

# MAPA SISMICO DEL PERU

Periodo: 1960 - 2011

## LEYENDA

Profundidad (km)	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
Superficial (0 - 60)					
Intermedio (61 - 300)					
Profundo (301 - 750)					

(size) Sismos importantes

<b>LIMA</b>	Departamento	Falla
	Capital de Departamento	+++++++
	Rios Principales	-----
		-----

ESCALA 1:2'000.000

0 50 100 200 km

- Sismos superficiales:** Tienen su origen en 2 fuentes, la primera asociada al proceso de convergencia entre la Placa de Nazca y la Sudamericana, dando origen con mayor frecuencia a sismos que algunas veces alcanzan magnitudes mayores a 7.0 Mw.
- Sismos intermedios:** Se producen a profundidades entre 61-300 km. La frecuencia de estos sismos es menor y alcanzan magnitudes de hasta 7.0 Mw, produciendo daños moderados en superficie.
- Sismos profundos:** Se producen a profundidades mayores a 301 km y por lo general, no son sentidos en la superficie.



## LA CIENCIA DE LOS TSUNAMIS

Un tsunami se define como un tren de ondas de periodo largo, originado por perturbaciones del mar debido principalmente a la ocurrencia de terremotos que cumplen las características de (i) originarse en el fondo oceánico, (ii) tener profundidad superficial, es decir de menos de 60 km, y (iii) tener una magnitud  $>7.0$  Mw. Si un sismo reúne estas tres condiciones, la ocurrencia de un tsunami es muy probable.

Los tsunamis se encuentran entre los peligros más temidos y que más daños han causado a la humanidad. El Perú no ha sido ajeno a estos eventos y a lo largo de nuestra historia ha experimentado sismos de gran magnitud seguidos de tsunamis de gran poder destructivo. Según el catálogo de tsunamis para el Perú (Carpio y Tavera, 2002), la costa peruana ha sido afectada de manera moderada a catastrófica por un total de 123 tsunamis entre locales, regionales y lejanos desde el año 1500 hasta el 2001, y los eventos más grandes se han dado en la costa central y sur de Perú. Por ejemplo, Silgado en su libro "Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974)", indica que el terremoto de 1746 habría generado un tsunami de 24m de altura con una inundación de aproximadamente 5 km en el Callao.

En la actualidad, las investigaciones científicas sobre los factores físicos que rigen la ocurrencia y características de los tsunamis hacen uso de modelos estadísticos y numéricos que buscan definir o describir la altura de las olas del tsunami y su tiempo de llegada a las costas. Para el caso de nuestro país, en los últimos años también se ha venido desarrollando investigaciones de este tipo (Jiménez et al., 2000; SIRAD, 2011; Tavera, 2000; Yauri et al., 2011; Ioualalen et al., 2012), que buscan conocer mejor las características que podría tener un tsunami a su llegada a nuestras costas, trabajo sumamente específico, pues debe tomar en cuenta las características especiales del fondo marino, la geografía costera y factores geográficos que podrían amplificar la magnitud del tsunami.

En la presente sección se explica en forma breve la información científica básica disponible sobre los tsunamis y sus principales características.

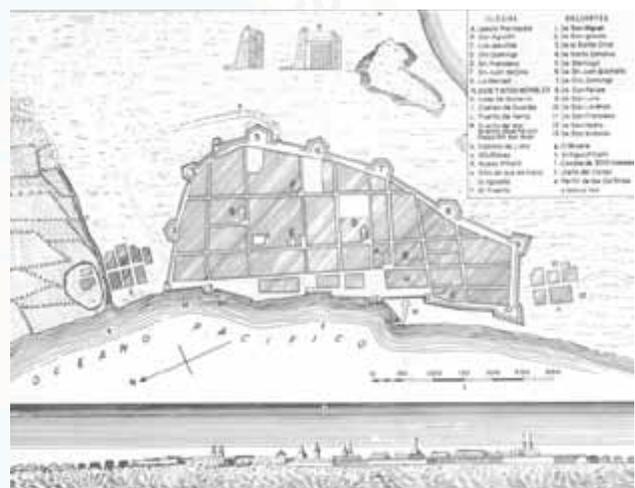


Figura 1. Croquis de la Villa del Callao después del terremoto de 1746. Se aprecia la nueva fortaleza con sus inmediaciones y los vestigios de las antiguas murallas. Reproducción de la obra "Historia General del Perú" del P. Rubén Vargas Ugarte. Tomo IV. 1966 (en Silgado, 1978).



Figura 2. Plano y perfil del Callao antes del Tsunami de 1746 (en Silgado, 1978).

## ¿Cuáles son las causas que generan un tsunami?

La principal causa que genera un tsunami es la ocurrencia de sismos de gran magnitud debido a procesos de convergencia de placas. Ocasionalmente, los tsunamis también pueden ser generados por deslizamientos de grandes volúmenes de tierra, submarinos o costeros, erupciones volcánicas e inusualmente debidas al impacto de meteoritos. En el Perú, el total de los tsunamis registrados son de origen sísmico. A continuación se presenta una descripción detallada de cada una de estas causas.

### a) Sismos de gran magnitud

Originados en zonas de subducción, como la del Perú, donde se produce el desplazamiento horizontal y abrupto de las placas tectónicas capaces de levantar grandes volúmenes de agua, generando la formación de olas que se propagan en todas las direcciones.

¿Entonces, todos los sismos generan tsunami?

No. Para que se genere un tsunami los sismos deben cumplir ciertas condiciones:

- Tener su epicentro en el mar o cerca de la costa
- Magnitud mayor o igual a 7.0 Mw
- Profundidad del foco (hipocentro) menor a 60 km

### b) Deslizamientos

Los deslizamientos de masas de tierra y roca, en gran volumen, también son capaces de generar tsunamis. Estos, a diferencia de los originados por sismos, tienden a disipar rápidamente su energía generando daños locales, por ejemplo el tsunami originado en la bahía de Lituya (Alaska) que produjo olas de hasta 500 m de altura.

### c) Erupciones volcánicas

Las erupciones volcánicas violentas son capaces de originar perturbaciones importantes y el desplazamiento de grandes volúmenes de agua, produciendo de esta manera tsunamis destructivos en zonas próximas al volcán (el caso más famoso es el de Krakatoa). En el Perú, debido a la ubicación de los volcanes, no existe el peligro de la ocurrencia de este tipo de eventos.

### d) Impacto de meteoritos

Esta causa es la más inusual y a la fecha no se tiene registro histórico. En los últimos años los estudios del impacto que provocaría un meteorito en el fondo marino, ha tomado importancia en la comunidad científica para considerarlo como una eventual causa de tsunami.

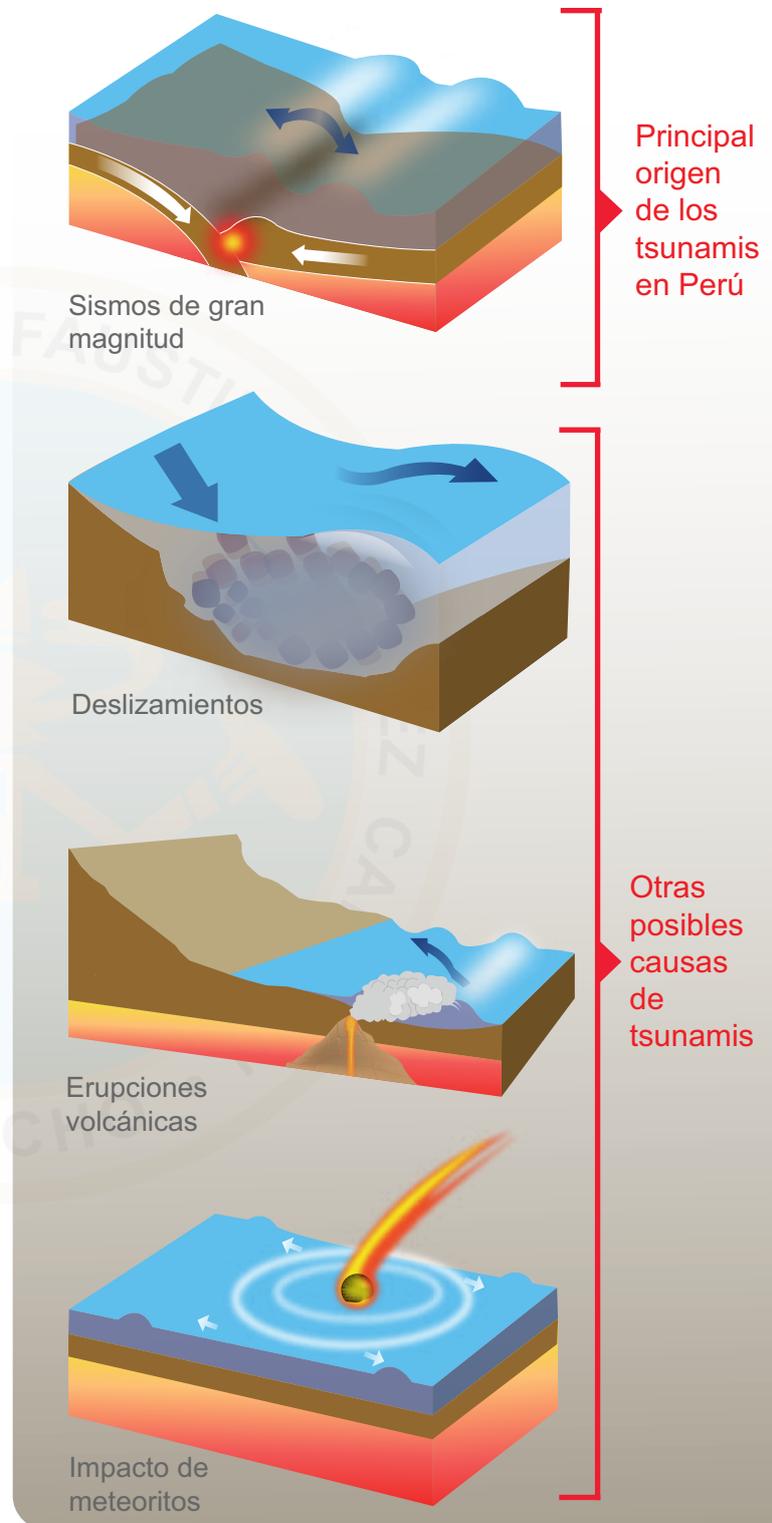


Figura 3. Causas del tsunami

Muchos nos hemos preguntado en alguna ocasión ¿Por qué el Océano Pacífico es escenario de los tsunamis más grandes que han ocurrido a lo largo de la historia? La respuesta es que esta gran masa de agua, además de ocupar un tercio de la superficie terrestre y estar asentada sobre placas tectónicas, está rodeada por el denominado “Cinturón de Fuego”,

lugar donde se concentran las zonas de subducción más importantes del mundo. La constante interacción de estas placas, a lo largo de la historia, ha dado como resultado la acumulación y liberación de energía sísmica a través de grandes terremotos generando, en muchos casos, tsunamis catastróficos.

## PRINCIPALES TSUNAMIS OCURRIDOS EN EL MUNDO

### 11 de marzo de 2011

Generado por un terremoto de 9.0 Mw en Japón. Alturas de inundación de hasta 39 m afectaron la región de Tohoku, dejando un saldo de 15,854 muertos y 3,203 desaparecidos. Las olas se propagaron por todo el Océano Pacífico, arribando a Perú entre 20 y 22 horas después, con alturas entre 0.4 y 1.8 m.

### 4 de noviembre de 1952

Generado por un terremoto de 9.0 Mw en Kamchatka (Rusia), ocasionando olas entre 4 y 18 m en Kamchatka y Kuril, propagándose por todo el Océano Pacífico. Se contabilizaron daños considerables en Hawái y menores en Japón, Chile y Perú.

### 9 de marzo de 1957

Generado por un terremoto de 9.1 Mw en las islas Aleutianas (Alaska). Dicho evento produjo olas de 16 m que se propagaron por todo el Pacífico, produciendo daños en Alaska, California, Hawái, entre otros.

### 28 de marzo de 1964

Generado por un terremoto de 9.3 Mw en Alaska, originándose olas de 27 m y que tuvo como consecuencia la muerte de 119 personas. Daños locales en las costas de Canadá, Estados Unidos y Hawái fueron reportados.

### 26 de diciembre de 2004

Generado por un terremoto de 9.3 Mw en la isla Sumatra (Indonesia). Las olas generadas alcanzaron una altura de 30 m, afectando a 18 países como: Indonesia, Tailandia, Malasia, Bangladesh, India, Sri Lanka, Somalia, entre otros. Cerca de 280,000 personas perecieron. Las olas gigantes se propagaron por los océanos Índico y Pacífico, arribando a Perú con alturas de 0.5 m.

### 9 de julio de 1958

Generado por el derrumbe de una montaña, que se originó por un evento sísmico, en la bahía de Lituya (Alaska), ocasionando olas de 580 m aprox. lo que provocó cambios en la morfología de la zona.

### 27 de agosto de 1883

Generado por la explosión del volcán Krakatoa (Indonesia). Dicho evento produjo olas entre 15 y 42 m de altura y ocasionó la muerte de 30,000 personas. Estas olas arribaron a Perú, pero no se tiene conocimiento de su altura.

### 22 de mayo de 1960

Originado por un terremoto de 9.5 Mw en Valdivia (Chile), generando olas grandes que se propagaron por todo el Océano Pacífico, ocasionando muertes en Chile (2,500), Japón (138), Hawái (61), Filipinas (32), entre otros.

La palabra tsunami es de origen Japonés:

津波

tsu = puerto  
nami = ola

y literalmente significa “olas en el puerto”. A pesar de que este vocablo es japonés, es utilizado internacionalmente para referirse a este peligro.

Figura 4. Tsunamis que dejaron huella alrededor del mundo.

### ¿Cómo se clasifican los tsunamis?

Los tsunamis, de acuerdo a su distancia de origen, se clasifican en dos tipos:

#### a) Tsunamis de origen lejano

Son aquellos tsunamis que se generan en cualquier parte del Océano Pacífico a más de 500 km de distancia de la costa peruana. Por lo tanto, el tiempo de arribo de la primera ola puede ser mayor a 3 horas de ocurrido el evento.

Este tsunami necesita una fuente (sismos, deslizamientos, erupciones volcánicas, impacto de meteoritos) lo suficientemente grande para que las olas se desplacen a enormes distancias. Debido a la magnitud de la fuente, batimetría y curvatura de la Tierra, estos tsunamis pueden generar muchos daños, incluso a grandes distancias.

En la figura 5 se muestra la propagación del tsunami de 1960 ocurrido en Chile. Las olas se propagaron por todo el Océano Pacífico, arribando aproximadamente entre 3 y 5 horas después a Perú, 9 a México, 15 a Hawái y 22 a Japón. A pesar de la gran distancia y el tiempo de propagación, éste tsunami produjo muchos daños y la muerte de 61 personas en Hawái y 122 en Japón (Yauri et al., 2011).

#### b) Tsunamis de Origen Cercano

Son todos aquellos que se generan por sismos de gran magnitud, con epicentro frente o cerca a la costa peruana; es decir, dentro de la zona sismogénica que se extiende desde la fosa Peruana - Chilena hasta el litoral.

Dada la corta distancia de generación de las olas (<150 km de la costa), el tiempo de arribo de la primera ola puede ser entre 15 y 30 minutos de ocurrido el sismo.

Este tipo de tsunami es uno de los más críticos debido al poco tiempo con el que se cuenta para la evaluación y difusión de alertas o alarmas, por lo que, el propio terremoto debe ser considerado como una alerta natural.

En la figura 6 se muestra la propagación del tsunami de origen cercano ocurrido frente a Lima en 1974. Las olas se propagaron por toda la costa peruana arribando al Callao, Cerro Azul y Pisco entre 20 y 25 minutos después de ocurrido el sismo (Yauri et al., 2011).

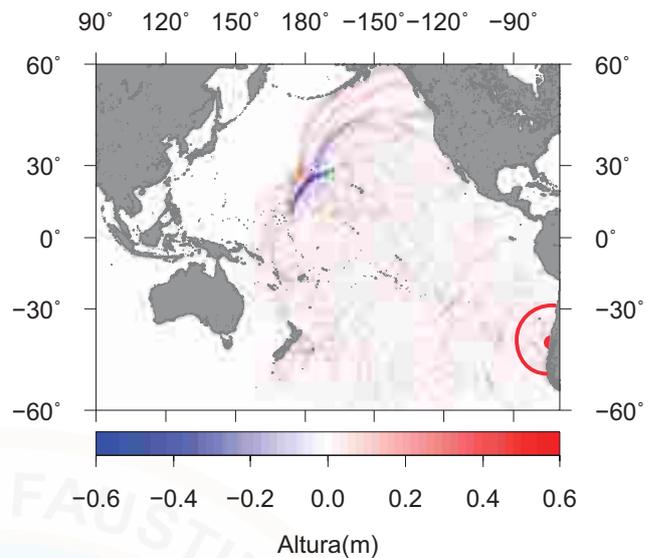


Figura 5. Debido a la magnitud de la fuente, batimetría y curvatura de la Tierra, estos tsunamis pueden generar muchos daños, incluso a grandes distancias.

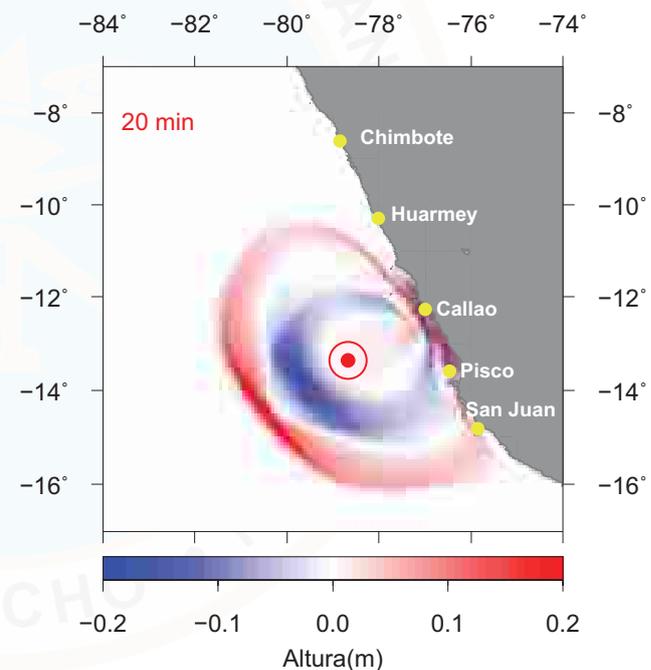


Figura 6. Dada la corta distancia de generación de las olas (<150 km de la costa), el tiempo de arribo de la primera ola puede ser entre 15 y 30 minutos de ocurrido el sismo.

### Características de los tsunamis

#### Longitud de onda y periodo

Los tsunamis se caracterizan por ser olas u ondas muy largas. En la costa, entre cresta y cresta, los tsunamis presentan longitudes de decenas de

kilómetros; mientras que las olas comunes, generadas por el viento, presentan longitudes de algunos metros o decenas de metros. Esto indica que la inundación por cada ola dura entre 10 a 30 minutos, por lo que el peligro de las olas sucesivas con grandes longitudes puede durar muchas horas.

### Considerable altura

La altura de las olas se incrementa al arribar a la costa debido a la disminución de la profundidad del fondo oceánico y por otras características propias de cada zona costera como la topografía. Por esto, la altura de un tsunami puede variar considerablemente de un lugar a otro a pesar de su corta distancia.

Un ejemplo es que en algunas zonas pueden no experimentar daños, mientras que otras muy cercanas pueden ser devastadas por olas grandes. La altura máxima alcanzada por un tsunami en la tierra, con respecto al nivel medio del mar, se denomina run-up.

La experiencia muestra que tsunamis con run-up mayores a 50 cm pueden causar daños considerables. También se debe tomar en cuenta que los tsunamis no necesariamente se presentan con el rompimiento de las olas, si no como grandes mareas con periodos del orden de decenas de minutos versus las 12 horas de la marea normal.

### Velocidad

La velocidad de las olas depende de la profundidad por donde viajan. Por ejemplo, en alta mar presenta velocidades comparadas con un avión

(800 km/h) y cerca de la costa presentan velocidades comparables con la de un atleta profesional (36 km/h).

### Gran energía

Las olas de gran longitud generadas por un tsunami producen el movimiento del mar desde el fondo marino hasta la superficie, ocasionando impacto y extensas inundaciones; mientras que las olas comunes se mueven únicamente en la superficie del mar. Esta energía inicial —en muchos casos— se incrementa debido a los objetos que arrastra a su paso (embarcaciones, árboles, objetos, rocas, arena, etc.), volviéndose el mar mucho más destructivo al regresar a su posición original.

### Impactos

Los tsunamis generan daños porque ocasionan inundación en las viviendas, áreas de cultivo y otros; además, por la erosión que producen las olas en los cimientos de edificios, carreteras, muelles y postes; y/o el impacto que las olas generan sobre las personas y estructuras. Asimismo, pueden generar daños indirectos por incendios debido al rompimiento o colapso de tanques de almacenamiento y tuberías de combustible. Además, los ríos o esteros (extensión pantanosa de gran tamaño que suele llenarse de agua por la lluvia, anegación o por desborde de un río o laguna durante las crecientes o inundación) —por su morfología y/o profundidad— son lugares de fácil acceso para los tsunamis, pudiendo alcanzar kilómetros tierra adentro, lo que incrementaría el peligro en estas zonas.



Figura 7. Características de los tsunamis

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP)