

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

Dr. Héctor Nolasco Soria, Director General y Editor

Alarma para prevenir a la población ante la amenaza de un tsunami

La Paz, B.C.S., a 23 de octubre de 2011



Angel R. Jiménez Illescas y Maclovio Obeso Nieblas
CICIMAR-I.P.N.

arjimill@prodigy.net.mx, mniebla@ipn.mx

Resumen

Se diseñó una alarma para prevenir a la población ante la llegada de una onda de tsunami. Se basa en el cálculo de la diferencia entre el pronóstico de la marea y una variación extraordinaria del nivel del mar en la zona de interés. El sistema está integrado por un sensor de presión conectado a una boya con transmisión de datos por telemetría. Se analizan los datos y cuando se obtiene una variación fuera del rango normal, se manda una señal de alarma por Internet y por celular a las autoridades y a la Agencia de Protección Civil.

Palabras clave: oceanografía física, alarma de tsunami, telemetría, innovación.

Abstract

A tsunami alarm system was designed to prevent the population before the arrival of a tsunami wave. It is based on the measurement of the difference between the normal tide forecasting and an extraordinary tide variation. The system consists of a pressure sensor connected to a buoy that contains a data reception and data telemetry. The data are analyzed and when any variation is out of the ordinary range, the system sends an alarm signal by Internet and by cell phone to the authorities and to the Civil Protection Agency.

Key words: physical oceanography, tsunami alarm, telemetry, innovation.

Area temática: Área 1. Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra.

Problemática

Los maremotos que asolaron Chile y recientemente Japón, con terremotos arriba de los 7 grados en la escala de Richter, son producidos por la actividad sísmica dentro de lo que se conoce como el "Triángulo de fuego". Aunque aún los terremotos y tsunamis son impredecibles, cuando se generan se puede predecir su propagación con un modelo y avisar a las poblaciones para que se preparen para su llegada. Para atender esta problemática se diseñó un Sistema de alarma para Protección Civil en caso de tsunami (Caballero 2011).



Fig. 1. Ológrafo mexicano que midió la onda de tsunami el 11 de marzo de 2011, en La Paz, BCS.

Usuarios

Los usuarios son la Secretaría de Gobernación y los Gobiernos de los estados costeros del país. Todos los habitantes de las zonas costeras de México, que se encuentren viviendo o trabajando entre el mar y la línea de 10 metros sobre el nivel medio del mar (SNMM).

Proyecto

Las ondas de Tsunami, por ser muy largas, se propagan siempre en aguas bajas y su velocidad de propagación es igual a la raíz cuadrada de la gravedad multiplicada por la profundidad, por lo que en el océano abierto, con una profundidad media de 4000 m, tiene una longitud de onda de 1000 Km (Frías 1998), se propaga a una velocidad aproximadamente de 713 Km/hr, como la de un jet comercial, pero al llegar a profundidades menores (100 m) la velocidad sería alrededor de 112 Km/hr y a los 10 m de profundidad se propaga cerca de los 36 Km/hr, que es la velocidad de los corredores velocistas de 100 m planos. Por esto, es difícil que alguien se escape de un tsunami solo corriendo (Farreras, 1995 y Farreras et al., 2007). Como toda onda, el tsunami no elimina a las otras ondas del océano, sino que se suman las alturas de las diferentes ondas al coincidir sus crestas o senos. Como el tsunami se propaga en aguas muy bajas, tiene una gran disipación de energía por fricción con el fondo, también disipa la energía al formar remolinos sobre montañas o fosas submarinas. Cuando el tsunami encuentra una isla, la refracción hace que la ola de tsunami cambie de dirección, ya que viaja más rápido en la parte más profunda y más despacio en la parte más somera, por lo cual, la energía se concentra en la parte frontal de la isla y luego la rodea; en la parte de atrás de la isla, especialmente si hay cabos o puntas, ocurre el fenómeno de difracción, que se comporta como una fuente puntual fija de ondas concéntricas (Komar 1995). Cuando se juntan las ondas que llegan por ambos lados de la parte trasera de la isla se da el fenómeno de interferencia, formando crestas y valles casi estacionarios, como tablero de ajedrez. Todos estos fenómenos van reduciendo la altura de la onda del tsunami.

Cuando llega la primera ola del tsunami, revienta antes de la zona donde normalmente rompe el oleaje, pero no es una ola que disminuirá en unos segundos, sino que el nivel aumenta durante 30 minutos y no desciende hasta 30 minutos después de haber alcanzado el nivel máximo (Ortiz et al 2000). Cuando el nivel del mar rebasa el nivel máximo de la marea, inicia la inundación, causando intensas corrientes por las calles. Un tsunami es especialmente peligroso en ciudades planas con poca pendiente en donde el tsunami pueda penetrar grandes distancias y arrasar con todo lo que se encuentra. Solo basta recordar que un metro cúbico de agua pesa una tonelada y que un carro cerrado flota en un metro de profundidad (Jiménez-Illescas 1996). Una persona no puede correr con más de 0.50 m de profundidad y con un metro de profundidad es arrastrado por la corriente. También se debe hacer notar que no se puede nadar en aguas del tsunami, pues están llenas de escombros. Cuando desciende el nivel, causa intensas corrientes hacia el mar que arrasan con todo y destruyen lo que quedó, ya que es un fluido turbulento de densidad de alrededor de 1.5 debido a la cantidad de objetos y sedimentos que acarrea. El tsunami no es solo una ola, ni una sola subida del nivel del mar; son una serie de ondas y no siempre la primera ola es la más alta, sino la segunda o tercera y el período es de aproximadamente una hora (Farreras 1995).

El objetivo del proyecto fue desarrollar un sistema de alarma que alerte a Protección Civil y a todos los centros de emergencia, con el fin de informar a la población de la amenaza de muerte por una onda de tsunami. Este sistema está enfocado a cualquier cuerpo de agua semicerrado que abrigue un puerto. El contar con un sistema que detecte un tsunami en la boca de una bahía o laguna, daría a la población unos minutos importantísimos para ser evacuada. Esto se basa en que la propagación del tsunami en aguas muy someras reduce su velocidad y aumenta el tiempo de llegada al puerto. No importa si el tsunami viene del otro lado del océano, lo que detecta es la llegada de la onda a la entrada de la bahía o laguna.

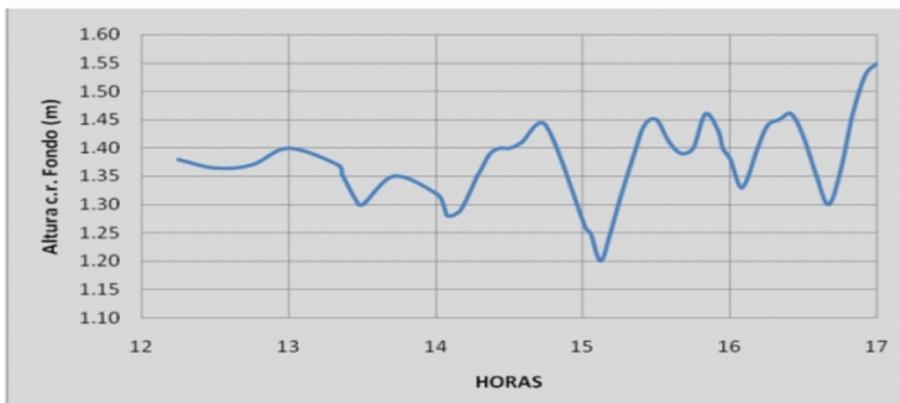


Fig. 2. Datos de Nivel medidos en el muelle deportivo de La Paz el 11 de marzo de 2011 durante el arribo de la onda de Tsunami.

La presencia de una onda de tsunami en la costa se diferencia de la marea de tormenta o sobre elevación, porque el tsunami se inicia con un descenso del nivel del mar y la sobre elevación por tormenta va en aumento cuando el viento sopla hacia la costa, pero no rebasa un metro de altura en el canal San Lorenzo (Romero Vadillo, 2003) aún presentándose un huracán y si la onda de tsunami es menor a un metro, tampoco se debería activar la alarma, pues no representaría peligro para la población.

La alarma se basa en un equipo de cómputo que recibe en tiempo real, vía radio VHF o microondas, los datos de un sensor de presión que transmite cada minuto desde una boya o una baliza y los compara con la marea pronosticada; cuando el nivel del mar descienda en forma extraordinaria o se separe anormalmente un metro del pronóstico de la marea, se dispara la alarma y envía una señal por Internet al Gobierno del Estado, a la Agencia de Protección Civil, a los centros de investigación y hasta se podrían programar celulares que reciban la señal y acompañar todo esto con alarmas sonoras, como ocurre en otros puertos en donde se han presentado tsunamis y así se contaría con unos quince minutos para evacuar a la población de las áreas bajas antes de que el nivel empezara a subir hasta inundarlas, lo cual sería suficiente para salvarlas. El mareógrafo digital es un aparato que fue diseñado por el Dr. Ángel Rafael Jiménez Illescas y la parte electrónica por el Dr. Óscar López Bonilla, el cual consiste en un sensor de presión (instalado en el fondo) que varía la intensidad de la corriente eléctrica en función del cambio de presión, la cual está en función de la variación de nivel por oleaje y marea, registrando los datos cada medio segundo y promediando un conjunto de 120 datos para obtener una lectura de marea cada minuto, se calibra y los resultados se presentan en metros, se le resta el promedio a cada dato y se compara con la marea pronosticada en el sitio (Fig.1).

El Pacific Tsunami Warning Center de Hawaii usa Boyas Dart en aguas profundas cuyo sensor de presión transmite desde el fondo del océano ondas de sonido y la boya las retransmite vía satélite a la red de alarma de tsunami. Si el Tsunami fuera en el Golfo de California, no nos servirían de nada la información de las boyas Dart en La Paz, dado que la onda llegaría primero a La Paz y después a cualquier boya Dart. La boya más cercana hacia el norte se encuentra al oeste de San Diego, California, USA y hacia el sur al suroeste de Manzanillo, Colima, México.

Los mareógrafos en tiempo real registran solo la variación de nivel y no son un sistema de alarma. Después de 20 años de registro, un análisis espectral y uno armónico proporcionan las principales componentes de la marea para hacer los pronósticos y para determinar el Nivel Medio del Mar.

El tsunami de Japón del 11 de marzo de 2011, generó una ola de 10 m de altura; sin embargo, cuando la onda pasó por Hawaii su altura era de solo 1.40 m, en Cabo San Lucas y en Zihuatanejo se registró una altura de 1.0 m y en La Paz fue de solo 0.25 m. Esto indica que una pequeña parte de la energía se introdujo al Golfo de California y un mínimo de energía entró a la Bahía de La Paz, BCS. En el muelle deportivo, que está frente a la ciudad de La Paz, se instaló el mareógrafo descrito, el cual registró un pequeño descenso del nivel del mar de 0.25 m, que coincidió con la bajamar. Se restaron los datos de la marea a los niveles medidos por el mareógrafo en esa fecha (Fig. 2) y se obtuvo la onda del tsunami (Fig. 3).

Algo muy importante es que la población identifique el inicio de un tsunami y tenga tiempo de irse a un lugar alto antes de que las corrientes arrasen con todo. La primera fase del tsunami es un descenso extraordinario del nivel del mar; si este descenso es mucho menor a las bajamares observadas, es un indicativo de que habrá un aumento de nivel de la misma magnitud por arriba del nivel medio del mar, en tal caso la población debe alejarse de inmediato de la costa y ubicarse en un sitio que tenga más de 50 metros de altura sobre el nivel medio del mar, para que esté segura.



Fig. 3. Paso del tsunami el 11 de marzo de 2011 por La Paz, B.C.S., México.

Impacto socioeconómico

Si hubiera un sistema de alarmas para tsunamis en las costas mexicanas, la población tendría un tiempo suficiente para alejarse de la costa, dirigirse a un lugar previamente identificado, con rutas ágiles de acceso y ubicado por encima de los 50 metros SNMM. Esto reduciría el número de víctimas humanas; sin embargo, la prevención es más importante y se recomienda que nadie viva por debajo de la cota +10.000 m, reduciendo de forma considerable el riesgo, aunque hay datos de tsunamis que han llegado a 60 m de altura SNMM, como en el faro de Alaska en las Aleutianas en 1960 (Neuman & Pearson 1996). Para diversificar el uso del sistema de alarma de tsunami, se propone que sea construido en CICIMAR-IPN, con la colaboración de empresas locales como Electrónica Industrial y Logical. El sistema puede ser tan sofisticado y completo como el presupuesto asignado por el gobierno lo permita. Se propone que la alarma sea instalada en cada puerto y sea operada a través de la Administración Portuaria Integral (API) de cada Estado costero de México, supervisada y monitoreada por el CICIMAR.

Contacto: <http://pcti.mx>, hnolasco2008@hotmail.com