

Estudio de la variabilidad de la altura del agua por efecto de eventos sísmicos en bases antárticas.

Visualización y modelado 3D

Arecco M. Alejandra^{1,2}; Federico Marino²; Larocca Patricia A.²; Oreiro Fernando A.^{2,3}; Canero M. Florencia³; Emanuel Curio¹; Fiore Mónica E.^{1,2}

¹ Universidad de la Defensa Nacional, Facultad de la Armada, Escuela de Ciencias del Mar, Av. Antártida Argentina 470, Buenos Aires, Argentina. {María Alejandra Arecco, a.arecco.escm@undef.fa.undef.edu.ar}

² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Av. Paseo Colón 850, Buenos Aires, Argentina,

³ Ministerio de Defensa, Servicio de Hidrografía Naval, Departamento de Oceanografía, Av. Montes de Oca 2124.

Resumen. El Arco de Scotia es un área tectónicamente muy compleja. Durante un año pueden producirse más de 300 sismos de $M_w > 4.5$. Registros del nivel del mar, recopilados en 6 estaciones mareográficas ubicadas en la región, fueron filtrados y analizados para identificar la presencia de tsunamis. Los resultados mostraron anomalías en el nivel del mar que alcanzaron 1.30 m, posteriores al sismo ocurrido el 12 de agosto de 2021 en la fosa del arco de las Islas Sandwich del Sur. En este trabajo se realiza una visualización interactiva 3D con el propósito de apreciar a la zona afectada por el tsunami y tomar recaudos en la realización de levantamientos hidrográficos en cercanías a las bases antárticas argentinas. Para este trabajo se contó con información topográfica, batimétrica y registros de altura del nivel del agua. La visualización, implementada en Three.js/WebGL, permite navegar la escena 3D, reproducir la evolución temporal y aplicar distintos esquemas de color.

Palabras clave: Visualización 3D; Tsunamis; Antártida; Levantamientos Hidrográficos.

Introducción

El trabajo busca estudiar la vulnerabilidad del entorno costero en las bases antárticas, donde son susceptibles a eventos naturales potencialmente ruinosos como el sismo de magnitud $M_w 8.1$ del 12/08/2021. Debido a la actividad sísmica del arco de Scotia, en el océano Atlántico Sur los tsunamis representan un riesgo ambiental (Fig. 1).

Los bordes de la placa Scotia presentan márgenes muy activos, exhiben gran actividad sísmica; en particular el arco de las Islas Sandwich del Sur es una de las zonas de mayor actividad sísmica del planeta. En un período anual es posible que ocurran más de 300 eventos sísmicos de $M_w > 4$ y al menos un sismo de $M_w > 7$ [1] y [2].

Con el propósito de analizar áreas inundables y alturas de agua (WL) excepcionales, producidas por los eventos naturales descriptos, en el presente trabajo: i) se construyó

un modelo digital de elevación 3D de la Caleta Vago, en la Isla San Pedro del archipiélago Georgias del Sur, que está rodeada de las estaciones científica King Edward y ballenera Grytviken (Fig. 2), ii) se evaluaron series temporales de WL en estaciones mareográficas del 12 de agosto de 2021 (Fig. 1) y iii) se desarrolló un programa para la visualización interactiva 3D con el propósito de apreciar a la zona afectada por el tsunami 1. En este estudio se muestran resultados en los puertos donde las series temporales de altura del mar son lo más completas posibles.

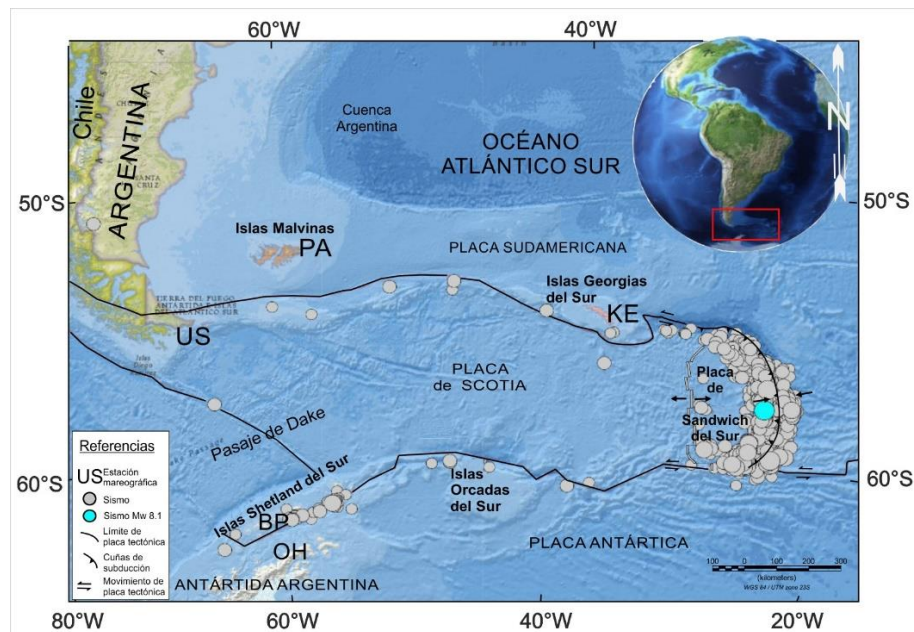


Fig. 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio. Estaciones mareográficas: Ushuaia (US), Puerto Argentino (PA), Base Prat (BP), O'Higgins (OH) y King Edward (KE). Límites de placas (líneas negras). Epicentros sísmicos durante el año 2021 de Mw > 4.6 (círculos grises). Sismo del 12 de agosto de 2021 de Mw 8.1

Datos y metodología

El *National Centers Environmental Information* (NCEI) provee datos de profundidad adquiridos por buques y plataformas hidrográficas, oceanográficas e industriales durante estudios o mientras están en tránsito. En una cuadrícula de descarga se pueden obtener información topográfica y batimétrica (<https://www.ncei.noaa.gov/products/bathymetry>).

El nivel de la altura del agua medido (WL) fue obtenido en estaciones mareográficas del *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC) (<https://www.ioc-sealevelmonitoring.org>).

Este trabajo empleó información del *United States Geological Survey* (USGS) (<https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/earthquakes>) para extraer la información sísmológica del área de estudio.

Se construyó un modelo digital de elevación 3D de la Caleta Vago, en la Isla San Pedro del archipiélago Georgias del Sur, en la que se encuentran las estaciones King Edward y Grytviken. El modelo digital en 3D con la información topobatómica tuvo el propósito de ajustar el nivel del WL. Los registros de WL, recopilados en 6 estaciones mareográficas ubicadas en la región, fueron filtrados y analizados para identificar la presencia de tsunamis.

Se analizaron los sismos de mayor magnitud ocurridos durante el 2021 y se seleccionaron los 10 sismos más intensos para analizar la variabilidad del WL.

Se implementó una aplicación web utilizando la biblioteca Three.js y la API WebGL, para poder visualizar la escena 3D, compuesta por un mapa de elevación y un conjunto de modelos 3D que representan las construcciones en la zona de estudio, y además para poder reproducir la evolución temporal del nivel del agua en función de los registros obtenidos. También, se implementó un efecto de coloración sobre la superficie del terreno que indica cuando un punto específico ha sido cubierto por el agua dentro de un umbral de tiempo anterior al tiempo actual, de este modo se puede visualizar las zonas de probable acumulación de agua después de que el nivel regrese a su valor normal.

Resultados y conclusiones

Los resultados mostraron para el sismo del 12/08/2021 de Mw 8.1, ocurrido en cercanías de las Islas Sandwich del Sur, se produjeron anomalías de alturas del nivel de las aguas de 0,30 m a 1,30 m en las estaciones mareográficas cercanas. En las estaciones antárticas Base Prat (BP) y O'Higgins (OH), se registraron amplitudes máximas entre 0,30 m y 0,40 m (Fig. 2A). En la estación mareográfica King Edward Point (KE), donde se produjo la mayor de las anomalías, se implementó el visualizador animado 3D que permitió ver, a medida que subía el WL, hasta donde alcanzó las construcciones de la estación, el tiempo de cobertura y retroceso de las aguas (Fig 2B y C).

La visualización, implementada en Three.js/WebGL, permite navegar la escena 3D, reproducir la evolución temporal y aplicar distintos esquemas de color (Fig. 2C).

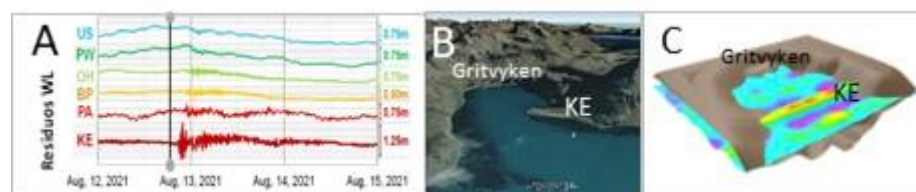


Fig. 2. A. Altura del agua filtrada. Estaciones mareográficas: King Edward (KE), Puerto Argentino (PA), Base Prat (BP), O'Higgins (OH), Puerto Williams (PW) y Ushuaia (US). B. Vista aérea de la Bahía Vago. C. Modelo del visualizador del oleaje en la Bahía Vago

Este visualizador permite apreciar en un ambiente virtual casos de simultaneidad entre marea, ODT y tsunamis. Este programa se podría implementar en todas las estaciones

antárticas a medida que se cuente con toda la información que requiere el armado de los modelos 3D y de la altura del agua. A partir de la aplicación de esta herramienta se podrían poner bajo resguardo las construcciones actuales y prever las áreas inundables.

Referencias

1. Larocca, Patricia A.; Arecco, María A.; Mora, Mariana C., 2021. Wavelet-based Characterization of Seismicity and Geomagnetic Disturbances in the Sandwich del Sur Microplate Area. *Geofísica Internacional*. Vol 60, N°4, 320-332, <http://revistagi.geofisica.unam.mx/index.php/RGI/article/view/2119/1882>.
2. Arecco, María Alejandra; Larocca, Patricia A.; Oreiro, Fernando; Otero, Lidia A.; Canero, María Florencia, 2023. Disturbances in the geomagnetic field, water level and atmospheric pressure associated with $M_w \geq 6.6$ earthquakes in the South Atlantic Ocean, *Geofísica Internacional*, vol. 62, issue 3, pp. 543-561 doi 10.22201/igeof.2954436xe.2023.62.3.1440.