas anteriormente mencionadas. Como resultado de la interacción de placas se originan "fallas" las cuales serán algunas veces responsables de la formación del relieve de la superficie de la tierra y, cuando están activas, serán el lugar de ocurrencia de temblores o terremotos.

Las fallas son zonas de debilidad de la corteza terrestre a lo largo de las cuales existen estructuras geológicas desplazadas o fracturadas, pero que muchas veces no son evidentes en la superficie, ya sea por su profundidad o por la gran cobertura vegetal o de suelo que las cubre. Por otro lado, su actividad no es continua en el tiempo, todo lo cual dificulta comprobar si existen o si son pasivas o activas.

A lo largo de las fallas es frecuente encontrar aguas termales, ya que en ese punto afloran manantiales profundos, con mayor facilidad.

Finalmente, un riesgo tectónico apreciable lo constituyen las cuencas internas o depresiones entre las cordilleras o valles intermontanos de los cuales el más notable e importante es el llamado "Valle Central" de Costa Rica.

Tenemos así, las dos fuentes principales que generan los temblores y terremotos que nos afectan:

- a. El desplazamiento relativo entre las placas, ya sea el meterse una (Cocos) bajo la otra (Caribe), proceso llamado de subducción, o bien al resbalar una junto a la otra (Cocos-Nazca).
- b. Las fallas localizadas al interior de la placa Caribe, activadas por la interacción entre placas.



## Comisión Nacional de Emergencia

TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

### 3. CLASIFICACION DE LOS TEMBLORES

Es útil clasificar los temblores o terremotos por su modo de generación:

#### A. Tectónicos

Son los más comunes e importantes, no sólo por su distribución y frecuencia, sino por el tamaño que pueden llegar a alcanzar liberando una gran cantidad de energía.

Estos ofrecen el mayor peligro por la destrucción que pueden llegar a originar y los consiguientes problemas socioeconómicos que alcanzan en pérdidas materiales y humanas.

Se producen por la acumulación lenta de energía elástica de deformación en las rocas, la cual al vencer el límite de resistencia del material rocoso genera una ruptura que libera súbitamente la energía que durante años acumularon los procesos geológicos. Gran parte de esta energía se propagaría como ondas sísmicas generadas por el rebote de las orillas adyacentes de la falla en la superficie de ruptura, así como por el rozamiento y la trituración de las rocas.

Durante la ruptura, las orillas de la falla rozan una contra la otra de forma que parte de la energía se gasta por las fuerzas de fricción y en la trituración de las rocas, produciéndose un calentamiento local en las superficies.

El terremoto del sábado santo de abril del año 1983, con epicentro en la región de Osa-Golfito, originado por el proceso de subducción, así como el terremoto del 3 de julio de 1983 en División-Buena Vista de Pérez Zeledón, originado en una falla local, son dos ejemplos de temblores de naturaleza tectónica. El ejemplo más espectacular y trágico, fue el terremoto de Cartago en 1910, originado probablemente en la falla Aguacaliente-Urosi, y es hasta la fecha, la mayor catástrofe sísmica de nuestro país.

#### B. Volcánicos

Es un temblor asociado con la actividad volcánica. Por lo general son pequeños y ocurren a poca profundidad y dentro del área volcánica.

La actividad volcánica y los temblores locales ocurren conjuntamente de dos maneras. Primero, frecuentemente antes de una erupción, una actividad sísmica moderada, que constituyen los temblores volcánicos, aumenta en las proximidades del volcán.



## Comisión Nacional de Emergencia

TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

### **C. De colapso**

Son temblores pequeños que ocurren en regiones de cavernas subterráneas y minas. La causa inmediata de estos temblores de tierras es el colapso del techo de la mina o caverna, o bien por explosiones internas dentro de las minas, debido al colapso de las paredes rocosas de los túneles o galerías subterráneas.

### **D. De explosión**

Son producidas por la acción del hombre al hacer explotar artefactos sísmicos o nucleares. Las explosiones de las canteras y las que hacen los geofísicos que buscan petróleo, agua subterránea o recursos minerales, generan pequeños temblores artificiales.

De estas explosiones, las nucleares son las más espectaculares, generando una presión al interior de la tierra donde se han hecho explotar, de miles de atmósferas y elevando la temperatura en millones de grados. Esta gran presión y temperatura vaporizan la roca de los alrededores creando una cavidad esférica de cientos de metros de diámetro que crece hacia afuera y, finalmente, la roca circundante es triturada por la explosión. Más allá de la región fracturada la comprensión de la roca produce ondas sísmicas que viajan en todas las direcciones. (Ver figura 5).

### **E. Temblores inducidos**

El caso de los temblores inducidos puede ser explicado por el siguiente mecanismo: la presión adicional del agua, debida a la carga del embalse o a la inyección de la misma, se entiende en las rocas como una onda de presión la cual viaja lentamente, pero al alcanzar una zona de microfracturas, puede forzar agua en ellas y en los planos de falla, siendo esta agua intersticial una fuente importante de lubricación con lo cual la condición sería favorable para que se liberara por medio de una serie de desplazamientos la deformación tectónica de la corteza, acumulada durante muchos años, produciéndose así los temblores.

### **F. Maremotos**

El movimiento repentino de una falla importante, bajo el fondo del océano durante los grandes terremotos, mueve el agua violentamente, produciendo olas en la superficie del océano, las que se propagan hasta alcanzar las costas donde su altura aumenta muchísimo (más de 20 m en algunos casos) y rompen contra las costas produciendo efectos desastrosos.



## Comisión Nacional de Emergencia

TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

### CONCEPTOS BASICOS

Para poder medir y conocer el tamaño así como otras características de los temblores, necesitamos registrarlos de algún modo. Esto se logra midiendo con instrumentos apropiados las señales producidas o generadas por la fuente sísmica y que se han propagado como ondas sísmicas.

Recordemos que cuando ocurre una súbita ruptura se libera violentamente una gran cantidad de energía, parte de la cual se propaga como ondas. Al lugar dentro de la Tierra donde se origina la ruptura lo llamaremos "foco" o "hipocentro" y al punto o área sobre la superficie de la Tierra donde se siente más los efectos, será el "epicentro" y está por encima del "foco".(Ver figura 8).

El sitio donde se encuentra la instalación de los instrumentos para el registro o percepción de los sismos, es la "estación sismográfica" y al conjunto de estaciones se le llama "red sismográfica".

A la distancia que hay entre la estación y el epicentro se le llama "distancia epicentral", y la distancia vertical entre el epicentro y el hipocentro o foco, es la "profundidad focal".

Es oportuno aclarar ahora que toda sacudida o vibración de la Tierra, con mayor o menor violencia es un "sismo". Si es pequeño o moderado lo llamaremos "temblor", y si es muy fuerte o bien causa destrucción, lo llamamos "terremoto", independientemente de si es moderado o grande.

De lo anterior podemos deducir fácilmente por qué se le llama "sismología" a la ciencia que estudia los "sismos", y a las personas encargadas de su estudio "sismólogos".

### LOS SISMOGRAFOS

Aunque los instrumentos actuales son más complicados, el principio básico empleado es el mismo. Se utiliza una masa unida a un resorte o a una varilla metálica suspendida de un marco rígido, o sea un péndulo simple. Lo importante es que la masa por su "inercia" tendrá un movimiento relativamente independiente del movimiento del marco, a la hora de que ocurra una sacudida sísmica.

Al péndulo solo, se le llama "sismómetro", si se le añade un sistema inscriptor, se convierte en un "sismógrafo".

Consideremos ahora, el sistema sismográfico de la figura.



## Comisión Nacional de Emergencia

TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

El movimiento del suelo producido por el paso de las ondas sísmicas se transmite al sensor o sismómetro, donde el movimiento relativo entre el péndulo y el marco produce una señal eléctrica que se transmite al sistema inscriptor o sismógrafo, donde un amplificador, aumenta considerablemente la señal recibida, y termina moviendo una pluma eléctrica que graba o registra el movimiento del suelo sobre un papel colocado en un cilindro o tambor, que gira continuamente. Al registro de la señal sísmica, le llamamos "sismograma".

Una serie de sistemas menores, complementan el instrumental del aparato sismográfico. El sistema de tiempo (f) es indispensable y sirve no sólo para conocer y controlar la hora precisa, sino que permite marcar el tiempo (minutos y horas) en el sismograma, y poder así obtener fácilmente el tiempo de arribo de las diferentes señales sísmicas, a partir de lo cual podemos calcular el lugar y tiempo de origen del temblor. Un sistema de radio (g) permite precisar el tiempo en los registros tomando la señal de radio del servicio horario (www) de los Estados Unidos. Normalmente la precisión del tiempo en los registros sísmicos es menor que una décima de segundo (0,1s). Finalmente, dispositivos de control y calibración (h) complementan el sistema sismográfico.

Cuando la pluma eléctrica del sismógrafo tiene a su extremo terminal una punta caliente, se usa papel termosensible para registrar la señal. Otras veces el extremo terminal es una punta con un capilar, y se usa entonces tinta sobre un papel adecuado.

En otras ocasiones es una punta metálica para registrar sobre papel ahumado, y en otros equipos se usaba un haz de luz en lugar de la pluma, y el papel era fotosensible. En los sismógrafos para registrar sólo los "movimientos fuertes", se registra de manera directa la aceleración del suelo, usando un haz de luz y una película fotosensible. Dichos instrumentos se llaman "acelerógrafos".

En un sistema sismográfico moderno, aparte de los componentes ya mencionados, existen "microprocesadores" que se incorporan para decidir cuando una señal es un temblor o no. Si los "microprocesadores" deciden que es temblor, el sistema lo registra en cinta magnética o en papel termosensible. Si deciden que no es temblor, entonces no se graba ni se registra. Un observatorio de esta categoría, fue donado a finales del año 1982 por el gobierno de Japón (JICA) a la Escuela de Geología de la Universidad de Costa Rica, instalado en La Lucha, 20 km al sur de San José, siendo el único en su género en América Latina.



## Comisión Nacional de Emergencia

TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

Conviene aclarar aquí algunos términos de uso común en sismología y que se emplean con frecuencia de manera inapropiada. La magnitud de un sismo es una medida del tamaño del mismo, que es independiente del lugar donde se hace la observación y que se relaciona en forma aproximada con la cantidad de energía que se libera durante el evento. Se determina a partir de las amplitudes de registros de sismógrafos standard. La escala más conocida de magnitudes es la de RITCHER.

La intensidad de un sismo es una medida de los efectos que éste produce en un sitio dado, o sea de las características del movimiento del terreno y de la potencialidad destructiva del sismo, en ese lugar en particular y en lo que concierne a sus efectos en las construcciones. Se ha propuesto diversas escalas para medir la INTENSIDAD; algunas son muy precisas pero se basan en mediciones instrumentales difíciles de obtener para los sitios que interesan. La más común es la de Mercalli modificada, en que la intensidad se mide por una apreciación subjetiva del comportamiento de las construcciones en el sitio. Las intensidades varían en grados que se designan con los números romanos I a XII.

Debido a que la intensidad se asigna con base a la gravedad del daño sufrido por las construcciones, ésta resulta poco confiable, ya que el grado asignado depende de la calidad de las construcciones del lugar.

Es frecuente la confusión entre Magnitud e Intensidad. Debe recordarse que la Magnitud es una medida de la potencia del sismo en sí, independiente del lugar donde se mide. La Intensidad es una medida de las características del movimiento del terreno que el sismo provoca en un sitio dado.

Debido a que los terremotos ocurren sin previo aviso, es importante llevar a cabo los pasos necesarios con anticipación.

### **TENGA LO SIGUIENTE A MANO EN SU CASA**

**LINTERNAS,** con batería de repuesto. Mantenga una linterna al lado de su cama. No utilice fósforos o velas después de un terremoto, hasta que esté seguro de que no existen fugas de gas.

**RADIO PORTATIL,** con baterías de repuesto. La mayoría de los teléfonos estarán fuera de servicio o para ser utilizados en caso de emergencia, así que un radio será la mejor fuente de información pública. Las comunicaciones de emergencia se realizarán por medio de la red de radios de la Embajada.





**Comisión Nacional de Emergencia**  
TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

#### **BOTIQUIN Y CONOCIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS.**

Mantenga un libro de primeros auxilios a mano y si es posible, tome un curso de primeros auxilios.

#### **EXTINGUIDOR.**

Mantenga un extinguidor a mano para incendios menores. Algunos extinguidores son buenos sólo para ciertos tipos de fuego-eléctrico, de grasa o gas. Los extinguidores de preferencia se deben ubicar en la cocina. Los extinguidores clase "C" han sido diseñados para utilizarse, sin riesgo, en cualquier tipo de fuego.

#### **COMIDA.**

Mantenga siempre a mano comida que no se arruine fácilmente, la cual puede ser integrada a su dieta y reemplazada regularmente. Y almacenada en despensas fuera de la cocina y del alcance de los niños. Mantenga suficiente comida enlatada y deshidratada, leche en polvo y jugos de lata, para por lo menos 72 horas. Los cereales y frutas secas y las nueces no saladas son una buena fuente de nutrición.

#### **AGUA.**

Deberá almacenarse en recipientes herméticamente cerrados y reemplazarla cada seis meses. Guarde por lo menos tres galones de agua por persona para que le dure un periodo de 72 horas. No al alcance de los niños. También mantenga pastillas purificadoras como Halazone.

#### **ARTICULOS ESPECIALES.**

Mantenga una reserva de cualquier medicamento o comidas especiales necesarias.

#### **HERRAMIENTAS.**

Llave de tubos y un cangrejo para apagar el gas y la entrada de agua. Listado de herramientas.



## Comisión Nacional de Emergencia

TELEFONO: 20 - 2020 - FAX: 20 - 2054  
APARTADO : 5258 - 1000 - SAN JOSE, COSTA RICA

### ALGUNOS POSIBLES PELIGROS SON:

Muebles altos y pesados que se pueden caer, como libretas, gabinetes, chineros y unidades modulares. Calentadores de agua que puedan desprenderse de las tuberías y romperse.

Aparatos que se pueden mover tanto que rompan las líneas del gas o la electricidad.

Macetas colgantes que puedan balancearse y caer de sus ganchos. Cuadros o espejos pesados.

Cerrojos en la cocina o en gabinetes que no sostengan las puertas durante el movimiento.

Objetos frágiles o pesados que se encuentren en lugares altos o estantes abiertos. Chimenea de mampostería que se pueda derrumbar por un techo sin soporte.

Líquidos inflamables, como pintura, productos de limpieza. Estos estarían más seguros en el garage o cobertizo afuera de la casa.

Tome las medidas necesarias para corregir estos peligros, asegure o mueva de lugar los artículos pesados a donde sea más apropiado.

### SI TIENE QUE ABANDONAR SU CASA

Deje un mensaje en un lugar visible, indicando en donde se le puede localizar. En caso de separación, indique lugares de reunión.

### LLEVESE CON USTED:

- a. Medicinas y estuches de primeros auxilios
- b. Linternas, radio y baterías
- c. Papeles importantes y dinero en efectivo
- d. Comida, bolsas de dormir/frazadas y ropa adicional.