



# TERREMOTOS Y MAREMOTOS EN PUERTO RICO

**Guía de Mitigación de Daños**

Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico  
Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Desastres  
Federal Emergency Management Agency



APOYO • PROTECCION • ACCION



# TERREMOTOS Y MAREMOTOS EN PUERTO RICO

Guía de Mitigación de Daños



Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico  
Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Desastres  
Federal Emergency Management Agency

## **Tabla de Contenido**

---

<b>Introducción</b>	<b>7</b>	<b>V. Medidas para Reducir o Mitigar los Daños causados por los Terremotos</b>	<b>49</b>
<b>I. El Fenómeno del Terremoto</b>	<b>8</b>	A. Técnicas de Diseño y Construcción Resistente a Terremotos	49
A. Origen del Fenómeno	8	Zapatas	50
B. Tamaño de un Terremoto	10	Pisos	53
C. ¿Qué se Siente Durante un Terremoto?	13	Paredes	58
D. Preguntas Más Frecuentes sobre los Terremotos	14	Techos	67
E. Red Sísmica de Puerto Rico	17	<b>Apéndice</b>	<b>71</b>
<b>II. El Maremoto</b>	<b>18</b>	A. Teléfonos Importantes y Direcciones en la Internet	71
A. Descripción del Fenómeno	18	B. Bibliografía y Recursos de Información Adicional	73
B. Riesgo de Maremotos en Puerto Rico	19	C. Plan de Emergencias ante la Eventualidad de Terremotos	74
C. Recomendaciones	21	D. Formulario con Información sobre sus Coberturas de Seguros	75
<b>III. Vulnerabilidad al Terremoto</b>	<b>22</b>	E. Lista de Contactos de Emergencia	76
A. Peligros de los Terremotos	24	F. Mapas	77
B. Áreas de Mayor Riesgo	25		
<b>IV. Antes, Durante y Después de un Terremoto</b>	<b>26</b>		
A. Antes del Terremoto	26		
B. Durante el Terremoto	42		
C. Inmediatamente Después del Terremoto	43		
D. Recuperación	45		

## Colaboradores

Este documento es una iniciativa del COLEGIO DE INGENIEROS Y AGRIMENSORES DE PUERTO RICO (CIAPR), Programa de Mitigación de la AGENCIA FEDERAL PARA EL MANEJO DE EMERGENCIAS (FEMA, por sus siglas en inglés) en Puerto Rico (PR-DR-1136), y la AGENCIA ESTATAL PARA EL MANEJO DE EMERGENCIAS (AEME) con el propósito de fomentar la seguridad de las familias en nuestra comunidad. La elaboración de este documento ha sido posible por la participación y colaboración de los miembros del Comité de Desastres Naturales, División de Mitigación de FEMA en Puerto Rico y la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias.

### Junta Editora

Ing. Iván Nicolau Nin,  
**Presidente CIAPR**  
Ing. Orlando Guihurt Slim,  
**Ex-Presidente CIAPR**  
Ing. Carlos E. Salgado Rosa,  
**Presidente, Comisión sobre Desastres Naturales**  
Sra. Ada R. Monzón,  
**Editora**  
Sr. Mariano Vargas Díaz, Oficial de Mitigación,  
**AEME**  
Ing. Francisco Pagán,  
**Director Ejecutivo, CIAPR**  
Ing. Juan L. Meléndez  
Dr. Carlos E. Rodríguez  
Ing. Juan A. Pérez González  
Ing. Félix L. Rivera Arroyo  
Ing. Juan Muriel  
Agrim. Emilio Coriano

### División de Mitigación de FEMA

Sra. Lorna Vázquez  
Sra. María Rivera  
Sr. Sonny Beauchamp  
Sra. María C. Dávila  
Sr. Jesús Frau  
Sra. Marie González  
Sra. Iris Correa

### Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias

Sr. Mariano Vargas Díaz  
**Oficial de Mitigación de Riesgos**

### Comité sobre Desastres Naturales del CIAPR

Ing. Carlos E. Salgado Rosa  
**Presidente, Comisión sobre Desastres Naturales**  
Sr. José Lebrón, AEME  
Sr. Mariano Vargas, AEME  
Sra. Ada Monzón, Weather Tech  
Ing. Juan L. Meléndez  
Dr. Carlos E. Rodríguez  
Ing. Juan A. Pérez González  
Ing. Félix L. Rivera Arroyo  
Ing. Juan Muriel  
Agrim. Emilio Coriano

### Créditos de Fotos:

FEMA  
Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias  
Red Sísmica de Puerto Rico  
Junta de Planificación

*Las recomendaciones ofrecidas en esta guía constituyen el consenso de unas recomendaciones generales de un grupo de expertos. Le recomendamos consulten a un profesional cualificado para su caso particular.*

De tener comentarios o sugerencias con respecto a esta guía, favor de someterlo por escrito a:  
Comisión sobre Desastres Naturales  
Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico  
G.P.O. Box 3845  
San Juan, P.R. 00936  
Tel. (787) 758-2250 Fax (787) 758-7639

*Terremotos y Maremotos en Puerto Rico*  
Primera Edición, Mayo 2002, es producido por:  
Ocean Digital Film, calle Ing. José R. Acosta #354,  
San Juan, PR 00918-2337; Tel. 787-620-9669

## ***Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico***

---



El Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico es una entidad jurídica o cuasi-pública entre cuyas obligaciones figura el contribuir al adelanto de la ingeniería y la agrimensura, asesorar al Gobierno de Puerto Rico en las áreas de su competencia y pericia, y contribuir a la seguridad, bienestar y protección de vida y propiedad.

En la ejecución de sus obligaciones debe colaborar con otras entidades con fines o propósitos comunes tales como la Defensa Civil de Puerto Rico, FEMA, por su siglas en inglés:

La iniciativa y contribución contenida en el presente manual es vivo ejemplo de como la colaboración entre la Defensa Civil de Puerto Rico, FEMA y el Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico puede traducirse en un documento que será de beneficio para Puerto Rico.

No sólo satisface al suscribiente el ejercicio técnico e intelectual de los ingenieros y agrimensores que participaron en este proyecto, sino el mismo ha sido enmarcado en un genuino interés de prestar un servicio público a la comunidad con la cual estamos comprometidos. Esperamos que el presente producto sirva de estímulo para en próximas ocasiones embarcarnos en otros proyectos de protección y seguridad a personas y propiedades validando aun más el que nuestro Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico cumple a cabalidad con los fines para el cual fue creado por Ley.

## ***Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias***

La Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias fue creada mediante la Ley Núm. 22 del 23 de junio de 1976. Esta ley se conoce como "Ley de la Defensa Civil de Puerto Rico".

La Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias está adscrita a la Comisión de Seguridad y Protección Pública y funciona bajo la dirección de un Director Estatal. Fue creada respondiendo a la necesidad de proveer protección y seguridad a personas y propiedades según expresado en las secciones siete (7) y ocho (8) de la Constitución del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, según la cual es responsabilidad del gobierno proveer para: la defensa común, el orden, la protección de la salud, el bienestar económico, la seguridad pública y la propiedad de Puerto Rico.

Es misión de la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias coordinar todos los recursos de emergencia en el país con el propósito de salvaguardar la vida y la propiedad de la población y de esta manera reducir al mínimo los daños o perjuicios que pudieran resultar de desastres naturales o tecnológicos.



Es función primordial de este organismo evitar que ocurra cualquier tipo de emergencia, trastornos económicos, sabotaje, o cualquier acción hostil cuyos resultados afecten el mejor desenvolvimiento de la población en tales circunstancias.

Para evitar, corregir y aminorar los males señalados la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias deberá coordinar los servicios de bomberos, policías, médicos, ingenieros, comunicaciones, evacuación, bienestar público, restauración de servicios públicos y cualquier otro servicio o función indispensable a la protección de la población civil.

La Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias, propiamente definida, es más que una organización o agencia del gobierno. Es la combinación de todos los recursos del gobierno y del sector privado, formando un puente unido para aminorar la pérdida.

### **FEMA**

---



La Agencia Federal para el Manejo de Emergencia (FEMA, por sus siglas en inglés) es el punto de contacto dentro del gobierno federal para lidiar con las actividades que conlleva el manejo de una emergencia. FEMA da apoyo al gobierno estatal y municipal proveyendo fondos, asistencia técnica, equipo, suministros y adiestramiento, para el cumplimiento de las responsabilidades de planificación, preparación, mitigación, respuesta y recuperación.

Cuando el Presidente de los Estados Unidos declara una región como un Desastre Mayor, FEMA procede a evaluar los daños y determina los requisitos para asistencia federal que serán suplementados por el gobierno estatal y municipal. Además de la Asistencia Pública y Asistencia Individual, se enfatiza en la Mitigación para asegurar la seguridad futura de la vida de las personas y las propiedades.

El Programa de Mitigación de Riesgos de FEMA fue creado en noviembre de 1988 por la sección 404 de la Ley Robert T. Stafford conocida como Ley Federal de Ayuda en caso de Desastre y Emergencia. El propósito de este programa es proveer fondos económicos a los Estados, para así llevar a cabo medidas de mitigación de riesgos a ser implantadas a corto y largo plazo luego de una declaración de desastre.

La meta principal es reducir en forma efectiva la vulnerabilidad a los riesgos naturales de las comunidades en los Estados. Este programa es localmente administrado por el Estado Libre Asociado con ayuda técnica de las oficinas regionales de FEMA. Los objetivos del programa son:

- Prevenir futuras pérdidas de vida y propiedad como consecuencia de un desastre.
- Implantar planes de Mitigación de Riesgos a nivel municipal y estatal.
- Implantar medidas de mitigación durante la recuperación inmediata de un desastre.
- Proveer fondos para realizar medidas de mitigación previamente identificadas que puedan beneficiar el área de desastre.



## Introducción

Mire a su alrededor en estos precisos momentos. Si está en su hogar u oficina, de seguro verá ventanas o puertas de cristal, cuadros, estucado en el techo, objetos delicados y probablemente pesados colocados sobre lugares altos o estantes, computadoras y equipo importante entre otros, en su mayoría sin estar sujetos debidamente. Dios no lo quiera, pero si ocurriese un temblor de tierra en estos instantes, su vida correría más peligro por la caída o rompimiento de estos objetos que por un posible colapso de la estructura donde usted se encuentra. Sin embargo, el colapso de la estructura es el mayor temor de todas las personas.

Lo cierto es, que nadie sabe cuando ocurrirá el próximo gran temblor. Lógicamente estamos a expensas de la Naturaleza cuando nos demuestre las fuerzas internas de nuestro planeta, sobre el Puerto Rico de hoy. Pocos son los sobrevivientes del último terremoto fuerte de la isla, 11 de octubre de 1918, pero éstos aseguran que fue la experiencia más traumática de sus vidas.

La situación que confrontamos hoy frente a un terremoto fuerte, no es la misma del Puerto Rico de 1918. Sólo salga a la calle u observe las noticias, y se dará cuenta de la dependencia tecnológica, desarrollos urbanos y crecimiento económico de nuestro país, el cual asume terrenos estables y sólidos para la perpetuidad.

En nuestro diario vivir, envueltos por situaciones personales o de trabajo, no nos percatamos de este peligro latente que puede ocurrir en cualquier instante. Sólo nos acordamos de ello cuando leemos o escuchamos las noticias devastadoras de terremotos ocurridos en California, El Salvador, China, México, etc. y muchos no se percatan que Puerto Rico, también, está en una zona de gran actividad sísmica por encontrarse localizado entre la Placa del Caribe y del Atlántico.

Tenemos mucho que hacer para evitar que Puerto Rico sufra las consecuencias de un temblor. Debemos comenzar, controlando nuestros miedos y a la vez, conociendo al fenómeno. La mejor forma de controlarnos es saber qué hacer y qué no hacer cuando la situación se presente, pero para lograrlo **tiene** que haber planificado con antelación. La clave es pensar en cuales serían los posibles escenarios: si usted está trabajando y los niños están en la escuela; si todos estuvieran durmiendo; si usted está de viaje; ¿sabe la maestra o maestro lo que va a hacer con los niños durante y después de un temblor? Tiene que hablar con los miembros de su familia, en la escuela y en su trabajo, cómo se van a comunicar, dónde son los lugares seguros, dónde se encontrarán, cuáles son los peligros y qué debemos hacer para evitar situaciones lamentables.

A continuación le ofrecemos una serie de recomendaciones, para que estas violentas sacudidas del terreno minimicen el dolor y llanto que le han causado a otros. De otros países, hemos aprendido lo importante y valioso que resulta planificar y sacar un poco de tiempo para pensar en los daños y consecuencias que un terremoto puede ocasionar en su residencia, a su familia y en su trabajo.

Ante esta amenaza, la comunidad y el gobierno deben trabajar al unísono para reducir los daños potenciales de un terremoto a nuestra isla. Sin la prioridad y la atención que este peligro amerita, en todas las esferas de nuestra comunidad, lamentablemente las consecuencias pudieran ser devastadoras.

Esta publicación **Terremotos y Maremotos: Guía de Mitigación** tiene una misión: Darle a usted, amigo o amiga lector, las herramientas para prepararse y sobrevivir ante un terremoto o un maremoto, de manera que usted y su familia no sufran las consecuencias directas de, que el terreno y edificación sólida en que usted cree que pisa hoy, en menos de un minuto, pueda ser devastado, y usted sea parcialmente responsable del dolor y angustias de sus seres queridos. Un terremoto puede ocurrir en cualquier momento, por lo que usted haga hoy, será su tranquilidad en el mañana. La tarea es más fácil de lo que usted se imagina: identifique los peligros potenciales y prepárese a tiempo.

**Cita: "Los huracanes todos se me han olvidado, pero un terremoto jamás se olvida"**  
**Rosa M. Gómez, 102 años,**  
**sobreviviente del terremoto de 1918, Mayagüez, P.R.**



## I. El Fenómeno del Terremoto

### A. Origen del Fenómeno

¿Ha sentido alguna vez un sismo o temblor de tierra? Súbitamente, sintió como la tierra se movía debajo de sus pies y vio objetos moviéndose o balanceándose sin control. Tal vez hemos visto muchas películas en las cuales nos presentan terremotos donde la tierra se agrieta y se traga a la gente, los animales o edificios, pero esto es sólo un mito. La realidad es que cuando ocurre un terremoto, la sacudida puede ser tan grande y seria que puede provocar innumerables daños y hasta la muerte. Si queremos mitigar los daños potenciales de un terremoto, debemos conocer su origen, cómo ocurren y cuáles pudieran ser sus consecuencias.

Según el Glosario de Geología del Instituto Americano de Geología, un terremoto es el movimiento repentino

de la tierra, que es causado por la liberación abrupta de energía que se ha acumulado lentamente. Es sinónimo de temblor y sismo.

La capa sólida exterior de la Tierra (Figura 1) presenta numerosas quebraduras que definen los bordes de una docena de placas de diversos tamaños. Estas se asemejan a las piezas de un rompecabezas. Cada una se mueve independientemente chocando, separándose o rozándose a lo largo de sus márgenes. La mayoría de los sismos ocurren a lo largo de los contactos entre estas grandes placas rígidas que cubren la superficie terrestre. A éstas se les conocen como las *placas tectónicas*. Estas tienen aproximadamente 100 Km. de espesor. Prácticamente, estas placas flotan sobre una capa semilíquida de nuestro planeta Tierra, que se le conoce como el Manto. Los terremotos ocurren en la corteza terrestre o en el manto superior (desde la superficie a 800 Km. de profundidad). (Figura 2)

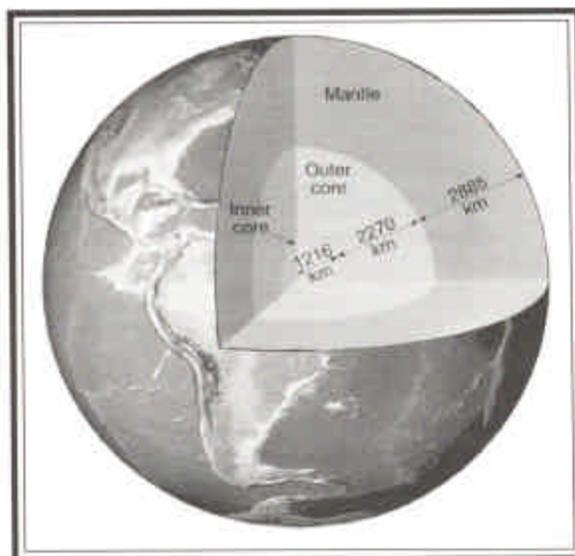


Figura 2: La Tierra está estructurada en una serie de capas dispuestas de manera similar a la de un huevo duro. La yema representa el núcleo, la clara el manto, y la cáscara la capa sólida exterior sobre la cual vivimos.

Por esto, las mismas se encuentran en constante movimiento, aunque dicho movimiento ocurre de forma gradual y casi imperceptible al ser humano. Los movimientos de las placas, que en la región del Caribe se mueven aproximadamente con la rapidez que crecen las uñas, son en última instancia la causa de los terremotos. La energía se acumula mientras las placas se mueven unas contra las otras, cuando de momento, esta energía se libera como un terremoto.

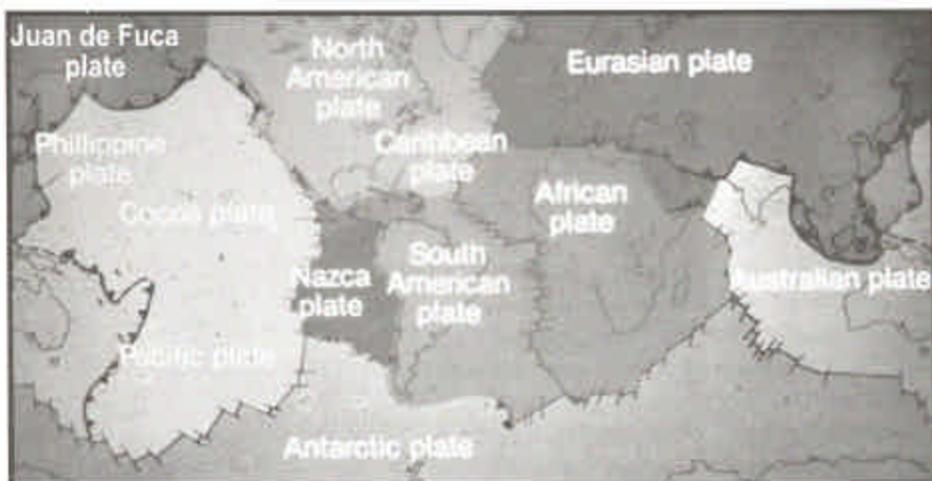


Figura 1: Placas tectónicas en el mundo.

*Trate de doblar una regla o una rama con una mano mientras la aguanta firmemente con la otra. Si la suelta, habrá liberado rápidamente la energía que se había acumulado, y así mismo ocurre un terremoto.*

El contacto entre las placas ocurre de varias formas: (Figura 3)

a. **Subducción:** En algunos lugares, como en la costa oeste de Centro América y Sur América, las placas chocan, y una es introducida debajo de la otra. A este efecto se le conoce como

subducción. Los terremotos más grandes en el mundo ocurren de esta forma y las magnitudes han alcanzado hasta 9.5, en la escala de Richter

b. **Separación:** En las zonas, como el dorsal del Atlántico, roca fundida sale del interior de la Tierra y las dos placas se separan. Aquí los terremotos que ocurren no son muy grandes ni profundos.

c. **Choque:** En ocasiones, el choque de dos placas puede resultar en la formación de grandes cadenas de montañas, como en las Himalayas. Aquí también, los terremotos pueden ser grandes.

d. **Desplazamiento Lateral:** Ambas placas se mueven lateralmente, como en la Falla de San Andrés de California. En estas zonas los terremotos

pueden ser fuertes, históricamente hasta 8, en la escala de Richter.

El punto en la superficie terrestre, directamente por encima de dónde ocurre la liberación súbita de energía en el interior terrestre, es lo que se conoce como el epicentro. (Figura 4) Las ondas sísmicas radian hacia el exterior del epicentro de la misma forma que las ondas se generan cuando tiramos una piedrita en un charco de agua. Gran parte del conocimiento acerca del interior de la Tierra viene del estudio de las ondas sísmicas y como se propagan a través del Tierra.

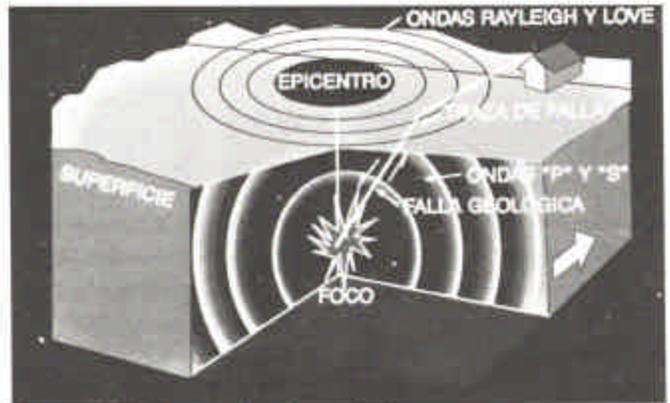


Figura 4: Idealización de un foco sísmico.

**Hipocentro o Foco** = Es el punto en el interior de la Tierra donde se origina el terremoto.  
**Epicentro** = La proyección del hipocentro en la superficie terrestre.

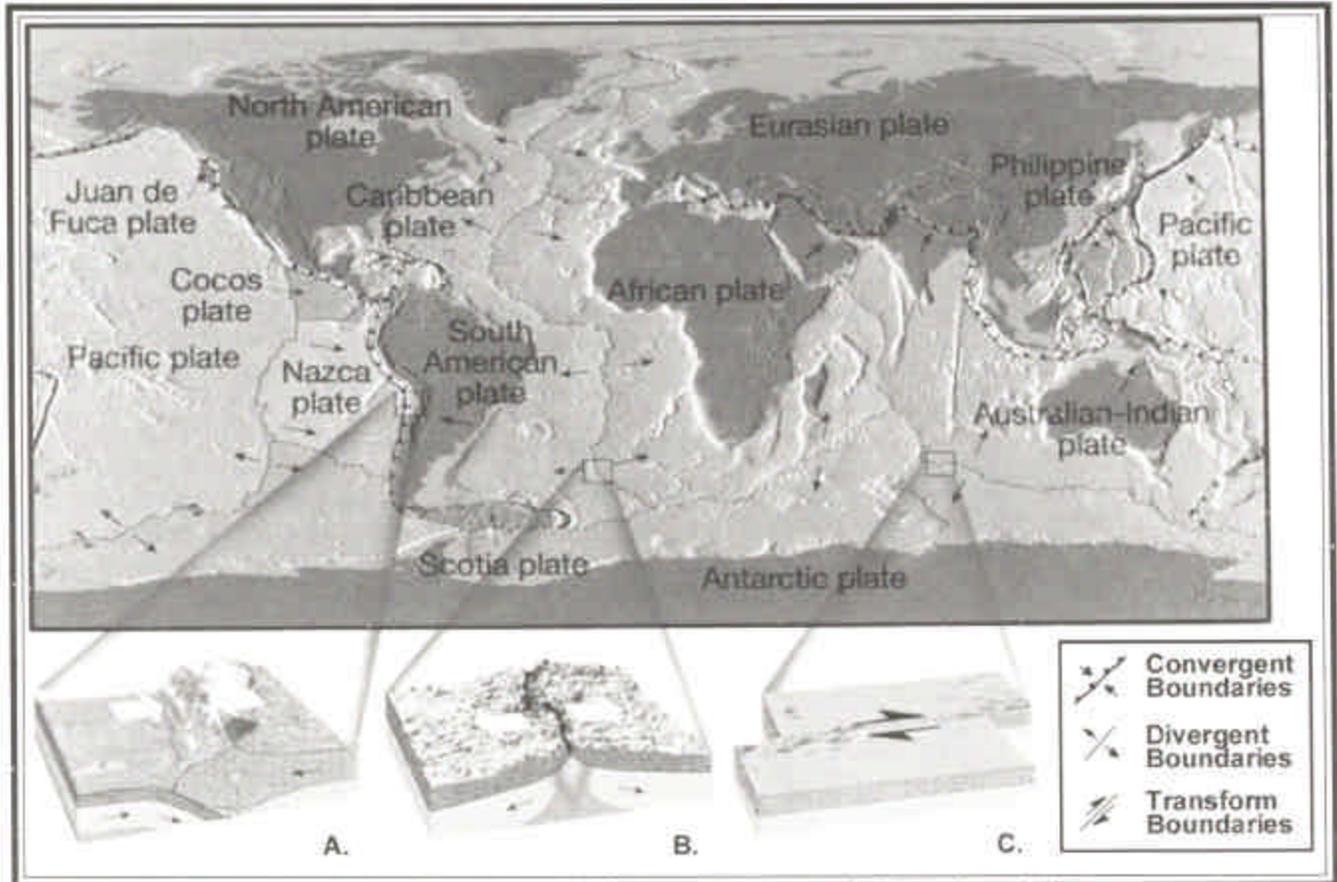


Figura 3: Ilustración del contacto entre las placas.

Las fallas son las rupturas o fracturas entre los bloques de roca. Estas fallas permiten que los bloques de roca se mueven unos relativos a otros. Estas se forman cuando las fuerzas generadas por los movimientos de las placas tectónicas deforman progresivamente las rocas hasta partirlas. Los terremotos se producen cada vez que se desplazan las rocas a lo largo de las fallas.

En nuestra región existen dos placas grandes y varias pequeñas. Al norte de Puerto Rico se encuentra la placa de Norte América, al sur la placa de Sur América y en el centro la placa del Caribe. Puerto Rico y las Islas Vírgenes se encuentran en el margen noreste de la placa del Caribe, donde la misma roza contra la placa de Norte América. Este roce entre las placas rompe rocas en los márgenes de las mismas, produciendo fallas y sismos. La actividad sísmica se concentra en ocho zonas: (Figura 6) (1) la Trincheras del Norte, como a 60 km. del área metropolitana, (2) fallas de pendiente Norte y Sur (3) Noreste de la Zona del Sombrero (4) Cañón de la Mona,



Figura 5: Placas tectónicas cercanas a Puerto Rico.

(5) Pasaje de la Mona (6) Pasaje de Anegada (7) Los Muertos y (8) en el Suroeste de Puerto Rico. En la zona de la isla, la magnitud máxima alcanzada por un terremoto es de 7.5. Esta es la razón principal por la que hemos experimentado sismos en el pasado y continuaremos experimentándolos en el futuro.

## B. El Tamaño de un Terremoto

Cuando ocurra un terremoto usted escuchará los boletines informativos que le indicarán la magnitud, profundidad local y la localización del epicentro. Los científicos cuantifican el tamaño de un terremoto utilizando tres términos:

## Intensidad, Magnitud y Aceleración

### Intensidad:

La intensidad de un terremoto es el aparente grado de sacudida que se siente en diferentes lugares, por lo que es una medida subjetiva. La intensidad es determinada en un sitio en particular, anotando los efectos que produce la sacudida en objetos, edificios, personas y en el mismo terreno. Mientras nos alejamos del epicentro la intensidad es menor, por la atenuación de la onda sísmica. En el Hemisferio Occidental, la escala de intensidad que se usa generalmente, es la Escala de Intensidad Modificada de Mercalli. (Fig. 7) Giuseppe Mercalli fue un geólogo italiano que inventó, en 1902, esta escala que utiliza los números romanos (I - XII). Fue modificada para integrar las diferencias entre los edificios italianos y los del Sur de California. Esta escala va desde el I (no

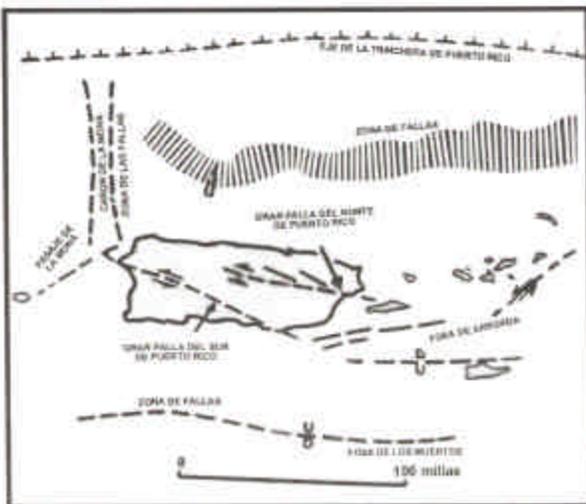


Figura 6: Diagrama que muestra las zonas y trincheras circundantes a Puerto Rico.

Escala de Intensidad Rossi-Forel	TABLA DE INTENSIDAD MERCALLI MODIFICADA	Magnitud (Escala Richter)	Aceleración Máxima del Terreno (G's)
I	I. No se siente.	< 2.3	< 0.002
II	II. Sentido solamente por algunas personas en posición de descanso, especialmente en pisos altos. Objetos suspendidos oscilan un poco.	2.3 - 2.9	0.002 - 0.003
III	III. Sentido en el interior. Muchas personas no lo reconocen como un temblor. Automóviles parados se balancean. Vibraciones como el paso de un camión pequeño. Duración apreciable.	3.0 - 4.1	0.004 - 0.007
IV	IV. Sentido en el interior por muchos, en el exterior por pocos. Ventanas, platos, puertas vibran. Las paredes crujen. Vibraciones como el paso de un camión grande; sensación de sacudida como de un balón pesado. Automóviles parados se balancean apreciablemente.	3.7 - 4.2	0.015 - 0.02
V	V. Sentido por casi todo el mundo; muchas personas se despiertan. Algunos platos, ventanas, etc. se rompen; algunas casas de mampostería se agrietan. Objetos inestables volcados. Los péndulos de los relojes se detienen. Las puertas se balancean, se cierran, se abren. Árboles y arbustos sacudidos visiblemente.	4.3 - 4.9	0.03 - 0.04
VI	VI. Sentido por todos; muchos se asustan y corren al exterior. Es difícil andar. Ventanas, platos y objetos de vidrio se rompen. Algunos muebles pesados se mueven; se caen algunas casas de mampostería; chimeneas dañadas. Daños leves.	5.0 - 5.6	0.06 - 0.07
VIII	VII. Daños muy pequeños en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras bien construidas; daños considerables en las mal construidas; algunas chimeneas se rompen. Sentido por conductores.	5.7 - 6.2	0.1 - 0.15
	VIII. Daño leve en estructuras especialmente diseñadas para terremotos; daño considerable y ocurren colapsos parciales en edificios corrientes; mayores en estructuras pobremente construidas. Los paneles de las paredes se salen de los marcos. Se caen chimeneas, monumentos, columnas y paredes. Se viran muebles pesados. Pequeños corrimientos de arena y fango. Cambios en el caudal de fuentes y pozos. Difícil conducir.	6.3 - 6.9	0.25 - 0.3
IX	IX. Daño considerable en estructuras de diseño y construcción buena, estructuras bien diseñadas, desplazadas de sus cimientos; mayor en edificios corrientes con colapso parcial y total. Amplias grietas en el suelo. Eyección de arena y barro en áreas de aluvial. Tuberías subterráneas rotas.	7.0 - 7.6	0.5 - 0.55
	X. Algunas estructuras bien construidas en madera y puentes destruidos, la mayoría de las construcciones y estructuras de armazón destruidas con sus cimientos. Grietas grandes en el suelo. Deslizamientos de tierra, agua rebasa las orillas de canales, ríos, lagos, etc. Arena y barro desplazados lateralmente.	7.7 - 8.2	> 0.6
X	XI. Colapso de la mayoría de las estructuras de cemento y hormigón. Puentes y otras vías de transporte seriamente afectados.	8.3 - 9.0	
	XII. Pérdida total en la infraestructura. Grandes masas de rocas desplazadas. Objetos pesados lanzados al aire con facilidad.	> 9.0	

Figura 7: Tabla de Intensidad Mercalli modificada.

sentido) al XII (destrucción total) y fue preparada por Charles Richter en 1956. La primera escala de intensidad fue desarrollada por Rossi de Italia y Forel de Suiza en 1880, y fue la que se utilizó para describir los efectos del terremoto de 1918, en Puerto Rico. (Fig. 9) Otro aspecto de intensidad, es el tipo de roca o suelo que amplifican o atenúan las ondas sísmicas.

### Magnitud:

En las noticias escuchará frecuentemente: "Esta tarde ocurrió un terremoto de magnitud 7.3 en la escala Richter..." La escala Richter (no es un instrumento) es una fórmula matemática o medida de la onda sísmica más grande, en un sismógrafo particular localizado como a 100 Km. (cerca de 62 millas) del epicentro del

terremoto. Piense en un sismógrafo (Fig. 10) como un péndulo que mide los temblores de la Tierra. El sismograma es la gráfica en papel, que resulta del movimiento de la Tierra. Actualmente, esto se hace de forma digital y con computadoras. Este valor no cambia, pues se refiere al tamaño del terremoto.

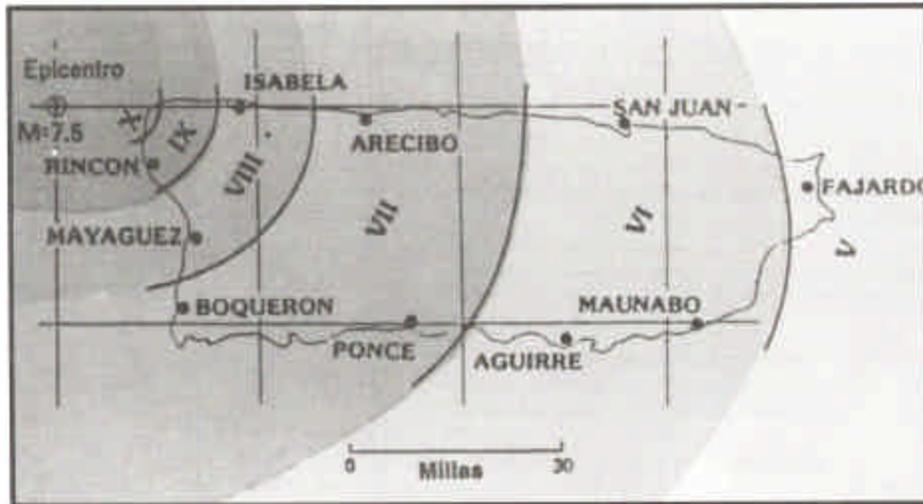


Figura 8: Intensidad del Terremoto de 1918 en la Escala Mercalli.



Figura 9a

Figuras 9a-c: Varias fotografías de los daños ocurridos en el Terremoto de 1916 en Mayagüez.



Figura 9b



Figura 9c

Hay algunos temblores que producen ondas muy pequeñas y otras que producen ondas muy grandes. Por esto, la magnitud de un terremoto se determina tomando el logaritmo (en base 10) de la altura de las ondas en los sismogramas. Al mayor movimiento del suelo, registrado durante la llegada de un tipo de onda sísmica, se le aplica la corrección estándar por la distancia. Aunque existen diferentes escalas de magnitud, basadas en las diferentes ondas, la mayoría de las mismas son reportadas en la escala Richter en honor a Dr. Charles Richter quien desarrolló el concepto en 1935, en el

Instituto de Tecnología de California.

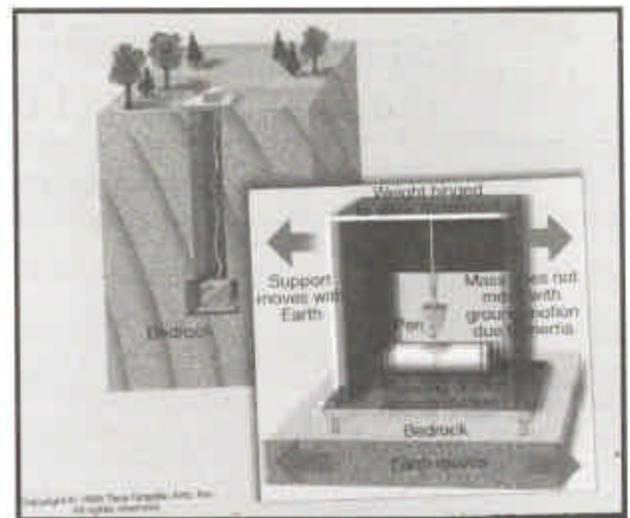
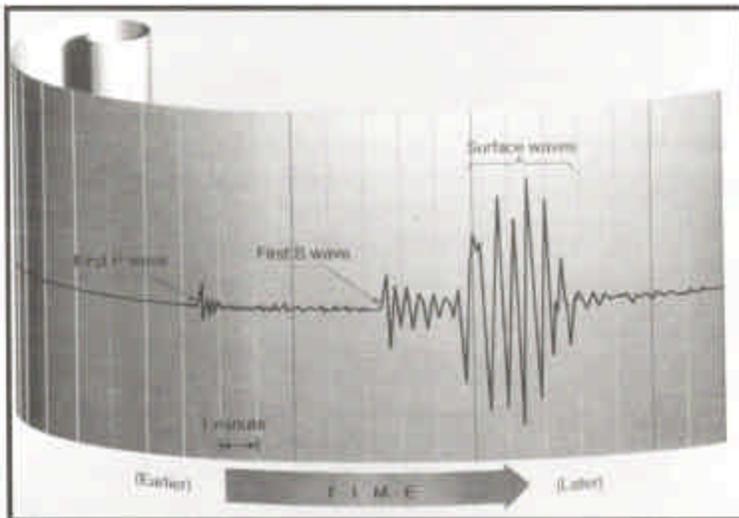
Es importante señalar, que la diferencia en la cantidad de energía liberada entre un orden de magnitud y el próximo varía aproximadamente por un factor de 30. (Fig.11) En otras palabras, se necesitan 30 sismos de magnitud 6 para liberar la energía equivalente a un sismo de 7, y 900

sismos de magnitud 6 para igualar a uno de magnitud 8.

### Aceleración:

El tamaño de un terremoto también se expresa en la aceleración, debido a la gravedad, que es la aceleración con la que cae una pelota en el vacío (1.0 g, donde  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ).

Además de la aceleración, para el diseño de edificios sismo-resistentes, es importante conocer también la velocidad y desplazamiento del suelo, la duración del terremoto y las propiedades de las ondas.



Figuras 10a y 10b: Dado un terremoto particular, hay que esperar al análisis de los datos de los sismógrafos del área, para verificar exactamente el tamaño del terremoto, y esto puede tardar un poco.

### C. ¿Qué se Siente Durante un Terremoto?

Generalmente, durante un terremoto primero se siente un movimiento pequeño del suelo, como un jamaqueo o que pierde el balance. Entonces una pausa breve, seguido por un movimiento abrupto e intenso de la tierra. La sensación puede ser similar a tratar de mantenerse en pie sobre una alfombra que ha sido halada súbitamente con gran fuerza, o cuando se despega en un avión. La duración del evento dependerá de la magnitud del evento, la distancia del epicentro y la geología del terreno donde usted esté localizado. Esto puede durar varios segundos y, los terremotos más fuertes, duran menos de un minuto. El terremoto de San Francisco, en 1989, fue de magnitud 7.1 y duró 15 segundos. Por otro lado, está el extremo como el ocurrido en Alaska, en 1964, de 9.2 en magnitud y duró tres minutos.

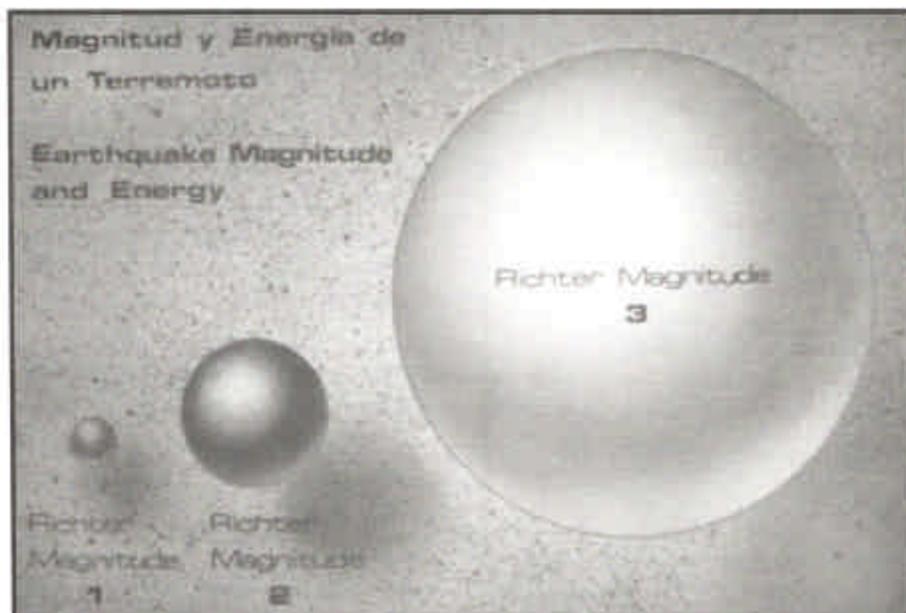


Figura 11: Magnitud y Energía de un Terremoto.

El terremoto más fuerte que se ha medido en la superficie terrestre fue de magnitud 9.5 en Chile en 1960, luego en Alaska con magnitud 9.2 en 1964 y con magnitud 9.1 en 1957, y en Rusia en 1952 con magnitud de 9.0.

Todos los terremotos producen temblores que se desplazan horizontal y verticalmente. Este movimiento comienza en el hipocentro, y las mismas emergen a la superficie. El movimiento que sentimos es el

ENERGIA DE TERREMOTOS (Escala Richter) (1.0 - 9.0)	
MAGNITUD	ENERGIA APROXIMADA (T.N.T.)
1.0	6 onzas
1.5	2 libras
2.0	13 libras
2.5	63 libras
3.0	397 libras
3.5	1,990 libras
4.0	6 toneladas
4.5	32 toneladas
5.0	199 toneladas
5.5	1,000 toneladas
6.0	6,270 toneladas
6.5	31,550 toneladas
7.0	100,000 toneladas
7.5	1,000,000 toneladas
8.0	6,270,000 toneladas
8.5	31,550,000 toneladas
9.0	199,000,000 toneladas

Figura 12: Comparación entre magnitud Richter con la energía aproximada de TNT.

resultado de varias vibraciones sísmicas. Las ondas primarias u ondas P son de compresión, y las ondas secundarias u ondas S son de movimiento elástico transversal a la dirección de recorrido. Las ondas P son las primeras en alcanzar los edificios. La tierra se mueve hacia delante y hacia atrás respecto al epicentro. Cuando esta onda llega a la superficie, una fracción es transmitida a la

atmósfera como onda sonora. Así se produce un ruido ensordecedor que acompaña a los terremotos.

Rápidamente llegan las ondas S provocando el que la estructura vibre de lado a lado. Usted sentirá un movimiento hacia arriba y hacia abajo, y de lado a lado que hará que los objetos brinquen. Así la sacudida es vertical y horizontal.

Luego llegará la onda L que es superficial al igual que la onda R. Bajo la onda L sentirá un movimiento de lado a lado. Esta onda tiene el efecto de crear una nueva sacudida horizontal que actúa sobre los cimientos de las estructuras y por lo tanto produce daños. Después llega la onda R en la cual usted sentirá un movimiento vertical hacia arriba y hacia abajo como si estuviera en una embarcación en alta mar. Esta en particular puede provocar mareos y náuseas. Sólo bajo condiciones ideales y en lugares relativamente distantes del epicentro, es que las ondas llegarán en esta secuencia. Si está cerca del epicentro, llegan todas a la vez.

Luego de un terremoto fuerte lo normal es que la tierra siga temblando. Generalmente ocurren réplicas que pueden ser casi tan fuertes como el terremoto inicial. Estas son potencialmente destructivas. La frecuencia de los temblores declinará con el tiempo. Después del terremoto de 1918 en Puerto Rico, ocurrieron más de 24 temblores, y en un periodo de seis meses después del mismo, habían ocurrido un centenar más.

#### **D. Preguntas Más Frecuentes sobre los Terremotos**

##### **1. ¿Se pueden predecir los terremotos?**

No. Ningún científico ha podido predecir un terremoto. Por el momento no se sabe cómo hacerlo, ni cuándo podrá lograrse. Sin embargo, basado en datos científicos, se pueden calcular las probabilidades de que ocurran terremotos en un futuro. Los esfuerzos deben estar dirigidos a implantar medidas de mitigación a corto y largo plazo, educándonos en el tema, mejorando nuestra construcción, y eliminando los peligros estructurales y no

estructurales, que pudieran provocar daños durante un sismo fuerte.

**2. ¿Pueden los animales predecir los terremotos?**

Se han observado cambios en el comportamiento de los animales y éstos han sido documentados en todas partes del mundo. Los perros, gatos, serpientes y caballos han mostrado ciertos cambios en su comportamiento antes de un temblor. Pero como estos cambios no son específicos con los eventos de terremotos, ni hay consistencia, es imposible determinar con antelación qué puede causar los cambios en sus comportamientos. En su mayoría los terremotos ocurren sin aviso previo.

**3. ¿Si ocurren muchos terremotos pequeños, se puede prevenir uno grande?**

No, pues para igualar la energía liberada durante un terremoto de magnitud 6.0, se necesitarían 32,000 temblores magnitud 3.0, sobre 1 millón de temblores de magnitud 2.0, y sobre 32 millones magnitud 1.0.

**4. ¿Puede existir alguna relación entre las condiciones del tiempo y los terremotos?**

No hay conexión entre las condiciones del tiempo y los temblores de tierra. Los terremotos son el resultado de los procesos físicos dentro de la tierra y pueden ocurrir durante tiempo soleado o

lluvioso, verano o invierno, regiones templadas o tropicales. Los terremotos se originan a millas debajo de la tierra, fuera del alcance de las condiciones del tiempo, y los cambios en éstas, tales como presión, vientos y nubes afectan sólo la capa superficial de la Tierra. Tampoco los terremotos cambian las condiciones del tiempo. A largo plazo, si las placas tectónicas cambiaran la forma de las costas, o áreas tierra adentro, entonces se pudiera alterar el clima de una región a una escala de millones de años, y después de muchos terremotos.

**5. ¿Si hubiera cambios o alineación en las posiciones de los planetas o en la Luna, pudieran ocurrir terremotos?**

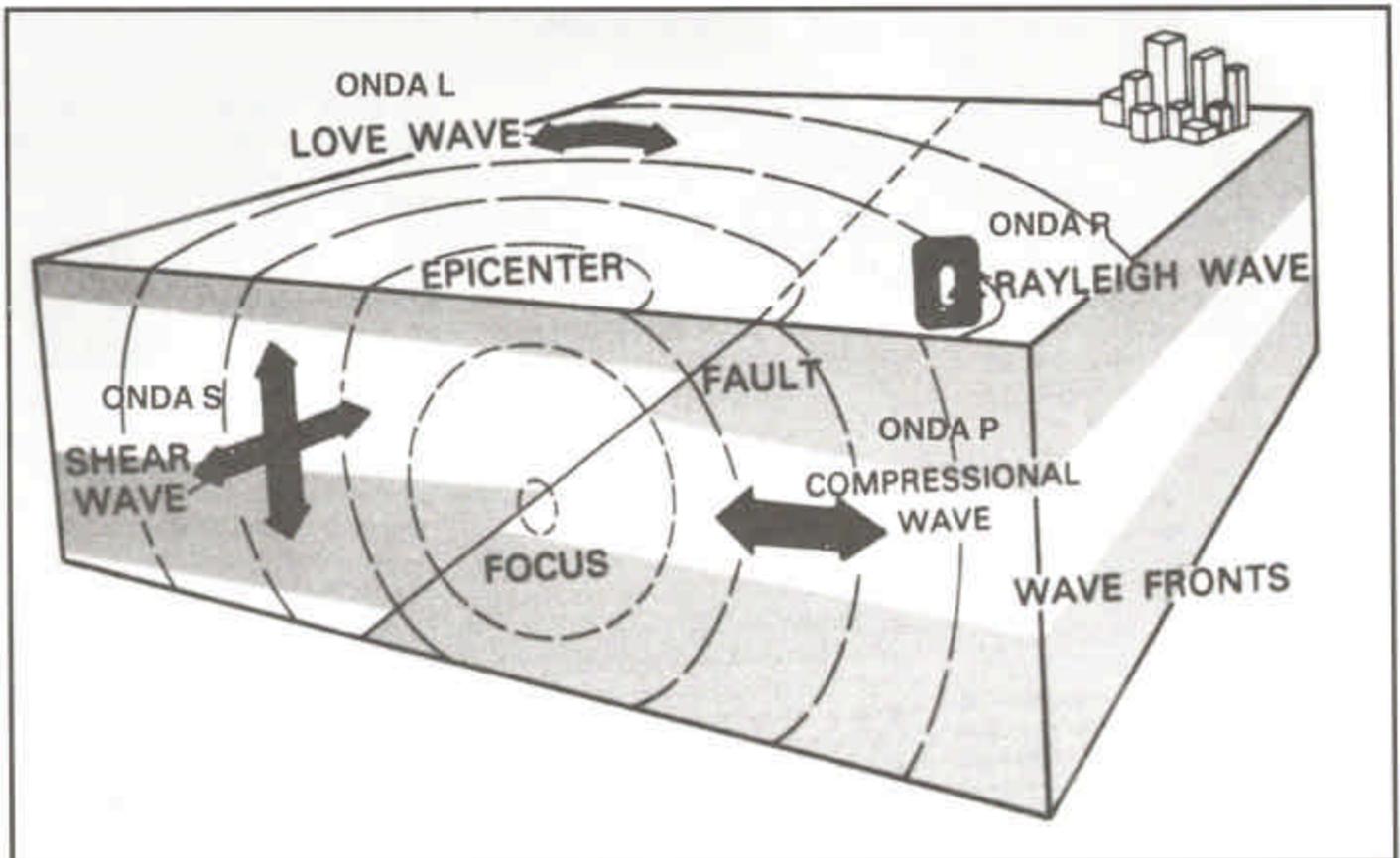


Figura 13: Vibraciones sísmicas.

La Luna, el Sol y los planetas tienen influencia en nuestro planeta en la forma de perturbaciones en el campo de gravedad. La influencia depende de la masa del objeto entre otros. No hay relación entre la razón de ocurrencia de un terremoto y éstas. Sino cada vez que éstos se alinean ocurrirían terremotos, y no es así.

### **6. ¿Se pueden abrir grietas gigantes que tragan a las personas y edificios?**

Algunas grietas de poca profundidad se forman durante los temblores de tierra y las mismas pueden dar paso a deslizamientos, desprendimientos o asentamientos de terreno. Ahora, las fallas no se abren durante un terremoto. Ninguno de estos traga a la gente o edificios. El movimiento de la falla ocurre a lo largo del plano de la falla. Si se separara la falla entonces no ocurriría el terremoto, pues no habría fricción entre ellas.

### **7. ¿Está Puerto Rico en el tope de un volcán?**

Aunque nuestra isla es de origen volcánico, esta actividad cesó hace aproximadamente 45 millones de años atrás. No hay volcanes en Puerto Rico pues la erosión los eliminó.

### **8. ¿Por qué tenemos tantos terremotos últimamente? ¿Ha ido en aumento la actividad de temblores de tierra?**

En realidad no hay diferencia en la actividad de terremotos actual con la de hace siglos atrás. La diferencia es que ahora hemos aumentado la vulnerabilidad a los terremotos pues hay más personas que viven en zonas de gran peligro, además de que hoy día hay mejores instrumentos y

más cobertura de noticias que informan sobre la ocurrencia de estos fenómenos naturales.

### **9. ¿Los terremotos causan o crean volcanes?**

No, ya que los procesos que desarrollan los volcanes son diferentes a los que forman los terremotos. Los terremotos pueden ocurrir antes, durante y después de una erupción volcánica, pero estos son el resultado de las fuerzas conectadas con la misma erupción, y no la causa de la erupción.

Si quiere recibir la notificación de los terremotos que han ocurrido, suscribase a: [majordomo@ghmail.cr.usgs.gov](mailto:majordomo@ghmail.cr.usgs.gov), y en el contenido del mensaje escriba: *Subscribe bigquake*.

### **10. ¿Se pudiera hundir Puerto Rico durante un terremoto?**

No, ya que nuestra isla es la parte emergente de un sistema montañoso submarino que está cimentado sobre roca sólida y firme. Nuestra isla no es hueca, ni flota, ni se va a deslizar sobre el mar. Puerto Rico es sólido.

### **11. ¿Puede un maremoto barrer a la isla?**

Los maremotos que se han registrado en la isla no han excedido los 20 pies de altura. De ocurrir un maremoto, sólo las áreas bajas en la costa se verían afectadas. En los tiempos históricos, los maremotos han penetrado no más de varios centenares de pies tierra adentro. Por lo tanto, éste es un fenómeno plenamente costero.

### **12. ¿Podemos esperar un maremoto después de un terremoto?**

No, ya que los maremotos sólo ocurren si hay desplazamientos verticales del fondo marino. Pudieran haber maremotos en la isla si hubiesen derrumbes submarinos o erupciones volcánicas en lugares distantes en el Caribe y el Océano Atlántico. Pero estos eventos son raros en esta región.

### **13. ¿Puede un terremoto destruir toda la isla?**

Ningún terremoto ha destruido la isla completamente. La experiencia histórica demuestra que habrá un área cerca del epicentro que sufrirá daños mayores pero éstos decrecerán a medida que nos alejamos del centro.

### **14. ¿Qué es preferible hacer durante un terremoto: quedarse dentro de un edificio o salir del mismo?**

Generalmente la mayor parte de las heridas y muertes son infligidas por objetos como bloques, ladrillos, cristales, muebles, lámparas, adornos, enseres eléctricos, estucado, anuncios, postes, balcones y otros elementos arquitectónicos que caen y que son parte del contenido no estructural de un edificio. De ocurrir un terremoto fuerte como los que nos han afectado en el pasado, quedarán en pie la mayoría de los edificios, y la posibilidad de que colapse una edificación es muy baja.

**E. Red Sísmica de Puerto Rico**

La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) realiza la vigilancia sísmica de nuestra isla. Fue instalada, en 1974, por el Servicio Geológico Federal (U.S. Geological Service) para la Autoridad de Energía Eléctrica. El objetivo principal consistía en evaluar la sismicidad local para la construcción de las plantas de energía nuclear de Aguirre e Islote. Estas metas fueron realizadas, en 1979. Entre, 1982 y 1987, la Red Sísmica fue operada por el Centro para la Investigación de Energía y Ambiente. En 1987, ésta fue transferida al Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, y es dónde está, actualmente, localizada físicamente.

Al presente, esta red consiste de 13 sismómetros de periodo corto, 3 de los cuales son de tres componentes, y 10

sismómetros de banda ancha. Dos de las estaciones pertenecen al Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. Estos equipos están instalados en Puerto Rico e islas circundantes, y trabajan en conjunto con 3 estaciones repetidoras y un centro de acopio de datos. Las tres estaciones repetidoras son: Cerro Piña en Caguas, Cerro Santa Ana en Maricao y Cerro Punta en Jayuya. Ahí, las señales de las estaciones se combinan y se retransmiten. El centro de acopio de datos, en Mayagüez, recibe los datos en tiempo real, analiza y graba los datos en cintas

magnéticas 120M y CD. Las señales de ocho (8) de las estaciones son registradas en papel, simultáneamente, por los sismógrafos.



Figura 14: Facilidades de la RSPR.

Al momento de localizar un evento, uno de los primeros pasos es identificar si el sismo es local, regional o telesísmico. Todos los terremotos localizados dentro de la latitud 17° N – 20° N y longitud 63.5° O – 69° O se consideran locales. La magnitud de los eventos se calcula usando la amplitud máxima y el tiempo de duración registrada por cada estación. Para determinar la localización del evento se requieren los tiempos de llegada de las ondas P y S para todas las estaciones. Conociendo las velocidades de estas dos ondas, y mediante programas de computación, se determina el foco (latitud, longitud y profundidad del sismo). Luego de pasar por el proceso de verificación y calidad de los datos, entonces se integra al banco de datos sísmicos de la RSPR, los cuales pueden obtenerse por Internet a través de <http://rmsismo.uprm.edu/>.

Para más información puede comunicarse con:  
 Christa G. Von Hillebrandt-Andrade, Administradora de la Red Sísmica de Puerto Rico  
 e-mail: [christa@midas.uprm.edu](mailto:christa@midas.uprm.edu)

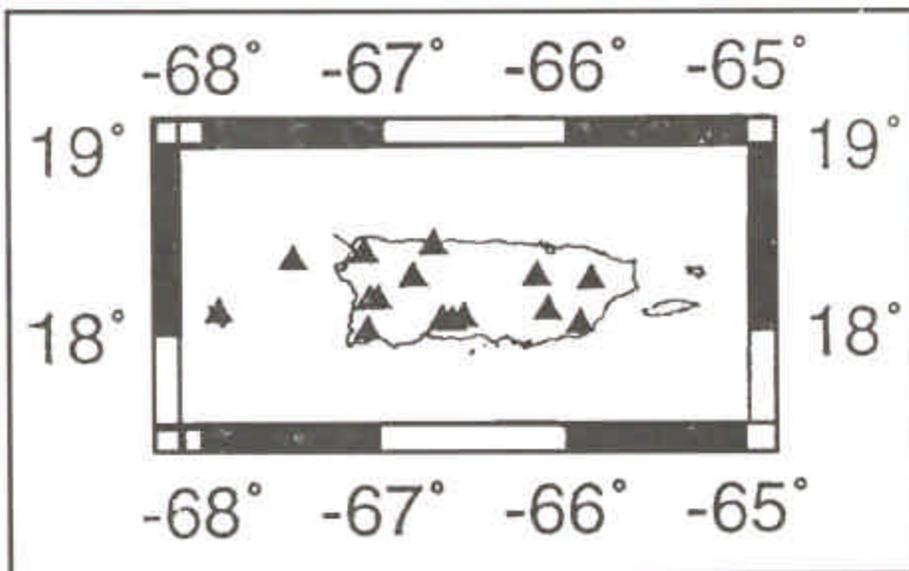


Figura 15: Mapa con la Ubicación de las Estaciones Sísmicas



## II. El Maremoto

### A. Descripción del Fenómeno

Un maremoto consiste en una serie de olas provocadas, generalmente, por un desplazamiento vertical del fondo (lecho) marino ocasionado por un terremoto bajo el fondo del mar. También pueden ser provocadas por deslizamientos o erupciones volcánicas submarinas en una región determinada. Internacionalmente, los maremotos se conocen por el nombre de Tsunami, vocablo japonés que significa ola en el puerto. El tsunami es un fenómeno muy conocido en el Océano Pacífico.

Las características de un maremoto son muy diferentes en aguas profundas y en aguas superficiales. En aguas profundas, estas olas viajan (Figuras 16-17) hasta una velocidad superior a 500 mph (millas por hora); velocidad comparable a la de un avión tipo "Jet" (propulsión a chorros). La altura máxima en mar abierto es, por lo general, menos de un pie de altura. Por tal razón, suelen pasar inadvertidas por embarcaciones en alta mar. Además, la distancia entre las crestas de olas subsiguientes usualmente es muy grande.

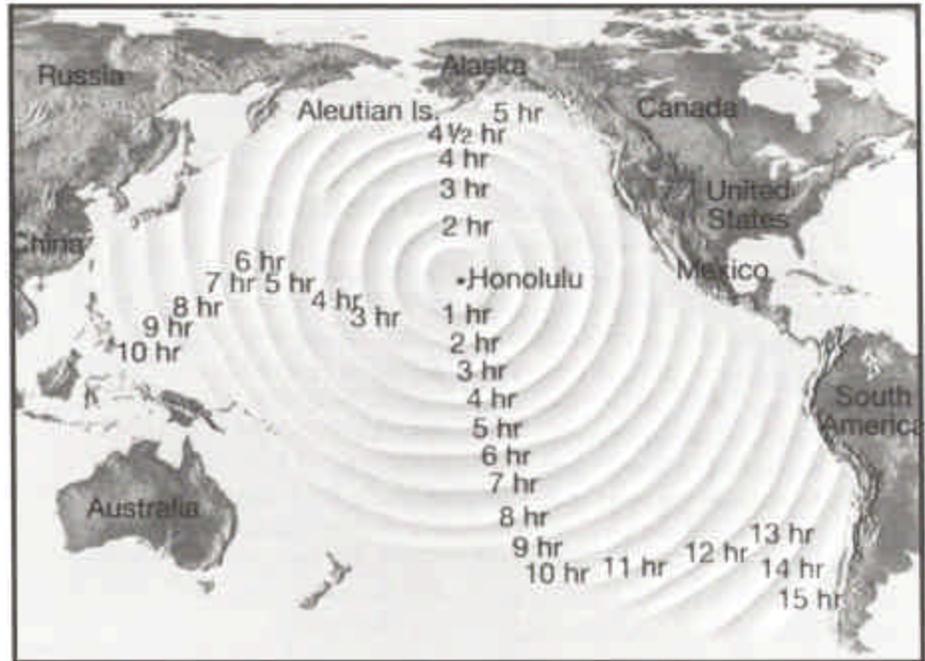


Figura 17: Ejemplo de llegada de maremoto provocado por un terremoto imaginario en Honolulu, Hawaii.

Sin embargo, en la medida que se van acercando a las áreas costeras éstas disminuyen grandemente su velocidad aumentando drásticamente su altura. Estas olas gigantescas que en ocasiones pueden llegar a una altura de más de 30 metros (98 pies) pueden provocar grandes pérdidas de vidas y propiedad cuando llegan a la costa.

Los maremotos pueden tomar tres formas básicas a lo largo de una costa, a saber:

- Olas que no rompen, aparentando ser una marea que aumenta rápidamente.

- Olas que rompen lejos de la costa y que aumentan en forma considerable su tamaño antes de alcanzar la costa.

- Olas que rompen cerca de la línea de la costa, algunas de tamaño considerable pero que no muestran uniformidad en su altura a lo largo de la costa.

Los maremotos pueden exhibir otras características adicionales. Su arribo puede ser anunciado por el retiro del mar (el mar se aleja) o por un aumento gradual del nivel del mar en la costa. Por lo general se escuchará un rugido fuerte del mar y un sonido parecido al de un avión que vuela a una baja altura. Además pueden oírse ruidos adicionales causados por el efecto de las potentes y rápidas olas sobre los arrecifes, rocas u otros objetos que son arrastrados.

El efecto de un maremoto es amplificado en las plataformas continentales, bahías y

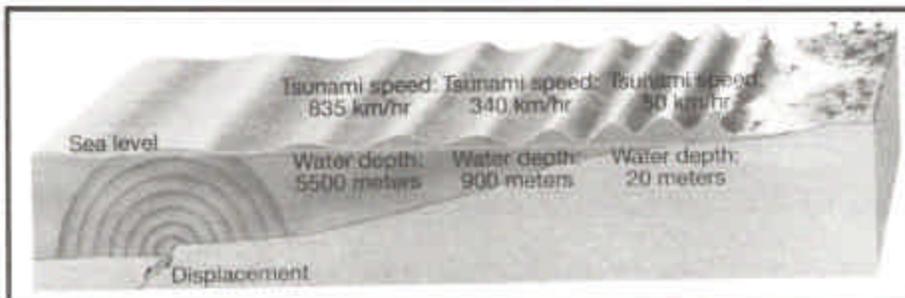


Figura 16: Movimiento de las olas provocadas por un terremoto en el mar.



Figura 18: Secuencia de fotos que ilustra la entrada de un maremoto.

desembocaduras de los ríos produciendo una especie de muro o pared de agua casi en posición vertical. Las costas que se encuentren de frente al posible origen del maremoto generalmente experimentan el más fuerte efecto, que es el oleaje. Sin embargo, en las islas pequeñas puede ocurrir un fenómeno que hace que el mayor efecto (oleaje) se observe al lado opuesto por donde la ola rompió.

### **B. Riesgo de Maremotos en Puerto Rico**

En Puerto Rico, el riesgo asociado a maremotos generados localmente (región del Caribe) aparenta ser mayor, que los maremotos que son generados a gran distancia por terremotos o erupciones volcánicas, distantes de nuestra región.

A través de nuestra historia, se han documentado varios maremotos en nuestra región y Puerto Rico no ha estado exento a éstos. En los dos últimos terremotos mayores que ocasionaron daños a nuestra isla, ocurrieron maremotos significativos. La historia sísmica alrededor de Puerto Rico y en toda la región del Caribe ofrece datos válidos para pensar que eventos similares podrían ocurrir nuevamente.

El 11 de octubre de 1918, el día de

#### **¿Cuáles son los peligros asociados a los maremotos?**

- ✓ Inundación de áreas costeras de baja elevación. Esto ocurre cuando las olas asociadas al terremoto penetran tierra adentro, lo que puede provocar destrucción de propiedad y muertes por ahogamiento.
- ✓ Daños a las estructuras ubicadas en la costa a consecuencia del impacto directo del rompimiento de las olas y su retiro posterior hacia el mar. Además estas olas causan gran erosión en las costas y en los cimientos de las estructuras.
- ✓ Daños o destrucción como resultado de los objetos flotantes, que pueden variar desde pequeños escombros hasta embarcaciones grandes que estaban ancladas en bahías y puertos y que pueden estrellarse contra otras embarcaciones o estructuras que están ubicadas en la costa.
- ✓ Efectos secundarios provocados por el maremoto, tales como: derrames de sustancias tóxicas, explosiones, contaminación de agua potable, etc.



Figura 19: Resultado del maremoto ocurrido en 1918 en Aguadilla, PR.

San Fermín, Puerto Rico fue estremecido por uno de los terremotos más violentos ocurridos en la isla. El epicentro del terremoto fue ubicado en el Cañón de la Mona, a 25 millas de la costa de Aguadilla. Sin embargo, la fuerza del evento se sintió más en la parte oeste de la isla. Se registraron 116 muertes, de las cuales 40 murieron a consecuencia del maremoto que ocurrió minutos después del terremoto.



Figura 20: Daños provocados por un maremoto.

El mar se retiró inmediatamente después del terremoto, quedando expuesto a clara vista los arrecifes y sectores del fondo del mar. Se estima que el tiempo que transcurrió entre el sismo y la llegada de la primera ola fue aproximadamente, 5 minutos. En el área de Punta Agujereada el maremoto se estima alcanzó una altura de 20 pies, 12 pies en Aguadilla y 5 pies en Mayagüez.

Datos de nuestra historia nos indican que, el 18 de noviembre de 1867, veinte días después que la isla fue azotada por el huracán Narciso, ocurrió un fuerte terremoto que se sintió con mayor intensidad en el área este de Puerto Rico y en las Islas Vírgenes. Su epicentro fue ubicado en el pasaje de Anegada, que se encuentra entre las islas de Vieques, San Tomás y Santa Cruz. El maremoto provocado por este sismo alcanzó una altura de aproximadamente 18 pies en el área de Yabucoa. El mar, luego de retirarse de la costa unos 450 pies, penetró a tierra una distancia igual.

### ¿Cuándo podría ocurrir un maremoto en Puerto Rico?

Tanto los terremotos como los maremotos son eventos que ocurren con poca frecuencia. Más aún, no todos los terremotos ocasionan maremotos. Para que esto ocurra es necesario que se produzcan las condiciones apropiadas, no obstante, su ocurrencia puede ser de día o de noche y a cualquier hora. El hecho es, que de ocurrir un terremoto mayor bajo el fondo del mar que rodea a Puerto Rico, las posibilidades de un maremoto asociado a dicho evento son reales.

Lamentablemente para nuestra isla, los últimos dos terremotos que ocasionaron daños grandes en los años 1867 y 1918, respectivamente, produjeron maremotos. Ambos terremotos que ocurrieron bajo el fondo del mar y ocasionaron desplazamientos verticales del lecho marino, registraron una magnitud aproximada de 7.3 en la escala Richter. Puede ser posible que un próximo terremoto con características similares traiga un evento de maremoto asociado que afecte nuestra isla.

### Aviso sobre Maremotos

De ocurrir un terremoto muy fuerte cerca de las costas de Puerto Rico y éste ser detectado por los instrumentos de la Red Sísmica o es sentido por la población general, es posible que se emita un Aviso de Maremoto.

Las Avisos significarán que se podrían generar o que se están generando una serie de olas a consecuencia del terremoto, y a su vez representar una amenaza seria para la vida. Por lo tanto se deben tomar inmediatamente medidas de precaución.

Los Avisos pudieran ser emitidos sin que necesariamente se genere ningún maremoto perceptible en la costa, ya que esperar confirmación del mismo para emitir el aviso resultaría muy tarde para salvar vidas.

### C. Recomendaciones

- ✓ Si se encuentra cerca de la costa y ocurre un terremoto fuerte éste puede ser su único aviso sobre la posibilidad de un maremoto.
- ✓ Durante el terremoto, busque protección inmediatamente contra objetos que pueden caerle encima. Tan pronto las vibraciones fuertes del suelo cesen muévase a un lugar alto alejado de la costa.
- ✓ Recuerde, que el maremoto no es una sola ola. El evento consiste en una serie de olas y la primera en llegar a la costa, necesariamente, no es la más grande.
- ✓ Cuando el maremoto se está acercando a la costa, éste se manifiesta a través de un aumento o disminución notable en el nivel del mar. Bajo ningún concepto se acerque a la costa y mucho menos entre a los lugares donde el mar se ha retirado.
- ✓ Las olas asociadas al terremoto por lo general viajan más rápido de lo que una persona pudiese correr. Cuando usted pueda verlas probablemente ya será demasiado tarde para comenzar a correr.
- ✓ Las olas del maremoto pueden afectar la costa durante horas. Manténgase alejado hasta que las autoridades pertinentes le indiquen que es seguro regresar.
- ✓ Sea cauteloso siempre. Es posible que en una playa no se produzcan olas de gran altura, mientras que en otra (s) playas se generen olas de gran magnitud.
- ✓ Las olas que produce un maremoto no son aptas para practicar ningún deporte acuático, ya que son olas de gran turbulencia y representan un serio peligro para su vida.



### III. Vulnerabilidad al Terremoto

Con todos los avances de la ciencia al Siglo XXI, los terremotos siguen siendo un fenómeno natural impredecible. La instrumentación que mide las ondas sísmicas calculan su magnitud e intensidad al momento de ocurrir el movimiento de tierra, pero no pronostican cuándo ocurrirá el próximo temblor.

La historia sísmica de Puerto Rico y las Islas Vírgenes es bastante larga. (Figuras 21 y 23) Cuatro terremotos de gran intensidad han ocurrido en Puerto Rico, principalmente afectando las áreas oeste y sureste de la isla en 1670, 1787, 1867 y 1918. Nuestro conocimiento de la historia está basado en documentos históricos obtenidos de fuentes locales y archivos coloniales de Europa.

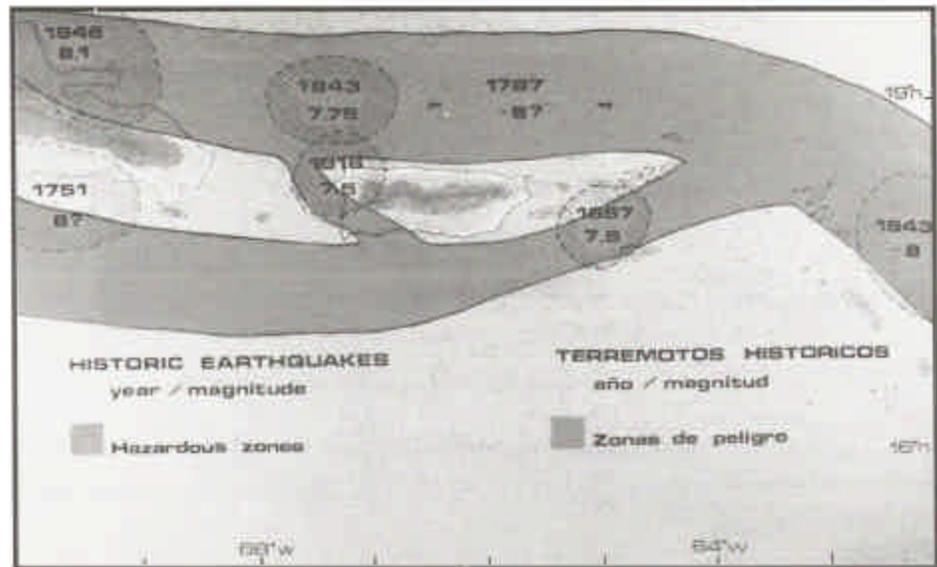


Figura 21: Terremotos históricos de Puerto Rico.

Basado en las estadísticas de frecuencia y recurrencia de estos fenómenos, uno puede estimar si los terremotos en la isla han ocurrido con una recurrencia de cada 57-117 años (uno ó dos por siglo), y en 1918 fue el último temblor fuerte, entonces debemos sentir otro temblor de igual magnitud con efectos destructivos en los próximos 40 años, o sea en cualquier momento. Sin embargo, hay que señalar que cada uno de estos

eventos se generó a lo largo de una falla diferente, por lo tanto, en base de estos eventos exclusivamente no se puede hacer una predicción sobre su ocurrencia. En Puerto Rico, estudios de vulnerabilidad han arrojado una probabilidad de 33 a 50% de una sacudida fuerte (Intensidad VII o más en la Escala Mercalli Modificada) para diferentes partes de la isla para un periodo de 50 años. (Figura 22)

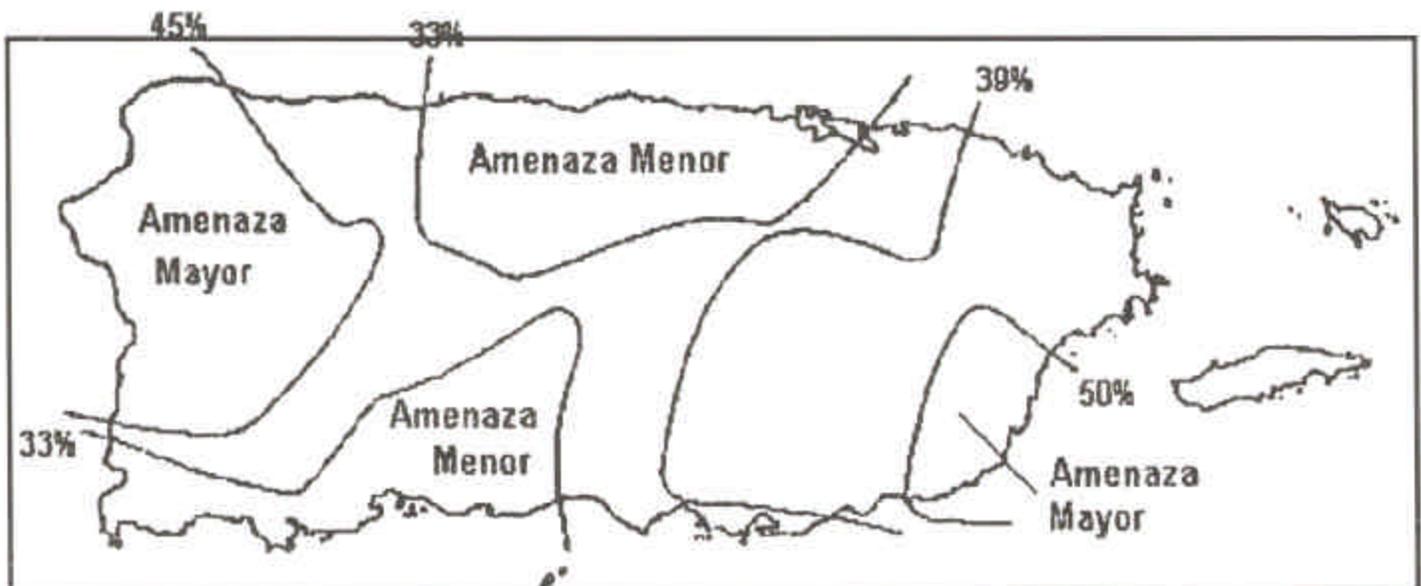


Figura 22: Mapa de Probabilidades de una intensidad sísmica grande sobre un periodo de 50 años (McCann, 1987)

## Terremotos Más Significativos que Han Ocurrido en Puerto Rico

Año	Fecha	Daños
1615	8 de septiembre	Terremoto en República Dominicana que causó daños en Puerto Rico.
1670	15 de agosto	Daños en San Germán y San Juan.
1717		Iglesias en Arecibo y San Germán fueron destruidas.
1740	30 de agosto	Iglesia de Guadalupe en Ponce fue destruida Intensidad VII.
1787	2 de mayo	Excepto en el sur, toda la isla sufrió daños.
1844	16 de abril	Varios edificios y casas fueron destruidos. Intensidad VII-VIII.
1846	28 de noviembre	Sentido en toda la isla. Pocos daños en la costa norte.
1867	18 de noviembre	Terremoto y Maremoto destructivo. Magnitud de 7.3. Muchos daños en toda la isla. La zona este fue la más afectada.
1875	8-9 diciembre	Daños en Arecibo y Ponce.
1906	27 de septiembre	Gran daño en la costa Norte.
1918	11 de octubre	Terremoto y Maremoto destructivo. La zona oeste fue la de mayor impacto. Magnitud de 7.3.
1943	29 de julio	Sentido en el Noroeste de la isla. Magnitud de 7.5.
1946	4 de agosto	Terremoto fuerte en la República Dominicana. Algunos daños en el oeste de Puerto Rico.
1946	8 de agosto	Maremoto en Mayagüez y Aguadilla. Magnitud de 7.4.

Puerto Rico es una isla pequeña rodeada por las aguas del Océano Atlántico y Mar Caribe. La isla es montañosa y tiene llanos costeros en sus cuatro costas. La región de las montañas está dominada por la Cordillera Central, la Sierra de Luquillo y la Sierra de Cayey.

La isla está situada en una zona sísmicamente activa donde fuertes terremotos han causado la muerte de más de un centenar de personas y millones de dólares en pérdidas a la economía. Ahora, estos daños se produjeron en una época en que la mayor parte de las edificaciones eran de madera y donde la población era escasa.

Nuestra vulnerabilidad ha crecido pues hoy en día tenemos un crecimiento acelerado en la población, infraestructura, industria, comercio y vivienda y los daños que podemos esperar de un fuerte terremoto serán potencialmente mayores que lo que ocurrió anteriormente. Es por tal razón que la mitigación hará la diferencia de

sobrevivir o no un terremoto, y minimizar los daños.

No se puede predecir cuando ocurrirá un terremoto en nuestra isla, por lo tanto no preste atención a los que le digan que en tal fecha o a tal hora será el próximo terremoto pues es **falso**

Se reconoce que las zonas costeras bajas son más vulnerables a fenómenos como maremotos, licuación y amplificación de onda sísmica, mientras que en el interior de la isla, la amenaza es mayor por deslizamientos.

completamente. Todos los días ocurren un promedio de tres a cuatro temblores en la vecindad de Puerto Rico. La mayor parte de éstos son imperceptibles a los seres humanos. Sólo los sismógrafos los registran.

## A. Peligros de los Terremotos

La mayor parte de los daños producidos por un terremoto son causados por las vibraciones del terreno. Estas vibraciones ocasionan una serie de fenómenos que incluyen: las amplificaciones de las ondas sísmicas, los derrumbes y la licuación,

a- La amplificación de las ondas sísmicas ocurre en los lugares donde hay terrenos blandos de gran espesor. Estas áreas generalmente incluyen los llanos costeros y zonas de rellenos en antiguas lagunas, caños, pantanos y manglares. Durante un sismo, estos lugares tiemblan con más fuerza y por mayor tiempo. Por estas razones sufren más daños.

b- Dado el que tres cuartas partes de la superficie de Puerto Rico es de carácter montañoso, un terremoto fuerte pudiera venir acompañado de

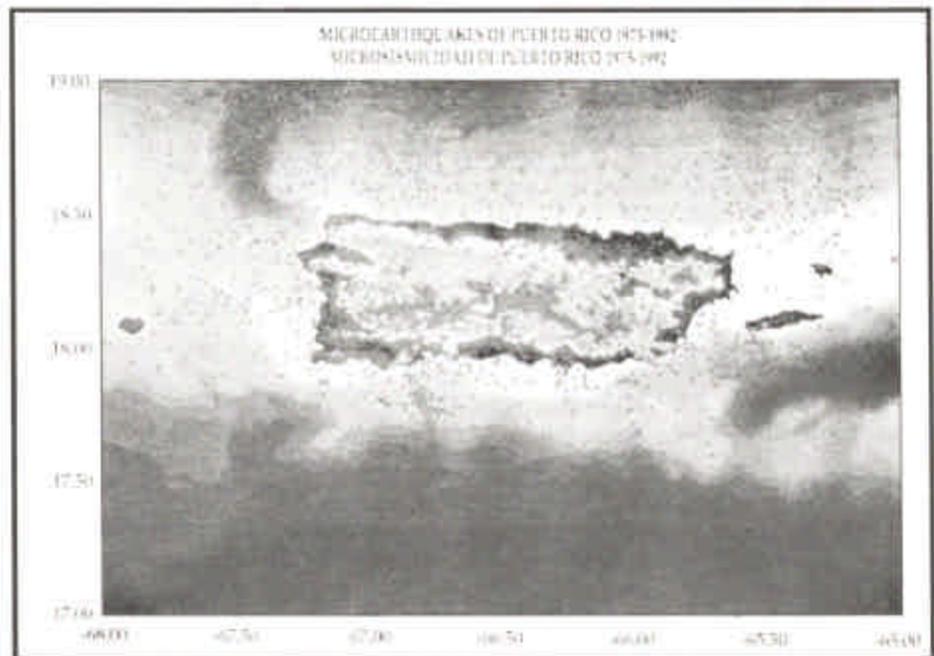


Figura 24: Microsismicidad de Puerto Rico 1975-1992.

numerosos derrumbes, especialmente si éste ocurre luego de un periodo prolongado de lluvia que haya alojado o saturado los suelos. Los derrumbes pueden bloquear carreteras y afectar las edificaciones en terrenos inestables;

c- En los lugares arenosos saturados de agua que abundan en los márgenes de los ríos, playas y otras zonas costeras, existe un alto

potencial de que ocurra el fenómeno de licuación. Cuando éste ocurre, la arena se comporta como si fuera arena movediza. Durante este proceso, la arena pierde su capacidad para sustentar las estructuras construidas sobre ella, haciendo que éstas se asienten diferencialmente o se hundan parcialmente en el terreno. En el valle de Añasco observaron licuación durante el terremoto de 1918.



Figura 25: Colapso de edificios provocados por el efecto de licuación.

Además de estos tres peligros, pudiésemos vernos afectados por los maremotos, ya discutidos en la sección anterior.

**Otros Riesgos asociados a los Terremotos**

**Fuegos:** Los fuegos que resultan de los terremotos son por la ruptura de líneas de gas. Otros tipos de fuegos pueden ser el resultado de las refinerías, estaciones eléctricas, gasolineras o derrames de químicos.

**Inundaciones:** Puede ocurrir por la ruptura de una represa o tanques de agua, tubos de agua o acueductos.

**Derrames de Materiales Peligrosos:** Este puede traer grandes consecuencias pues puede inicialmente ser un derrame líquido y convertirse volátil. En nuestras casas hay productos que cuando se combinan pueden causar gases tóxicos a nuestra salud.



Figura 26: Daños provocados en una residencia por un terremoto.

**B. Vulnerabilidad del Área Metropolitana**

La Trinchera al Norte de Puerto Rico, como a 60 Km. de San Juan, es el recurso de sismos del área metropolitana, con un potencial de producir terremotos de magnitudes entre 8-8.25. Considerando esta magnitud probable, y el análisis de riesgos que hiciera Molinelly (1987), la intensidad en la Escala de Mercalli Modificada debería ser VIII, como un estimado de daños potenciales. Los riesgos geológicos más importantes en el área metropolitana serían la amplificación de onda sísmica, licuación y deslizamientos.

El análisis de Molinelly (1987) concluye que las áreas más vulnerables son los rellenos artificiales sobre terrenos pantanosos tales como la Bahía de San Juan, el Caño Martín Peña, Laguna San José y los depósitos aluviales de las planicies inundables de Río Grande de Loíza, Río Piedras y Río Bayamón. Estas áreas están expuestas a fuertes temblores y fallas del terreno. Sobre estas zonas se han establecido partes importantes de la infraestructura de energía, agua, carreteras y aeropuerto del país.

El potencial de licuación también está presente en los depósitos aluviales de las planicies inundables de Río Grande de Loíza, Río Piedras y Río Bayamón, y en las arenas saturadas y sueltas a lo largo de la costa. También aquí hay zonas de edificios y apartamentos, residencias, aeropuerto, y otros componentes de la infraestructura del país.

**Áreas de Mayor Riesgo**

Las áreas costeras son, en términos generales, las que están expuestas a mayor peligro sísmico. Las razones para estos son las siguientes:

- a. están próximas a fallas submarinas activas
- b. por su exposición a la ocurrencia de maremotos
- c. se pueden amplificar las ondas sísmicas
- d. alto potencial de licuación en los lugares arenosos costeros

En las áreas montañosas el peligro potencial ocurre asociado a los derrumbes.

En términos generales aquellas edificaciones construidas en terrenos firmes y estables no presentarán mayores problemas durante un terremoto.

**Debemos prepararnos para un terremoto fuerte. Tenemos una porción significativa de nuestra isla en zonas de alto riesgo, y esto incluye residencias, comercios e infraestructura. Los daños potenciales que pudiera crear un terremoto son más grandes que nunca y la mitigación es la única solución.**



## IV. Antes, Durante y Después del Terremoto

### A. Antes del Terremoto

Existen muchos riesgos dentro de su casa de los cuales usted ni siquiera se ha percatado, que le podrían provocar lesiones serias a usted y a su familia, así como provocar daños o pérdidas grandes a su propiedad al momento de ocurrir un terremoto. La experiencia, en lugares donde han ocurrido temblores desde leves a moderados así como terremotos violentos, demuestra que una tercera parte del costo total de daños son provocados por riesgos **no estructurales**. Ejemplos del sinnúmero de riesgos no estructurales dentro de su hogar son: muebles (libreros o estantes cuya altura es considerable), cuadros, retratos, adornos, objetos colgantes (lámparas, abanicos de techo). Además de las lesiones, corre el riesgo de pérdidas o daños de los equipos electrónicos u otros objetos valiosos, que no estén fijos o sujetos a una base o a la pared.

### PLAN DE ACCIÓN FAMILIAR

Si usted prepara un Plan de Acción ante un evento de terremoto, usted verá cuan útil resultará haber planificado o pensado todos los detalles y medidas necesarias que se pueden implantar, anticipadamente, en su casa o negocio para salvar vidas así como para evitar daños o pérdidas a su propiedad. En el proceso de

preparar el plan, debe envolver a *toda* su familia, de manera que todos comprendan el propósito del mismo y puedan recordar lo que tiene que hacer ante el sobresalto y alteración que nos provoca la ocurrencia de un terremoto.

Por supuesto, antes de preparar su Plan de Emergencia ante la eventualidad de terremotos, para su residencia o para su negocio usted:

- ✓ Cree conciencia y oriéntese sobre la realidad y el hecho de que nuestra isla se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico. En cualquier momento, en cualquier época del año, a cualquier hora del día o de la noche, en Puerto Rico puede ocurrir un terremoto.
- ✓ Cree conciencia y planifique tomando en consideración que un terremoto puede ocurrir mientras usted y su familia están en su hogar, lugar de trabajo, los niños en la escuela, etc. Por lo tanto, planifique tomando en consideración todas las situaciones en el afán diario.



Figura 27: Daños durante el terremoto de 1918.

- ✓ Infórmese con las agencias / entidades de manejo de emergencia de su comunidad, sobre cuál es el plan ante la eventualidad de un terremoto.
- ✓ Armonice su plan de acuerdo a los planes diseñados por las autoridades competentes.
- ✓ Conozca anticipadamente cuál o cuáles son los refugios que las autoridades oficiales han determinado para situaciones de desastres. Este hecho es importante ante la eventualidad de que tenga que abandonar su residencia e ir a un refugio, luego de ocurrido un terremoto.

*Independientemente de que la isla no haya sufrido de un evento de terremoto catastrófico desde el 1918, usted debe obtener información sobre cómo este fenómeno natural puede afectar su vida y su propiedad, a través de diferentes fuentes, a saber:*

1. *Agencia para Manejos de Emergencias Estatal o la de su municipio*

2. *Agencia Federal para Manejo de Emergencias (por sus siglas en inglés, FEMA)*

3. *Oficina Regional de la Junta de Planificación (JP)*

4. *Mapas de Vulnerabilidad de la Oficina Regional de la JP*

5. *Estudios realizados por el Servicio Geológico de los EU*

6. *Red Sísmica de Puerto Rico*

✓ Cuando se siente a preparar y escribir su Plan de Emergencia, visualice el mismo como una lista de cotejo de medidas o pasos que tomará antes de que le sorprenda un terremoto dentro de su residencia. La lista de cotejo debe incluir los siguientes tópicos o áreas, entre otros:

- ❖ Revisión de sus pólizas de seguro contra terremoto.
- ❖ Preparar / revisar el inventario de su propiedad (estructura y contenido)
- ❖ Determinar qué arreglos o medidas no estructurales y estructurales son necesarios en su residencia o su negocio, para protegerlos contra terremotos.
- ❖ Hacer una lista de equipos / objetos que deben ser colocados en un lugar bajo y seguro, donde éstos no puedan caerse o volcarse. Luego de designar el área de reubicación, proceda a cambiarlos.
- ❖ Coordinar la ayuda comunitaria. Divida las tareas entre los vecinos o la junta de residentes.
- ❖ Recorra habitación por

*Si reside en una estructura vulnerable a terremoto, es posible que disponga únicamente del tiempo justo para abandonar el lugar inmediatamente o proteger su vida únicamente. Ante esta particularidad, el estar preparado siempre le evitará mayores daños o pérdidas de vida y propiedad.*

**Figura 28: Ejemplo de Inventario de Pertenencias**

**Inventario de la Sala**

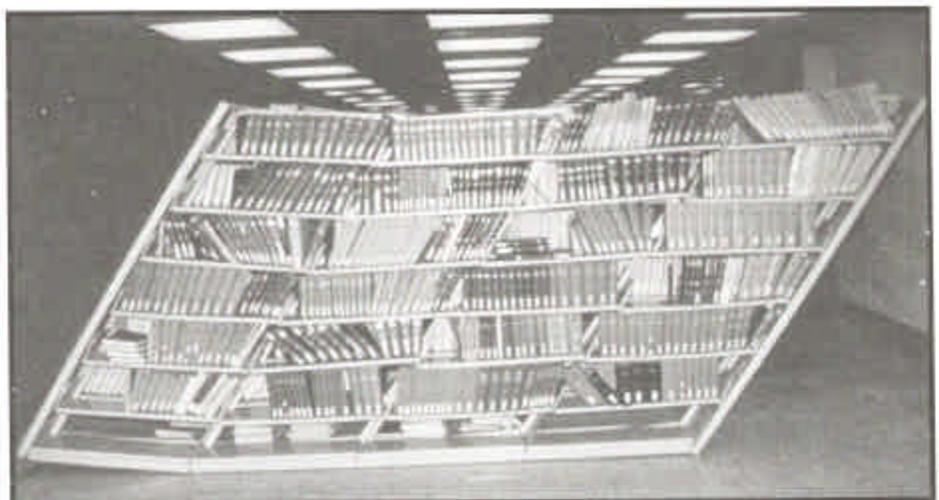
Cantidad	Artículo	Año compra	Precio	Total	Comentarios
2	Sofás	1999	\$550, \$650	\$1200	
1	Butaca	1999	\$150	15	
1	Mesa de centro	1997	\$75	75	

habitación y prepare un inventario de todas sus pertenencias en el hogar. Si es posible tome fotos o vídeos.

❖ Diseñe una hoja de inventario de sus pertenencias. (Figura 28) Esta debe tener espacio (columnas) para indicar cantidad de artículos, nombre del artículo, su precio/costo, año de compra, y otra información que usted estime necesaria. Si tiene computadora, guarde estos datos y trate de tener guardado un "backup" en un lugar alterno. Esta información será muy útil al momento de reclamar daños a su seguro y/o recibir las diversas ayudas económicas después de un desastre.

❖ Saque fotocopias del inventario, así como de sus pólizas de seguros, escrituras, certificados de nacimientos, matrimonio, divorcio, pasaporte, etc. y otros documentos valiosos. Guárdelos en un lugar seguro, de su casa, que sea resistente a incendios u otros efectos que pueda provocar un terremoto. De ser posible, colóquelos en bolsas plásticas, que cierren herméticas y póngalos dentro del congelador.

❖ Las fotocopias de estos documentos deben ser guardados en otro sitio; en una caja de seguridad o en la casa de parientes / amigos que residan fuera del área donde usted reside.



*Figura 29: Movimiento lateral del librero provocado por un temblor.*

### PLAN DE ACCIÓN DE LA COMUNIDAD

El vecindario de la calle, de los barrios, de los condominios, de la urbanización, etc., necesitan y debe organizarse para tener la capacidad de funcionar como grupo independiente, sin la ayuda exterior del personal que labora en las agencias para manejo de emergencias, por lo menos durante tres días (72 horas) después de ocurrido un desastre catastrófico.

La ayuda de policías, bomberos y ambulancias pueden tardar en responder debido a la magnitud de los daños, bloqueo en las vías de acceso, cantidad de explosiones, fuegos y un sinnúmero de otros factores. Así también, el reestablecer los servicios importantes de: agua, luz, teléfonos pueden tardar días, semanas, etc.

El organizarse con anterioridad a un evento de terremoto puede ahorrar tiempo muy valioso, inmediatamente después del desastre. Está comprobado que los vecinos se juntan de forma natural para ayudarse luego de un desastre. Así que los vecinos, barriadas, comunidades que estén organizadas de antemano, estarán listas para actuar rápidamente y ahorrar tiempo que será vital para ayudar a posibles víctimas.

#### 1. Identifique Posibles Líderes

Incluya representación de asociaciones de vecinos, junta de residentes, iglesias, clubes cívicos, instituciones educativas, grupos voluntarios, etc. que puedan identificar las necesidades y vulnerabilidad de su región y tengan deseos de preparar un Plan de Acción que reduzca daños de un posible terremoto.

#### 2. Reúna a su Comunidad

Coordine la presentación de un profesional en el área de preparación contra terremotos, que les oriente sobre el peligro sísmico y lo importante de preparar un plan de protección para la familia y para la comunidad. Coopere y ayude a su comunidad a coordinar esta reunión.

#### 3. Busque Información

Contacte las diferentes agencias que intervienen en el manejo de emergencias al nivel municipal y estatal. Busque literatura, folletos, vídeos educativos sobre este tema, que se puedan distribuir entre los miembros de la comunidad.

#### 4. Evalúe la Vulnerabilidad Sísmica de la Comunidad

Asesórese con un profesional o agencias del gobierno sobre los peligros geológicos que pueden afectar a su comunidad.

#### 5. Evalúe los Recursos del Vecindario

Lleven a cabo una evaluación de los recursos humanos y de materiales con que cuenta la comunidad, entre otros, médicos u otro personal de servicios de salud, radioaficionados, herramientas, equipos, provisiones.

#### 6. Evalúe las Áreas peligrosas

Consulte con un profesional o agencias del gobierno y analice, utilizando mapas, las áreas susceptibles a deslizamiento y derrumbes de tierra, maremoto, amplificación de ondas sísmicas, licuación e inundaciones en su comunidad.

#### 7. Establezca el Plan

Desarrolle estrategias de: preparación, respuesta, recuperación y mitigación para cada una de las áreas de vulnerabilidad identificada. Envuelva a todos los recursos disponibles de la comunidad.

#### 8. Reúna a la comunidad nuevamente

Los líderes de la comunidad pueden presentar el Plan de Acción y la implantación del mismo.

#### Ventajas:

✓ Los residentes del barrio, de la calle, se sentirán más seguros y más tranquilos sabiendo que no estarán solos después de un desastre.

✓ Los miembros de esa comunidad sabrán que están preparados para verificar de forma rápida y eficiente el bienestar de todas las personas queridas y el estado o condiciones de las residencias luego del terremoto.

✓ Las personas que residen en esa comunidad, pero que no estaban al momento de ocurrir el sismo, tendrán más sosiego y confianza porque saben que su vecindario está capacitado y ayudará a sus seres queridos, en su ausencia.

### Sugerencias para el Plan de Acción de la Comunidad

Los vecinos / barrios pueden comenzar a organizarse determinando quién o quienes podrán brindar los siguientes servicios:

- Coordinador vecinal
- Primeros Auxilios
- Control de Incendios
- Operaciones de búsqueda y rescates que no requieran equipo ni personal especializado o profesional
- Grupo para la evaluación de daños
- Coordinación de comunicaciones
- Determinar un lugar y personas para atender / cuidar los niños
  - ❖ Preparar una lista de suministros y artículos de primera necesidad.
  - ❖ Preparar una lista de medicamentos.
  - ❖ Preparar una lista de equipo de primeros auxilios.
  - ❖ Preparar una lista de equipo útil que le facilite lidiar con las consecuencias después del desastre.
  - ❖ Preparar una lista de los miembros de las familias que necesitarán asistencia especial (niños, personas de edad avanzada), y determine alternativas para lidiar con ellos.

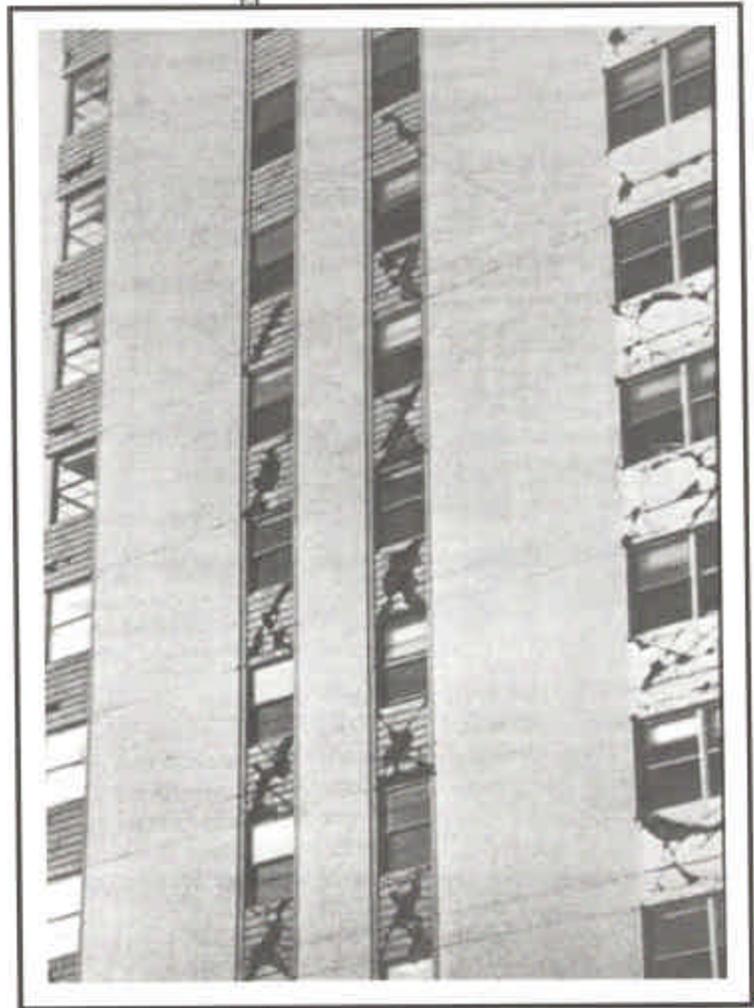


Figura 30: Daños estructurales en los edificios.

## ***Preguntas importantes que debe hacerle a su Agente de Seguros***

¿Cómo puedo saber si mi hogar tiene un seguro para cubrir pérdidas por terremotos?

¿Cubre mi póliza de propiedad (seguro de la vivienda) para reemplazar las pérdidas / daños en mi hogar (daños a la estructura)

¿La cubierta de terremoto cubre el contenido en el hogar?

*Para cubrir la propiedad personal (contenido), ¿necesito otro seguro?*

¿Qué significa reemplazar?

Si mi casa es destruida, ¿pagará el seguro todo el costo de construcción?

¿Hay un límite en el valor de mi protección (seguro) para reemplazo?

Si los códigos de construcción han cambiado desde que mi casa se construyó, ¿pagará la póliza la diferencia para satisfacer los nuevos requisitos del código?

¿Cuál es el por ciento de deducible en la cubierta de terremoto?

¿A qué se le aplica dicho por ciento de deducible, al costo de reparación o reconstrucción, o al límite la cubierta?

¿Se ha mantenido la protección de mi casa a través de mi seguro, al paso con las mejoras, adiciones, aumento de valor de la propiedad?

¿Cubre mi seguro gastos de reubicación o de alojamiento temporero?

¿Cubre mi seguro los daños causados a la propiedad personal de huéspedes en mi hogar?

¿Cuáles son las exclusiones, cosas que no están protegidas y bajo qué circunstancias?

¿Existen cubiertas adicionales que puedan asegurar una protección mejor?

*Si usted vive en un condominio debe hacerle las siguientes preguntas a su asociación de condominio (Junta de Residentes del Condominio):*

¿Cómo funciona el seguro contra terremotos en los condominios?

¿Cuándo se hizo la última tasación?

¿Cuánto es el por ciento de deducible en la cubierta de terremoto?

¿A qué se le aplica dicho por ciento de deducible, al costo de reparación o reconstrucción de su apartamento o al límite total de la cubierta del condominio?