

Programa Presupuestal por Resultados N° 068: Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencia por desastres
Producto "Zonas costeras monitoreadas y alertadas ante peligro de tsunami"

Reporte Técnico

La ciencia y la gestión de tsunamis en el Perú



Calle Badajoz # 169 Mayorazgo
 IV Etapa Ate Vitarte
 Central Telefónica: 317-2300
<http://www.facebook.com/igp.peru>
http://twitter.com/igp_peru

Con la colaboración de:



CONTENIDO

- 2 Introducción
- 3 Sección 1: La ciencia de los tsunamis
- 10 Sección 2: Instrumentación:
Fortalecimiento del sistema integral de
procesamiento de información
- 12 Sección 3: Gestión ante la ocurrencia de
tsunamis en el Perú: Generación y
difusión de información
- 21 Acrónimos / Bibliografía
- 22 Glosario

El Programa Presupuestal por Resultados (PPR) es una estrategia de gestión pública que vincula la asignación de recursos a productos y resultados medibles a favor de la población, y se vienen implementando progresivamente a través de los programas presupuestales, las acciones de seguimiento del desempeño sobre la base de indicadores, las evaluaciones y los incentivos a la gestión, entre otros instrumentos que determina el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a través de la Dirección General de Presupuesto Público, en colaboración con las demás entidades del Estado.

Durante el año 2012, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) participó en el PPR “Vulnerabilidad y atención de emergencia por desastres” a través del producto “Zonas costeras monitoreadas y alertadas ante peligro de tsunami”. Los principales objetivos de este producto son (i) Fortalecer el sistema integral de procesamiento de información a través de la instrumentación geofísica, y (ii) Generar y difundir información sobre la ocurrencia y el peligro de tsunamis entre los gobiernos locales potencialmente expuestos.

El primer objetivo ha permitido continuar con el fortalecimiento de la Red Sísmica Nacional (RSN), a través de la adquisición de estaciones sísmicas de banda ancha con transmisión satelital y acelerómetros de última generación, así como asegurar su operación óptima a cargo de la jefatura de Redes Geofísicas del IGP. Por otro lado, en el marco del segundo objetivo se ha venido trabajando en la difusión de información científica, sobre prevención y preparación ante la ocurrencia de tsunamis en cuatro gobiernos locales costeros: Ilo, Ventanilla, Tumbes y Pisco, localizados en las regiones Moquegua, Callao, Tumbes e Ica, respectivamente.

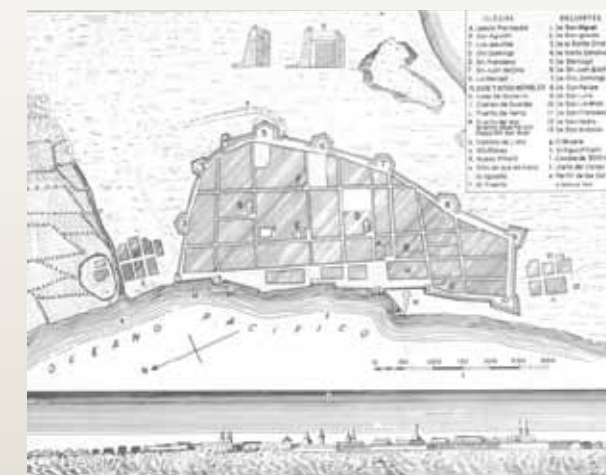
El presente reporte técnico describe las acciones realizadas en el marco de este producto, y además incluye información sobre los aspectos físicos básicos de la ocurrencia de los tsunamis, con énfasis en las características que estos eventos presentan en nuestro país. El público objetivo de este reporte son los actores locales, regionales y nacionales que están involucrados con la temática de gestión de riesgos, incluyendo autoridades, funcionarios municipales, comunicadores y periodistas, docentes de colegios y universidades, entre otros.

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

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

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

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



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



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



Vista actual de Chucuito y La Punta.
Fuente: Municipalidad Provincial del Callao
www.municallao.gob.pe

Reporte Técnico “La ciencia y la gestión de tsunamis en el Perú”. Instituto Geofísico del Perú. Lima, 2012. 24 pags; tab. ilus.

Manuel Pulgar Vidal
Ministro del Ambiente

Ronald Woodman
Presidente Ejecutivo IGP

José Macharé
Director Técnico IGP

Elaboración: Sheila Yauri, María Villaverde,
Marco Moreno, Alejandra Martínez y Hernando
Tavera

Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
IV Etapa - Ate
Teléfono (511) 3172300

Impreso por: Editorial SuperGráfica EIRL
Jirón Ica 344-346
Cercado de Lima

Lima, diciembre del 2012

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional N° 2012-15662

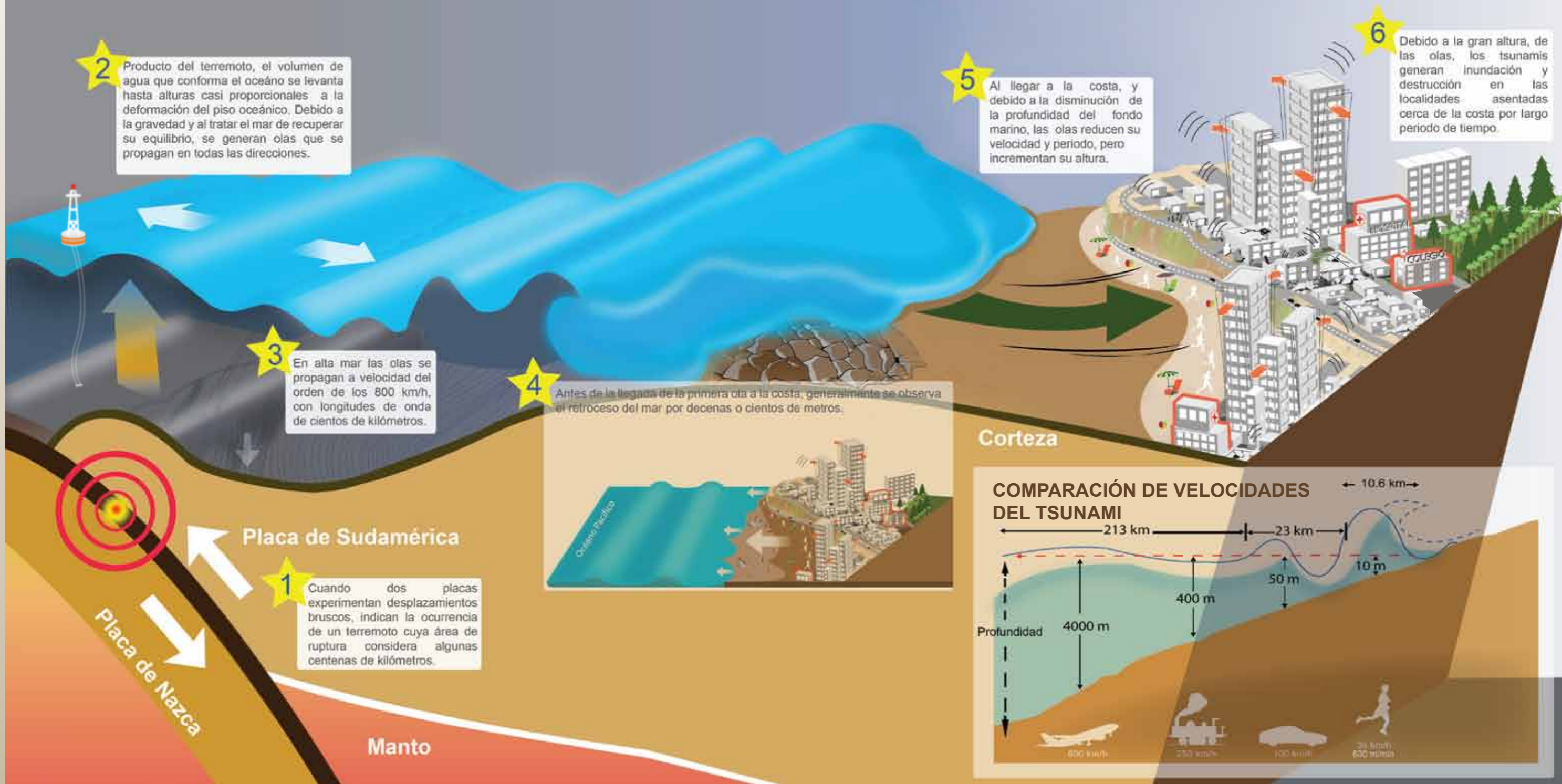
Infografía

¿Qué es un Tsunami?

Un tsunami es una serie de olas de gran longitud generadas por diferentes mecanismos violentos capaces de perturbar el equilibrio normal del mar. La repentina y violenta deformación vertical del fondo marino, generado por terremotos, es el mecanismo más común de generación de tsunamis en el Perú y el mundo.

Para que un sismo produzca un tsunami, en general, deben cumplirse las siguientes características:

- (1) Deben originarse en el fondo marino por choque o convergencia de placas.
- (2) Deben tener su foco (hipocentro) a profundidad superficial, es decir menor de 60 km.
- (3) Deben tener una magnitud igual o mayor a 7.0 Mw (Magnitud momento).



¿Cuáles son las causas que generan un tsunami?

Principales tsunamis ocurridos en el mundo

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

A) SISMOS DE GRAN MAGNITUD

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

¿Entonces, todos los sismos generan tsunami?

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

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

B) DESLIZAMIENTOS

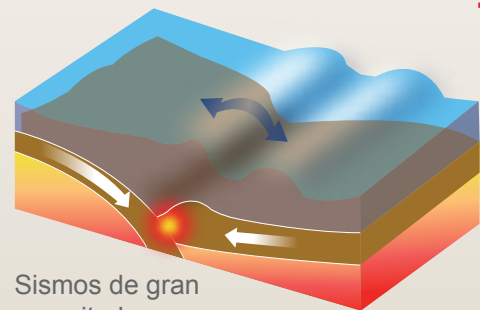
Los deslizamientos de masas de tierra y roca, en gran volumen, también son capaces de generar tsunamis. Estos, a diferencia de los originados por sismos, tienden a disipar rápidamente su energía generando daños locales, por ejemplo el tsunami originado en la bahía de Lituya (Alaska) que produjo olas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

C) ERUPCIONES VOLCÁNICAS

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

D) IMPACTO DE METEORITOS

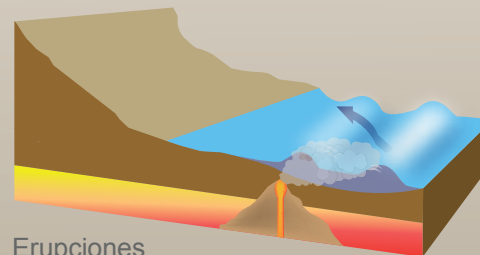
Esta causa es la más inusual y a la fecha no se tiene registro histórico. En los últimos años los estudios del impacto que provocaría un meteorito en el fondo marino, ha tomado importancia en la comunidad científica para considerarlo como una eventual causa de tsunami.



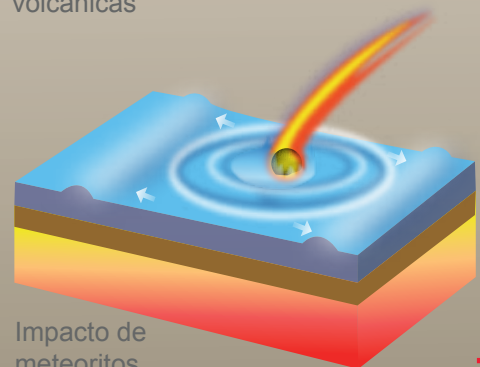
Sismos de gran magnitud



Deslizamientos



Erupciones volcánicas



Impacto de meteoritos

Principal origen de los tsunamis en Perú

Otras posibles causas de tsunamis

Muchos nos hemos preguntado en alguna ocasión ¿Por qué el Océano Pacífico es escenario de los tsunamis más grandes que han ocurrido a lo largo de la historia?. La respuesta es que esta gran masa de agua, además de ocupar un tercio de la superficie terrestre y estar asentada sobre placas tectónicas, está rodeada por el denominado “Cinturón de Fuego”, lugar donde se concentran las zonas de subducción más importantes del mundo. La constante interacción de estas placas, a lo largo de la historia, ha dado como resultado la acumulación y liberación de energía sísmica a través de grandes terremotos generando, en muchos casos, tsunamis catastróficos.



La palabra tsunami es de origen Japonés:
津波 tsu = puerto
 nami = ola
y literalmente significa “olas en el puerto”. A pesar de que este vocablo es japonés, es utilizado internacionalmente para referirse a este peligro.

¿Cómo se clasifican los tsunamis?

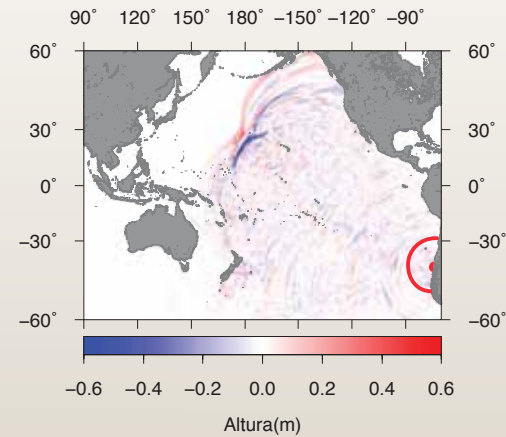
Características de los tsunamis

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

TSUNAMIS DE ORIGEN LEJANO

Son aquellos tsunamis que se generan en cualquier parte del Océano Pacífico a más de 500 km de distancia de la costa peruana. Por lo tanto, el tiempo de arribo de la primera ola puede ser mayor a 3 horas de ocurrido el evento. Este tsunami necesita una fuente (sismos, deslizamientos, erupciones volcánicas, impacto de meteoritos) lo suficientemente grande para que las olas se desplacen a enormes distancias. Debido a la magnitud de la fuente, batimetría y curvatura de la Tierra, estos tsunamis pueden generar muchos daños, incluso a grandes distancias.

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



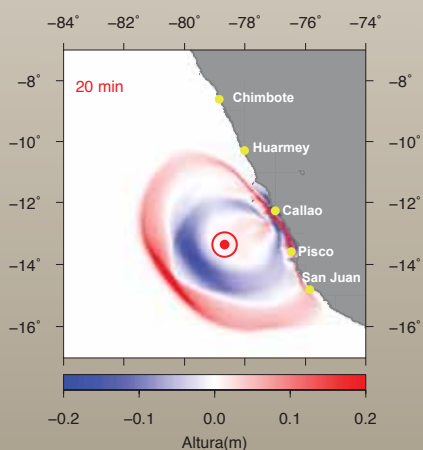
Tsunamis de origen lejano

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

TSUNAMIS DE ORIGEN CERCANO

Son todos aquellos que se generan por sismos de gran magnitud, con epicentro frente o cerca a la costa peruana; es decir, dentro de la zona sismogénica que se extiende desde la fosa Peruana - Chilena hasta el litoral. Dada la corta distancia de generación de las olas (<150 km de la costa), el tiempo de arribo de la primera ola puede ser entre 15 y 30 minutos de ocurrido el sismo. Este tipo de tsunami es uno de los más críticos debido al poco tiempo con el que se cuenta para la evaluación y difusión de alertas o alarmas, por lo que, el propio terremoto debe ser considerado como una alerta natural.

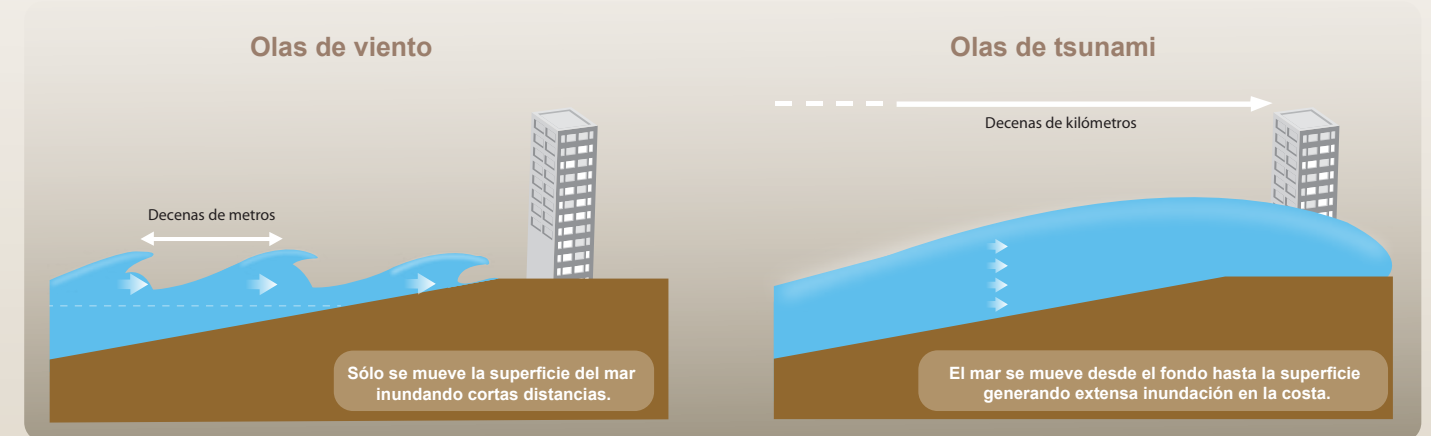
En el gráfico inferior derecho se muestra la propagación del tsunami de origen cercano ocurrido frente a Lima en 1974. Las olas se propagaron por toda la costa peruana arribando al Callao, Cerro Azul y Pisco entre 20 y 25 minutos después de ocurrido el sismo (Yauri et al., 2011).



Tsunamis de origen cercano

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

LONGITUD DE ONDA Y PERIODO. Los tsunamis se caracterizan por ser olas u ondas muy largas. En la costa, entre cresta y cresta, los tsunamis presentan longitudes de decenas de kilómetros; mientras que las olas comunes, generadas por el viento, presentan longitudes de algunos metros o decenas de metros. Esto indica que la inundación por cada ola dura entre 10 a 30 minutos, por lo que el peligro de las olas sucesivas con grandes longitudes puede durar muchas horas.



CONSIDERABLE ALTURA. La altura de las olas se incrementan al arribar a la costa debido a la disminución de la profundidad del fondo oceánico y por otras características propias de cada zona costera como la topografía. Por esto, la altura de un tsunami puede variar considerablemente de un lugar a otro a pesar de su corta distancia. Un ejemplo es que en algunas zonas pueden no experimentar daños, mientras que otras muy cercanas pueden ser devastadas por olas grandes.

La altura máxima alcanzada por un tsunami en la tierra, con respecto al nivel medio del mar, se denomina run-up. La experiencia muestra que tsunamis con run-up mayores a 50 cm pueden causar daños considerables. También se debe tomar en cuenta que los tsunamis no necesariamente se presentan con el rompimiento de las olas, si no como grandes mareas con periodos del orden de decenas de minutos versus las 12 horas de la marea normal.

VELOCIDAD. La velocidad de las olas depende de la profundidad por donde viajan. Por ejemplo, en alta mar presenta velocidades comparadas con un avión (800 km/h) y cerca de la costa presentan velocidades comparables con la de un atleta profesional (36 km/h).

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

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

Sección 2: Instrumentación: Fortalecimiento del sistema integral de procesamiento de información

Los terremotos de Arequipa (2001) y Pisco (2007) mostraron que el colapso y saturación de las líneas telefónicas obstaculizaron la disponibilidad de información para emitir los reportes sísmicos en el menor tiempo posible. Ante esto, el Instituto Geofísico del Perú decidió modernizar la Red Sísmica Nacional, a través de la ejecución del Proyecto de la Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis (REDSSAT-IGP).

LA REDSSAT-IGP

Es un sistema integrado que permite optimizar el tiempo de adquisición de registros sísmicos y por consiguiente, la obtención de los parámetros sísmicos, permitiendo emitir reportes sísmicos y a su vez compartirlos con el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y con la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina (DHN), para que,

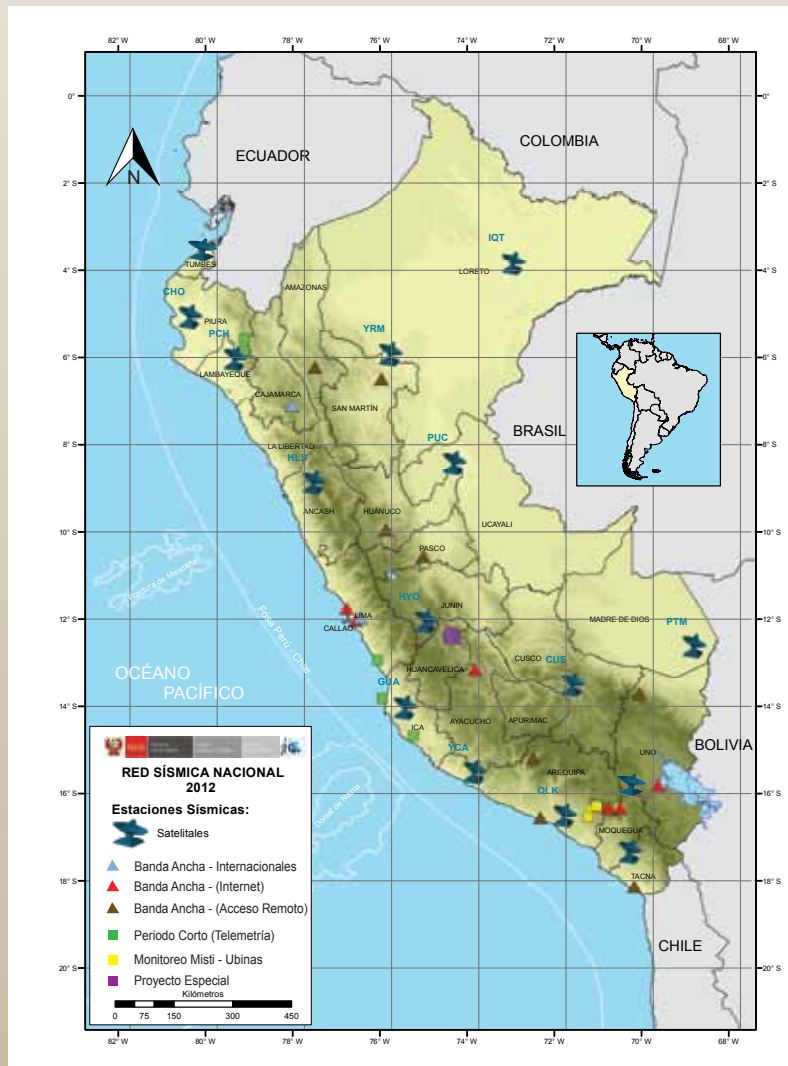
si el caso lo amerita, puedan dar la alerta de tsunami.

Como parte de las actividades del programa presupuestal por resultados, se ha incrementado 08 nuevas estaciones satelitales.

Las estaciones registran la actividad sísmica a nivel nacional de manera continua y la información es transmitida al Servicio Sismológico Nacional (SSN), en la sede central del IGP (Mayorazgo – Ate). A diciembre del 2012 se cuenta con 15 estaciones sísmicas de banda ancha con transmisión satelital. La infraestructura que alberga a las estaciones de la REDSSAT fue construida en los departamentos de Moquegua (Toquepala), Arequipa (Yauca, Quilca), Cusco (Cusco), Madre de Dios (Puerto Maldonado), Ica (Guadalupe), Junín (Huancayo), Ucayali (Pucallpa), Ancash (Huaylas), Loreto (Yurimaguas, Iquitos), Lambayeque (Portachuelo), Piura (Chocan), Puno (Lagunillas) y Tumbes (Tumbes).

La instalación de cada una de las estaciones satelitales supone el trabajo conjunto del equipo técnico especializado del área de Redes Geofísicas del IGP; muchas veces en condiciones difíciles debido a la abrupta geografía de nuestro país. Asimismo, el mantenimiento de su operatividad representa un reto constante.

La REDSSAT-IGP permite optimizar el tiempo de adquisición de registros sísmicos y por consiguiente, la obtención de los parámetros sísmicos, permitiendo emitir reportes sísmicos y a su vez compartirlos con el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y con la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina (DHN).



Instalación de la estación acelerométrica de Yurimaguas (Loreto).



Acelerómetro digital de tres canales.

LA RED ACELEROMÉTRICA

La red acelerométrica del IGP está integrada por un total de 21 estaciones distribuidas en mayor número en la ciudad de Lima (7 estaciones). Estas estaciones registran la aceleración del movimiento del suelo producido por el sismo, el mismo que se caracteriza por su alto contenido de frecuencias, de ahí la importancia que esta información tiene para su aplicación en la ingeniería sísmica. Al momento de producirse un sismo, se emiten ondas sísmicas con determinadas características que en su propagación deforman la superficie del suelo (esto depende de la calidad del mismo) afectando principalmente a las estructuras (viviendas, colegios, hospitales, entre otros).

Cada uno de los acelerómetros registra la información in situ, siendo accesible por internet, la de las estaciones que se encuentran funcionando en Lima (y algunas en el interior del país) interconectadas con la sede central del IGP.

Cabe indicar que estos acelerómetros tienen la ventaja de no saturarse ante la ocurrencia de un terremoto local, como si lo hacen los sismómetros.

Al momento de producirse un sismo, se emiten ondas sísmicas con determinadas características que en su propagación deforman la superficie del suelo (esto depende de la calidad del mismo) afectando principalmente a las estructuras (viviendas, colegios, hospitales, entre otros).

Sección 3: Gestión ante la ocurrencia de tsunamis en el Perú: Generación y difusión de información

Sistema Nacional de Alerta de tsunamis (SNAT)



La experiencia de los tsunamis recientes en el Océano Índico durante el 2004 (Sumatra), y en el Océano Pacífico en el 2010 (Chile) y 2011 (Japón), nos mostraron el gran poder destructivo que tienen y su gran impacto económico, social y ambiental, por ello la importancia de desarrollar la gestión del riesgo ante su probable ocurrencia.

En el Perú existe el Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis (SNAT), integrado por IGP, DHN, y el INDECI, instituciones que vienen jugando un importante papel en el proceso de fortalecimiento de nuestras capacidades técnicas y científicas en la prevención y reducción de los efectos de un tsunami en el país. Para ello también se ha contado con el apoyo de iniciativas como el proyecto para el “Fortalecimiento del Sistema Regional de Alerta de Tsunami y la Gestión del Riesgo en Chile, Colombia, Ecuador y Perú” a cargo de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la implementación del Protocolo Operativo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami en coordinación con las instituciones que forman parte del SNAT.

En la primera parte de la presente sección, se explica el funcionamiento del SNAT tanto para el caso de sismos de origen lejano como en los de origen cercano; en la segunda parte se hace un rápido análisis del trabajo desarrollado en el marco del PPR sobre “Generación y difusión de información sobre la ocurrencia de tsunamis”, incluyendo una descripción de las actividades realizadas, así como un diagnóstico de los problemas encontrados y recomendaciones que deberán guiar las acciones futuras del producto. Indudablemente los aspectos de sensibilización, preparación y educación de las autoridades, instituciones y población vulnerable son temas aún poco tratados, sin embargo, son claves para fortalecer nuestras capacidades de respuesta ante la ocurrencia de un tsunami en nuestras costas.

Además, cabe indicar que aún existen interrogantes que deben ser atendidas: ¿Cuáles son los avances de los gobiernos regionales y locales en el tema?, ¿Las poblaciones vulnerables ubicadas a lo largo de la costa están plenamente identificadas?, ¿Estas poblaciones tienen identificadas las zonas de evacuación y saben que hacer antes, durante y después de un terremoto y tsunami?, y ¿Cómo evaluar el estado de todo este proceso?. Esperamos que este breve reporte permita contribuir a responder estas preguntas.

En el Perú, las instituciones vinculadas a la emisión de alerta ante la ocurrencia de tsunamis son el IGP, la DHN y el INDECI, quienes conforman el Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis (SNAT).

Con el fin de brindar las instrucciones generales y específicas sobre la coordinación y articulación que deben existir entre estas tres instituciones, el 2012 se firmó el “Protocolo Operativo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami (PO-SNAT)”, lo que representa un hito en el fortalecimiento de las coordinaciones interinstitucionales sobre la gestión de riesgos de desastres en el país.

Los objetivos del protocolo son:

1. Definir los niveles de responsabilidades en la toma de decisiones dentro del proceso de información, alerta y/o alarma de tsunamis.
2. Establecer la guía y procesos correspondientes a cada entidad a fin de informar, alertar y/o alarmar a la población en el caso de un eventual riesgo de tsunami.
3. Establecer los criterios de acción de las instituciones que conforman el SNAT frente a la ocurrencia de un sismo con características tsunamigénicas, considerando los componentes de información, análisis, difusión, ejecución, monitoreo y cancelación, con el propósito de salvaguardar la vida de la población ubicada en la costa del litoral peruano.

A continuación, se presentan las líneas de acción y responsabilidades de cada institución, tanto para los sismos de origen cercano, como para los tsunamis de origen lejano.

Instituto Geofísico del Perú - IGP

Institución pública adscrita al Ministerio del Ambiente que genera, utiliza y transfiere conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines, forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la prevención y mitigación de desastres de origen natural y de origen antrópico.



Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN

Organismo técnico científico de la Marina de Guerra del Perú que pertenece al Ministerio de Defensa. Tiene como misión administrar, operar e investigar las actividades relacionadas con las ciencias oceanográficas; asimismo, es el representante —a nivel internacional— del Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis.



Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI

Organismo público ejecutor que conforma el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD. Es el responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de la Gestión de Riesgo de Desastres en los procesos de preparación, respuesta y rehabilitación.

Asimismo, asiste en los procesos de respuesta y rehabilitación, en especial cuando el peligro inminente o el desastre sobrepase la capacidad de respuesta, proporcionando a través de las autoridades competentes el apoyo correspondiente.



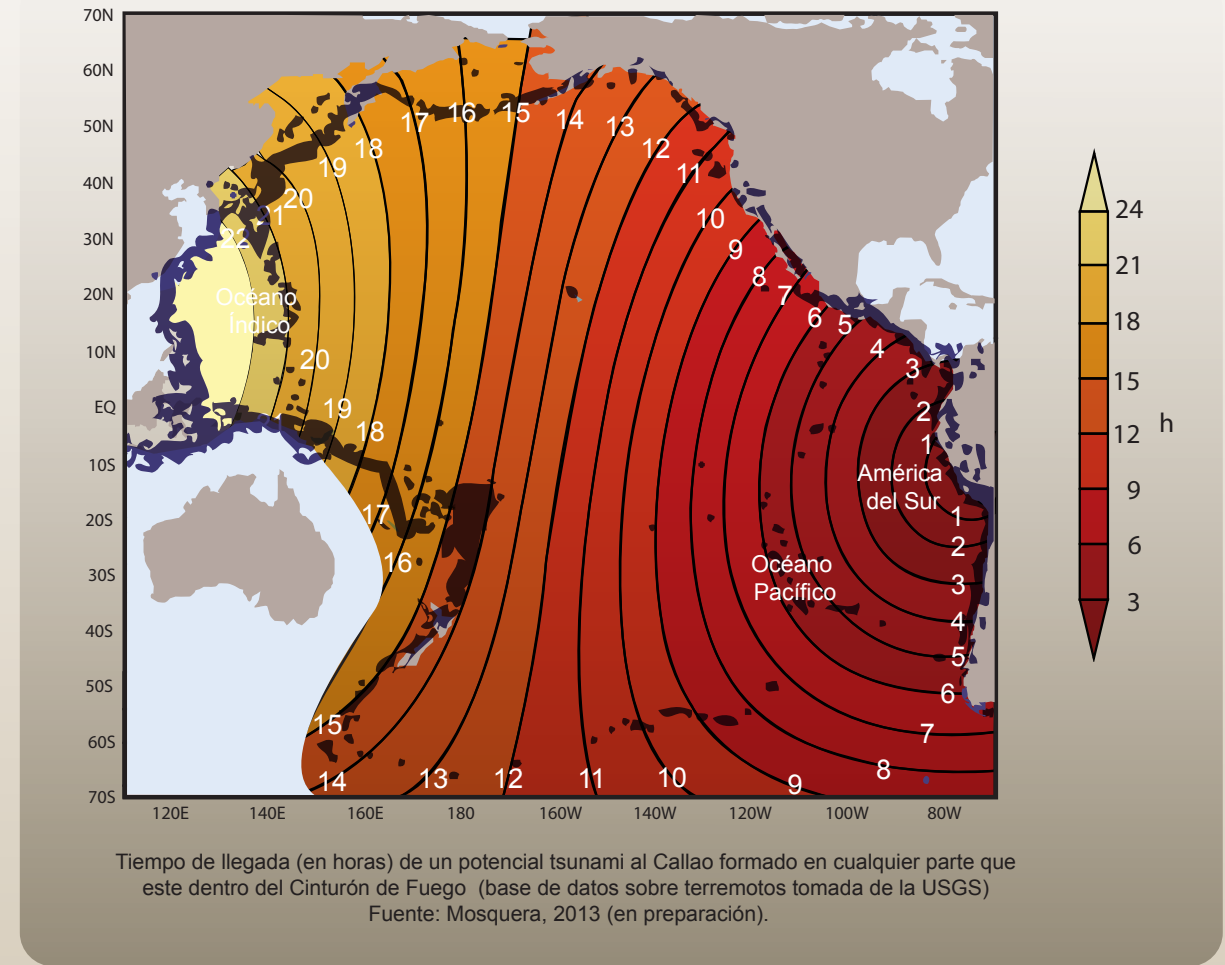
Tsunamis de origen lejano

En 1965 se crea el Centro de Alerta de Tsunami del Pacífico (Pacific Tsunami Warning Center - PTWC), con sede en Honolulu (Hawái). Este Centro de Alerta es operado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos. Forma parte de un sistema de alerta internacional (TWS, del inglés Tsunami Warning System) y sirve como centro de operaciones de alerta de tsunamis del Pacífico, para la supervisión y predicción de tsunamis y la emisión de advertencias a los países de la zona del océano Pacífico. Sus principales funciones son:

- Monitorear la actividad sísmica mediante la Red Sísmica Global (GSN), integrada por diferentes redes sísmicas (IRIS, USGS, entre otras) las cuales permiten el monitoreo de la actividad sísmica que ocurre en todo el mundo. Su función es detectar, ubicar y determinar la magnitud de los sismos que ocurren a nivel mundial y especialmente dentro y alrededor de la cuenca del Pacífico. En Perú, la estación sísmica “NNA” ubicada en la localidad de Ñaña y administrada por el IGP, contribuye al PTWC como parte de esta red.
- Monitorear la variación del nivel del mar mediante mareógrafos y boyas DART. Estas boyas fueron instaladas para mejorar la capacidad en la detección, medición e información en tiempo real del avance de un tsunami, mientras éste aún está lejos de la costa. Este sistema consta de un sensor de presión ubicado en el fondo marino capaz de detectar tsunamis tan pequeños como 1 centímetro conectado a una boya en superficie que transmite la información vía satelital. Si un tsunami significativo es detectado por estos instrumentos de monitoreo, la alerta de tsunami se extiende a toda la cuenca del Pacífico.
- Evalúa la posibilidad de generación de un tsunami y disemina esta información —mediante mensajes de alerta y/o alarma— a los países ubicados alrededor del Pacífico. Ante la ocurrencia de un tsunami que pueda afectar la costa peruana, el PTWC envía mensajes al Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis (SNAT) para que se realicen las acciones de preparación y respuesta en nuestras localidades costeras.

Dependiendo de los datos sísmicos, el PTWC emitirá tres tipos de boletines:

1. Boletín de información de tsunami (Tsunami Information Bulletin). En este boletín, aunque se sospecha de una amenaza, no hay evidencias de que un tsunami se abra camino a través del Pacífico.
2. Observación de tsunami - PTWC (Tsunami Watch - PTWC). Este boletín informa que un terremoto, probablemente, puede haber generado un tsunami y el PTWC averigua si en las partes costeras del Pacífico más cercanas al epicentro se detectan anomalías en el mar.



3. Advertencia de tsunami-PTWC (Tsunami Warning - PTWC): Este boletín señala la existencia de condiciones lo suficientemente graves como para emitir la información inmediata a diversas partes costeras del Pacífico. El mensaje incluirá tiempo aproximado de llegada.



La DHN accede a la información sobre los sismos que ocurren en el mundo a través de los observatorios sísmológicos internacionales (NEIC y CISM).



Evalúa la información recibida y monitorea el nivel del mar con información procedente de las estaciones mareográficas y boyas DART cercanas al epicentro.



INDECI disemina y/o difunde la Alerta/Alarma a los gobiernos regionales, locales y medios de comunicación.

La población es informada y actualizada sobre el posible tsunami a través de INDECI.



Recibe información sobre la generación de un tsunami y posibles zonas en riesgo a través del Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC) y otros como el WC/ATWC y JMA.



Evalúa la amenaza de tsunami en base a tiempos de arribo y alturas máximas de la ola estimadas para la costa peruana. Si superan los umbrales establecidos, la DHN emite boletines de Alerta/Alarma a INDECI, capitanías de puerto y miembros del SNAT.



La DHN continúa monitoreando el avance del tsunami con información de las boyas DART y actualiza la información mediante boletines hasta su cancelación, si fuera el caso.





Alturas máximas y área de inundación alcanzadas por el tsunami ocurrido el 23 de Junio de 2001 en la región sur de Perú.

A lo largo de la historia, la costa peruana ha sido escenario de la ocurrencia de tsunamis desde pequeños a catastróficos. Los más recientes son los ocurridos en 1996 (Chimbote y Nazca), 2001 (Camaná) y 2007 (Pisco), siendo el más destructivo el ocurrido en el 2001. En el gráfico de la izquierda se observa las alturas máximas y área de inundación alcanzadas por el tsunami (Carpio et al., 2002).

El protocolo oficializado en el 2012 establece que para los tsunamis de origen cercano, el IGP proporciona los parámetros sísmicos como latitud, longitud, profundidad y magnitud a la DHN y el INDECI. Cabe resaltar que si el sismo produce intensidades mayores y/o iguales a VII en la escala

de Mercalli Modificada, intensidad muy fuerte que produce daños, se espera que la mayoría de personas corran al exterior de las infraestructuras, la población local costera afectada deberá evacuar en forma automática, sin esperar la alerta o conformidad de las autoridades.

Según los procedimientos operativos estándar del PO-SNAT, una vez ocurrido el sismo, el IGP —en un lapso de 10 minutos como máximo— debe proporcionar los parámetros sísmicos a la DHN e INDECI, luego la DHN dispone hasta 10 minutos adicionales para la evaluación del comportamiento del mar y la toma de decisiones; a su vez, en este periodo de tiempo tiene que proporcionar la Alerta o Alarma al INDECI y capitanías del litoral. Luego de esto, el INDECI activa la diseminación y difusión de la Alerta de Tsunamis en un periodo de no más de 15 minutos después de la recepción de los datos del IGP y la DHN.



El Servicio Sismológico del IGP opera las 24 horas y los 365 días del año.

Un sismo se define como el movimiento o vibración del suelo, que generalmente es producido por la liberación súbita de energía acumulada por mucho tiempo a causa del desplazamiento de las placas tectónicas o por el desplazamiento de masas rocosas en las fallas geológicas.

En general, los sismos pueden tener variadas fuentes de origen y entre las más conocidas son la formación y reactivación de fallas geológicas, desplazamientos de las placas tectónicas, erupciones volcánicas, por actividad antrópica (explotación minera, pruebas nucleares, entre otras), etc.

El Servicio Sismológico Nacional está a cargo del Programa de Investigación en Sismología del IGP y cumple la función de monitorear de manera continua la actividad sísmica que ocurre en nuestro país, haciendo uso de la información sísmica proveniente de la RSN y REDSSAT. Ocurridos los sismos, se procede al análisis de las señales sísmicas registradas y al cálculo de los parámetros hipocentrales que caracterizan a los sismos (fecha, tiempo origen, coordenadas del epicentro, profundidad del foco, magnitud e intensidades sísmicas evaluadas). Esta información es enviada a la DHN para su evaluación sobre la ocurrencia de tsunamis y para los fines de mitigación de los posibles daños causados por los sismos. La información es puesta a disposición de la ciudadanía y medios de comunicación a través de la página web y las redes sociales.

www.facebook.com/igp.peru

www.igp.gob.pe

twitter.com/igp_peru



1 El IGP monitorea los eventos sísmicos mediante la Red Sísmica Nacional (RSN) y la Red Sísmica Satelital REDSSAT.



3 Proporciona los parámetros sísmicos a la DHN y el INDECI.



5 La DHN monitorea la variación del nivel del mar utilizando información de la red mareográfica nacional para confirmar la ocurrencia del tsunami, calcula los posibles tiempos de arribo y alturas máximas de las olas para las localidades costeras.



7 El INDECI disemina o difunde los boletines de Alerta/Alarma o información proporcionada por el DHN a los gobiernos locales, regionales y medios de comunicación.



2 Localiza los eventos sísmicos y determina: Latitud, Longitud, Profundidad Magnitud (ML o Mw).



4 La DHN, en base a la información proporcionada por el IGP analiza y determina la probabilidad de ocurrencia de tsunami considerando los umbrales establecidos.



6 Emite boletines de Alerta/Alerta e informativos al INDECI y capitanías de puerto con información sobre los posibles tiempo de arribo y alturas máximas de ola para cada localidad costera.



8 La población es informada y actualizada sobre el posible tsunami a través de INDECI.



Gestión ante tsunamis

Las actividades realizadas en el marco del producto “Zonas costeras monitoreadas y alertadas ante peligro de tsunamis” incluyeron un componente de generación y difusión de información, con el propósito de lograr que el conocimiento científico y las temáticas de prevención y preparación ante la ocurrencia de tsunamis puedan llegar a la población, sobre todo a los actores claves tales como autoridades locales y regionales. En este marco, como actividad inicial, y con el fin de sumar sinergias entre las entidades del Estado que trabajan y abarcan los diferentes aspectos de la gestión de riesgo sobre tsunamis, se convocó a un taller de trabajo que involucró tanto al IGP como a la DHN y el INDECI, además de otras entidades como el CENEPRED, MEF y UNESCO, para abrir un espacio de diálogo y coordinación.

Además, el IGP con apoyo de la Red Peruana de Investigación Ambiental (RedPeIA) del Ministerio del Ambiente llevó a cabo un foro virtual sobre tsunamis durante el mes de marzo del 2012. Este foro buscó que profesionales, investigadores, académicos, autoridades de Gobierno y representantes de organizaciones nacionales e internacionales intercambiaran experiencias sobre los aspectos científicos y de prevención de los tsunamis, y propiciar la reflexión, discusión y difusión de la problemática de su ocurrencia en el territorio nacional. Las preguntas generadas en el foro fueron respondidas por los especialistas del IGP, y entre los participantes se contaron con ONG como PREDES, gobiernos locales como la Municipalidad de Lurín, profesionales involucrados en la temática de gestión de riesgos, estudiantes universitarios, y representantes de instituciones nacionales. Ambas actividades sirvieron para orientar los talleres de capacitación y sensibilización subsiguientes.

TALLERES DE INFORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

Como parte fundamental de las actividades del programa presupuestal, se realizaron talleres de capacitación y sensibilización en coordinación con los gobiernos locales de Ilo, Ventanilla, Tumbes y Pisco, los que fueron escogidos porque cada uno de ellos representaba las diferentes características de muchos de los gobiernos locales costeros del país, y podría servir de base para un diagnóstico general de la gestión de riesgo de tsunamis en el país.

En cada gobierno local identificado se realizaron dos talleres, el primero orientado a los funcionarios de municipalidades y autoridades, y el segundo al público en general, con asistencia mayoritaria de profesores, voluntarios de Defensa Civil, y estudiantes universitarios. Además, previamente a los talleres se realizaron reconocimientos a las zonas costeras vulnerables de cada localidad. Cada taller se inició con exposiciones técnicas sobre sismos, tsunamis y acciones de prevención, a cargo de los profesionales del IGP, DHN e INDECI, seguidos de rondas de preguntas por parte de la audiencia. Inmediatamente después de estas presentaciones se trabajó con los participantes bajo la metodología de “Diagnóstico Rápido Participativo”, que buscó la respuesta a las siguientes preguntas:



Se realizaron visitas técnicas a las zonas costeras vulnerables



Se trabajó con la metodología del taller de “Diagnóstico Rápido Participativo”

1. ¿Cuánto se ha avanzado en el tema de gestión de riesgos ante tsunamis?
2. ¿Qué falta hacer?
3. ¿Cuáles son los problemas que no permiten seguir avanzando en la gestión de riesgos ante tsunamis?

La respuesta a la primera pregunta mostró la disparidad existente entre uno y otro gobierno local, pues los avances varían muchísimo tanto en los aspectos estructurales (obras físicas) como no estructurales (capacitación, normatividad, etc.), resaltando la falta de un plan regional, macro regional o nacional que sistematice y uniformice los avances que deberían darse en la temática de gestión de riesgos ante tsunamis.

Un aspecto común es la preocupación existente por el tema en las cuatro zonas, pues aún están latente en la memoria de autoridades y pobladores, los devastadores impactos de los tsunamis que sufrieron Chile y Japón en años recientes.

En base a las respuestas de las preguntas dos y tres, se ha preparado la siguiente tabla que resume las principales características negativas que presentan las cuatro zonas, identificando además el tipo de vulnerabilidad subyacente, y permitiendo una rápida comparación de puntos en común y características divergentes.

Tipo de Vulnerabilidad (*)	Problemas identificados	Ilo	Ventanilla	Tumbes	Pisco
Exposición	Colegios cerca a la costa (incluyen centros para personas con capacidades especiales)	X		X	
	Presencia de edificaciones nuevas y/o en construcción cerca a la costa	X			X
	Viviendas y/o oficinas frente a la costa (incluyendo oficinas de gobierno)	X	X	X	X
Fragilidad	Elementos que perjudiquen a la rápida evacuación (presencia de mercados informales, etc.)	X	X		
	Escasas rutas alternas de evacuación (pocas rutas existentes o rutas bien identificadas solo en algunas zonas específicas)	X		X	
	Escasa señalización		X		
	Los tiempos de evacuación durante los simulacros realizados no son los óptimos	X			X
Resiliencia	Falta de difusión sobre rutas de evacuación y zonas seguras	X	X	X	X
	Escasa sensibilización a la población	X	X	X	X

(*) Tipología de las vulnerabilidades según la ley 29664.

Además, se identificaron problemas comunes como: la falta de liderazgo para implementar acciones de prevención, el desconocimiento de las funciones que corresponde a cada entidad –sea nacional, regional o local– y el consiguiente cruce de acciones, la escasa interrelación que existe entre los gobiernos locales y otras instituciones y actores, etc.

Asimismo, un punto a resaltar es el poco conocimiento sobre la nueva ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y su funcionamiento, en parte debido a la incongruencia con la Ley Orgánica de Municipalidades y la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.

A continuación se presentan algunas de las recomendaciones que deberían guiar el trabajo futuro en el marco del producto presentado:

1. Continuar el trabajo de reforzamiento de capacitación y sensibilización con las municipalidades ya involucradas, se estima que se deberían dedicar tres años continuos de trabajo con cada gobierno local.
2. Enfocar la capacitación y sensibilización a profesores, periodistas y profesionales del sector Salud en cada una de las localidades indicadas. En los cuatro casos, un pedido de la población y de las autoridades fue iniciar un trabajo de capacitación a los periodistas de los medios locales de comunicación, para conseguir una mayor incidencia y mejores mecanismos de información a la población.
3. Sobre el material de difusión: a) La preparación de material informativo debería contar con las características de cada zona trabajada, enfocado a los grupos focales en los cuales se quiere hacer incidencia (profesores, periodistas, etc.); b) Además de material de difusión convencional, se deberá preparar material tipo panel (debidamente enmarcado) para ser colocados en centros escolares, hospitales, postas médicas y locales municipales y/o comunales; y c) Preparar maquetas educativas fácilmente transportables.
4. Continuar con las actividades conjuntas entre IGP, DHN e INDECI, como los organismos técnicos nacionales a cargo del SNAT, fortaleciendo la presencia del Estado en las zonas expuestas del país a tsunamis. Asimismo, involucrar al CENEPRED para que apoye en la capacitación sobre todo en lo referido a la ley del SINAGERD y las funciones que deben cumplir los diferentes estamentos de gobierno y organizaciones de base.

ACRÓNIMOS	Descripción
CENEPRED	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
CISN	Red Sísmica Integrada de California
DHN	Dirección de Hidrografía y Navegación
GSN	Red Sísmica Global
IGP	Instituto Geofísico del Perú
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
IRIS	Instituciones Incorporadas de Investigación para Sismología
JMA	Agencia Meteorológica de Japón
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
NEIC	Centro de Información Nacional de Terremotos
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
ONG	Organización No Gubernamental
PO-SNAT	Protocolo Operativo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami
PPR	Programa Presupuestal por Resultados
PREDES	Centro de Estudios y Prevención de Desastres
PTWC	Centro de Alerta de Tsunami del Pacífico
REDSSAT	Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis
RSN	Red Sísmica Nacional
SINAGERD	Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
SIRAD	Sistema de Información sobre Recursos para Atención de Desastres
SNAT	Sistema Nacional de Alerta Temprana de Tsunamis
SSN	Servicio Sismológico Nacional
TWS	Sistema de Alerta de Tsunamis
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos
WC/ATWC	Costa del Oeste / Centro de Alerta de Tsunami de Alaska

Bibliografía

Carpio, J., Tavera, H. 2002. Estructura de un catálogo de tsunamis para el Perú basado en el catálogo de Gusiakov. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Vol. 94, p. 45-59

Carpio J., Zamudio Y., Salas H. 2002. Características Generales del Tsunami Asociado al Terremoto de Arequipa del 23 de Junio del 2001 (Mw=8.2) . Terremoto de la Región Sur de Perú del 23 de Junio de 2001. CNDG. 121-128p.

Ioualalen M., Perfettini H., Yauri S., Jimenez C., Tavera H. Tsunami Modeling to Validate Slip Models of the 2007 M w 8.0 Pisco Earthquake, Central Peru (2012). Pure and Applied Geophysics pageoph. Springer Basel. 201210.1007/s00024-012-0608-z.

Jimenez C., Perfettini, H., Puma N. (2010). Estudio del peligro de maremoto en Lima y Callao y cartografía de las zonas vulnerables. Proyecto SIRAD, PNUD/SDD-052/2009, 33 p.

Mosquera-Vásquez, K. 2013. Mapas de tiempo de llegada de un tsunami a la costa peruana. *(En elaboración)*.

Protocolo Operativo del Sistema Nacional de Alerta Temprana de Tsunami (PO – SNAT). 2012.

Proyecto SIRAD: Elaboración de un Sistema de Información Geográfico y Análisis de Recursos Esenciales para la Respuesta y Recuperación Temprana ante la Ocurrencia de un sismo y/o Tsunami en el Área Metropolitana de Lima y Callao PNUD/SDP-052/2009. <http://www.indeci.gob.pe/proyecto58530/objetos/archivos/20110606103441.pdf>

Silgado E. 1978. Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513 – 1974). Instituto de Geología y Minería.

Tavera H. 2010. Estudio de tsunami en el distrito de Callao. COOPI, PUNUD/SDP/2009, 95p.

Yauri S., Fujii Y., Shibasaki B. 2011. Tsunami hazard assessment for the central coast of Peru using numerical simulation for the 1974, 1966, y 1746 earthquakes. Bulletin of International Institute of Seismology and Earthquake Engineering. V.46.115-120p.

Alarma (referido a la temática de tsunamis): Es una comunicación que corresponde a la confirmación inminente de la ocurrencia de un tsunami que afectará a una determinada zona, para lo cual las autoridades competentes deberán ejecutar los planes de contingencia y evacuación de la población.

Alerta (referido a la temática de tsunamis): Es un estado que se declara con el fin que los organismos operativos activen protocolos de acción para que la población tome precauciones específicas debido a la “posible” ocurrencia de un Tsunami que afecta a una determinada zona.

Alerta Temprana Provisión de información oportuna y eficaz a través de instituciones identificadas, que permiten a individuos expuestos a una amenaza, la toma de acciones para evitar o reducir su riesgo y su preparación para una respuesta efectiva.

Amenaza / peligro Evento físico potencialmente perjudicial. Fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Estos incluyen condiciones latentes que pueden derivar en futuras amenazas/peligros, los cuales pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas). Las amenazas pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos. Cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad de que ocurra un evento potencialmente desastroso, en un lugar y un lapso de tiempo.

Boletín (referido a la temática de tsunamis): Un boletín de información sobre tsunami indica que no hay amenaza de tsunami destructivo y se utiliza para impedir evacuaciones innecesarias en determinadas zonas costeras.

Análisis de amenazas / peligros Estudios de identificación, mapeo, evaluación y monitoreo de las amenazas para determinar su potencialidad, origen, características, comportamiento y su probabilidad de ocurrencia.

Capacidad Combinación de todas las fortalezas y recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que puedan reducir el nivel de riesgo, o los efectos de un evento o desastre. El concepto de capacidad puede incluir medios físicos, institucionales, sociales o económicos así como cualidades personales o colectivas tales como liderazgo y gestión. La capacidad puede también ser descrita como aptitud.

Códigos de construcción ordenanzas y regulaciones que rigen el diseño, construcción, materiales, alteración y ocupación de cualquier estructura para la seguridad y el bienestar de la población. Los códigos de construcción incluyen estándares técnicos y funcionales.

Desastre Interrupción seria del funcionamiento de una comunidad o sociedad que causa pérdidas humanas y/o importantes pérdidas materiales, económicas o ambientales; que exceden la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para hacer frente a la situación utilizando sus propios recursos.

Gestión del Riesgo de Desastres Conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes.

Medidas estructurales y no estructurales Medidas de ingeniería y de construcción tales como protección de estructuras e infraestructuras para reducir o evitar el posible impacto de amenazas. Las medidas no estructurales se refieren a políticas, concientización, desarrollo del conocimiento, compromiso público, y métodos o prácticas operativas, incluyendo mecanismos participativos y suministro de información, que puedan reducir el riesgo y consecuente impacto.

Planificación territorial Rama de la planificación física y socio-económica que determina los medios y evalúa el potencial o limitaciones de varias opciones de uso del suelo, con los correspondientes efectos en diferentes segmentos de la población o comunidad cuyos intereses han sido considerados en la toma de decisiones.

La planificación territorial incluye estudios, mapeo, análisis de información ambiental y sobre amenazas, así como formulación de decisiones alternativas sobre uso del suelo y diseño de un plan de gran alcance a diferentes escalas geográficas y administrativas.

Preparación Actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de amenazas, incluyendo la emisión oportuna y efectiva de sistemas de alerta temprana y la evacuación temporal de población y propiedades del área amenazada.

Prevención Actividades ligadas a evitar el impacto adverso de amenazas, y medios empleados para minimizar los desastres ambientales, tecnológicos y biológicos relacionados con dichas amenazas.

Reporte Sísmico Formato de información donde se proporcionan los parámetros sísmicos (latitud, longitud, profundidad, hora origen y magnitud).

Resiliencia / resiliente Capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuestas a amenazas a adaptarse, resistiendo o cambiando con el fin de alcanzar y mantener un nivel aceptable en su funcionamiento y estructura. Se determina por el grado en el cual el sistema social es capaz de auto-organizarse para incrementar su capacidad de aprendizaje sobre desastres pasados con el fin de lograr una mejor protección futura y mejorar las medidas de reducción de riesgo de desastres.

Riesgo Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiente) resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad. Convencionalmente el riesgo es expresado por la expresión $Riesgo = Peligro \times Vulnerabilidad$.

Vulnerabilidad Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos, y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas. Para factores positivos que aumentan la habilidad de las personas o comunidad para hacer frente con eficacia a las amenazas, véase la definición de capacidad. De ocurrir un evento desastroso, el estimado de daños físicos y personales en la vida y salud de las personas y el número de muertos y heridos.

Para factores positivos que aumentan la habilidad de las personas o comunidad para hacer frente con eficacia a las amenazas, véase la definición de capacidad.

(*) Tomado del Glosario de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD, 2009). En <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm> y del Plan Operativo del Sistema Nacional de Alerta Temprana de Tsunami del Perú (2012).