



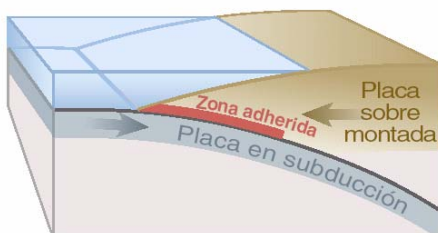
Maremotos o "tsunamis", origen, efectos y mitigación.

Juan Carlos García López-Davalillo

Experto en Riesgos Geológicos, ONGD Geólogos del Mundo.

Un tsunami o maremoto consiste en una serie de olas de gran energía, tamaño y velocidad que se irradian hacia el exterior desde un foco de manera similar a lo que ocurre cuando tiramos una piedra en un estanque. Generalmente son fenómenos inducidos por otros riesgos de origen geológico tales como terremotos, actividad volcánica, deslizamientos submarinos o por derrumbamientos de acantilados costeros. Por tanto, los signos propios del peligro de tsunami son la presencia de fallas activas que generan terremotos bajo la superficie del agua, las inestables a lo largo de acantilados costeros y/o en los taludes submarinos de los deltas de los ríos o de edificios volcánicos.

Los tsunamis más destructivos son aquellos que se generan por la actividad sísmica en las llamadas "zonas de subducción". En nuestro planeta existen grandes áreas con estas características que históricamente han producido terremotos y tsunamis devastadores. Cerca del 80% de los tsunamis tienen lugar en el Océano Pacífico, aunque también han ocurrido eventos significativos en el Caribe, en el Mediterráneo y en las costas de Canadá y de Noruega.



Corte vertical en una zona de subducción

Una "zona de subducción" se produce cuando una de las muchas placas tectónicas que conforman la corteza terrestre, desciende o "subduce" bajo una placa adyacente. Cuando las placas se desplazan repentinamente en un área donde se encontraban encajadas, ocurre un terremoto.

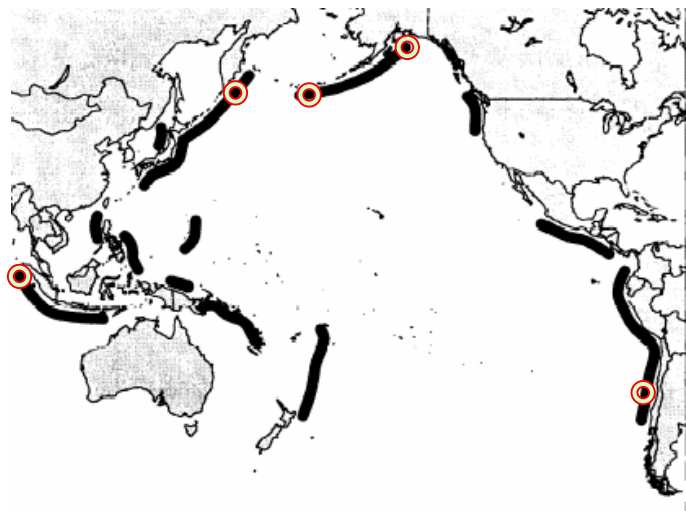


Figura 1.- Zonas de subducción generadoras de tsunamis y su situación en el borde de placas del océano Pacífico. Principales terremotos de subducción desde 1900 (Fuentes: USGS y TISU)

El tsunami del océano Índico ocurrido el 26 de Diciembre de 2004 también tubo su origen en un terremoto originado por la subducción de la placa de La India bajo la placa de Sunda en un segmento de la fosa de Sunda situado frente a la costa norte de Sumatra (Indonesia). La liberación brusca de la energía acumulada por la fricción entre las dos placas produjo un gran terremoto de 9.0 grados de Magnitud Richter. Desde 1900, solo ha han ocurrido 4 terremotos de magnitud semejantemente: en 1952 en Kamchatka con magnitud 9.0, en 1957 en las Islas de Andreanof, Alaska con magnitud 9.1, en 1960 en Chile con magnitud 9.5 y en 1964 en Prince William Sound, Alaska con magnitud 9.2. Estaban todos estos terremotos fueron de subducción y generaron tsunamis destructivos, aunque las muertes y los daños ocasionados por el tsunami de diciembre han excedido con creces a los causados por los tsunamis asociados a los terremotos anteriores.

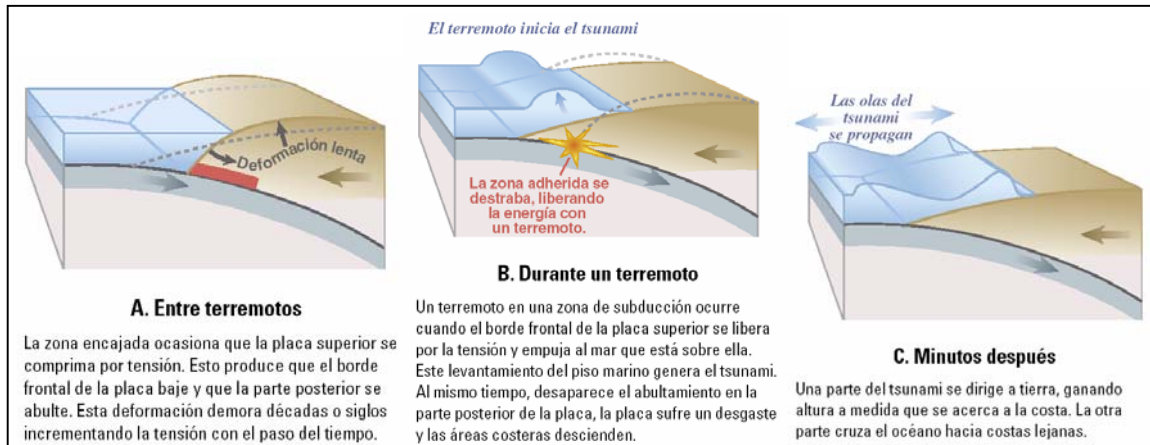


Figura 2.-Esquema de generación de tsunamis en zonas de subducción de placas. (Fuente: USGS)

Las olas así generadas pueden alcanzar longitudes de onda de hasta 100 Km y periodos de una hora. Como resultado de su longitud de onda larga, los tsunamis se comportan como ondas superficiales. Una onda se convierte en una ola de bajo fondo cuando el cociente entre la profundidad del agua y su longitud de onda es muy pequeño. Las ondas superficiales se mueven a una velocidad igual a la raíz cuadrada del producto de la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2) y de la profundidad del agua. Esto implica que en el Océano Pacífico, donde la profundidad media del agua es de unos 4.000 m, un tsunami viajaría a 200 m/s, unos 700 km/hr. Debido a que la relación por la cual una onda pierde su energía se relaciona inversamente con su longitud de onda, los tsunamis no solo se propagan a altas velocidades, sino que viajan a grandes distancias, transoceánicas con poca pérdida de energía.

El tren de ondas de un tsunami puede llegar a la orilla durante un largo periodo del tiempo. La segunda ola seguirá a la primera en un intervalo que puede ir desde pocos minutos hasta una hora a más tarde; y la primera ola puede que no sea la mayor. Las alturas alcanzadas por las olas en la costa dependen de varios factores: de la cantidad de energía liberada en el foco, de la distancia recorrida, de la morfología del fondo marino somero, de la orientación y morfología de la línea costa, del estado de la marea, etc.

El término tsunami es una palabra japonesa que significa "ola grande en el puerto". Los japoneses observaron que tales ondas tienden a ser especialmente grandes y peligrosas después de que entran en los puertos. Sin embargo, también aumentan su altura cuando se mueven sobre fondos someros, momentos antes de romper en playas abiertas o de alcanzar las entradas de las bahías. Después inundan todas las áreas bajas que se encuentran cerca de la orilla. A menudo, en la costa se produce una retirada del agua que precede a la primera cresta de la ola.

Las mareas también afectan mucho los efectos de los tsunamis, sobre todo en la desembocadura de los ríos. Durante alta marea, un tsunami podría viajar encima del río alcanzando grandes distancias.

Estas olas son difíciles de detectar por su longitud, profundidad y velocidad. La amenaza de los tsunamis es crítica para las islas que dependen del turismo costero y para países que se encuentran bajo el nivel del mar.



Tsunamis históricos

Las referencias a estas olas aparecen en tiempos tan lejanos como el de la antigua Grecia y Roma, incluyendo una marejada que azotó al mar Mediterráneo oriental el 21 de julio del 365 y mató a miles de residentes de Alejandría, en Egipto.

Los 10 tsunamis históricos registrados con mayor número de víctimas son:

Año/Mes/Día			Lat	Long	Ms	Int	Alt	Muertos	C	Región
2004	12	26	3.3	95.9	9	4	30	240000*	T	Sumatra, Indonesia
1782	5	22	24	121	7	3	10	40000	TD	Taiwan Is., S. CHINA SEA
1883	8	27	-6.1	105.4		4.5	35	36000	VM	INDONESIA: explosión del Krakatoa
1707	10	28	32	134.5	8.1	4	25.7	30000	T	Nankaido, Japón
1896	6	15	39.6	144.2	7.4	3.8	38.2	27122	T	Sanriku, Japón
1498	9	20	34	138.1	8.3	4	10	26000	T	Enshunada, Japón
1293	5	27	35.2	139.4	7.1			23024	T	Kamakura, Sagami Bay, Japón
1741	8	29	41.6	139.4	6.9	2.5	15	15000	VD	W.Oshima, W.Hokkaido, Japón
1917	1	21	-8	115.4	6.5			15000	T	Bali Island, Indonesia
1771	4	24	24	124.3	7.4	5	85.4	13486	TD	Ishigaki Is., Archip. Ryukyu

Ms = Magnitud ondas superficiales

Int = Intensidad del Tsunami en la escala Sloviev

Alt = Altura máxima de la ola en metros

C = Causa: **T** Tectónica **D** Deslizamiento **V** Volcánico **M** Meteorológico

* Aún por confirmar

Fuente: Historical Tsunami Database for the Pacific (HTDB/PAC) Novosibirsk Tsunami Laboratory (NTL).

Otros registros históricos de maremotos catastróficos son:

El 17 de julio de 1998: un terremoto provoca una marejada que azota la costa norte de *Papua-Nueva Guinea*, matando a unas 2.000 personas y dejando a otras miles desamparadas.

El 17 de febrero de 1996 un tsunami causa 110 víctimas en *Irian Java, Indonesia*.

El 3 de Junio de 1994 se produce un terremoto en *Java, Indonesia* cuyo tsunami mata a 223 personas.

El 12 de Julio de 1993 terremoto en la isla *Okushiki, Japón*. Se contabilizan 239 muertos por tsunami.

El 2 de septiembre de 1992, un terremoto de magnitud 7,2 en la costa occidental de *Nicaragua* generó olas de más de 10 metros de altura, dejando a su paso 170 muertos y más de 40.000 damnificados. (Fuente: NOAA, U.S. Geographical Data Center).

El 12 de diciembre de 1992, un terremoto en las *Islas Flores, Indonesia* causa un tsunami que acaba con la vida de 1690 personas.



El 18 de julio de 1979 en *Indonesia* un tsunami acaba con la vida de 540 personas.

El 12 de diciembre 1979, en *Tumaco, Colombia.*, un tsunami asoló la costa colombiana del Pacífico y destruyó el 80% de la importante terminal marítimo-industrial y pesquera de Tumaco matando a 500 personas. La vulnerabilidad de la zona era conocida, dado que en 1906 esta ciudad había sido totalmente destruida por uno de los tsunamis más fuertes ocurridos en ese siglo. (Fuente: DAH/Ginebra).

16 de agosto de 1976, un tsunami mata a más de 5.000 personas en la región del *Golfo Moro de las Filipinas*.

En octubre de 1966 en *Callao, Perú*, se produjo un sismo de 6,3 grados en la escala de Richter frente a la costa central del Perú, seguido por un tsunami que impactó el puerto del Callao, con olas que alcanzaron una altura de 3,4 metros de altura. Ya en 1746 el puerto y ciudad del Callao habían sido destruidos por un terremoto de gran magnitud, probablemente 8,5 grados en la escala de Richter, que también fue seguido por un maremoto que arrasó a la población, al que sobrevivieron únicamente 200 de los 5.000 habitantes. En esa ocasión el mar penetró 1,5 kilómetros tierra adentro, arrastrando varias naves ancladas en el puerto. La vecina ciudad de Lima sufrió la destrucción de un 80% de sus edificaciones. (Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil, Perú, 1994)

28 de marzo de 1964: un terremoto de Viernes Santo en *Alaska* causa una marejada que llega a la mayor parte de la costa de Alaska y destruye tres poblaciones. La oleada mata a 107 personas en Alaska, 4 en Oregón y 11 en California

En 1692, 3.000 personas murieron debido al terremoto y al tsunami en *Port Royal, Jamaica*.

22 de mayo de 1960: una oleada de 11 metros de altura mata a más de 1.000 personas en *Chile* y causa daños en *Hawai*, donde fallecen 61 personas, y en las *Filipinas*, *Okinawa* y *Japón*. En Chile dos terremotos y un maremoto que asolaron 13 de las 25 provincias del país, dejaron una profunda huella en la población y deterioraron seriamente la economía. En pocos minutos se perdieron cientos de vidas, las viviendas fueron arrasadas, reventaron cañerías de agua potable y gas, se interrumpieron las comunicaciones, se destruyeron industrias, se inutilizaron los caminos las vías férreas y se arruinaron la agricultura y la ganadería. En algunas áreas la topografía cambió, parte del litoral se hundió en el mar, aparecieron nuevas islas y otras fueron barridas por la inmensa ola. Tres derrumbes obstruyeron el embalse natural del lago *Riñihue*, provocando una avalancha que arrasó los pequeños pueblos a lo largo del cauce del río *San Pedro* y las tierras bajas de *Valdivia*. Fuente: R. Urrutia y C. Lazcano, 1993.

1 de abril de 1946: un terremoto en *Alaska* provoca un tsunami que destruye el Faro de *Cabo Norte*, matando a cinco personas. Horas más tarde la marejada llega a *Hilo, Hawai*, matando a 159 personas y causando daños de millones de dólares.

7 septiembre de 1918 en *Islas Kuriles Rusia*, 47 muertos.



31 de enero de 1906: un terremoto devastador sumerge parte de *Tumaco, Colombia*, y destruye todas las casas de la costa entre Rioverde, Ecuador, y Micay, Colombia. Se estiman entre 500 y 1.500 los fallecidos.

15 de junio de 1896: el tsunami *Sanriku* azota a *Japón*. Una oleada de más de 23 metros de altura alcanza a una multitud reunida para celebrar un festival religioso, matando a más de 26.000 personas.

27 de agosto de 1883: la erupción del volcán Krakatoa genera una marejada que llega a las costas de la cercana Java y Sumatra, matando a 36.000 personas.

13 Agosto 1868 un terremoto con tsunami provocan cerca de 25.000 muertos en Chile

1 de noviembre de 1755: el gran terremoto de *Lisboa* genera una ola de hasta seis metros de altura que golpea a la costa de Portugal, España y Marruecos. Hay decenas de miles de muertos.

A la luz de esta información cabe destacar que el tsunami del 26 de diciembre ha sido el más catastrófico de la historia. A día 5 de Febrero de 2005, se estiman 288.000 muertos, 40.000 desaparecidos y más de un millón y medio de personas desplazadas en 14 países.



País	Muertes confirm.	Muertes estim.	Desaparecidos
Indonesia	173.981	172.565	6.000
Sri Lanka	38.195	38.195	23.000+
India	10.744	16.413	5.699
Tailandia	5.305	11.000	4.499
Somalia	150+	298	sin datos
Myanmar	59	2500	7.000
Malasia	68-74	74	sin datos
Maldivas	82	108	26
Seychelles	1-3	3	sin datos
Tanzania	10	10+	sin datos
Bangladesh	2	2	sin datos
Sur Africa	2	2	sin datos
Kenya	1	2	sin datos
Yemen	1	1	sin datos
Totales	228.608 +	288.608+	40.000+

Figura 3.- Localización del terremoto y efectos del tsunami del Océano Índico del 26 de diciembre de 2004. (Fuente: Wikipedia, 9:20pm ET, 2 Febrero '05)

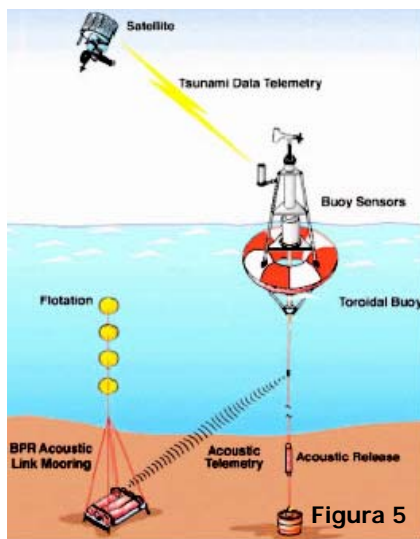


La identificación del riesgo de tsunami

En riesgo frente a tsunamis están las personas y las propiedades que se encuentran en las playas, en las áreas tendidas de poca elevación con salida al mar, en llanuras de marea, o en lugares cercanos a las desembocaduras de ríos.

Los lugares situados al nivel del mar pueden quedar aislados. Los materiales arrastrados y restos flotantes suelen ser infraestructuras costeras, barcos, o las casas y almacenes del litoral. En muchos casos el daño ocasionado en los barcos es el resultado del impacto con el fondo en las zonas de amarre a cuando el agua se retira bruscamente. Los rompeolas y los embarcaderos se derrumban, a veces debido al impacto de ondas. Las vías del ferrocarril y los tanques gas, el aceite, fuel y otros materiales peligrosos situados cerca de la costa son particularmente vulnerables y podían dar lugar a vertidos contaminantes. Este tipo de escapes también se da en el agua por los barcos dañados. Esto podría conducir al daño ambiental a largo plazo. Pueden producirse incendios debido al daño en embarcaciones o instalaciones industriales. Las instalaciones portuarias, las flotas pesqueras, y los servicios turísticos son con frecuencia la espina dorsal de la economías de las áreas afectadas. Hasta que es los escombros son retirados, los embarcaderos reconstruidos, las utilidades restauradas, y las flotas pesqueras reconstituidas, comunidades pueden encontrarse sin combustible, alimento, y el empleo. Dondequiera que el transporte de agua o de las fuentes de recursos vitales sea interrumpido, los efectos secundarios pueden ir más allá de efectos meramente económicos.

La mitigación



Los Tsunamis generados por terremotos no se pueden prevenir actualmente. Esto ocurre también con muchos de los tsunamis generados por desprendimientos de acantilados y deslizamientos submarinos, aunque estos tipos de tsunamis a veces se desencadenan por actividades humanas controlables. Tras la ocurrencia del sismo el tsunami viajará por el océano y puede ser detectado mediante sondas de presión en el fondo del mar (**Figura 5**). Una vez detectados origen dimensiones y velocidad, pueden darse alarmas de evacuación en las costas. Estas alarmas han de ser bien gestionadas eficazmente tanto por las administraciones de los países como por la población residente en áreas costeras. Actualmente existe un sistema de alerta de tsunamis en el Pacífico el TWSP.

En la tercera reunión de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), en junio de 1964, la Comisión pidió a la Secretaría de la COI que tomara las disposiciones necesarias para convocar una reunión, de preferencia en Honolulu, a principios de 1965, para examinar los aspectos internacionales del Sistema de Alerta contra los Tsunamis, a fin de garantizar la mejor cooperación internacional posible en todas las fases del Sistema de Alerta contra los Tsunamis, esto es: estaciones sismológicas y mareográficas, comunicaciones interiores e internacionales y emisión y comunicación de las alertas. Un grupo de trabajo sobre los Aspectos Internacionales del Sistema de Alerta contra los



Tsunamis en el Pacífico (TWSP) se reunió en abril de 1965 en Honolulu. El grupo debatió sobre la Resolución III.8 de la COI, sus posibles repercusiones positivas para los Estados Miembros y las medidas requeridas para proporcionar, a escala internacional, alertas oportunas contra los tsunamis. En consecuencia, se constituyó el Grupo Internacional de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico (GICDTSU, o ITSU), compuesto por Estados Miembros de la región del Pacífico. Su objetivo es recomendar y coordinar programas muy provechosos para los países pertenecientes a la COI cuyas zonas costeras están amenazadas por los tsunamis. Para lograr sus objetivos y asegurar el éxito del proyecto de sistema internacional de alerta contra los tsunamis, el ITSU se reúne aproximadamente cada dos años. Su configuración actual se presenta en el esquema siguiente:



Lamentablemente, aunque Indonesia y Tailandia forman parte del ITSU, actualmente no existe un sistema de detección de tsunamis en el Océano Índico y por otro lado tampoco existen planes de protección civil frente a tsunamis implementados en los países recientemente afectados. Estas, junto con la alta ocupación de las costas, pueden ser las claves de la tragedia humanitaria.



En conclusión, los esfuerzos de la mitigación se deben de concentrar en forma de gestión y ordenación de los usos del suelo a lo largo del litoral amenazado (los mapas de riesgo son un instrumento indispensable), fomentando el desarrollo de planes estatales, autonómicos y locales para la preparación y educación de la población ante los peligros de vivir en la costa. Para ello es necesario consolidar una interacción de los sectores científico, político y comunitario a fin de ejecutar las medidas correctivas.

Figura 5. Mapa de peligrosidad de riesgo de Tsunami en las costas de Honolulu. Fuente: Gerard J. Fryer, University of Hawaii, Manoa. Open Report NASA NAG5-8745.



Que hacer en caso de Tsunami

En entrevistas realizadas algunas décadas después, supervivientes en Chile, Hawai y Japón recuerdan el tsunami generado por el terremoto de magnitud 9.5 que estremeció a Chile en 1960. Sus historias contienen **lecciones de supervivencia ante un tsunami** (Fuente: Sobreviviendo a un tsunami: lecciones de Chile, Hawai y Japón—U.S. Geological Survey, Circular 1218):

- **Muchos sobrevivirán al terremoto**

En áreas costeras, cercanas a zonas de subducción, incluso el mayor terremoto podría matar menos personas que el tsunami que viene después.

- **Preste atención a los avisos de la naturaleza**

Un terremoto, así como cambios bruscos en el nivel de las aguas costeras podrían servir como avisos de que un tsunami se aproxima.

- **Preste atención a los avisos oficiales**

Si se publica una advertencia de Tsunami, NUNCA vaya hacia la playa a mirar la ola venir; usted no vivirá para contarlo. Es conveniente escuchar una radio portátil para saber cuando volver a casa con seguridad. Permanezca atento a la radio local y a las cadenas de TV. Asegúrese, aun si los avisos parecieran ambiguos o usted piense que el peligro ha pasado. No vuelva a las costas bajo ningún concepto hasta que la amenaza del tsunami ha pasado y todo se anuncie claramente.

- **Se generarán muchas olas**

Recuerde también que un tsunami es una serie de olas. A menudo la primera onda puede ser la menos peligrosa. Las olas pueden hacerse cada vez peores

- **Diríjase a un sitio alto y permanezca allí**

Si usted está en un área peligrosa, abandónela inmediatamente cerrando el agua, el gas, y a la electricidad y valla rápidamente a un lugar elevado.

- **Abandone sus pertenencias**

Recuerde, una vez que se publique una advertencia de Tsunami, podría ser una cuestión de minutos, o quizá de segundos, antes del impacto de las olas.

- **No cuente con vías transitables**

Cuando esté huyendo de un tsunami generado por un terremoto cercano, podría encontrar los caminos averiados o bloqueados.

- **Suba a un piso superior o techo de una edificación**

Sólo si se encontrara atrapado o incapacitado de dirigirse a un sector alto, suba a un nivel superior o al techo de una edificación firme.

- **Suba a un árbol**

Como último recurso, si se encontrara atrapado en un sector bajo, suba a un árbol resistente.

- **Suba a algo que flote**

Si lo alcanzara un tsunami, busque algo para usar como balsa.

- **Las olas dejarán diferentes tipos de desechos**

Un tsunami puede dejar tras de él arena, restos de casas y cuerpos humanos.

Después de un tsunami haya golpeado, antes de ingerir agua o cualquier tipo de alimento y se deben comprobar que no está contaminado. Además, se deben inspeccionar todos los edificios para saber si hay escapes del gas y cortocircuitos eléctricos antes de que cualquier persona entre.

- **El sismo hará bajar las áreas costeras**



Un gran terremoto puede hacer que los sectores costeros bajen su nivel, lo cual permitiría que las mareas los inunden.

• **Espere compañía**

Albergue a sus vecinos afectados. Administre los primeros auxilios solamente si usted sabe como hacerlo.

Información adicional

- [NOOA Programa de investigación de tsunamis](#)
- [USGS. Tsunamis y terremotos en el Pacífico](#)
- [Universidad del sur de California](#)
- [Agencia federal norteamericana para la gestión de emergencias \(FEMA\)](#)
- [Observatorio de la NASA](#)
- <http://www.prh.noaa.gov/ptwc/bulletins.htm>
- [Base de datos de Tsunamis. Laboratorio de tsunamis de Novosibirsk](#)
- [Wikipedia.2004. Terremoto del océano Indico](#)
- [Centro de alerta de tsunamis de la costa oeste de AlasKa](#)
- [Universidad de Washington](#)
- [Museo del Tsunami en el Pacifico](#)
- [Mas enlaces](#)