Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

Comisión Oceanográfica Intergubernamental

GLOSARIO DE TSUNAMIS

2013

Colección Técnica 85

Comisión Oceanográfica Intergubernamental

GLOSARIO DE TSUNAMIS

2013

Colección Técnica 85

UNESCO

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la presentación de los materiales que contiene no suponen, de parte de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), opinión alguna sobre la condición jurídica de los países y territorios o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

Con fines bibliográficos, este documento debe ser citado como sigue:

Comisión Oceanográfica Intergubernamental. Glosario de tsunamis. Colección Técnica de la COI Nº 85 rev. París, UNESCO, 2013. (Español/francés/inglés/árabe) (IOC/2008/TS/85 rev.)

Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
7 Place de Fontenoy, 75 352 París 07 SP, Francia

Impreso por la COI/UNESCO-Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)
Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis (ITIC),
737 Bishop St., Ste. 2200, Honolulú (Hawái) 96813, EE.UU.

ÍNDICE

1. Clasificación de los tsunamis 4

2. Términos generales relativos a los tsunamis 12

3. Estudios y mediciones 21

4. Marea, mareógrafos y nivel del mar 27

5. Acrónimos utilizados por los sistemas de alerta contra los tsunamis y las organizaciones asociadas 32

6. Bibliografía 42

7. Libros de texto para profesores y estudiantes 45

8. Índice analítico 45

Tsunami de las islas Aleutianas del 1 de abril de 1946 en el momento de azotar Hilo (Hawái). Fotografía por cortesía de los Archivos del Museo Bishop.

1. CLASIFICACIÓN DE LOS TSUNAMIS

Características del fenómeno

Un tsunami se desplaza fuera de su región de origen como una serie de ondas. Su velocidad depende de la profundidad del agua, y por consiguiente, las ondas sufren aceleraciones o desaceleraciones al pasar por las diferentes profundidades del océano. Este proceso cambia la dirección de propagación de la onda, la energía de la cual se puede concentrar o dispersar. En el océano profundo, las olas del tsunami viajan a velocidades de 500 a 1 000 kilómetros por hora. Sin embargo, cerca de la orilla disminuyen su velocidad a unas decenas de kilómetros por hora. La altura de las olas de un tsunami también depende de la profundidad del agua. Un tsunami que sólo tiene un metro de altura en el océano profundo puede crecer a decenas de metros en la costa. Contrariamente a las olas del océano causadas por el viento que son sólo una perturbación de la superficie del mar, la energía de las olas de tsunami se extiende hasta el fondo del océano. Cerca de la costa, esta energía se concentra en dirección vertical al reducirse la profundidad del agua, y en dirección horizontal al reducirse la longitud de onda debido a la aminoración de velocidad.

Los tsunamis tienen períodos (el tiempo de un ciclo de onda) que van de unos minutos a una hora, aunque en casos excepcionales pueden ser más largos. En la orilla, un tsunami puede presentarse de diferentes maneras dependiendo del tamaño y período de las ondas, de la batimetría cercana a la costa y de la forma del litoral, del estado de la marea, o de otros factores. En algunos casos, un tsunami que se aproxima a la costa de forma similar a una rápida marea creciente puede inducir sólo una inundación relativamente benigna de las áreas costeras bajas. En otros casos, puede llegar a la costa en forma de una pared vertical de agua turbulenta con desechos que pueden ser muy destructivos. Además, en la mayoría de los casos, una disminución del nivel del mar precede a las crestas de las ondas del tsunami lo que ocasiona que la línea de agua costera retroceda un kilómetro o más. Tsunamis de pequeña altura también pueden ir acompañados de fuertes e inusuales corrientes marinas. La destrucción y los daños provocados por un tsunami son el resultado directo de tres factores: inundación, impacto de las ondas en las estructuras y erosión. Cuando las personas se encuentran atrapadas en las turbulentas olas de un tsunami llenas de desechos pueden perecer al ahogarse, al recibir un impacto físico o al ser víctimas de algún tipo de traumatismo. Fuertes corrientes de agua inducidas por tsunamis han llevado a la erosión de cimientos y al derrumbe de puentes y diques. La flotación y las fuerzas de arrastre han movido casas y volcado vagones. Las fuerzas asociadas a las olas del tsunami han demolido edificios y otras estructuras. Los desechos flotantes también pueden causar daños considerables, entre los que se pueden encontrar barcos y automóviles que se tornan en peligrosos

proyectiles al chocar contra diferentes estructuras. Barcos e instalaciones en los puertos han sido dañados incluso por la acción de ondas de tsunamis débiles. Los incendios, resultado del derrame de aceite o de combustible de barcos destrozados que se encuentran anclados en el puerto, de estanques de petróleo rotos o refinerías deterioradas, pueden causar daños mayores que los infligidos directamente por el tsunami. Otro daño secundario puede sobrevenir como resultado de la contaminación química y por aguas residuales. Los daños a instalaciones de carga, descarga y almacenamiento también pueden presentar problemas de seguridad. Existe una creciente preocupación sobre el efecto potencial del tsunami cuando el retroceso de las aguas descubre las tomas de agua de refrigeración de las plantas nucleares.

Maremoto

Término español que designa un tsunami.

Daños causados por el tsunami en Chile, 22 de mayo de 1960. Fotografía por cortesía de la Ilustre Municipalidad de Maullín (Circular 1187 USGS).

Microtsunami

Tsunami de amplitud tan pequeña que debe ser observado instrumentalmente; no se puede detectar fácilmente de manera visual.

Paleotsunami

Tsunami que ha ocurrido antes de la existencia de un registro histórico o para el cual no existen observaciones escritas. Recientemente, en algunas regiones de alrededor del Pacífico se han efectuado investigaciones sobre paleotsunamis. Estos trabajos se basan principalmente en la identificación, recolección y datación de los depósitos de tsunamis encontrados en áreas costeras y su correlación con sedimentos similares encontrados en áreas locales, regionales o en cuencas oceánicas. Por un lado, la investigación ha conllevado una nueva preocupación por la posible ocurrencia en un futuro de grandes terremotos y tsunamis a lo largo de la costa noroeste de América del Norte. Por el otro, la investigación ha servido para ampliar el registro histórico de tsunamis en la región Kuril-Kamchatka. Con la continuación del trabajo en este campo se espera obtener una cantidad significante de nueva información sobre antiguos tsunamis que servirá para la evaluación de dicha amenaza.

Sedimentos de tsunami

Sedimentos depositados por un tsunami. El descubrimiento de depósitos de sedimentos de un tsunami en las capas estratigráficas de la tierra proporcionan información sobre la frecuencia de tsunamis históricos y paleotsunamis. El hallazgo de depósitos con fechas similares en distintos lugares, a veces a través de cuencas oceánicas y lejos del origen del tsunami, pueden utilizarse para trazar mapas e inferir la distribución de una inundación y el impacto de un tsunami.

Capas de sedimento depositado por sucesivas ondas generadas por el tsunami ocurrido el 26 de diciembre de 2004 en el océano Índico, observadas en Banda Aceh (Indonesia). Fotografía por cortesía de Yuichi Nishimura, Universidad de Hokkaido (Japón).

Sismo-tsunami o sismo tsunamigénico

Terremoto que produce un tsunami extraordinariamente grande en relación con la magnitud del sismo (Kanamori, 1972). Este tipo de tsunami se caracteriza por largos períodos de ruptura para la magnitud del sismo, dislocación de la parte más superficial del límite de placa y desprendimiento de gran energía a baja frecuencia. También hay terremotos lentos en los que el desplazamiento a lo largo de las fallas ocurre más despacio de lo que ocurriría en terremotos normales. Los últimos eventos de este tipo tuvieron lugar en 1992 en Nicaragua, en 1994 y 2006 en Java (Indonesia), en 1996 en Chimbote (Perú) y en 2010 en Mentawai.

Teletsunami
o tsunami generado a distancia
o tsunami de campo lejano

Tsunami originado por una fuente distante, generalmente a más de 1.000 kilómetros o a más de 3 horas de tiempo de viaje de las ondas de tsunami desde su origen.

Este tipo de tsunamis son menos frecuentes que los tsunamis regionales pero más peligrosos que estos últimos. Normalmente, empiezan como un tsunami local que causa gran destrucción cerca de la fuente. Sus ondas siguen viajando por toda la cuenca del océano con energía suficiente para causar más víctimas y destrucción en costas ubicadas a más de 1.000 kilómetros de la fuente.

En los últimos 200 años se han producido al menos 28 tsunamis destructivos de este tipo, y 14 de ellos han causado víctimas a más de 1.000 kilómetros de la fuente.

El tsunami transoceánico más destructivo de la historia reciente fue generado por un potente terremoto frente a la costa de Chile el 22 de mayo de 1960. Todos los pueblos chilenos costeros situados entre los paralelos 36º y 44º fueron destruidos o fuertemente dañados por la acción del tsunami y del sismo.

La acción conjunta del tsunami y el terremoto se cobró 2.000 vidas humanas, causando a su vez 3.000 heridos y 2 millones de damnificados, además de 550 millones de dólares estadounidenses en daños materiales. En el pueblo costero de Corral (Chile), las alturas de las ondas fueron estimadas en 20 metros. El tsunami causó 61 muertes en Hawái, 20 en Filipinas y 139 en Japón. Los daños fueron estimados en 50 millones de dólares en Japón, 24 millones de dólares en Hawái y de varios millones de dólares en la costa oeste de los Estados Unidos y Canadá. La altura de las ondas distantes varió de ligeras oscilaciones en algunas áreas a olas de 12 metros (40 pies) en las islas Pitcairn, 11 metros (37 pies) en Hilo (Hawái), y 6 metros (20 pies) en algunos lugares de Japón.

El tsunami del 26 de diciembre de 2004 destruyó la ciudad cercana a Banda Aceh (Indonesia) dejando sólo unas pocas estructuras en pie. Fotografía por cortesía de Yuichi Nishimura, Universidad de Hokkaido (Japón).

La peor catástrofe de la historia ocasionada por un tsunami ocurrió en el océano Índico el 26 de diciembre de 2004, cuando un terremoto de magnitud 9,3 con epicentro mar adentro de la costa noroeste de Sumatra (Indonesia) generó un tsunami transoceánico que azotó por el este Tailandia y Malasia, y por el oeste Sri Lanka, la India, las islas Maldivas y África.

Alrededor de 228.000 personas perdieron la vida y más de un millón tuvieron que abandonar su lugar de residencia, perdiendo casas, propiedades y bienes. La magnitud de la destrucción y de las muertes provocó una respuesta inmediata de los líderes mundiales, lo que condujo al desarrollo del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Océano Índico en 2005. El evento también aumentó la conciencia global sobre los peligros vinculados a los tsunamis y se establecieron nuevos sistemas de alerta contra los tsunamis y la mitigación de sus efectos en el Caribe, el Mediterráneo y el Atlántico.

Tsunamis que causaron muertes a más de 1.000 km de la fuente						
Fecha				Nº estimado de muertos o desaparecidos		
Día	Mes	Año	Ubicación del terremoto	Locales y regionales	Lejanos	Localidades distantes con víctimas
7	11	1837	Sur de Chile	0	16	Hawái (EE.UU.)
13	8	1868	Norte de Chile***	* 25 000	7	Nueva Zelanda, sur de Chile
10	5	1877	Norte de Chile	Cientos	Miles	Isla de Fiji, Japón, Perú, Hawái (EE.UU.)
27	8	1883	Krakatoa (Indonesia)	36 000	1	Sri Lanka
15	1	1899	Papúa-Nueva Guinea	0	Cientos	Islas Carolinas, islas Salomón
9	8	1901	Islas de la lealtad (Nueva Caledonia)	0	Varios	Isla Santa Cruz
3	2	1923	Kamchatka (Rusia)	2	1	Hawái (EEUU)
27	11	1945	Costa de Makrán (Pakistán)	* 4 000	Algunos	India
1	4	1946	Islas Unimak (Alaska, EE.UU.)	5	159	California y Hawái (EE.UU.)
22	5	1960	Centro de Chile	1 000	222	Japón, Filipinas, California y Hawái (EE.UU.)
28	3	1964	Prince William Sound (Alaska, EE.UU.)	106	18	California y Oregón (EE.UU.)
26	12	2004	Banda Aceh (Indonesia)****	* 175 827	52 071	Bangladés, India, Kenia, islas Maldivas, Myanmar, Seychelles, Somalia, África del Sur, Sri Lanka, Tanzania, Yemen
28	3	2005	Sumatra (Indonesia)	0	10	Sri Lanka (muertes durante la evacuación)
11	3	2011	Tohoku (Japón)****	* 18 715	2	Indonesia, California (EE.UU.)

* Puede incluir víctimas por el terremoto ** Muertes locales y regionales en Chile y Perú *** Muertes locales y regionales en Indonesia, Malasia y Tailandia **** Muertes locales y regionales en Japón

Tsunami

Destrucción en los muelles de Hilo (Hawái) ocasionada por el tsunami transpacífico generado mar adentro de la isla de Unimak (islas Aleutianas, EE.UU.) el 1 de abril de 1946.

Término japonés que significa ola ("nami") en puerto ("tsu"). Serie de ondas de longitud y período sumamente largos, normalmente generados por perturbaciones asociadas con terremotos que ocurren bajo el fondo oceánico o cerca de él. También llamado ola sísmica y, de manera incorrecta, ola de marea. Asimismo, las erupciones volcánicas, los deslizamientos de tierra submarinos, los derrumbes costeros de montañas, y el impacto en el mar de un meteorito de gran tamaño, también pueden dar origen a la generación de un tsunami. Estas ondas pueden alcanzar grandes dimensiones y viajar por toda la cuenca oceánica perdiendo poca energía. Se propagan como olas de gravedad normales con un periodo típico de entre 10 a 60 minutos. Al acercarse a aguas someras, las ondas de tsunami se amplifican y aumentan en altura, inundando áreas bajas; y donde la topografía submarina local provoca amplificación extrema de las olas, éstas pueden romper y causar daños importantes. Los tsunamis no guardan relación con las mareas.

Tsunami generado por el sismo del 26 de mayo de 1983 en el mar de Japón aproximándose a la isla de Okushiri. Fotografía por cortesía de la Universidad de Tokai (Japón).

Tsunami histórico

Tsunami documentado a través de un testigo ocular o de una observación instrumental en un registro histórico.

Tsunami local

Tsunami proveniente de una fuente cercana con efectos destructivos en costas situadas a una distancia inferior a 100 kilómetros del origen o a menos de una hora de viaje de la onda del tsunami. Normalmente, este tipo de tsunamis son generados por terremotos, sin embargo, a veces pueden originarse por deslizamiento de tierras o flujos piroclásticos provenientes de una erupción volcánica. Este tipo de tsunamis han sido los causantes de un 90% de muertes.

Durante el tsunami de Japón del 11 de marzo de 2011, olas con una profundidad superior a los 10 m alcanzaron una velocidad de 6 m por segundo derribando y arrastrando edificios de tres plantas a casi 50 m de distancia. Onagawa (Japón). Fotografía por cortesía del ITIC.

Tsunami meteorológico (meteotsunami)

Fenómeno con características de tsunami generado por perturbaciones meteorológicas o atmosféricas. Estas ondas pueden ser producidas por ondas atmosféricas de gravedad, bruscas variaciones de presión, sistemas frontales, rachas de viento, tifones, huracanes... Las ondas de los meteotsunamis tienen la misma escala temporal y espacial que las ondas de tsunami y pueden ser igualmente devastadoras en las áreas costeras, especialmente en bahías y calas en las que se produce fuerte amplificación y tienen propiedades de resonancia bien definidas (por ejemplo: la cala de la Ciutadella en las islas Baleares, la bahía de Nagasaki en Japón, el puerto de Longkou en China y las bahías de Vela Luka Stari Grad y Mali Ston en Croacia). Este fenómeno también se conoce como rissaga.

Tsunami regional

Tsunami capaz de causar destrucción en una región geográfica en concreto, normalmente situada a 1.000 kilómetros como máximo de su fuente, o en zonas situadas de 1 a 3 horas de tiempo de viaje de las ondas del tsunami. Ocasionalmente, los tsunamis regionales también tienen efectos muy limitados y localizados en zonas fuera de la región.

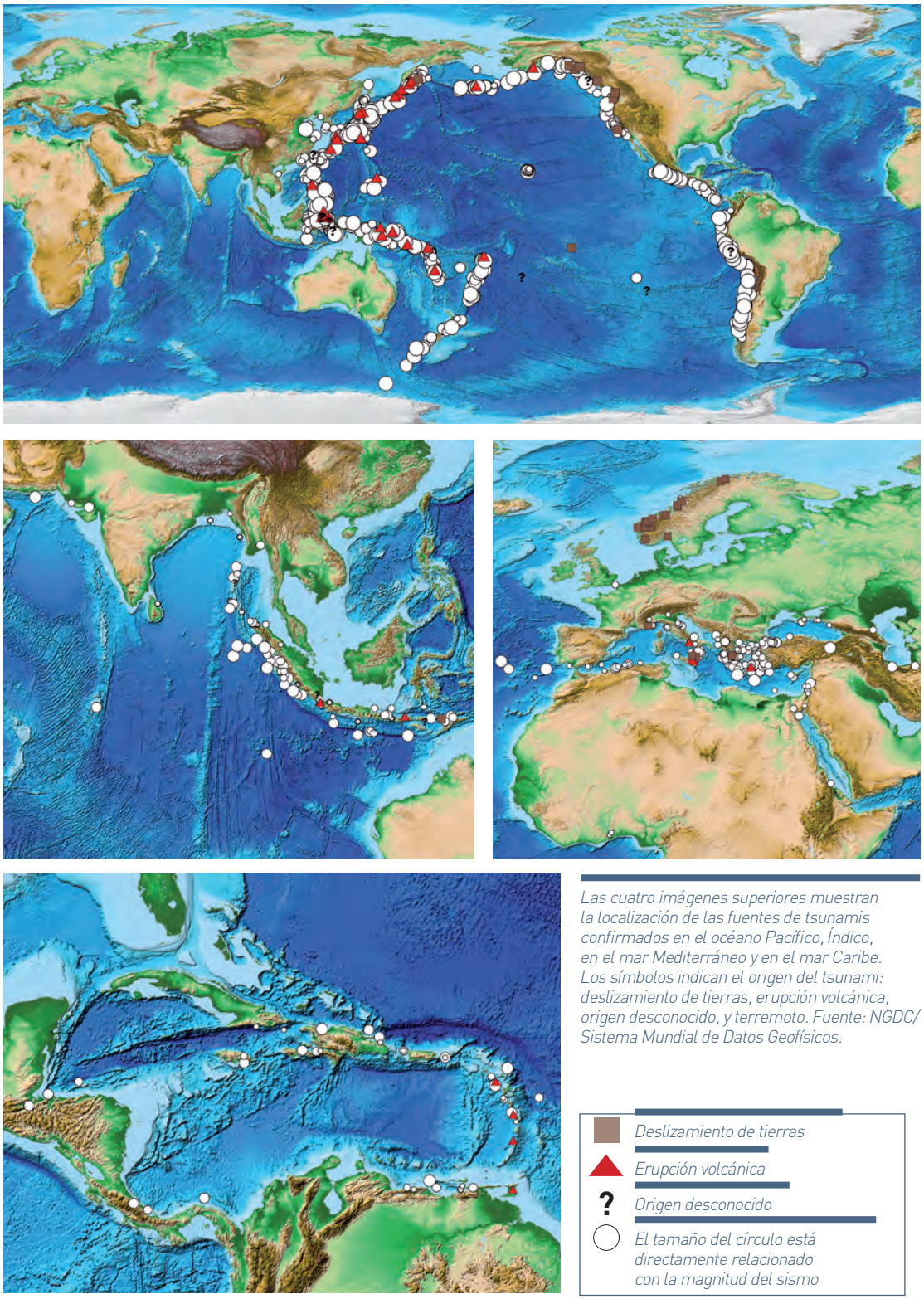
La mayoría de los tsunamis destructivos pueden ser clasificados como locales o regionales, por lo que la mayoría de las muertes y de los daños materiales son causados por este tipo de tsunamis. Entre 1975 y 2012, se generaron 39 tsunamis locales o regionales, 26 de ellos en el océano Pacífico y en sus mares adyacentes, que causaron 260.000 muertes y provocaron daños materiales valorados en miles de millones de dólares.

Por ejemplo, en 1983 ocurrió un tsunami regional en el mar del Japón o mar del Este que dañó severamente áreas costeras de Japón, Corea, y Rusia causando más de cien muertes y provocando daños valorados en más de 800 millones de dólares.

Después, tras un período de nueve años en el que sólo se produjo un tsunami con un balance de una víctima; en un espacio de siete años (de 1992 a 1998), se generaron diez tsunamis localmente destructivos con un recuento de más de 2.700 muertos y pérdidas materiales valoradas en centenares de millones de dólares.

En la mayoría de estos casos, los esfuerzos de mitigación de los efectos de los tsunamis establecidos en ese momento no fueron suficientes para evitar daños importantes y pérdidas de vidas humanas.

Sin embargo, se pueden evitar futuras pérdidas causadas por tsunamis locales o regionales si se densifica la red de centros de alerta contra los tsunamis, se instalan más estaciones sísmicas y del nivel del mar, se mejoran las comunicaciones, y se establecen mejores programas de preparación y de educación ante la eventualidad de un tsunami con el objetivo de proporcionar una alerta oportuna.



Las cuatro imágenes superiores muestran la localización de las fuentes de tsunamis confirmados en el océano Pacífico, Índico, en el mar Mediterráneo y en el mar Caribe. Los símbolos indican el origen del tsunami: deslizamiento de tierras, erupción volcánica, origen desconocido, y terremoto. Fuente: NGDC/ Sistema Mundial de Datos Geofísicos.

Deslizamiento de tierras

Erupción volcánica

Origen desconocido

El tamaño del círculo está directamente relacionado con la magnitud del sismo

Tsunamis regionales y locales que han causado muertes desde 1975

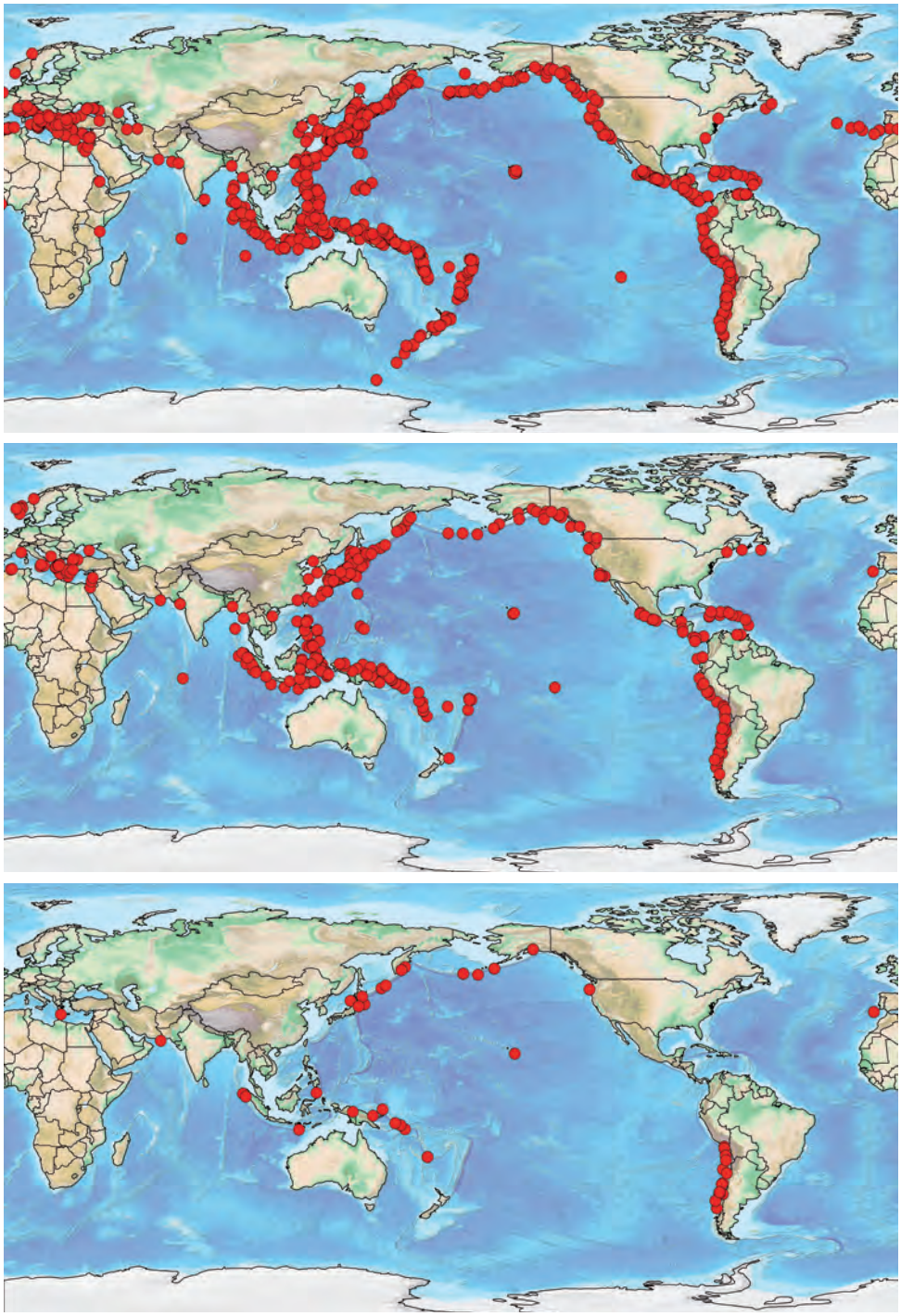
Fecha			Localización de la fuente	Nº estimado de muertos o desaparecidos
Día	Mes	Año		
31	10	1975	Fosa de Filipinas	1
29	11	1975	Hawái (EE.UU.)	2
16	8	1976	Bahía de Moro (Filipinas)	4 376
19	8	1977	Sumbawa (Indonesia)	189
18	7	1979	Isla Lembata (Indonesia)**	1 239
12	9	1979	Irian Jaya (Indonesia)	100
16	10	1979	Riviera francesa**	9
12	12	1979	Nariño (Colombia)	* 600
1	9	1981	Islas Samoa	2
26	5	1983	Noshiro (Japón)	100
10	8	1988	Islas Salomón	1
22	4	1991	Limón (Costa Rica)	2
2	9	1992	Costa de Nicaragua	170
12	12	1992	Mar de Flores (Indonesia)	1 169
12	7	1993	Mar de Japón	208
2	6	1994	Sumatra (Indonesia)	250
8	10	1994	Isla de Halmahera (Indonesia)	1
4	11	1994	Skagway (Alaska, EE.UU.)**	1
14	11	1994	Islas Filipinas	* 81
14	5	1995	Timor (Indonesia)	11
9	10	1995	Manzanillo (México)	1
1	1	1996	Islas de Célebes (Indonesia)	9
17	2	1996	Irian Jaya (Indonesia)	110
21	2	1996	Perú septentrional	12
17	7	1998	Papúa-Nueva Guinea	2 205
17	8	1999	Bahía Izmit (Turquía)	155
26	11	1999	Islas Vanuatu	5
23	6	2001	Perú meridional	26
26	12	2004	Banda Aceh (Indonesia)	*^ 227 898
28	3	2005	Sumatra (Indonesia)	10
14	3	2006	Isla de Seram (Indonesia)	4
17	7	2006	Isla de Java (Indonesia)	802
1	4	2007	Islas Salomón	* 52
21	4	2007	Chile meridional	10
29	9	2009	Islas Samoa	192
12	1	2010	Haití	7
27	2	2010	Chile meridional	156
25	10	2010	Mentawai (Indonesia)	431
11	3	2011	Tohoku (Japón)	*^ 18 717
			Total	**259 314**

* Puede incluir muertes a causa del terremoto
** Tsunami generado por deslizamiento de tierras
^ Incluye personas desaparecidas /muertas cerca y lejos de la fuente

Tsunamis locales y regionales que causaron más de 2.000 muertos

Fecha			Localización de la fuente	Nº estimado de muertos o desaparecidos
Día	Mes	Año		
21	7	365	Isla de Creta (Grecia)	5 700
2	8	887	Niigata (Japón)	2 000
31	10	1341	Prefectura de Aomori (Japón)	2 600
20	9	1498	Mar de Enshunada (Japón)	31 000
8	2	1570	Centro de Chile	2 000
18	1	1586	Bahía de Ise (Japón)	* 8 000
3	2	1605	Nankaido (Japón)	5 000
2	12	1611	Sanriku (Japón)	5 000
17	2	1674	Mar de Banda (Indonesia)	2 244
20	10	1687	Perú meridional	* 5 000
7	6	1692	Puerto Royal (Jamaica)	2 000
30	12	1703	Península de Boso (Japón)	* 5 233
28	10	1707	Mar de Enshunada (Japón)	2 000
28	10	1707	Nankaido (Japón)	* 5 000
29	10	1746	Centro de Perú	4 800
20	5	1751	Noroeste de Honshu (Japón)	2 100
1	11	1755	Lisboa (Portugal)	* 50 000
24	4	1771	Islas Ryukyu (Japón)	13 486
2	5	1783	Estrecho de Mesina (Italia)	* 30 000
21	5	1792	Isla de Kyushu (Japón)	5 443
24	12	1854	Nankaido (Japón)	* 3 000
13	8	1868	Krakatoa (Indonesia)	25 000
27	8	1883	Sanriku (Japón)	36 000
15	6	1896	Mar de Banda (Indonesia)	* 27 122
29	9	1899	Banda Sea, Indonesia	* 2 460
1	9	1923	Bahía de Sagami (Japón)	2 144
2	3	1933	Sanriku (Japón)	3 022
26	6	1941	Mar de Andamán (India)	5 000
16	8	1976	Golfo de Moro (Filipinas)	4 456
12	12	1992	Mar de Flores (Indonesia)	* 2 500
17	7	1998	Papúa-Nueva Guinea	2 205
26	12	2004	Banda Aceh (Indonesia)	*^ 227 898
11	3	2011	Tohoku (Japón)	*^ 18 717
			Total	**518 550**

* Puede incluir víctimas por el terremoto
** Tsunami generado por erupción volcánica
^ Incluye personas desaparecidas /muertas cerca y lejos de la fuente



Más de un 80% de los tsunamis ocurridos en el mundo han sido generados por terremotos, un 70 % de los cuales han sido observados en el Pacífico donde ocurren grandes terremotos debido a la subducción de placas tectónicas a los largo del Cinturón de Fuego. Arriba: epicentros de todos los terremotos tsunamigénicos. Los tsunamis han causado daños locales en todas las cuencas oceánicas. En medio: localización de terremotos, erupciones volcánicas y deslizamientos generadores de tsunamis que causaron daños y víctimas locales. Aunque la mayoría de los tsunamis que fueron observados a más de 1.000 km de distancia (teletsunamis) fueron generados por terremotos en el Pacífico, estos teletsunamis también han causado daños y víctimas en los océanos Atlántico e Índico. Abajo: localización de las fuentes de teletsunamis originados por terremotos o erupciones volcánicas causantes de daños o víctimas. Estos datos están basados en registros históricos. Fuente: NGDC/ Sistema Mundial de Datos Geofísicos.

Tsunami transoceánico

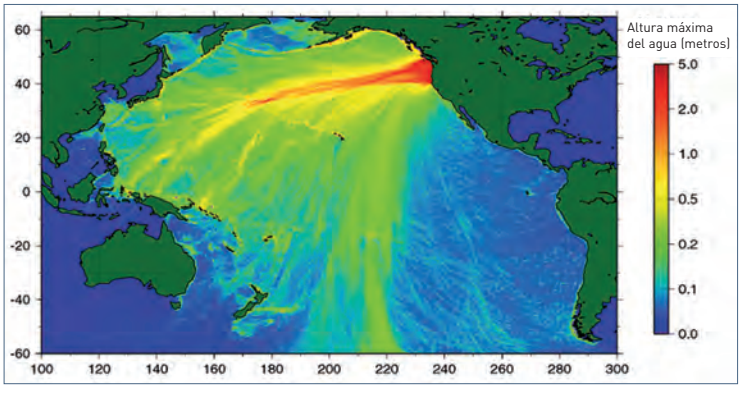
Un tsunami capaz de causar una amplia destrucción, no solamente en la región inmediata al área de generación, sino a través de todo el océano por el que se propaga. Todos los tsunamis transoceánicos han sido generados por grandes terremotos. Sinónimo de teletsunami o tsunami de campo lejano.

2. TÉRMINOS GENERALES RELATIVOS A LOS TSUNAMIS

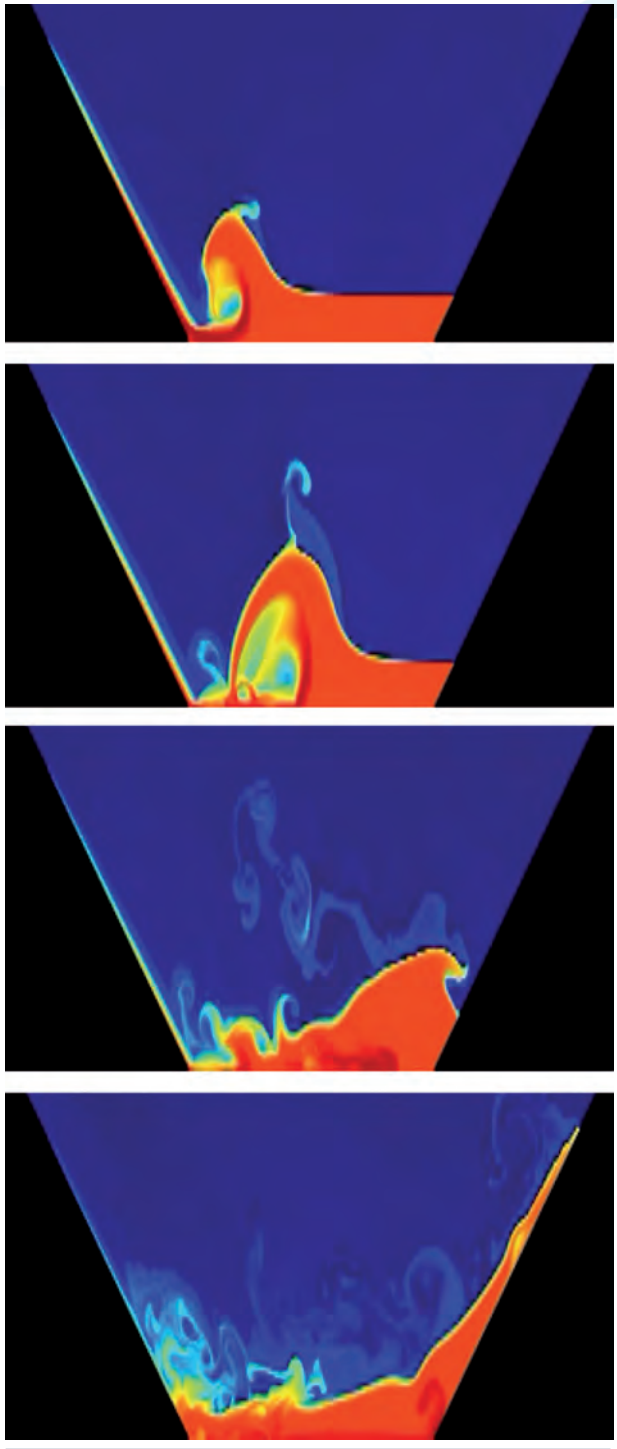
Términos generales utilizados en la mitigación de los efectos de los tsunamis así como en su generación y modelización

Modelos numéricos de tsunami

Descripciones matemáticas que intentan detallar el tsunami observado y sus efectos. Debido a que los datos de tsunamis pasados son normalmente insuficientes, a menudo la única manera de determinar el posible alcance máximo de las aguas tierra adentro (runup) y la posterior inundación de un tsunami local o distante es usando la simulación numérica. Con el objeto de determinar el peor escenario posible para el runup y la inundación, los modelos pueden ser inicializados con el peor de los escenarios posibles en cuanto a las fuentes de tsunami o a las olas frente a la costa. También pueden inicializarse modelos con fuentes más pequeñas para entender la severidad del riesgo mediante eventos menos extremos pero más frecuentes. Esta información es primordial para la elaboración de mapas de evacuación y de los procedimientos a seguir en caso de tsunami. En la actualidad, tales simulaciones sólo se han llevado a cabo para una pequeña parte de las áreas costeras a riesgo. Las técnicas de construcción exacta de modelos de las que disponemos actualmente existen desde hace muy pocos años, y para poder realizar una buena interpretación y un buen uso de los mismos se requiere de una formación especializada, así como de la introducción de datos topográficos y batimétricos detallados del área para la que se desea realizar el estudio.



Alturas máximas de ola de tsunami calculadas para un terremoto de magnitud 9,0 generado en la zona de subducción de Cascadia. El modelo fue calculado tras haber encontrado depósitos de tsunami en Japón y en otros países que indicaban que otro gran terromoto como el de 1700 ocurrido en Cascadia generaría un teletsunami destructivo. Cortesía de Kenji Satake (Oficina de Inspección Geológica de Japón).



Modelo numérico complejo calculado para ajustarse al tsunami local generado por un deslizamiento de tierras en bahía Lituya (Alaska) en 1958, que provocó el mayor runup jamás registrado (525 m). Este modelo complejo ajusta de forma precisa el detalle de los vórtices de segundo orden y los efectos de las salpicaduras demostrados por los experimentos de laboratorio. Cortesía de Galen Gisler (Laboratorio Nacional de Los Álamos).

En los últimos años, los modelos numéricos han sido usados para simular la propagación de las ondas de tsunami y su interacción con tierra firme. Estos modelos normalmente resuelven ecuaciones similares, pero a veces emplean técnicas numéricas diferentes y se aplican a segmentos diferentes del problema total de la propagación del tsunami, desde las zonas de generación hasta el runup en áreas distantes.

Por ejemplo, se han empleado varios modelos numéricos para simular la interacción de las ondas de tsunamis con las islas. Estos modelos han usado los métodos de diferencias finitas, elementos finitos e integración de los límites para resolver las ecuaciones lineales de ondas largas. Estos modelos resuelven ecuaciones relativamente sencillas y proporcionan simulaciones razonables de tsunamis para propósitos de ingeniería.

Los centros de alerta contra los tsunamis usan modelos numéricos para predecir los tiempos de llegada de las olas, la dirección de la energía máxima del tsunami, la fuerza de las corrientes de agua cerca de la costa, y la altura de la ola en la costa. Esta información es crucial para ayudar a los funcionarios encargados de responder en caso de emergencia a planificar y centrar la ayuda en las áreas en las que se espera que el impacto del tsunami sea mayor.

Durante el tsunami de Japón del 11 de marzo de 2011, muchas personas salvaron la vida gracias a edificios altos de hormigón armado que sirvieron como refugio para la evacuación vertical, Minamisanriku (Japón). Fotografía por cortesía del ITIC.

Daños por tsunami

Pérdidas o daños causados por un tsunami destructivo. Los daños causados directamente por tsunamis pueden resumirse de la siguiente forma : 1) muertos y heridos; 2) casas destruidas, parcialmente destruidas, inundadas, o quemadas; 3) otros daños a propiedades y pérdidas materiales; 4) barcos desplazados tierra adentro, dañados o destruidos; 5) maderas arrastradas lejos; 6) instalaciones marinas destruidas; y 7) daño a instalaciones públicas como ferrocarriles, caminos, puentes, plantas eléctricas, tanques de agua o de gas, plantas de aguas residuales, etc. Los daños secundarios e indirectos causados por tsunamis pueden ser: 1) incendio de casas, barcos, estanques de petróleo, estaciones de gas, u de otras instalaciones; 2) contaminación medioambiental o riesgo para la salud causado por materiales flotantes, petróleo, y derrames de residuos peligrosos; 3) aparición de enfermedades epidémicas que pueden ser serias en áreas densamente pobladas.

El tsunami del 11 de marzo de 2011 arrasó la ciudad de Ofunato (Japón). Fotografía por cortesía del ITIC

Datos de tsunamis históricos

Los datos sobre tsunamis históricos están disponibles en muchos lugares y de muchas formas. Las formas incluyen catálogos publicados y manuscritos sobre la ocurrencia de tsunamis, registros mareográficos, amplitudes de onda de tsunami, mediciones de la zona de inundación, informes de investigaciones sobre el terreno, reportes en periódicos, películas o videos.

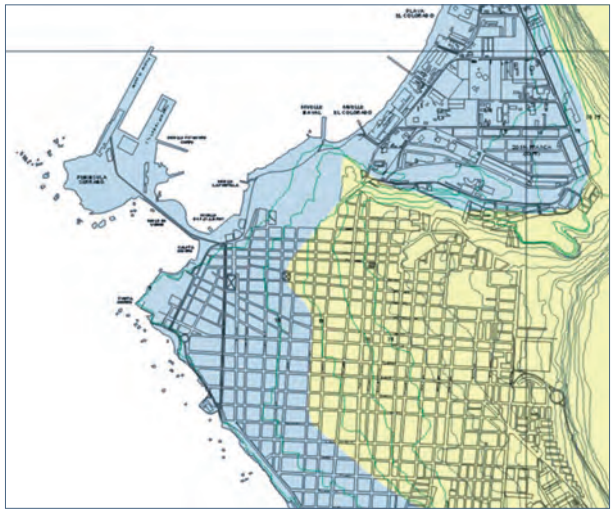
Disipación del tsunami

La redistribución de la energía del tsunami en función de su período cuando se propaga a través de un cuerpo de agua.

Efectos de los tsunamis

Si bien son poco frecuentes, los tsunamis se encuentran entre los fenómenos físicos complejos más desastrosos. Han sido los responsables de innumerables pérdidas humanas y materiales.

Debido a su destructividad, los tsunamis tienen un gran impacto en el sector humano, social y económico de las comunidades. Los archivos históricos muestran que comunidades costeras de todo el mundo han sufrido enormes destrucciones.



Inundación por tsunami estimada para Iquique (Chile) basada en resultados de una construcción de modelos numéricos. Cortesía del SHOA (Chile).

Durante los últimos 3.500 años, se han producido 279 tsunamis que han provocado más de 600.000 muertes. La peor catástrofe de la historia tuvo lugar el 26 de diciembre de 2004 en Sumatra (Indonesia), cuando un tsunami acabó con la vida de 228.000 personas en 12 países del océano Índico y causó pérdidas materiales que se elevaron a 10 mil millones de dólares. Sin embargo, es en el océano Pacífico donde se produce el 75% de los tsunamis del mundo. El 99% de las muertes fueron provocadas por tsunamis locales que son aquellos que azotan en menos de una hora de tiempo de viaje del tsunami. Debido a que el 80% de los tsunamis son generados por sismos someros de gran magnitud, lo primero que hay que tener en cuenta son los peligros derivados de los temblores causados por el terremoto y los daños provocados por los mismos.

En Japón, una de las regiones costeras más pobladas del mundo y con un gran historial de actividad sísmica, los tsunamis han acabado con poblaciones costeras enteras. Los archivos muestran que Alaska, las islas de Hawái, Indonesia y América del Sur también han sido fuertemente azotadas por tsunamis. El último gran tsunami transoceánico ocurrió el 11 de marzo de 2011 en Japón con un resultado de más de 18.000 muertos en Japón y 2 personas en el campo lejano.

Evaluación del peligro de tsunami

Es necesario documentarse sobre las amenazas vinculadas a los tsunamis en cada comunidad costera para identificar los recursos y la población amenazada, así como el nivel de riesgo de cada zona. Para realizar esta evaluación es necesario conocer las posibles fuentes de tsunami (como terremotos, desprendimiento de tierras, erupciones volcánicas), la probabilidad de ocurrencia, y las características de los tsunamis producidos por esas fuentes cuando impactan en los diferentes lugares de la costa. Para esas comunidades, los datos recogidos sobre tsunamis antiguos (históricos y paleotsunamis) pueden ayudar a cuantificar estos factores. Sin embargo, la mayoría de las comunidades no cuentan con estos datos o, si lo hacen, son muy limitados. Los modelos numéricos de inundación por tsunami pueden proporcionar estimaciones de las áreas costeras que quedarán inundadas en caso de que se genere un tsunami causado por un terremoto local o distante, o por un derrumbe local de tierras.

Evaluación probabilista de los riesgos vinculados a los tsunamis

Evaluación Probabilista de los Riesgos Vinculados a los Tsunamis (PTHA, por sus siglas en inglés). Evaluación de la probabilidad de que un tsunami alcance o exceda una magnitud dada en un intervalo específico de tiempo en un lugar determinado. La magnitud de un tsunami se puede medir de varias maneras: por la altura del runup, por la profundidad de la inundación, o por la altura del tsunami en la costa. Por lo general, una PHTA proporcionará diferentes probabilidades para diferentes períodos de tiempo, por ejemplo de 50 a 2.500 años. La evaluación puede definirse para una única localización, para un tramo de costa, o para un área de tierra (si se incluye la inundación). Véase también la definición "Evaluación del peligro de tsunami" que proporciona información sobre las técnicas que pueden ser usadas para realizar una PTHA.

Fuente del tsunami

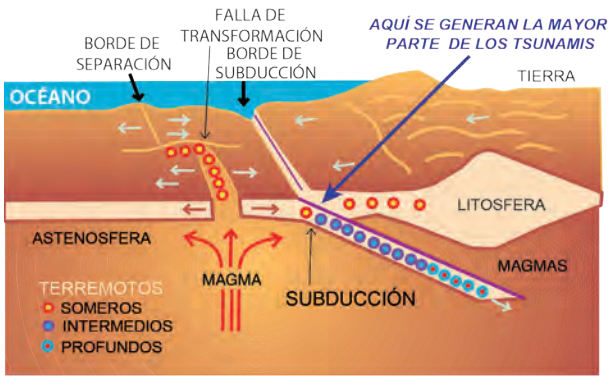
Punto o área de origen del tsunami. Normalmente, es el lugar en el que un terremoto, erupción volcánica o deslizamiento de tierras ha causado un rápido desplazamiento de agua a gran escala dando origen a las ondas del tsunami.

Generación de tsunami

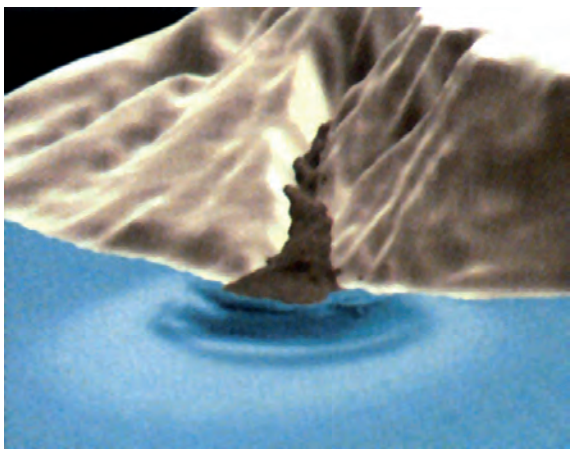
Principalmente, los tsunamis son generados por terremotos, también pueden producirse por deslizamientos de tierra y erupciones volcánicas; y, menos frecuentemente, por meteoritos u otros impactos en la superficie oceánica. Un tsunami se genera, en primer lugar, por dislocaciones tectónicas bajo el mar causadas por terremotos someros en áreas de subducción. Los bloques de la corteza terrestre

movidos arriba y abajo imparten una energía potencial en la masa de agua modificando radicalmente el nivel del mar de la región afectada. La energía así transmitida a la masa de agua resulta en la generación del tsunami, lo que significa radiación de energía desde la zona de origen en forma de ondas de período largo.

Los tsunamis pueden ser generados por deslizamientos de tierra submarinos o subaéreosal entrar en el agua. Cortesía de LDG (Francia).

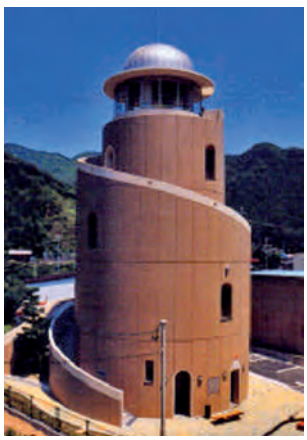


La mayoría de los tsunamis son generados por terremotos de gran intensidad, someros y de fallamiento inverso que ocurren cuando se produce la subducción de una placa tectónica. Los terremotos someros también pueden ocurrir a lo largo de dorsales pero no tienen la magnitud suficiente para causar un tsunami. Terremotos someros de gran intensidad también pueden producirse a lo largo de fallas transformantes pero existe un movimiento vertical menor durante el fallamiento de manera que no se genera un tsunami.



Los tsunamis pueden ser generados por flujos piroclásticos asociados a erupciones volcánicas. Cortesía de LDG (Francia).

A menudo los tsunamis son generados por terremotos someros

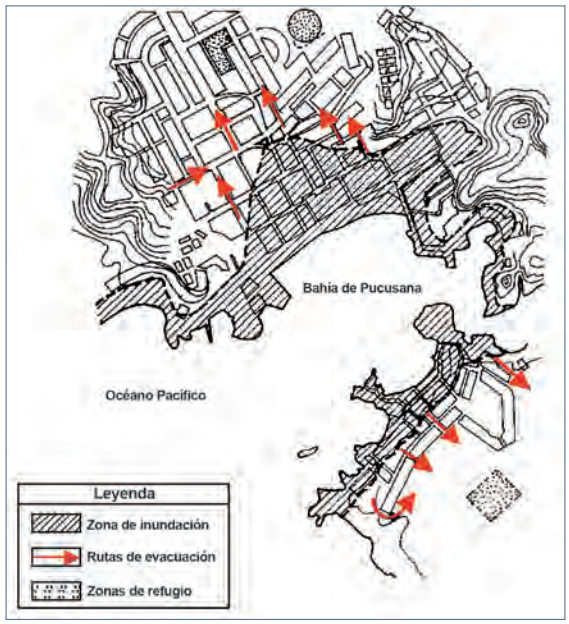


Refugio de emergencia que también se usa como centro comunitario y Museo para la Prevención de Desastres. Kisei en la Prefectura de Mie (Japón). El edificio tiene una altura de 22 m con 5 pisos que abarcan 320 m^2 y una capacidad para 500 personas. Información por cortesía de http://www.pref.mie.lg.jp/ENGLISH/

Plataforma elevada utilizada como mirador turístico y para la evacuación en caso de tsunami, isla de Okushiri (Japón). Fotografía por cortesía del ITIC.

Mapa de evacuación

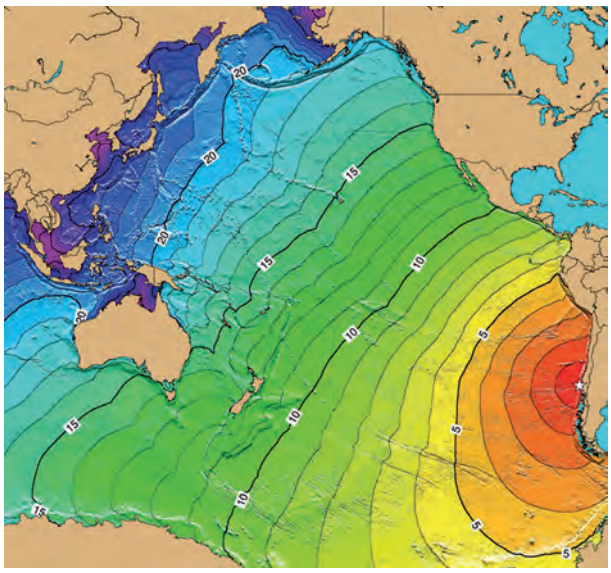
Dibujo o mapa que presenta las zonas de peligro y que define los límites a partir de los cuales las personas deben ser evacuadas para evitar los daños que puedan ser provocados por las olas del tsunami. A veces, se designan rutas de evacuación para asegurar el movimiento eficiente de las personas desde la zona de peligro hasta los refugios.



Mapa de inundación y evacuación de la ciudad costera de Pucusana (Perú)

Mapa de tiempo de viaje

Mapa que muestra las isócronas o líneas de tiempo de viaje del tsunami calculado desde la fuente hacia los puntos de arribo en litorales.



Tiempo de viaje (en horas) del tsunami del 22 de mayo de 1960 en Chile a través de la cuenca del Pacífico. Este tsunami fue extremadamente destructivo a lo largo de la costa cercana de Chile causando también destrucción significativa y víctimas en áreas lejanas como Hawái y Japón. La conciencia y preocupación adquirida por este tsunami transpacífico posteriormente condujo a la formación del Sistema de Alerta contra losTsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Pacífico (PTWS).

Observación de los tsunamis

Observación perceptible o medida de la fluctuación del nivel del mar causada por la incidencia de un tsunami en un punto particular y en un tiempo determinado.

Rompiente costera en Hilo (Hawái) causada por el tsunami de las islas Aleutianas de 1946. Fotografía por cortesía del Museo de Tsunamis del Pacífico.

Ola de rompiente

Ola del mar que ha alcanzado tal pendiente (pendiente de la ola 1/7) que el seno adelanta al cuerpo y se derrumba en una masa de agua turbulenta sobre la orilla o sobre un arrecife. Normalmente, el rompimiento ocurre cuando la profundidad del agua es 1,28 veces menor que la altura de la ola. Se pueden distinguir tres tipos de rompiente según la pendiente del fondo: (a) rompientes de derrame (sobre un fondo casi plano) que forman un parche espumante en la cresta y rompen gradualmente a una distancia considerable; (b) rompientes de zambullida (sobre una gran pendiente del fondo) cuyas crestas se curvan con una tremenda masa sobresaliente y luego se rompen con gran estrépito; (c) rompientes refluentes (sobre pendientes del fondo muy empinadas) que llegan a la playa sin romperse. Las olas también rompen en aguas profundas si se empinan demasiado alto por el viento, pero normalmente tienen crestas cortas.

Ola sísmica

Algunas veces los tsunamis son llamados olas sísmicas debido a que en su mayoría son generados por sismos.

Ola transversal de tsunami

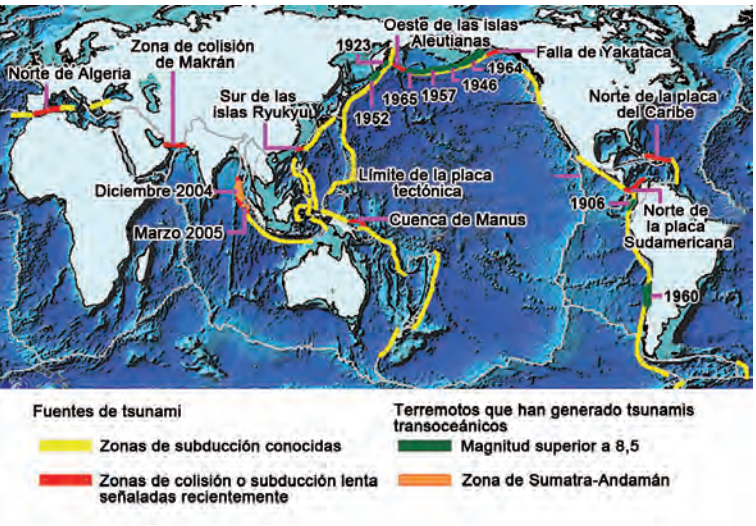
Ola generada por un tsunami que viaja a lo largo de la costa.

Oscilaciones previas de un tsunami

Serie de oscilaciones del nivel del mar que preceden a la llegada de las olas principales de un tsunami.

Peligro de tsunami

La probabilidad de que un tsunami de una determinada magnitud impacte en una zona de la costa en particular.



Localización de las fuentes de tsunamis en el mundo. El riesgo de tsunami existe en todos los océanos y cuencas pero ocurren con más frecuencia en el océano Pacífico. Los tsunamis pueden generarse en cualquier lugar y momento debido a que los terremotos no pueden ser pronosticados de forma precisa. Cortesía de LDG (Francia).

Señal de peligro de tsunami aprobada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en 2008.

Señal de área de evacuación por tsunami en Hawái (Estados Unidos de América).

Preparación para casos de tsunami

Desarrollo de planes, métodos, procedimientos y acciones que deben ser tomados por funcionarios gubernamentales y por la población en general con el propósito de minimizar el riesgo potencial y mitigar los efectos de futuros tsunamis. Una preparación apropiada en caso de alerta de tsunami requiere del conocimiento de las áreas inundables (mapas de inundación por tsunami) y del sistema de alerta para saber cuándo hay que evacuar y cuándo es seguro regresar.

Señal que muestra una ruta de evacuación en caso de tsunami (Chile)

Señales de evacuación de edificios y de zonas seguras en Japón aprobadas por la ISO.

Señal de zona de peligro de tsunami en Washington (Estados Unidos de América).

Propagación de los tsunamis

Los tsunamis viajan desde su área de generación en todas direcciones. La dirección principal de la propagación de la energía es generalmente perpendicular a la dirección de la zona de fractura del terremoto. Su velocidad depende de la profundidad del agua. Las ondas sufren aceleraciones y desaceleraciones cuando pasan sobre el fondo del océano que tiene una profundidad variable. En el océano profundo, viajan a velocidades de 500 a 1.000 kilómetros por hora (de 300 a 600 millas por hora). La distancia entre crestas sucesivas puede ir de 500 a 650 kilómetros (de 300 a 400 millas); sin embargo, en aguas profundas, la altura de las ondas generalmente es inferior a un metro (3 pies), incluso para los teletsunamis más destructivos. La propagación de las ondas de tsunami varía cuando el impulso de la propagación es más fuerte en una dirección que en otra debido a la orientación o a las dimensiones del área generadora, y cuando la batimetría regional y los rasgos topográficos modifican la forma de la onda y su velocidad. Específicamente, las ondas del tsunami se ven afectadas por procesos de refracción y reflexión a lo largo de su viaje. Los tsunamis son fenómenos únicos porque su energía se extiende a través de toda la columna de agua desde la superficie del mar hasta el fondo del océano. Esta es la característica que explica la gran cantidad de energía que propaga un tsunami.

Modelo de propagación de un tsunami en el sudeste del Pacífico nueve horas después de su generación. Fuente: Antofagasta (Chile), 30 de julio de 1995. Cortesía de LDG (Francia).

Remolino

Por analogía con una molécula, un subconjunto de una masa fluida que conserva cierta integridad e historia vital de sí misma, siendo la actividad total del fluido el resultado neto del movimiento de sus partes.

Remolinos generados por la interacción de las ondas de tsunami debido a su impacto en la costa de Sri Lanka, 26 de diciembre de 2004. Fotografía por cortesía de Digital Globe.

Resonancia del tsunami

La reflexión e interferencia continua que sufren las olas de un tsunami en el extremo de un puerto o de una bahía estrecha pueden aumentar su altura y prolongar la duración de la actividad de las olas producidas por un tsunami.

Riesgo de tsunami

La probabilidad de que un litoral particular sea azotado por un tsunami multiplicada por los efectos destructivos probables del mismo y por el número potencial de víctimas. En términos generales, el riesgo es la amenaza (peligro) multiplicada por la exposición (vulnerabilidad).

Rompeolas

Estructura en la costa similar a una pared que se usa para proteger un puerto o una playa de la fuerza de las olas.

Esclusa usada como protección contra las ondas de tsunami en la isla de Okushiri (Japón). La compuerta comienza a cerrarse automáticamente unos segundos después de que el movimiento telúrico active los sensores sísmicos. Fotografía por cortesía del ITIC.

Barrera de contención, con escaleras como ruta de evacuación, usada para proteger un pueblo costero contra la inundación por tsunami en Japón. Fotografía por cortesía de la Oficina de Ríos, Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte de Japón.

Seiche

Un seiche puede ser generado por una ola constante que oscila en un cuerpo cerrado o semicerrado. Puede ser producido por ondas sísmicas de largo período (un terremoto), por olas de viento o por un tsunami.

Simulación de tsunami

Modelo numérico de generación, propagación e inundación de un tsunami.

Teoría de la generación de tsunami

El problema teórico de la generación de una onda de gravedad (tsunami) en una capa de líquido elástico (océano) sobre la superficie de un semiespacio sólido elástico (corteza) en el campo de gravedad puede ser estudiado con los métodos desarrollados por la teoría dinámica de la elasticidad. La fuente que representa el foco del terremoto es una discontinuidad en la componente tangencial del desplazamiento de una porción de la corteza terrestre.

La teoría se puede explicar en base a la solución de dos problemas: el problema de origen del campo de desplazamiento generado por la fuente en el semiespacio sólido elástico con límite libre (fondo) que es considerado casi estático, y el problema de la propagación de la onda de gravedad dentro de la capa de líquido pesado e incompresible generada por el movimiento (deducido del problema anterior) del fondo sólido. Los parámetros de la onda de gravedad están teóricamente en función de aquellos de la fuente (profundidad y orientación). Se puede estimar aproximadamente la cantidad de energía transmitida a la onda de gravedad por la fuente. Generalmente, corresponde con las estimaciones obtenidas mediante datos empíricos.

Los tsunamis también pueden ser generados por explosiones nucleares, erupciones volcánicas, deslizamiento de tierras y submarinos, y derrumbes de montañas.

Tiempo de viaje

Tiempo que toman las primeras ondas de tsunami en propagarse desde su origen hasta un punto dado en el litoral.

Tiempo estimado de arribo

Tiempo estimado de arribo (ETA, por sus siglas en inglés). Tiempo de llegada del tsunami a un lugar determinado calculado en base a la modelización de la velocidad y a la refracción de la onda de tsunami que se propaga desde la fuente. Si se conoce la batimetría y la fuente, la llegada se estima de manera muy precisa (inferior a un par de minutos). La primera ola del tsunami no será necesariamente la más alta, pero sí lo será una de las cinco primeras.

Tsunami de tipo bore

Frente de onda de tsunami que se mueve rápidamente y de forma turbulenta. Generalmente se producen en las desembocaduras de ríos o estuarios.

Onda de tsunami "tipo bore" ingresando en el río Wailua (Hawái) durante el tsunami de las islas Aleutianas en 1946. Fotografía por cortesía del Museo de Tsunamis del Pacífico.

Tsunamigénico

Fenómeno capaz de generar un tsunami, por ejemplo un terremoto o un derrumbe de tierras generador de tsunami.

Destrucción de la bahía de Hilo (Hawái) causada por el tsunami generado frente a las costas de la isla Unimak de las islas Aleutianas (EE.UU.) el 1 de abril de 1946 que llegó a las costas de Hawái en menos de cinco horas. Fotografía por cortesía de la NOAA.

Velocidad del tsunami o velocidad en aguas someras

Velocidad de una onda en el océano cuya longitud es suficientemente grande en comparación con la profundidad del agua (es decir, 25 o más veces la profundidad del agua).

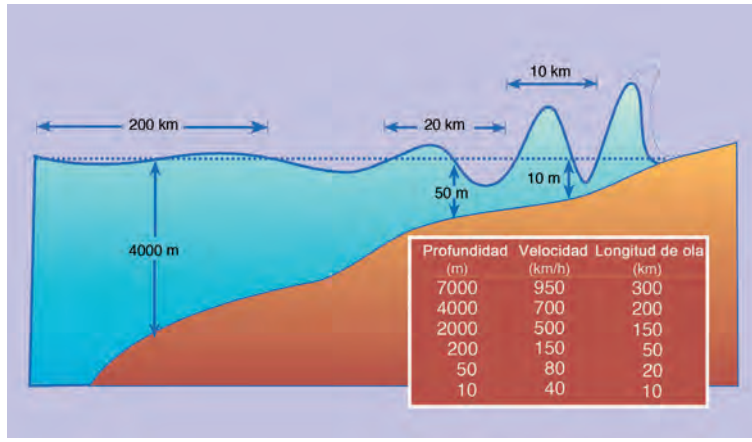
Dicha velocidad se puede obtener de manera aproximada mediante la siguiente expresión:

$$c = \sqrt{(gh)}$$

Donde:
c: es la velocidad de la onda,
g: es la aceleración por la gravedad,
h: es la profundidad del agua.

Así, la velocidad de las ondas en aguas someras es independiente de la longitud de la onda L. En profundidades de agua entre ½ L y 1/25 L es necesario utilizar una expresión más precisa:

$$c = \sqrt{((gL/2\pi)[\tanh(2\pi h/L)])}$$



Altura de la onda y profundidad del agua. En aguas profundas, a menudo un tsunami tiene solo decenas de centímetros de altura, pero ésta crece rápidamente en aguas someras. La energía de la onda de un tsunami se extiende desde la superficie hasta el fondo en aguas profundas. Cuando un tsunami impacta contra la costa, la energía de la onda se concentra en una distancia menor creando ondas destructivas.

Zonificación de los tsunamis

Designación de zonas distintivas a lo largo de las áreas costeras según los diferentes grados de riesgo de tsunami y vulnerabilidad con el propósito de preparar, planificar, adoptar códigos de construcción, o realizar una evacuación pública para casos de desastre.

3. ESTUDIOS Y MEDICIONES

Términos utilizados para medir y describir las ondas de tsunami en los mareógrafos y en las evaluaciones sobre el terreno

Altura de inundación

Elevación alcanzada por el agua del mar medida en relación con un datum dado como el nivel medio del agua o el nivel del agua en el momento de la llegada del tsunami en una distancia de inundación específica.

La altura de inundación es la suma de la profundidad del agua y la altitud topográfica local. También se conoce como altura del tsunami.

Altura media

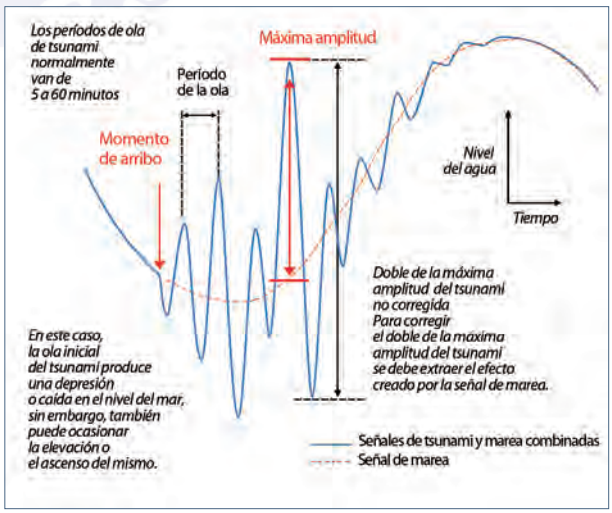
Altura promedio de un tsunami medida desde el seno a la cresta de la onda después de eliminar la variación de la marea.

Altura significativa de las ondas

Promedio de la altura de un tercio de las ondas más elevadas de un grupo dado. Obsérvese que la composición de las ondas más altas depende de las ondas más bajas consideradas. En el análisis del registro de las ondas, la altura promedio del tercio más alto de un número seleccionado de ondas viene determinada por la división del tiempo del registro entre el período significativo.

Amplitud del tsunami

Normalmente determinada por un registro de nivel del mar, es: 1) el valor absoluto de la diferencia entre un seno o un valle particular del tsunami y el nivel normal del mar en reposo a la hora indicada, 2) la mitad de la diferencia entre un seno y un valle sucesivos, corregida por el cambio de marea entre ellos. Representa la verdadera amplitud de la onda del tsunami en algún punto del océano. Sin embargo, es a menudo modificada de alguna forma por la respuesta del mareógrafo.



Mareograma o registro del nivel del mar de un tsunami

Área de inundación

Zona inundada por el tsunami.

La zona oscura muestra el área de inundación del tsunami de 1964 en Alaska. Fotografía por cortesía del NGDC/ Sistema Mundial de Datos Geofísicos.

Ascenso

Cambio ascendente o elevación del nivel del mar asociado con un tsunami, un ciclón tropical, un huracán, una marea o con algún efecto climático de período largo.

Caída

Cambio descendente o depresión del nivel del mar asociado con un tsunami, una marea, o algún efecto climático de largo período.

Cresta de una onda

1. La parte más alta de una onda.

2. Aquella parte de la onda sobre el nivel del agua en reposo.

Desbordamiento

Acto de desbordar, inundación.

Dispersión

Cuando este término se refiere a las olas de un tsunami significa dispersión de la energía de una ola sobre un área geográfica amplia ya que las olas se propagan fuera de la región de origen. La razón de esta dispersión geográfica y reducción de la energía de la onda con la distancia recorrida se debe a la forma esférica de la Tierra. La energía del tsunami comenzará a converger de nuevo a una distancia de 90 grados de la fuente.

La propagación de las olas de tsunami a través de un gran océano sufre otros cambios principalmente en la configuración debido a la refracción. La dispersión geográfica también es muy importante y dependerá de la orientación, las dimensiones y la geometría de la fuente del tsunami.

Distribución del runup

Conjunto de valores de runup del tsunami medidos u observados a lo largo de la costa.

Escala modificada de Sieberg de intensidades de tsunamis

1. Muy suave. La onda es tan débil que sólo es perceptible en los registros de los mareógrafos.

2. Suave. Las ondas son percibidas por aquellos que viven a lo largo de la costa y están familiarizados con el mar. Normalmente se percibe en costas muy planas.

3. Bastante fuerte. Generalmente es percibido. Inundación de costas de pendientes suaves. Embarcaciones deportivas pequeñas son arrastradas a la costa. Daños leves en estructuras de material ligero situadas cerca de las costas. En estuarios, se invierten los flujos de los ríos hacia arriba.

4. Fuerte. Inundación de la costa hasta determinada profundidad. Daños de erosión en rellenos construidos por el hombre. Terraplenes y diques dañados. Las estructuras de material ligero cercanas a la costa son dañadas. Las estructuras costeras sólidas sufren daños menores. Embarcaciones grandes y pequeños buques son derivados tierra adentro o mar afuera. Costas cubiertas con desechos flotantes.

5. Muy fuerte. Inundación general de la costa hasta determinada profundidad. Los muros de embarcaderos y estructuras sólidas cercanas al mar son dañadas. Las estructuras de material ligero son destruidas. Severa erosión de tierras cultivadas y la costa se encuentra cubierta de desechos flotantes y animales marinos. A excepción de los grandes barcos, todo tipo de embarcación es llevada tierra adentro o hacia el mar. Grandes ascensos de agua en ríos estuarinos. Instalaciones portuarias resultan dañadas. Gente perece ahogada. Las olas van acompañadas de un fuerte rugido.

6. Desastroso. Destrucción parcial o completa de estructuras artificiales a determinada distancia de la costa. Grandes inundaciones costeras. Buques grandes severamente dañados. Árboles arrancados de raíz o rotos. Muchas víctimas.

Escala Sieberg de intensidades de tsunamis

Escala descriptiva de la intensidad de tsunamis modificada posteriormente en la escala de Sieberg-Ambraseys (Ambraseys 1962) descrita en la definición anterior.

Estudio posterior a un tsunami

Los tsunamis son eventos relativamente escasos y la mayoría de sus evidencias son perecederas. Por consiguiente, es muy importante realizar estudios de reconocimiento de forma organizada, rápida y completa después de cada tsunami para recolectar datos detallados y valiosos de cara a la evaluación del riesgo vinculado a los tsunamis, la validación de modelos y de otros aspectos de la mitigación de los efectos de este fenómeno.

Desde principios de la década de los 90, después de la ocurrencia de un tsunami destructivo se ha organizado un estudio posterior para medir los runups y los límites de inundación alcanzada, así como para evaluar la respuesta de la población ante el peligro de los tsunamis y para recolectar información de testigos presentes en el evento, tal como el número de ondas, la hora de llegada de las mismas y cuál de ellas fue la de mayor más altitud. Los

estudios han sido organizados caso por caso, facilitados y coordinados por la COI y el ITIC que trabajan con los países afectados, y realizados por investigadores internacionales del ámbito académico especialistas en el tema de los tsunamis (equipo de inspección internacional de tsunami, ITST por sus siglas en inglés).

La COI ha publicado una Guía de campo para levantamientos posteriores a un tsunami (COI. Manuales y guías Nº 37, 1998, rev. 2012, SC.98/WS/24) para ayudar en la preparación de los estudios, en la identificación de métodos, medidas y observaciones que deben ser llevados a cabo, y en la estandarización de los métodos de recolección de datos. El servicio de emisión de Boletines de Tsunamis vía correo electrónico ha sido usado para organizar rápidamente estudios de campo realizados por el ITST y para compartir las observaciones obtenidas en las áreas que han sufrido el azote del tsunami.

Después de un tsunami de grandes proporciones, oceanógrafos físicos, cientistas sociales e ingenieros conducen estudios posteriores a tsunamis para recoger información. Estos datos, incluyendo runup, profundidad del agua e inundación, deformación, erosión, impacto estructural y de edificación, descripciones de arribo de la ola e impacto social, son importantes para concebir una mejor mitigación de los efectos de los tsunamis en la vida de las personas y en las propiedades. Fotografía por cortesía de Philip Liu (Universidad de Cornell)

ITST midiendo el runup del tsunami con un telémetro láser en El Salvador en 2012. Fotografía por cortesía del ITIC.

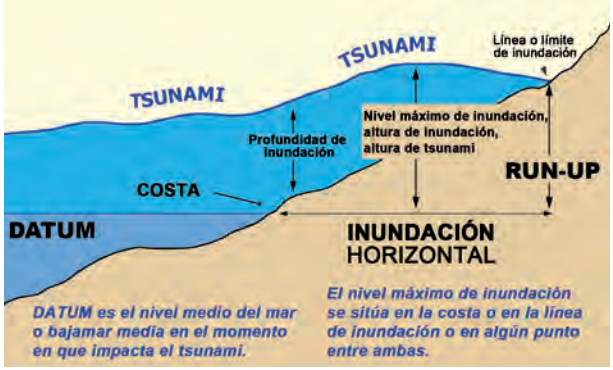
Hundimiento (elevación)

Movimiento permanente de hundimiento (subsidencia) o de levantamiento (elevación) de la tierra debido a procesos geológicos, tales como un terremoto.

El terremoto del 26 de diciembre de 2004 generó un hundimiento de 1,2 m en Car Nicobar, la isla más septentrional de las islas Nicobar (India), y dejó viviendas que estaban sobre el nivel del mar permanentemente sumergidas. Fotografía por cortesía de ICMAM, Chennai (India).

Intensidad

Potencia, fuerza o energía.



Intensidad del tsunami

Medida para mesurar el tamaño de un tsunami basada en la observación macroscópica del efecto de sus olas en los seres humanos y objetos, entre los que se incluyen embarcaciones de diferentes tamaños y edificios.

La escala original fue publicada por Sieberg (1923) y posteriormente modificada por Ambraseys (1962) para crear una escala de seis categorías. Papadopoulus e Imamura (2001) propusieron una escala de intensidad de 12 grados que fuera independiente de la medida de los parámetros físicos como la amplitud de la ola, susceptible a las pequeñas diferencias en los efectos de un tsunami, y lo suficientemente detallada para cada grado como para abarcar los distintos tipos de impacto de un tsunami que pudieran existir sobre los seres humanos y la naturaleza. La escala tiene 12 categorías similares a las de la Escala Modificada de Mercalli utilizada para descripciones macrosísmicas de la intensidad de un terremoto.

Inundación (máxima)

Máxima penetración horizontal de las olas de tsunami desde la línea de playa. La inundación máxima se mide para cada costa o puerto afectado por el tsunami.

Inundación o distancia de inundación

La distancia horizontal en tierra a la que penetra la ola de un tsunami, normalmente medida de forma perpendicular a la costa.

Inundación de tsunami generada por el terremoto del 26 de mayo de 1983 en el acuario de Oga en Japón. Fotografía por cortesía de Takaaki Uda (Instituto de Investigación de Trabajos Públicos de Japón).

Línea de inundación

Límite interior de la inundación determinado horizontalmente desde la línea del Nivel Medio del Mar (NMM). A veces se usa como referencia la línea entre la vegetación viva y la muerta. En lenguaje científico, es el alcance máximo de las aguas de un tsunami tierra adentro (Runup).

Longitud de la cresta

La longitud de una ola a lo largo de su cresta. A veces se llama ancho de la cresta.

Longitud de onda del tsunami

Distancia horizontal entre puntos similares en dos ondas sucesivas medidas perpendicularmente a la cresta. La longitud de la onda y el período del tsunami proporcionan información sobre la fuente. Para tsunamis generados por terremotos, el rango de longitud de onda típico es de 20 a 300 km. Para tsunamis generados por deslizamiento de tierras, el rango de la longitud de onda va de cientos de metros a decenas de kilómetros.

Magnitud

Parámetro de un evento al que se le asigna un valor numérico mediante el cual puede ser comparado con otro evento de su misma naturaleza.

Magnitud del tsunami

Medida para determinar el tamaño de un tsunami basado en la medición de sus ondas por mareógrafos y otros instrumentos. La escala, originalmente descriptiva y más similar a la de intensidad, cuantifica el tamaño usando mediciones de la altura de las olas o de runups de tsunami. Lida et ál. (1972) describió la magnitud (m) como el logaritmo en base 2 de la altura máxima de la ola medida sobre el terreno y que corresponde a una magnitud que va de -1 hasta 4:

$$m = \log_2 H_{max}$$

Posteriormente, Hatori (1979) extendió esta escala conocida como Imamura-Lida para los tsunamis de campo lejano incluyendo la distancia en la fórmula. Soloviev (1970) sugirió que la altura promedio del tsunami podía ser otro buen indicador de su tamaño y que la intensidad máxima debería ser medida lo más cerca posible de la fuente del tsunami. Una variación de lo anteriormente mencionado es la escala I de intensidad Imamura-Soloviev (Soloviev, 1972). Shuto (1993) aconsejó la medición de H como la altura hasta donde alcanzan daños o impactos específicos, de este modo, propuso una escala que puede ser usada como una herramienta cuantitativa de predicción para efectos macroscópicos.

También se ha propuesto que las magnitudes de los tsunamis son similares en forma a aquellas usadas para calcular las magnitudes de los terremotos. Éstas incluyen la fórmula original propuesta por Abe (1979) para calcular la magnitud de un tsunami, M_t:

$$M_t = \log H + B$$

donde H es la máxima amplitud de una sola cresta o valle de las olas del tsunami (en metros) y B es una constante. También existe la aplicación de campo lejano propuesta por Hatori (1986) que agrega el factor de la distancia en el cálculo.

Nivel de agua (máximo)

Diferencia entre la elevación de la marca de agua local más alta y la elevación del nivel del mar en el momento del tsunami. Esto difiere del máximo runup en que la marca de agua no se observa en la línea de inundación, sino que puede estar en la pared de un edificio o en el tronco de un árbol. Se conoce también como inundación o altura del tsunami.

Onda inicial

Primera onda del tsunami. En algunos casos, la onda inicial produce una depresión inicial o caída del nivel del mar, y en otros casos una elevación o ascenso del mismo. Cuando se produce una caída del nivel del mar, se observa una disminución de éste.

Período del tsunami

Tiempo que tarda una ola de tsunami en completar un ciclo o una longitud de onda. El período de un tsunami normalmente dura de 5 a 60 minutos. A menudo, se calcula estableciendo la diferencia medida en un mareograma entre el tiempo de llegada de la cresta más alta con la siguiente cresta.

Profundidad del agua

Profundidad o altura del agua del tsunami sobre el nivel del suelo medida en un sitio específico e indicada por marcas de inundación como: montones de desechos, marcas de impactos en troncos de árboles, residuos de vegetación muerta colgada en árboles o en cables eléctricos, o marcas de lodo dejadas en las paredes de los edificios. La altura de la inundación es la suma de la profundidad del agua y la altitud topográfica local.

Retroceso del mar

Retroceso del nivel del mar antes de que se produzca una inundación por tsunami. La línea de agua de la costa retrocede, a veces un kilómetro o más, quedando expuesto el fondo marino, las rocas y los peces. El retroceso del mar es una señal de la naturaleza que advierte de la llegada de un tsunami.

North Shore en Oahu (Hawái) durante el tsunami de las islas Aleutianas el 9 de marzo de 1957. La gente exploró el arrecife que venía de quedar al descubierto sin pensar que las olas del tsunami retornarían en minutos para inundar la costa. Fotografía tomada por A. Yamauchi, cortesía del periódico Honolulu Star-Bulletin.

Runup

1. Diferencia entre la elevación de penetración máxima de un tsunami (línea de inundación) y el nivel del mar en el momento del tsunami. En términos prácticos, el runup sólo se mide en la costa en la que hay clara evidencia de inundación.

2. Elevación alcanzada por el mar medida en relación con algunos niveles fijos tales como el nivel medio del mar, bajamar media, o el nivel del mar en el momento del tsunami, entre otros; y a la vez, idealmente medida en un punto correspondiente al máximo local de la inundación horizontal. En los lugares donde la elevación no esta medida en relación a la máxima inundación horizontal, ésta es denominada frecuentemente como altura de la inundación.

El tsunami despojó de vegetación las colinas forestadas dejando una clara señal de runup. Banda Aceh, 26 de diciembre de 2004. Fotografía por cortesía de Yuichi Nishimura, Universidad de Hokkaido (Japón).

A menudo el runup puede ser inferido a partir de la extensión vertical de vegetación muerta que se observa a través de desechos normalmente encontrados en la tierra que se quedan atrapados en cables eléctricos, en árboles, o en otros lugares elevados; o por marcas de línea de agua dejadas en las paredes de los edificios. En casos extremos, automóviles, botes y otros objetos pesados pueden ser levantados y depositados sobre los edificios. Banda Aceh (Indonesia), 26 de diciembre de 2004. Fotografía por cortesía de C. Courtney (Tetra Tech EMI).

Seno de la ola (valle)

La parte más baja de una ola.

Subida inicial

Tiempo del primer máximo de las ondas del tsunami.

Tiempo de arribo

Tiempo de llegada del primer tren de ondas máximo del tsunami a un determinado sitio.

Tiempo transcurrido

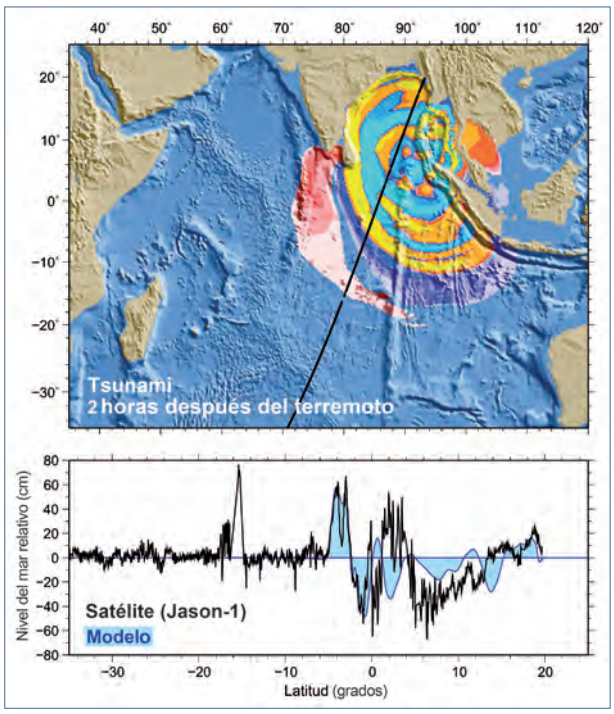
Tiempo entre la llegada de la primera onda del tsunami y la llegada del nivel máximo.

4. MAREA, MAREÓGRAFOS Y NIVEL DEL MAR

Términos usados para describir el nivel del mar y los instrumentos utilizados en la medición de los tsunamis

Altura de la superficie del mar

Altímetros satelitales observan la Altura de la Superficie del Mar (SSH, por sus siglas en inglés) y pueden registrar fotografías instantáneas de la propagación de un tsunami si la órbita del satélite está situada encima del mismo. Durante el tsunami del océano Índico que tuvo lugar en 2004 y el tsunami de Tohoku de 2011, varios satélites capturaron instantáneas de los tsunamis mientras éstos se propagaban por el océano Índico y por el Pacífico, respectivamente.



Radar altimétrico a bordo del satélite Jason-1 registraron el 26 de diciembre de 2004 el tsunami del océano Índico en una instantánea tomada dos horas después del terremoto. Abajo: la superposición de los cálculos realizados con el modelo MOST en los datos satelitales muestra una amplitud máxima de onda de unos 60 cm. Imagen por cortesía de la NOAA.

Amplitud de la marea

Es la mitad de la diferencia de altura entre una pleamar y una bajamar consecutivas; por lo tanto la mitad de la variación de la marea.

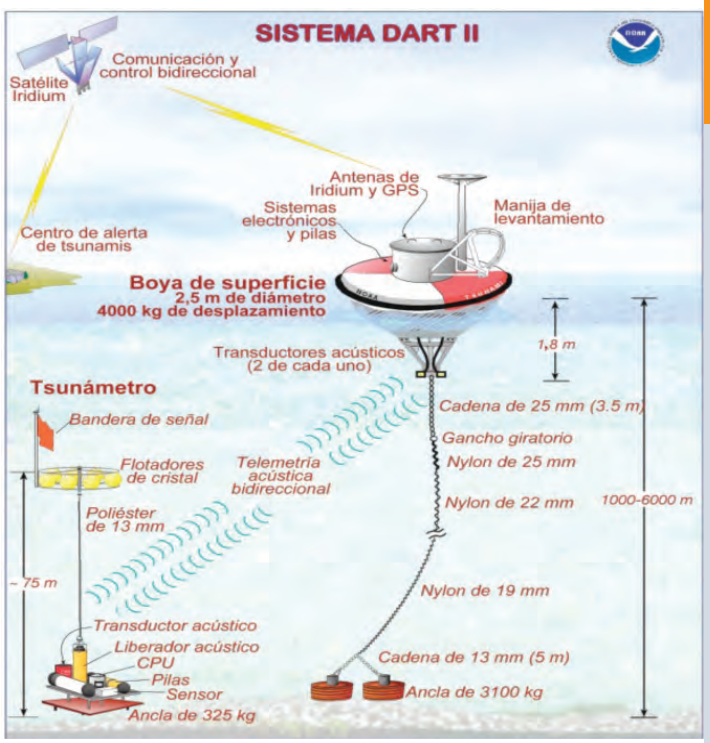
Bajamar

Nivel de agua más bajo alcanzado durante un ciclo de marea. El término popular aceptado es marea baja.

Cotidal

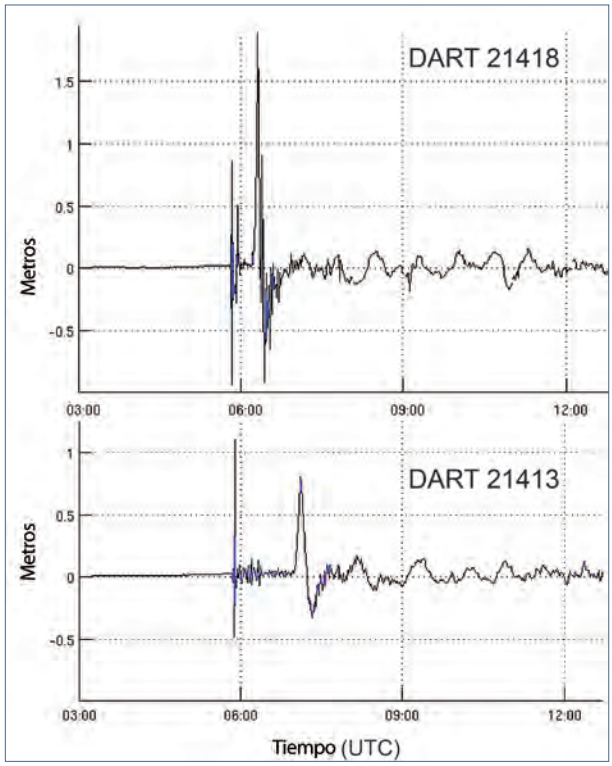
Que indica igualdad de mareas o una coincidencia con la hora de la pleamar o de la bajamar.

DART®



Sistema de Información y Evaluación de Tsunamis en el Fondo Marino (DART, por sus siglas en inglés). Sistema para la medición, la detección temprana y el reporte en tiempo real de tsunamis en el océano profundo. El sistema DART® fue desarrollado por el Laboratorio Ambiental Marino del Pacífico de la NOAA de los Estados Unidos de América. Consiste en un sensor de presión instalado en el piso marino capaz de detectar variaciones de presión de hasta un centímetro, y en una boya anclada que se

encuentra en la superficie para las comunicaciones en tiempo real. Los datos se transmiten a través de un enlace acústico desde el sensor en el fondo marino hasta la superficie donde está la boya. Después, los datos son transmitidos vía satélite a las estaciones en tierra para que éstas, a su vez, los transmitan inmediatamente a los centros de alerta contra los tsunamis de la NOAA. Los datos del sistema DART®, que usa una tecnología moderna de construcción de modelos numéricos, forman parte de un sistema de predicción de tsunamis que entrega pronósticos específicos del impacto de un tsunami en la costa.



El tsunami del 11 de marzo de 2011 fue registrado por la boya #21418 del sistema DART® situada a 450 millas náuticas al noreste de Tokio. La amplitud máxima de onda medida 33 minutos después del terremoto fue de 1,8 m. Los primeros datos registrados fueron las sacudidas del sismo. Datos por cortesía de la NOAA.

Diagramas de refracción

Modelos que usan la profundidad del agua, la dirección de la ola, el ángulo de separación y la separación del rayo entre dos rayos adyacentes como datos de inicio para obtener la trayectoria de ondas ortogonales, los coeficientes de refracción, las alturas de las olas y los tiempos de llegada.

Estación del nivel del mar

Sistema formado por un dispositivo, como un mareógrafo, para medir la altura del nivel del mar, una Plataforma de Acopio de Datos (DCP, por sus siglas en inglés) para la adquisición, la digitalización y el archivo de la información digitalizada y, frecuentemente, por un sistema de transmisión para enviar los datos desde la estación que se encuentra sobre el terreno a un centro de colección de datos. Los requisitos específicos de muestras y transmisión de datos dependen de la aplicación. El programa GLOSS mantiene una red central de estaciones de nivel del mar. Para el monitoreo de tsunamis locales, se requieren muestras de datos de un segundo disponibles en tiempo real. En cambio, para los tsunamis lejanos, los centros de alerta pueden proporcionar las alertas adecuadas usando datos obtenidos casi en tiempo real (muestras de datos de un minuto transmitidas cada 15 minutos o en menos tiempo). Las estaciones del nivel del mar también se utilizan para el monitoreo del cambio del nivel del mar a largo plazo y para estudios del cambio climático en los que un requisito importante es que la estación debe estar ubicada de forma exacta ya que las muestras se adquieren mediante técnicas topográficas.

Estación del nivel del mar en Rarotonga, puerto Avarua en las islas Cook. El equipamiento electrónico de fibra de vidrio (a) antena, (b) panel solar fue instalado en un muelle. El conducto (d) que contiene los cables que conectan el sensor, ubicado a una profundidad de 1,5 m bajo el nivel de la bajamar, a la plataforma de colección de datos que contiene el equipamiento electrónico mostrado arriba, fue unido externamente a un tubo que contenía el sensor (e).

Las estaciones del nivel del mar GLOSS emplean muchos instrumentos para medir el nivel del mar, incluyendo radares invertidos. Port Louis (Mauricio). Fotografía por cortesía del Centro del Nivel del Mar de la Universidad de Hawái.

Estación mareográfica

Sitio donde se llevan a cabo observaciones de marea.

Marea

Ascenso y descenso rítmico y alternado de la superficie (o nivel) del océano, y de cuerpos de agua conectados con el océano como estuarios y golfos que ocurre dos veces al día en la mayor parte de la Tierra como resultado de la atracción gravitatoria de la Luna (y en menor grado del Sol) que actúa desigualmente en las diferentes partes de la Tierra en rotación.

Mareógrafo

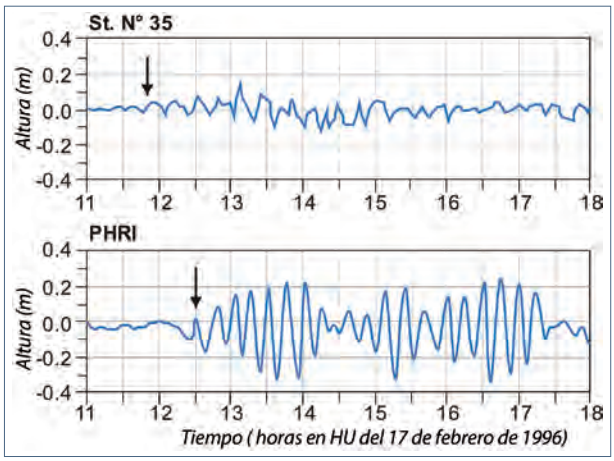
Instrumento utilizado para medir y registrar el nivel del mar. También se le conoce como mareómetro o sensor del nivel de mareas.

Los tsunamis pueden dañar las instalaciones costeras. Este mareógrafo en Talcahuano fue usado por la Marina chilena para vigilar el tsunami del 27 de febrero de 2010 que azotó Chile. Durante el tsunami del 11 de marzo de 2011 en Japón, siete estaciones fueron destruidas o dañadas y seis dejaron de transmitir datos dejando al JMA sin capacidad para vigilar la severidad del tsunami. Fotografía por cortesía de R. Núñez Gundlach.

Mareograma

1. Registro realizado por un mareógrafo.

2. Cualquier representación gráfica de la subida o descenso del nivel del mar con el tiempo en el eje de abcisas y la altura en el eje de ordenadas. Usado normalmente para medir las mareas, puede mostrar también los tsunamis.



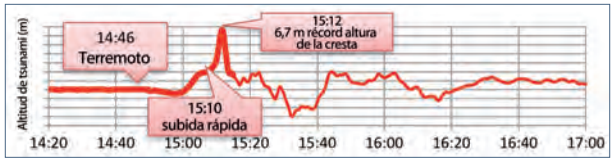
Mareogramas de las señales de tsunami medidas por un sensor submarino localizado a 50 km de la bahía de Tokio a una profundidad de 50 m (arriba) y otro sensor localizado en la costa (abajo). El tsunami es detectado por el sensor submarino aproximadamente 40 minutos antes de que sus ondas arriben a la costa (flechas). El sensor de presión submarino conectado por cable fue desarrollado por el Instituto de Investigaciones Portuarias de Japón y usado por el JMA.

Medidor de ola georreferenciado

Sistema de boya georreferencial para la vigilancia de olas y tsunamis introducido por el MLIT en 15 sitios alrededor de Japón.

Boya en la superficie del mar con una antena georreferenciada amarrada a unos 20 km de la costa para monitorear los cambios del nivel del mar usando la técnica GPS de la navegación cinética satelital en tiempo real (RTK, por sus siglas en inglés) con una estación en tierra. La boya georreferenciada se usa como medidor de ola para detectar tsunamis antes de que éstos impacten en la costa. Desde 2008, este sistema está en funcionamiento en Japón, y en 2012, 15 boyas georreferenciadas fueron instaladas por la Oficina de Puertos y Aeropuertos del Ministerio

de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón (MLIT, por sus siglas en inglés). Los datos GPS son transmitidos a tierra y procesados en tiempo real por el Instituto de Investigación de Puertos y Aeropuertos de Japón (PARI, por sus siglas en inglés) para después ser enviados al JMA, responsable de la vigilancia de tsunamis y de la emisión de alertas. El tsunami de Tohoku ocurrido en 2011 fue detectado mar adentro por el JMA que elevó su nivel a alerta de tsunami para Japón.



Boya georreferencial a 204 m de profundidad situada en el puerto de Kamaishi (Japón) que registró la primera cresta de la ola que superaba los 6 m en el terremoto tsunamigénico de Tohoku-oki de 2011. Perfil obtenido de la Oficina de Puertos y Aeropuertos, Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón y procesado por el Instituto de Investigación de Puertos y Aeropuertos (PARI) de Japón.

Nivel del mar

Es la altura del mar en un tiempo dado medido en relación a algún valor de referencia como el nivel medio del mar.

Nivel del mar de referencia

Las diferencias de elevación observadas entre cotas de marea o puntos geodésicos se procesan a través del método de los ajustes de los mínimos cuadrados para determinar alturas ortométricas referidas a una superficie de referencia vertical común, que es el nivel del mar de referencia. De esta manera, los valores de altura de todas las cotas de marea obtenidos en el programa de control vertical de una agencia de topografía son consistentes y pueden ser comparados para determinar diferencias de elevación entre las cotas de marea en un sistema de referencia geodésico que no puede ser conectado directamente por líneas de nivelación geodésicas. Este importante sistema de control geodésico vertical fue posible gracias a un nivel del mar de referencia universalmente aceptado.

Nivel máximo probable

Nivel del agua hipotético (sin incluir el runup de las olas normales generadas por el viento) que podría ser el resultado de la combinación más severa de factores hidrometeorológicos, geosísmicos y de otros factores geofísicos considerados razonablemente posibles en una región dada. Se asume que cada uno de estos factores afecta a ese sitio de manera máxima. Este nivel representa la respuesta física de un cuerpo de agua a fenómenos extremos como huracanes, tormentas, otros eventos meteorológicos ciclónicos, tsunamis, y mareas astronómicas en combinación con las condiciones hidrológicas ambientales máximas probables sin prácticamente riesgo de que sean excedidas, como por ejemplo el nivel de la ola.

Nivel medio del mar

La media aritmética de las alturas de la marea tomadas cada hora en la costa o en aguas adyacentes con acceso directo al mar y observadas durante un período determinado. A menudo usado como datum para investigaciones geodésicas. En los Estados Unidos de América, el nivel medio del mar se define como la altura media de la superficie del mar para todas las fases de la marea en un período de 19 años.

Onda de marea

1. Movimiento ondulatorio de las mareas.

2. Término a menudo usado incorrectamente para describir un tsunami, una ola de tormenta u otros levantamientos de agua poco frecuentes con niveles de agua destructivos a lo largo de toda la costa que no están relacionados con las mareas.

Sensor del nivel del mar

Dispositivo para medir el cambio en el nivel del mar con relación a un datum.

Sistema de cableado oceánico

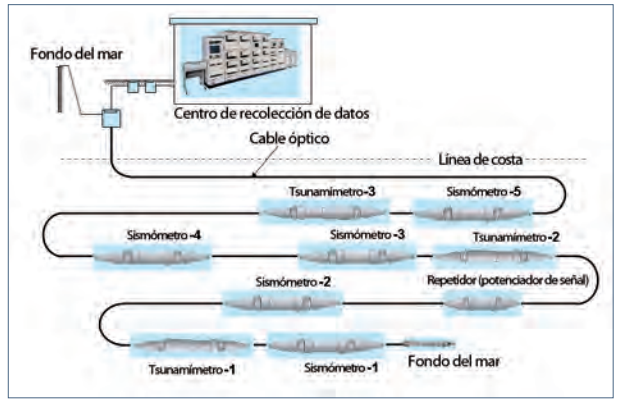


Diagrama esquemático del sistema de cableado oceánico desarrollado para el monitoreo de terremotos y tsunamis. Cortesía del JMA.

Instrumento instalado en el piso oceánico y conectado a la tierra a través de un cable que le proporciona energía para realizar las mediciones y transmitir los datos desde el

fondo del océano a la costa. Los cables pueden extenderse decenas de kilómetros mar adentro y cruzar océanos haciendo posible el despliegue de observatorios del fondo marino en tiempo real con sensores múltiples para la realización de un monitoreo a largo plazo.

Un ejemplo de sensores utilizados en este sistema de cableado son los sismómetros para medir los terremotos, los sensores de presión para medir los tsunamis, los sensores geodésicos para medir las deformaciones del piso oceánico y las cámaras. Japón opera varios de estos tipos de sistemas de cableado.

Tsunámetro

Instrumento para la detección temprana, medición y reporte en tiempo real de tsunamis en el océano profundo. También conocido como tsunamímetro. El sistema DART® también es un tsunámetro.

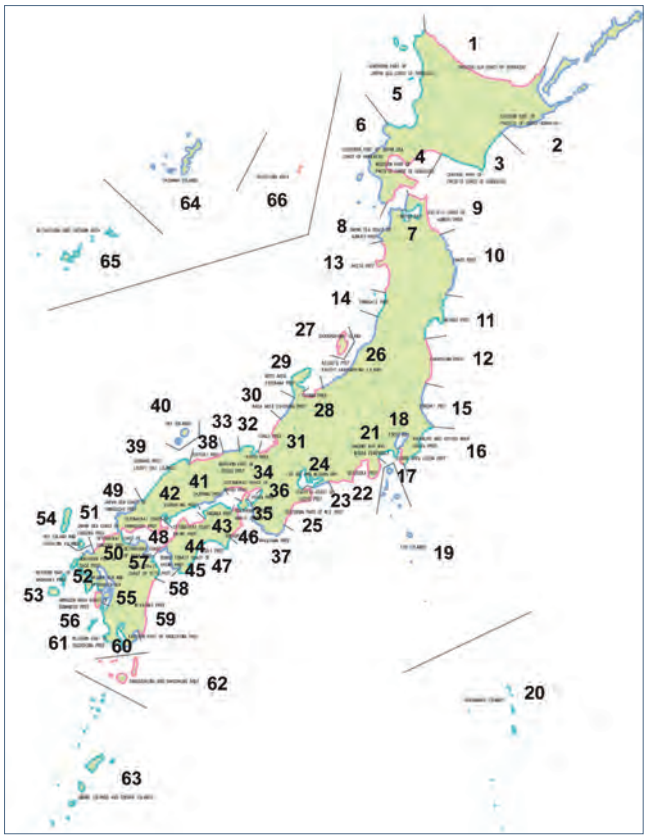
5. ACRÓNIMOS UTILIZADOS POR LOS SISTEMAS DE ALERTA CONTRA LOS TSUNAMIS Y LAS ORGANIZACIONES ASOCIADAS

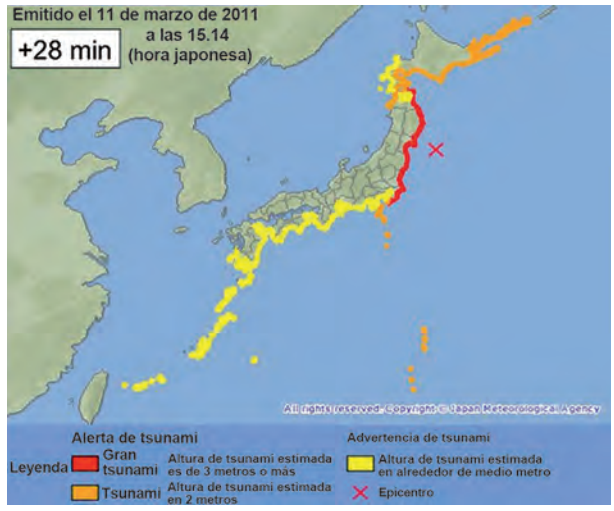
El Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos de la COI trabaja en colaboración con otras organizaciones. Acrónimos y términos específicos utilizados para describir el sistema de gobernanza, los servicios y los diferentes productos de información sobre tsunamis.

Alerta de tsunami

Alerta emitida, normalmente, por un Centro nacional de alerta contra los tsunamis (NTWC) para indicar que se espera un tsunami de forma inminente. Una alerta de tsunami puede ser emitida para diferentes niveles de amenaza de tsunami. Por ejemplo, una amenaza de bajo nivel es aquella que se caracteriza por pequeños cambios en el nivel del mar y fuertes corrientes en el océano, por lo que el tsunami sólo resulta peligroso en playas, puertos y para las actividades recreativas en el mar. Durante una amenaza de primer orden, se esperan olas de gran amplitud junto con fuertes corrientes que pueden causar inundación importante y destrucción completa de la mayoría de las estructuras situadas cerca de la costa. Después de la llegada de la primera ola, pueden seguir llegando olas peligrosas durante varias horas.

Los funcionarios encargados de las emergencias así como la población amenazada deben llevar a cabo diferentes tipos de respuesta dependiendo de los diferentes niveles de alerta de tsunami. Cuando existe un peligro extremo, una acción de seguridad pública adecuada incluye: la evacuación de áreas costeras bajas y el traslado de los barcos mar adentro. Las alertas se pueden actualizar, restringir geográficamente, degradar o cancelar. Para poder proporcionar una alerta lo antes posible, los primeros avisos se basan únicamente en información





Regiones de predicción de tsunami del JMA (izquierda) y alerta de tsunami para Japón el 11 de marzo de 2011 (derecha). Veintiocho minutos después de que se produjese el terremoto de M9.0, toda la costa oriental de Japón estuvo bajo alerta, y el norte de Japón bajo alerta por tsunami extremo. El resto de la costa del Pacífico estuvo bajo alerta de tsunami o advertencia. Todas las alertas y advertencias fueron canceladas tras 2 días, 3 horas y 12 minutos.

sísmica. Los niveles de amenaza pueden variar según los diferentes países y según la lengua y la terminología que utilicen para otros tipos de peligros como los fenómenos meteorológicos.

En Japón existen 66 regiones de predicción costera y las alertas son emitidas específicamente para cada una de ellas. Existen tres niveles de amenaza relacionada con la predicción de la altura de la ola de tsunami: alerta de tsunami extremo, alerta de tsunami y advertencia.

Cancelación de alerta de tsunami

Una alerta de tsunami será cancelada cuando no haya olas dañinas que se acerquen a la costa. Una cancelación se emite cuando las lecturas del nivel del mar indican que un tsunami está por debajo de los niveles de destrucción y disminuye en la mayoría de las áreas vigiladas.

COI

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO es el punto focal de los servicios y de las ciencias oceánicas dentro del sistema de las Naciones Unidas. Fue creada con el mandato de promover "la cooperación internacional y para coordinar programas de investigación, de servicios y de creación de capacidades con el fin de adquirir conocimientos sobre la naturaleza y los recursos del océano y de las áreas costeras, y de aplicarlos para mejorar la gestión, el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente marino y los procesos de toma de decisiones de sus Estados Miembros".

La COI ayuda a los gobiernos a tratar los problemas individuales y colectivos sobre el océano y la costa mediante el intercambio de conocimientos, información, tecnología, y la coordinación de programas nacionales. (http://ioc-unesco.org/)

Fin de alerta de tsunami

Una vez que una alerta de tsunami se cancela, las autoridades locales (no el TWC) emiten una notificación de fin de alerta de tsunami a la población en el momento en que es seguro regresar a las zonas evacuadas. Debido a que las condiciones locales pueden causar grandes variaciones en la acción de las olas del tsunami, la condición de fin de alerta depende del grado de los daños provocados y puede variar de una localidad a otra. Por lo general, después de haber recibido una cancelación de alerta de tsunami, y una vez que el área no ha sido golpeada por olas dañinas al menos durante dos horas, los organismos pueden emitir el estado de fin de alerta de tsunami, a no ser que el TWC (por ejemplo, a causa de una réplica importante) haya anunciado tiempos estimados de arribo de tsunami (ETA, por sus siglas en inglés) adicionales, o a no ser que las condiciones locales continúen produciendo fuertes corrientes de agua en canales o puertos que requieran de la prolongación del estado de alerta de tsunami. Daños locales en estructuras y en infraestructuras importantes, así como daños secundarios causados por incendios o por el escape de materiales peligrosos pueden demorar considerablemente el anuncio del fin de alerta de tsunami.

El tsunami del 29 de septiembre de 2009 en Samoa Americana empezó a inundar el puerto de Pago Pago 11 minutos después del sismo, y 14 minutos después llegó la segunda ola que anegó las riberas arrastrando las embarcaciones hacia los tejados de los edificios costeros. Samoa Americana. Fotografía por cortesía de R. Madsen.

GIC

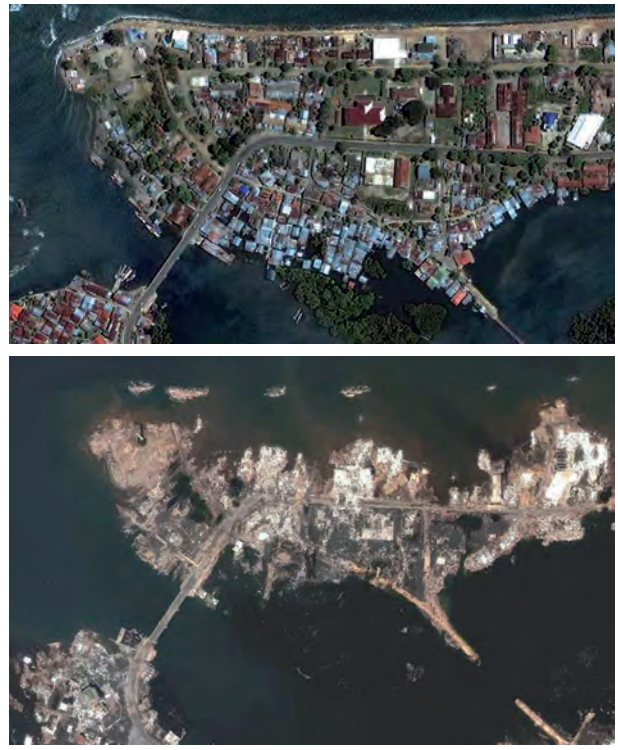
Grupo Intergubernamental de Coordinación. Como cuerpo subsidiario de la COI de la UNESCO, el GIC promueve, organiza y coordina las actividades regionales de mitigación de los efectos de los tsunamis, incluyendo la emisión de alertas oportunas. Para lograr dicho objetivo, requiere de la participación, cooperación y contribución de muchas entidades nacionales e internacionales que manejan datos sísmicos y del nivel del mar mediante sistemas de comunicación y de difusión de la información a través de la región. GIC está formado por los Estados Miembros de la región. Actualmente, existen Grupos Intergubernamentales de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Pacífico, océano Índico, Caribe y regiones adyacentes, y Atlántico nororiental y Mediterráneo y mares adyacentes. (http://www.ioc-tsunami.org/)

GIC/CARIBE-EWS

Grupo Intergubernamental de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y otras Amenazas Costeras en el Caribe y Regiones Adyacentes. Establecido por la Resolución XXIII-14 de la Vigésimo tercera reunión de la Asamblea de la COI en el año 2005. El GIC está constituido principalmente por los Estados Miembros de la COI y las organizaciones de toda la región del Caribe. A raíz de los esfuerzos de coordinación de la Subcomisión de la COI para el Caribe y Regiones Adyacentes (IOCARIBE) en 1993, un grupo de expertos formuló una propuesta para la construcción de un Sistema de Alerta para Tsunamis para el Mar Intramericano que fue aprobada por la Asamblea General de la COI en el año 2002.

GIC/IOTWS

Grupo Intergubernamental de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Océano Índico, establecido por Resolución XXIII-12 de la Vigésimo tercera reunión de la Asamblea de la COI en el año 2005. La Secretaría del GIC/IOTWS se encuentra situada en Perth (Australia). Actualmente, está compuesto por 28 Estados Miembros.



Banda Aceh (Sumatra, Indonesia). El tsunami del 26 de diciembre de 2004 arrasó las ciudades costeras dejando sólo arena, fango y agua donde alguna vez hubo comunidades prósperas de viviendas, oficinas y áreas verdes. Fotografía por cortesía de Digital Globe.

GIC/ITSU

Grupo Internacional de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico establecido mediante Resolución IV-6 de la Cuarta reunión de la Asamblea de la COI en 1965. En 2006, mediante la Resolución EC-XXXIX.8 del Consejo Ejecutivo de la COI se convirtió en GIC/PTWS.

GIC/NEAMTWS

Grupo Intergubernamental de Coordinación del Sistema de Alerta Temprana contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Atlántico Nororiental y el Mediterráneo y Mares Adyacentes, establecido por Resolución XXIII-13 de la Vigésimo tercera reunión de la Asamblea de la COI en el año 2005. El grupo está constituido principalmente por los Estados Miembros de la zona costera del noreste del Atlántico, del Mediterráneo y costas de sus mares adyacentes. Actualmente, está formado por 39 Estados Miembros.

GIC/PTWS

Grupo Intergubernamental de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Pacífico, antiguo GIC/ITSU, que por la Resolución EC-XXXIX.8 del Consejo Ejecutivo de la COI en 2006 adoptó el nombre de GIC/PTWS propuesto por el ITSU en su Vigésima

reunión en 2005 (Recomendación ITSU-XX.1). Actualmente, está formado por 46 Estados Miembros.

GLOSS

Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar. Un componente del Sistema Mundial de Observación de los Océanos (GOOS). La COI de la UNESCO estableció originalmente este sistema en el año 1985 para mejorar la calidad de los datos del nivel del mar con el fin de desarrollar estudios sobre el cambio del nivel del mar a largo plazo. Este sistema está formado por una red central de aproximadamente 300 estaciones distribuidas a lo largo de las costas de los continentes y de los archipiélagos del mundo. La red del GLOSS también mantiene el monitoreo para la alerta de tsunamis con normas operacionales mínimas de transmisiones de datos cada 15 minutos provenientes de muestras de datos de un minuto.

GOOS

Sistema Mundial de Observación de los Océanos. El GOOS es un sistema mundial permanente de observación, modelación y análisis de variables marinas y oceánicas para apoyar mundialmente los servicios oceánicos en funcionamiento. El proyecto GOOS tiene como propósito entregar descripciones precisas del estado actual de los océanos, incluyendo los recursos vivos, proporcionar predicciones continuas de las condiciones futuras del mar y suministrar las bases para las predicciones del cambio climático. Desde 1992, la Oficina de Proyecto de GOOS, ubicada en la sede de la COI en París, apoya la implementación de GOOS.

ITIC

Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis. El ITIC fue establecido en noviembre de 1965 por la Asamblea de la COI de la UNESCO para apoyar al GIC/ITSU en el Pacífico. Además, el ITIC suministra apoyo técnico y asistencia a los Estados Miembros en el desarrollo de capacidades para el establecimiento mundial de sistemas de alerta contra los tsunamis y atenuación de sus efectos en el océano Índico y Atlántico, en el mar Mediterráneo y del Caribe, y en otros océanos y mares adyacentes. Al ser el centro con mayor antigüedad ayuda en el inicio de las funciones a otros centros de información sobre tsunamis en otras regiones.

En el Pacífico, el ITIC monitorea y recomienda mejoras futuras al PTWS; coordina la transferencia de tecnología sobre tsunamis entre los Estados Miembros interesados en establecer sistemas regionales y nacionales de alerta contra los tsunamis; actúa como un organismo central para las actividades de mitigación de los efectos y evaluación del riesgo de los tsunamis; trabaja con el Servicio Mundial de Datos Geofísicos en la recolecta de datos de eventos históricos y sirve, a su vez, como recurso para el desarrollo, la publicación y la distribución de materiales de educación y preparación ante tsunamis. (http://tsunamiwave.info)

IUGG

Unión Internacional de Geodesia y Geofísica. La IUGG es una organización científica no gubernamental establecida en 1919 que se dedica a promover y coordinar los estudios sobre la Tierra y el medio ambiente en el espacio. La Comisión de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica sobre Tsunamis, establecida en 1960, es un grupo internacional de científicos preocupados por varios aspectos de los tsunamis, entre los que se incluyen mejorar el conocimiento de las dinámicas de generación, de la propagación y del runup costero de los tsunamis, como también de las consecuencias de este fenómeno en la sociedad. (http://iugg.org)

JMA

Organismo Meteorológico del Japón. El JMA estableció en 1952 un servicio de alerta contra los tsunamis que actualmente funciona como Sistema Nacional de Alerta contra Tsunamis que monitorea, las 24 horas al día, toda la actividad sísmica de Japón y que emite, de forma oportuna, información relacionada con terremotos y tsunamis. En 2005, el JMA inició las operaciones del Centro de Asesoramiento sobre los Tsunamis del Pacífico Noroccidental (NWPTAC). El NWPTAC, en estrecha coordinación con el PTWC, entrega información adicional para eventos ocurridos en Japón, sus alrededores y en el Pacífico noroeste. Desde 2005, el JMA y el PTWC proporcionan servicios provisionales al océano Índico. (http://www.jma.go.jp/jma)

Manual del usuario para el sistema de alerta contra los tsunamis

El Manual incluye un resumen de los servicios administrativos y operacionales, así como los procedimientos, incluyendo la detección y el monitoreo de las redes de datos utilizadas por los centros de alerta, los criterios que deben ser utilizados en los reportes y en la emisión de boletines sobre tsunamis, ejemplos de mensajes, los destinatarios de la información, y los métodos de envío de dichos mensajes. También puede incluir información más específica para ayudar a los usuarios a comprender mejor los productos emitidos. Anteriormente, en el Pacífico como Plan de Comunicaciones para el TWSP.

Niveles de amenaza de tsunami

Describen los tipos de amenaza de tsunami según el peligro potencial y el impacto en la población, en las estructuras y en los ecosistemas ya sea en tierra o en el

medio ambiente marino costero. Según el tipo de amenaza, el NTWC emitirá una alerta, una alarma, un aviso o un boletín de información.

Peligro de inundación en tierra. Tsunami que puede inundar comunidades costeras causando probablemente destrucción importante si el peligro de inundación es de primer orden. Cuando existe peligro de inundación en tierra, la población debe evacuar inmediatamente las zonas a riesgo.

Peligro en las aguas marinas costeras. Tsunami que puede causar fuertes corrientes de agua locales en aguas costeras. Cuando existe este tipo de amenaza, la población debe permanecer fuera del agua y alejada del mar abierto y de las calas.

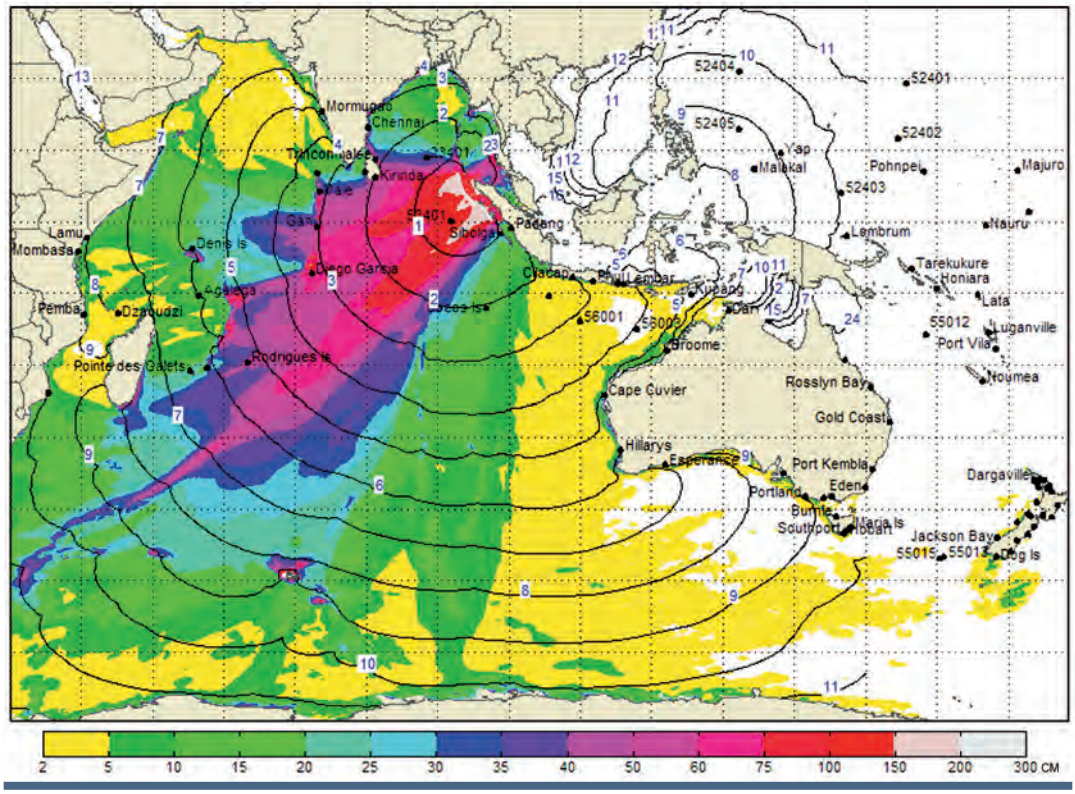
Sin peligro. Tsunamis que no plantean ningún tipo de amenaza y no se espera que causen daños.

Plan básico del ITSU

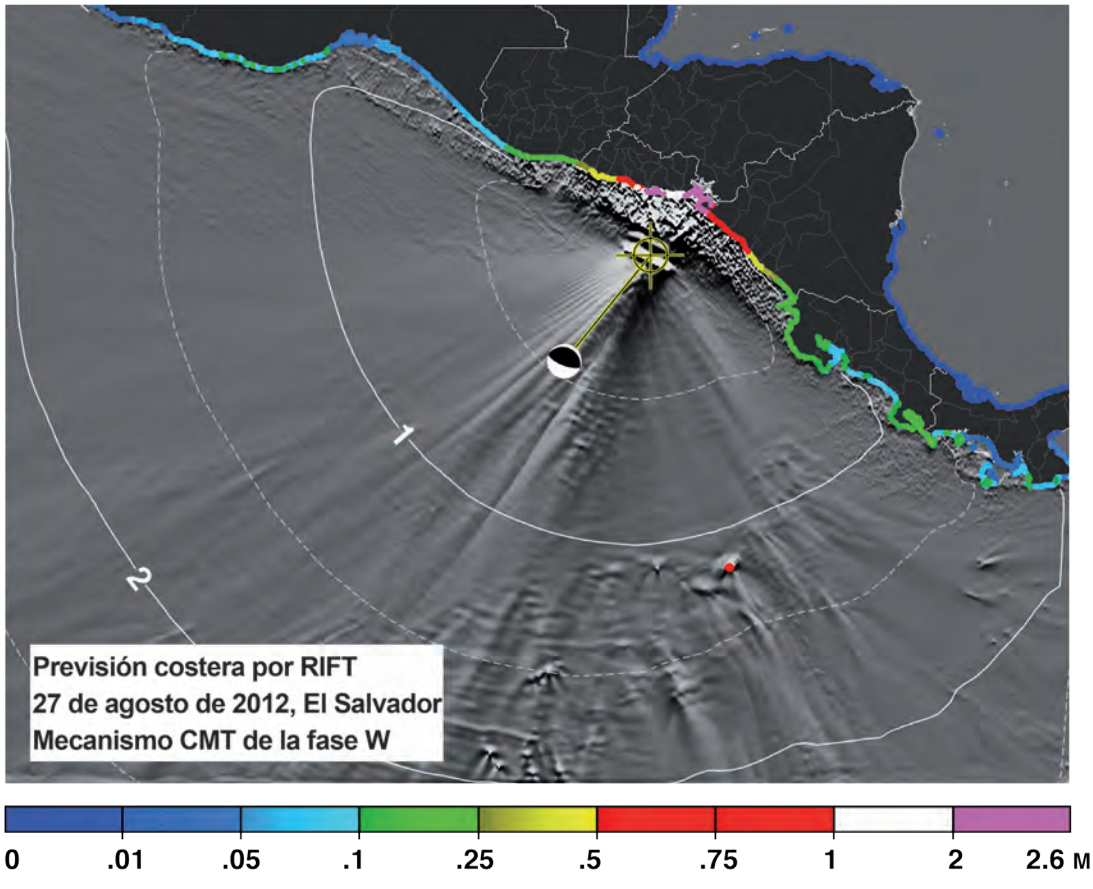
Guía principal para el mejoramiento a largo plazo del Sistema de Alerta contra los Tsunamis. Este Plan resume los elementos básicos de un Sistema de Alerta contra los Tsunamis, describe sus componentes y explica las actividades, series de datos, métodos y procedimientos que necesitan ser mejorados para minimizar los riesgos asociados a los tsunamis. La primera edición del Plan Básico del GIC/ITSU fue publicada en 1989. La tercera edición, en 2004 (IOC/INF-1124 Rev).

Predicción de tsunami

Estimación cuantitativa sobre el peligro de tsunami realizada por adelantado para cualquier tipo de propiedad. Las predicciones incluyen: el momento de la llegada de la primera ola, el momento de la llegada de la ola mayor, la amplitud máxima de las olas de tsunami y la duración del peligro de tsunami. Por lo general, son los centros de alerta los que realizan las predicciones usando modelos numéricos. Estos incluyen: modelos del tiempo de viaje, de propagación e inundación del tsunami. Todos los modelos se basan en suposiciones realizadas, fundamentalmente, sobre la fuente de tsunami que pueden o no ser precisas, por lo que pueden inducir a predicciones erróneas. La mayoría de los modelos pueden estar limitados a las observaciones de tsunamis cuando éstas se encuentran disponibles, lo que hace que la predicción sea más precisa. Las predicciones de tsunamis pueden ser emitidas en los puntos de predicción para sub-bloques geográficos o de acuerdo con jurisdicciones geopolíticas de un país con el objetivo de proporcionar avisos detallados de las amenazas vinculadas a los tsunamis.



Mapa de predicción de amenaza de tsunami para Australia realizado por el RTSP del IOTWS que fue generado el 26 de diciembre de 2004 por un terremoto de magnitud 9.1 en el océano Índico en Sumatra (Indonesia). Esta predicción hubiera sido emitida, si hubiera habido centros de alerta internacionales en funcionamiento en 2004. Los puntos situados en las costas corresponden a la amplitud esperada en la costa. Las bandas de colores muestran la dirección de la propagación de la energía del tsunami y las amplitudes máximas mar adentro. Los contornos (en blanco) muestran el tiempo de viaje esperado del tsunami en intervalos de una hora. Cortesía del Centro Conjunto de Alerta contra los Tsunamis de Australia.



Predicción de amenaza de tsunami realizada mediante el modelo RIFT del PTWC del gran terremoto de magnitud 7,7 ocurrido el 27 de agosto de 2012 en El Salvador. Los colores de la costa indican las amplitudes máximas esperadas del tsunami en estos puntos. El color rosa indica la máxima amplitud. Las líneas blancas muestran el tiempo esperado de viaje del tsunami en intervalos de 30 minutos. Los relieves en gris muestran la dirección de propagación de la energía del tsunami. Cortesía del PTWC.

Productos del centro de alerta contra los tsunamis

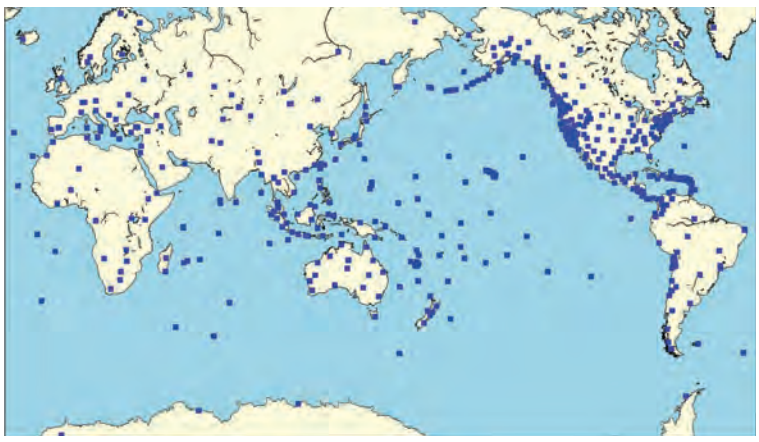
Los Centros de Alerta contra los Tsunamis emiten cuatro tipos básicos de mensajes: 1) boletines de información cuando ha ocurrido un gran terremoto y existe poca o ninguna amenaza de tsunami; 2) boletines de alerta, alarma y asesoramiento locales, regionales y transoceánicos cuando existe una amenaza inminente de tsunami; 3) boletines de cancelación cuando las ondas destructivas del tsunami ya han pasado; y 4) mensajes de comunicación de prueba para ejercitar regularmente el sistema. Los mensajes sobre tsunamis deben contener información de emergencia útil para la toma de decisiones oficiales, es decir, el tipo de emergencia de tsunami, su severidad, su certeza, y el área a la que afectará. Para proporcionar una alerta lo más pronto posible, las alertas iniciales sólo están basadas en información sísmica, específicamente ubicación, magnitud y profundidad del terremoto. Los mensajes sobre tsunamis se actualizan regularmente, o en la medida que sea necesario, o se cancelan cuando no existe amenaza. Los mensajes sobre tsunamis tienen una estructura sistemática: encabezado del mensaje (número del mensaje, centro emisor, hora de emisión), tipo de mensaje y área afectada, comunicado de la autoridad, parámetros del terremoto, mediciones de las olas de tsunami (cuando dicha información esté disponible), evaluación de la amenaza (puede incluir consejos sobre las acciones de respuesta adecuadas, certeza, tiempo estimado de arribo del tsunami (ETA) y predicción del oleaje), e información sobre el momento de emisión del próximo mensaje.

PTWC Y WCATWC

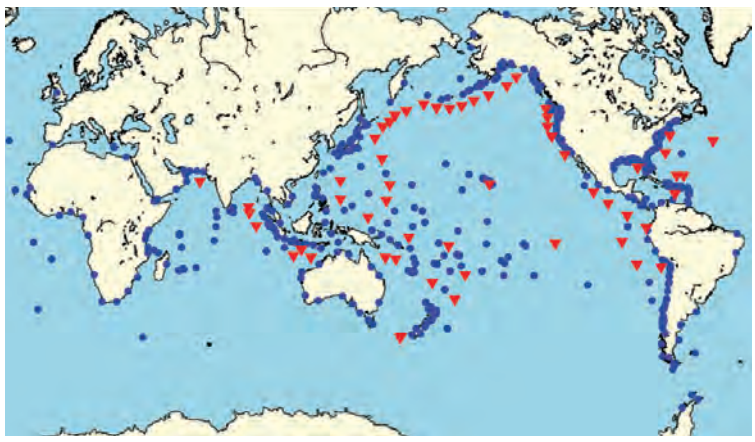
Instalaciones del Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico (PTWC) localizadas en Ewa Beach (Hawái, EE.UU.).

Área de operaciones del PTWC

Establecido en 1949, el **Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico "Richard H. Hagemeyer"** (PTWC) de la NOAA, localizado en Ewa Beach (Hawái), es el centro de operaciones del PTWS y trabaja en estrecha colaboración con los centros subregionales y nacionales en el monitoreo y la evaluación de terremotos potencialmente tsunamigénicos. El PTWC proporciona asesoramiento sobre teletsunamis a los países del Pacífico, y emite alertas a Hawái y a otras islas de Estados Unidos localizadas en el Pacífico. Asimismo, el PTWC proporciona servicios provisionales al océano Índico de 2005 a 2012 y a todo el Caribe desde el año 2005. En 1964 fue establecido el **Centro de Alerta contra los Tsunamis de Alaska y la Costa Occidental** (WCATWC) que ofrece servicios de alerta a los Estados Unidos, a Puerto Rico, a las islas Vírgenes estadounidenses y a Canadá; y además sirve como centro de apoyo para el PTWC. (http://ptwc.weather.gov/) (http://wcatwc.arh.noaa.gov).



Red sismológica global usada por el PTWC (noviembre de 2012)



Red global del nivel del mar usada por el por el PTWC (octubre de 2012). Los puntos indican las estaciones del nivel del mar en la costa y los triángulos, las estaciones DART.

Punto de predicción de tsunami

Ubicación en la que el Centro de Alerta contra los Tsunami, u otra organización, puede entregar estimaciones sobre el tiempo de arribo de un tsunami o la altura de la ola. Coinciden con ciudades o poblaciones costeras importantes, o con la ubicación de mareógrafos.

RTSP

Proveedor de Servicios Regionales sobre Tsunamis (RTSP, por sus siglas en inglés). El centro del IOTWS proporciona información sísmica a tiempo, predicciones sobre tsunamis y demás información al NTWC del océano Índico. Un RTSP puede desarrollar una doble función ya que puede servir como NTWC para el país en el que opera. Comparte la información de la evaluación de la amenaza con los NTWC

mediante métodos de comunicación seguros. Los NTWC informan del estado de las alertas nacionales contra los tsunamis a los RSTP. Desde noviembre de 2012, los RSTP autorizados del IOTWS son Australia, India e Indonesia.

SMT

Sistema Mundial de Telecomunicaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) que se encuentra directamente conectado con los servicios mundiales meteorológicos e hidrológicos. El SMT se utiliza ampliamente para la transmisión de datos del nivel del mar en casi tiempo real para la detección de tsunamis. El SMT, así como otros métodos de comunicación fiables, se usa para la transmisión de alertas de tsunami.

TBB

Panel de boletines sobre tsunamis (TBB, por sus siglas en inglés). El TBB es un servicio de correo electrónico patrocinado por el ITIC que ofrece un foro científico abierto y objetivo en el que los participantes pueden colgar información y mantener discusiones sobre noticias relacionadas con el tema de los tsunamis y su investigación. El ITIC proporciona este servicio a investigadores de tsunamis y a otros profesionales para facilitar la amplia difusión de la información sobre eventos tsunamigénicos, sobre investigaciones actuales, para anunciar futuras reuniones y publicaciones y para compartir todo tipo de materiales relacionados. Se agradece la colaboración de todos los miembros del TBB. Los mensajes son enviados de forma inmediata y sin modificación. Este panel ha sido muy útil para ayudar a organizar rápidamente los estudios posteriores a tsunamis, distribuir sus resultados y planificar talleres y simposios sobre tsunamis. Los miembros de este panel reciben automáticamente los boletines emitidos por el PTWC y el WCATWC.

TER

El Plan de Emergencia ante un Tsunami (TER, por sus siglas en inglés) describe las acciones que los organismos responsables deben llevar a cabo para mantener la seguridad pública después de la notificación de una alerta de tsunami por el Punto focal de alerta contra los tsunamis (TWFP) que por lo general es el Centro Nacional de Alerta contra los Tsunamis. Este plan incluye protocolos y procedimientos normalizados de operaciones a seguir en caso de emergencia, las organizaciones y los particulares involucrados, sus funciones y responsabilidades, la información de contacto, la cronología y la urgencia asignada a cada acción y los medios mediante los cuales se alertará a los ciudadanos y a la población con necesidades especiales (minusválidos, ancianos, transeúntes y personas en embarcaciones marinas). Para poder responder ante un tsunami, se ha enfatizado en la rapidez, eficiencia, precisión y claridad de las acciones e instrucciones que deben darse al público. El Plan de Emergencia ante un Tsunami debería también incluir las acciones a realizar después de un tsunami y las responsabilidades para la búsqueda, el rescate, el socorro, la rehabilitación y la recuperación.

El PTWC emitió una alerta de tsunami en 1986 a causa de un sismo que se produjo en las islas Aleutianas para que los funcionarios encargados de las emergencias de Hawái evacuaran todas las costas bajas. Bahía de Waimea (Oahu, Hawái). Fotografía por cortesía de Honolulu Star-Bulletin.

TNC

Contacto nacional sobre tsunamis (TNC, por sus siglas en inglés). Persona designada por el gobierno de un Estado Miembro para representar a su país en las actividades internacionales de coordinación relacionadas con la mitigación de los efectos y alerta de tsunamis. Esta persona forma parte de los actores principales del programa del sistema nacional de alerta contra los tsunamis y atenuación de sus efectos. El TNC puede ser el Punto focal de alerta contra los tsunamis de una organización encargada de la gestión de las actividades relacionadas con los desastres, de una institución científica o técnica, o de otro tipo de organismo con responsabilidades en el tema de la alerta de tsunamis y mitigación de sus efectos.

TWC

Centro de Alerta contra los Tsunamis (TWC, por sus siglas en inglés). Centro que emite, de manera oportuna, mensajes con información sobre tsunamis a los organismos designados para el manejo de las emergencias y/o a la población. Los mensajes emitidos por el TWC internacional sirven de aviso para los Puntos focales de alerta contra los tsunamis (TWFP) del país. Los mensajes del TWC nacional (NTWC) sirven como aviso para los organismos oficiales del país encargados de las emergencias. Los TWC internacionales monitorean y entregan información a los Estados Miembros sobre posibles tsunamis distantes y regionales utilizando redes de datos mundiales. A menudo, pueden emitir mensajes 10 minutos después del terremoto. Los TWC locales vigilan y proporcionan información sobre posibles tsunamis locales que pueden azotar en minutos, por ese motivo deben tener acceso a redes de datos en tiempo real, continuos y densamente espaciados para poder caracterizar los terremotos en segundos y emitir una alerta en cuestión de minutos.

Un ejemplo de un Centro Internacional de Alerta contra los Tsunamis (ITWC) es el Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico el cual entrega alertas internacionales contra los tsunamis al Pacífico.

Ejemplos de ITWC regionales son el NWPTAC operado por el JMA, y el WCATWC operado por la NOAA de los Estados Unidos. En el Pacífico, estos centros, junto con los centros nacionales de Chile, Francia y Rusia, que llevan largo tiempo en funcionamiento, también funcionan como TWC nacionales emitiendo alertas a sus respectivos países.

En el IOTWS, el RTSP emite productos para los NTWC mediante un servicio protegido. En el PTWS y el CARIBE-EWS, el PTWC, el NWPTAC y el WCATWC emiten productos de manera simultánea para los TWFP y para el público. En el NEAMTWS, los TWP emiten productos para los NTWC y TWFP.

TWFP

Punto focal de alerta contra los tsunamis (TWFP, por sus siglas en inglés). Persona de contacto 24 horas al día, los 7 días de la semana (7x24), u otro punto o dirección oficial de contacto capaz de recibir y emitir rápidamente cualquier información de evento de tsunami (como una alerta). El Punto focal de alerta contra los tsunamis puede ser o la autoridad encargada de las emergencias (defensa civil u otro organismo designado que tenga la responsabilidad de la seguridad pública), o tener la responsabilidad de notificar a dicha autoridad acerca de las características del evento (terremoto y/o tsunami), de acuerdo con los Procedimientos normalizados de operaciones nacionales. El Punto focal recibe información internacional sobre tsunamis de los centros del PTWS (PTWC, WCATWC y del NWPTAC del JMA), de los Proveedores Regionales de Avisos sobre Tsunamis (RTSP, por sus siglas en inglés) del IOTWS (en 2012, Australia, India e Indonesia), de los candidatos al servicio de vigilancia de tsunamis (TWP) de NEAMTWS (en 2012, Francia, Turquía y Grecia), o de otros centros regionales-internacionales de alerta.

TWP

Los **servicios de vigilancia de tsunamis** (TWP, por sus siglas en inglés) son los Centros Nacionales de Alerta contra Tsunamis (NTWC) acreditados por el Sistema de Alerta Temprana contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Atlántico Nororiental y el Mediterráneo y Mares Adyacentes (NEAMTWS) capaces de proporcionar información de alerta de tsunamis a otros Estados Miembros en los puntos de predicción designados. Los receptores de este servicio son los Puntos Focales de Alerta contra los Tsunamis (TWFP) que han elegido recibir dicha información, normalmente son, al mismo tiempo, NTWC. Para poder ser reconocidos como parte del NEAMTWS, los candidatos a TWP deben cumplir una serie de requisitos y ser aprobados por el ICG/NEAMTWS. Los Estados Miembros tienen la libertad de decidir de qué TWP quieren recibir los mensajes de alerta de tsunami, y pueden recibir dichos mensajes de más de un TWP.

UNESCO

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura establecida en 1945. La UNESCO promueve la cooperación internacional entre sus Estados Miembros en los campos de educación, ciencia, cultura y comunicación. Actualmente, la UNESCO trabaja como laboratorio de ideas y normalizador para forjar acuerdos universales sobre problemas éticos emergentes. La Organización también funciona como centro de intercambio que difunde y comparte la información y el conocimiento, mientras ayuda a los Estados Miembros a construir las capacidades humanas e institucionales en diversas áreas. La Constitución de la UNESCO reza de la siguiente manera: "Ya que la guerra nace en la mente de los hombres, es en la mente de los hombres donde hay que erigir los baluartes de la paz." (http://www.unesco.org/)

WDS y NGDC

El **Sistema Mundial de Datos** (WDS) del Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU) fue creado mediante decisión de la Asamblea General del ICSU en su 29ª reunión celebrada en 2008. El WDS está basado en 50 años de legado del sistema del Centro Mundial de Datos (WDC) del ICSU. Promueve aplicaciones disciplinarias y multidisciplinarias gracias a una amplia base geográfica y disciplinaria basada en el potencial que ofrecen las interconexiones avanzadas entre los componentes de la gestión de datos. Actualmente, está compuesto por 49 organizaciones miembros.

El **Centro Nacional de Datos Geofísicos** (NGDC) de la NOAA, ubicado en el Servicio Mundial de Datos Geofísicos del WDS, incluye la geofísica y geología marina, y gestiona datos globales geofísicos, del piso marino y de riesgos naturales, incluyendo datos sobre tsunamis. Estos datos abarcan escalas de tiempo que van de segundos a milenios y proporcionan información de referencia para la investigación en muchas disciplinas. (http://www.icsu-wds.org/, http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/)

6. BIBLIOGRAFÍA

GENERAL

Atwater, Brian F., et al., *Surviving a tsunami - Lessons from Chile, Hawaii, and Japan*. USGS Circular 1187. Washington DC: GPO, rev 2005. In English online. Spanish version *Sobreviviendo a un tsunami: lecciones de Chile, Hawai y Japón*. USGS Circular 1218, rev 2009. Online.

Bernard, E.N., ed., *Developing tsunami-resilient communities: The National Tsunami Hazard Mitigation Program*. Dorchedt: Springer, 2005.

Bernard, E.N., and A. R. Robinson, *Tsunamis, The Sea*, Volume 16. Cambridge: Harvard University Press, 2009.

Dudley, W. and M. Lee, *Tsunami!,* 2nd Edition. Honolulu: University of Hawaii Press, 1998.

UNESCO/IOC, *Master plan for the Tsunami Warning System in the Pacific*, Third Edition. IOC Information document No. 1124. Paris: UNESCO, 2004. In English online.

UNESCO/IOC, *Post-tsunami survey field guide*, Second Edition. IOC Manuals and Guides No. 37. Paris: UNESCO, 1998, rev 2012. First Edition (1998) in Russian, French and Spanish online.

UNESCO/IOC International Tsunami Information Center, *Tsunami Newsletter*. Honolulu: ITIC, 1965 to present. In English online.

UNESCO/IOC International Tsunami Information Center, *Tsunami, The Great Waves*. IOC Brochure 2012-4. Paris: UNESCO, rev 2012 (original NOAA PA 7407, 1975). In English; Spanish and French versions online.

UNESCO/IOC International Tsunami Information Center, *Tsunami Glossary*. IOC Technical Series 85. Paris: UNESCO, rev 2013. In English; Spanish and French versions online.

UNESCO/IOC International Tsunami Information Center, *Tsunami Warning!*. IOC Information Document No. 1223. Paris: UNESCO, rev 2005 (original 2000).

CATÁLOGOS DE EVENTOS

Berninghausen, W.H., *Tsunamis and seismic seiches of Southeast Asia*. Bulletin of the Seismological Society of America, 59, 289-297, 1969.

Berninghausen, W.H., *Tsunamis and seismic seiches reported from regions adjacent to the Indian Ocean*. Bulletin of the Seismological Society of America, 56(1), 69-74, 1966.

Berninghausen, W.H., *Tsunamis and seismic seiches reported from the Western North and Atlantic and the coastal waters of Northwestern Europe*. Informal Report No. 68-05, Washington DC: Naval Oceanographic Office, 1968.

Berninghausen, W.H., *Tsunamis reported from the west coast of South America, 1562-1960*. Bull. Seismol. Soc. Amer., 52, 915-921, 1962.

Berninghausen, W. H., *Tsunamis and seismic seiches reported from the eastern Atlantic south of the Bay of Biscay*. Bull. Seismol. Soc. Amer., 54, 439-442, 1964.

Dunbar, P.K., P. A. Lockridge, and L. S. Whiteside, *Catalogue of Significant Earthquakes. 2150BC-1991AD.* US Department of Commerce, NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, USA, World Data Center A for Solid Earth Geophysics Reports SE-49, 320 pp, 1992.

Everingham, I.B., *Preliminary Catalogue of Tsunamis for the New Guinea I Solomon Island Region 1768-1972*. Bureau of Mineral Resources, Canberra, Australia, Report 180, 78 pp, 1977.

Heck, N.H., List of seismic sea waves. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 37, No. 4, p. 269-286, 1947.

Lida, K., D. Cox, and G. Pararas-Carayannis, *Preliminary catalog of tsunamis occurring in the Pacific Ocean*. Data Report No. 5, Hawaii Institute of Geophysics, HIG-67-10. Honolulu: University of Hawaii, re-issued 1972. URL: http://www.soest.hawaii.edu/Library/Tsunami%20Reports/lida_et_al.pdf

Lida, K., *Catalog of tsunamis in Japan and its neighboring countries*. Aichi Institute of Technology, Yachigusa, Yakusa-cho,Toyota-shi, 470-03, Japan, 52 p, 1984.

Kanamori, H. and K. Yomogida, *First results of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku earthquake*, Earth, Planets Space, 63, 511–902, 2011.

Lander, J. F., L. S. Whiteside, and P. A. Lockridge, *Two Decades of Global Tsunamis, 1982-2002*, Science of Tsunami Hazards, the International Journal of the Tsunami Society, Honolulu, Hawaii, USA, 21, 3-82, 2003.

Lander, J.F, *Tsunamis Affecting Alaska 1737-1996*. KGRD No. 31, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, USA, September, 155, 1996.

Lander, J.F, P.A. Lockridge, and M.J. Kozuch, *Tsunamis affecting the West Coast of the United States 1806-1992*. US Department of Commerce, NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, USA, NGDC Key to Geophysical Records Documentation KGRD-29. 242 pp, 1993.

Lander, J., and P. Lockridge, *United States Tsunamis (including United States Possessions) 1690-1988.* Publication 41-2, Boulder: National Geophysical Data Center, 1989.

Lockridge, P.A., *Tsunamis in Peru-Chile*, Report SE-39, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, CO, USA, 97, 1985.

Lockridge, P.A., L.S. Whiteside and J.F. Lander, *Tsunamis and Tsunami-like Waves of the Eastern United States*. Science of Tsunami Hazards, the International Journal of the Tsunami Society, Honolulu, Hawaii, USA, 20 (3), 120-144, 2002.

Molina, E.e (Seccion de Sismologia, INSIVUMEH, Guatemala). *Tsunami catalogue for Central America 1539-1996 [Report].* Reduction of natural disasters in Central America. Universitas Bergensis Technical Report no. II 1-04, Bergen, Norway: Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen; 1997.

Murty, T.S. and M. Rafiq, *A tentative list of tsunamis in the marginal seas of the north Indian Ocean. Natural Hazards*, 4 (1), 81-83, 1991.

NOAA National Geophysical Data Center (NGDC), US Dept of Commerce, Boulder, CO, *Global Historical Tsunami Database, 2000 BC to present, 2012,* online http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml

NOAA National Geophysical Data Center and UNESCO/IOC-NOAA International Tsunami Information Center, *2012 Global Tsunami Sources, 1410 BC to 2012 AD Map*. Also online

O'Loughlin, K.F. and J.F. Lander, *Caribbean tsunamis: A 500-year history from 1498-1998*, Advances in Natural and Technological Hazards Research, Vol. 20 Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 2003.

Pararas-Carayannis G., *Catalogue of Tsunamis in the Hawaiian Islands*. US Department of Commerce, NOAA National Geophysical Center, Boulder, USA, World Data Center A for Solid Earth Geophysics Publication, 94 pp, 1969.

Sanchez Devora, A. J., and S. F. Farreras Sanz, *Catalog of tsunamis on the western coast of Mexico.* Report SE-50, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, USA, 79 p., 1993.

Satake, K., A. B. Rabinowich, U. Kanoglu, and S. Tinti, *Tsunamis in the World Ocean: Past, Present, and Future. Volume I*, Pure Appl. Geophys, 168 (6-7), Topical Issue, 2011a.

Satake, K., A. B. Rabinowich, U. Kanoglu, and S. Tinti, *Tsunamis in the World Ocean: Past, Present, and Future. Volume II,* Pure Appl. Geophys, 168 (11), Topical Issue, 2011b.

Satake, K., A.B. Rabinowich, D. Dominey-Howes, and J.C. Borrero, *Historical and Recent Catastrophic Tsunamis in the World: Volume I. The 2011 Tohoku Tsunami.,* Pure Appl. Geophys., 170 (6/8), Topical Issue, 2012a.

Satake, K., A.B. Rabinowich, D. Dominey-Howes, and J.C. Borrero, *Historical and Recent Catastrophic Tsunamis in the World: Volume II. Tsunamis from 1755 to 2010*, Pure Appl. Geophys., 170 (9/10), Topical Issue, 2012b.

Sato, S., *Special Anniversary Issue on the 2011 Tohoku earthquake tsunami*, Coastal Engineering Journal, 54 (1), 2012.

Soloviev, S.L., et al., *Tsunamis in the Mediterranean Sea 2000 BC-2000AD*. Advances in Natural and Technological Hazards Research, Vol. 13, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

Soloviev, S.L., and C. N. Go, *A catalogue of tsunamis on the western shore of the Pacific Ocean*. Academy of Sciences of the USSR, Nauka Publishing House, Moscow, 310 pp. Canadian Translation of Fisheries and Aquatic Sciences No. 5077, 1984, translation available from Canada Institute for Scientific and Technical Information, National Research Council, Ottawa, Ontario, Canada K1A OS2, 447 pp, 1974.

Soloviev, S.L., and C. N. Go, *A catalogue of tsunamis on the eastern shore of the Pacific Ocean. Academy of Sciences of the USSR,* Nauka Publishing House, Moscow, 204 pp. Canadian Translation of Fisheries and Aquatic Sciences No. 5078, 1984, translation available from Canada Institute for Scientific and Technical Information, National Research Council, Ottawa, Ontario, Canada K1A OS2, 293 pp, 1975.

Soloviev, S.L., C. Go, and C. S. Kim, *Catalogue of Tsunamis in the Pacific 1969-1982, Results of Researches on the International Geophysical Projects.* Moscow: Academy of Sciences of the USSR, 1992.

Soloviev, S.L. and M.D. Ferchev, *Summary of Data on Tsunamis in the USSR*. Bulletin of the Council for Seismology, Academy of Sciences of the USSR [Byulleten Soveta po Seismologii Akademiya Nauk, SSSR], 9, 23-55, Moscow, USSR, 37, 1961.

Tinti S., A. Maramai and L. Graziani. *A new version of the European Tsunami Catalogue: updating and revision*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 1, 1-8, 2001.

Tsunami Laboratory, ICMMG SD RAS, Novosibirsk, Russia, *Historical Tsunami Database for the World Ocean (HTDB/WLD), 1628 B.C to present, 2011*, online http://tsun.sscc.ru/nh/tsunami.php

Watanabe, H., *Comprehensive List of Tsunamis to Hit the Japanese Islands*, 2nd Ed., University of Tokyo Press, 1998, 245 p, 1998, in Japanese

TÉCNICA

Abe, K., Size of great earthquakes 1837-1974 inferred from tsunami data, J. Geophys. Res, 84, 1561-1568, 1979.

Abe, Katsuyuki, A new scale of tsunami magnitude, Mt. in Tsunamis: Their science and engineering, Iida and Iwasaki, eds., Tokyo: Terra Scientific Publishing Company, 91-101, 1983.

Ambraseys, N.N., Data for the investigation of the seismic sea-waves in the Eastern Mediterranean, Bulletin of the Seismological Society of America, 52:4, 895-913, 1962.

Cummins, P.R., L.S.L. Kong, and K. Satake, Tsunami Science Four Years after the 2004 Indian Ocean Tsunami. Part I: Modelling and Hazard Assessment, Pure Appl. Geophys. 165 (11/12), Topical Issue, 2008

Cummins, P.R., L.S.L. Kong, and K. Satake, Tsunami Science Four Years after the 2004 Indian Ocean Tsunami. Part II: Observation and data Analysis, Pure Appl. Geophys. 166 (1/2), Topical Issue, 2009

Dmowska, R. and B. Saltzman, eds., Tsunamigenic earthquakes and their consequences. Advances in Geophysics, Vol. 39, San Diego: Academic Press, 1998.

European Commission. Directorate General for Science, Research and Development, UNESCO and Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), International Conference on Tsunamis, 26-28 May 1998. France: CEA, 1998.

Fukuyama, E., J. B. Rundle, and K. F. Tiampo, eds., Earthquake Hazard Evaluation, ISBN 978-3-0348-0587-2

Hatori, T., Relation between tsunami magnitude and wave energy, Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo, 54, 531-541, 1979. In Japanese with English abstract.

Hatori, T., Classification of tsunami magnitude scale, Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo, 61, 503-515, 1986. In Japanese with English abstract.

Lida, K. and T. Iwasaki, eds., Tsunamis: Their science and engineering, Proceedings of the International Tsunami Symposium (1981), Tokyo: Terra Scientific, 1983.

Kanamori, H., "Mechanism of tsunami earthquakes," Phys. Earth Planet. Inter, 6, 346-359, 1972.

Keating, B., Waythomas, C., and A. Dawson, eds., Landslides and Tsunamis. Pageoph Topical Volumes, Basel: Birhäuser Verlag, 2000.

Mader, C., Numerical modeling of water waves, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004.

Papadopoulus, G., and F. Imamura, "A proposal for a new tsunami intensity scale," International Tsunami Symposium Proceedings, Session 5, Number 5-1, Seattle, 2001.

Satake, K., ed., Tsunamis: Case studies and recent developments. Dordrecht: Springer, 2005.

Satake, K. and F. Imamura, eds., Tsunamis 1992-1994: Their generation, dynamics, and hazard, Pageoph Topical Volumes. Basel: Birhäuser Verlag, 1995.

Satake, K., E.A. Okal, and J.C. Borrerro, Tsunami and its hazards in the Indian and Pacific oceans, Pure Appl. Geophys., 164(2-3), Topical Issue, 2007

Sauber, J. and R. Dmowska, Seismogenic and tsunamigenic processes in shallow subduction zones. Pageoph Topical Volumes. Basel: Birhäuser Verlag, 1999.

Shuto, N., "Tsunami intensity and disasters," in Tsunamis in the World, S. Tinti, ed., Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 197-216, 1993.

Sieberg, A., Erdbebenkunde, Jena: Fischer, 102-104, 1923. Sieberg's scale.

Soloviev, S.L., "Recurrence of earthquakes and tsunamis in the Pacific Ocean," in Tsunamis in the Pacific Ocean, edited by W. M. Adams, Honolulu: East-West Center Press, 149-164, 1970.

Soloviev, S.L., "Recurrence of earthquakes and tsunamis in the Pacific Ocean," Volny Tsunami (Trudy SahkNII, Issue 29), Yuzhno-Sakhalinsk, 7-46, 1972. In Russian.

Tinti, S., ed., Tsunamis in the World : Fifteenth International Tsunami Symposium, 1991, Advances in Natural and Technological Hazards Research, Vol. 1. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993.

Tsuchiya, Y. and N. Shuto, eds., Tsunami: Progress in prediction, disaster prevention and warning. Advances in Natural and Technological Hazards Research, Vol. 4. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995.

Yeh, H., Liu, P., and C. Synolakis, Long-wave runup models, Singapore: World Scientific, 1996.

7. LIBROS DE TEXTO PARA PROFESORES Y ESTUDIANTES

Pre-elementary school: Earthquakes and tsunamis Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1996. Revised 2003 in Spanish.

Terremotos y tsunamis o maremotos : Texto para educación prebásica. Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1994

2-4 Grade: I invite you to know the earth I. Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1997. Te invito a conocer la tierra: Texto de enseñanza básica 2do. a 4to. año básico. Chile: SHOA/IOC/ITIC

5-8 Grade: I invite you to know the earth II. Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1997. Te invito a conocer la tierra 2: Texto de enseñanza básica 5to. y 8vo. año básico. Chile: SHOA/IOC/ITIC

High School: Earthquakes and tsunamis. Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1997. Terremotos y tsunamis o maremotos : Texto de enseñanza media. Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1994

8. ÍNDICE ANALÍTICO

A

Alerta de tsunami 32
Altura de inundación 21
Altura de la superficie del mar 27
Altura media 21
Altura significativa de las ondas 21
Amplitud de la marea 27
Amplitud del tsunami 21
Área de inundación 21
Ascenso 22

B

Bajamar 27

C

Caída 22
Cancelación de alerta de tsunami 33
Características del fenómeno 4
COI 33
Cotidal 27
Cresta de una onda 22

D

Daños por tsunami 13
DART® 27
Datos de tsunamis históricos 13
Desbordamiento 22
Diagramas de refracción 28
Disipación del tsunami 13
Dispersión 22
Distribución del runup 22

E

Efectos de los tsunamis 13
Escala modificada de Sieberg de intensidades de tsunamis 22
Escala Sieberg de intensidades de tsunamis 22
Estación del nivel del mar 28
Estación mareográfica 29
Estudio posterior a un tsunami 22
Evaluación del peligro de tsunami 14
Evaluación probabilista de los riesgos vinculados a los tsunamis 14

F

Fin de alerta de tsunami 33
Fuente del tsunami 14

G

Generación de tsunami 14
GIC 34
GIC/CARIBE-EWS 34
GIC/IOTWS 34
GIC/ITSU 34
GIC/NEAMTWS 34
GIC/PTWS 34
GLOSS 35
GOOS 35

H

Hundimiento (elevación) 23

I

Intensidad 24
Intensidad del tsunami 24
Inundación (máxima) 24
Inundación o distancia de inundación 24
ITIC 35
IUGG 35

J
JMA 35
L
Línea de inundación 24
Longitud de la cresta 24
Longitud de onda del tsunami 24
M
Magnitud 24
Magnitud del tsunami 25
Manual del usuario para el Sistema de Alerta contra los Tsunamis 35
Mapa de evacuación 16
Mapa de tiempo de viaje 16
Marea 29
Maremoto 5
Mareógrafo 29
Mareograma 29
Medidor de ola georreferenciado 29
Microtsunami 5
Modelos numéricos de tsunami 12
N
Nivel de agua (máximo) 25
Nivel del mar 30
Nivel del mar de referencia 30
Niveles de amenaza de tsunami 35
NGDC 41
Nivel máximo probable 30
Nivel medio del mar 30
O
Observación de los tsunamis 16
Ola de rompiente 16
Ola sísmica 16
Ola transversal de tsunami 16
Onda de marea 30
Onda inicial 25
Oscilaciones previas de un tsunami 17
P
Paleotsunami 5
Peligro de tsunami 17
Período del tsunami 25
Plan básico del ITSU 36
Predicción de tsunami 36
Preparación para casos de tsunami 17
Productos del centro de alerta contra los tsunamis 37
Profundidad del agua 25
Propagación de los tsunamis 18
PTWC 37
Punto de predicción de tsunami 38
R
Remolino 18
Resonancia del tsunami 18
Retroceso del mar 25
Riesgo de tsunami 18
Rompeolas 19
RTSP 38
Runup 26
S
Sedimentos de tsunami 5
Seiche 19
Seno de la ola (valle) 26
Sensor del nivel del mar 30
Simulación de tsunami 19
Sismo-tsunami o sismo tsunamigénico 5
Sistema de cableado oceánico 30
SMT 39
Subida inicial 26
T
TBB 39
Teletsunami
tsunami de campo lejano
tsunami generado a distancia 6
Teoría de la generación de tsunami 19
TER 39
Tiempo de arribo 26
Tiempo de viaje 19
Tiempo estimado de arribo 19
Tiempo transcurrido 26
TNC 39
Tsunámetro 39
Tsunami 7
Tsunami de tipo bore 19
Tsunami histórico 7
Tsunami local 8
Tsunami meteorológico (meteotsunami) 8
Tsunami regional 8
Tsunami transoceánico 11
Tsunamigénico 20
TWC 40
TWFP 40
TWP 40
U
UNESCO 40
V
Velocidad del tsunami o velocidad en aguas someras 20
W
WDS 41
WCATWC 37
Z
Zonificación de los tsunamis 20

Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis (ITIC)

Una colaboración de la COI de la UNESCO con la NOAA

737 Bishop Street, Suite 2200, Honolulú (Hawái) 96813, EE.UU.

Tel: (1) 808-532-6422, Fax: (1) 808-532-5576

http://www.tsunamiwave.info, E-mail: itic.tsunami@noaa.gov

Localizado en Honolulú, el Centro Internacional de Información sobre losTsunamis (ITIC) fue establecido el 12 de noviembre de 1965 por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). La primera reunión del Grupo Internacional de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico (GIC/ITSU) fue convocada en el año 1968. En el año 2005, el GIC/ITSU fue renombrado como Grupo Intergubernamental de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Pacífico (GIC/PTWS) para dar énfasis a la naturaleza holística de la reducción de riesgo.

El ITIC agradece a los siguientes científicos su revisión y asesoría: Thorkild Aarup, Jose Borrero, Paula Dunbar, Fumihiko Imamura, Osamu Kamigaichi, Laura Kong, Emilio Lorca, Charles McCreery, Modesto Ortiz, William Power, Alexander Rabinovich, Kenji Satake, François Schindele, Fred Stephenson, Costas Synolakis, y Masahiro Yamamoto.

Logo de la ola por cortesía de Aqualog (Francia).

Colección Técnica Nº 85

Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

Comisión
Oceanográfica
Intergubernamental