

Programa de Tsunamis

Compendio Informativo

Guía para Operadores



Puntos Focales de Alerta de Tsunami



Junio 2019

Guía para los operadores de puntos focales de aviso de tsunami para Puerto Rico. Preparado por la Red Sísmica de Puerto Rico como parte del programa PR-NTHMP TsunamiReady®. Subvencionado por NOAA- NA18NWS4670077.

No constituye necesariamente un endoso de la Agencia.

Red Sísmica de Puerto Rico
Universidad de Puerto Rico,
Recinto Universitario de Mayagüez
Programa de Tsunamis

GUÍA PARA OPERADORES DE PUNTOS FOCALES DE ALERTA DE TSUNAMI

Producción

Gerente de Proyecto

Roy Ruiz Vélez, Gisela Báez-Sánchez

Diseño gráfico y arte

Roy Ruiz Vélez, Joshua Montañez

Mapas y figuras

Roy Ruiz Vélez, Alejandro Torres

Apoyo administrativo

Dalixza Irizarry, Yamilette Vargas y Annie M. Plaza

Colaboradores

Red Sísmica de Puerto Rico

Dr. Víctor Huérfano, Glorymar Gómez, Jesenia Figueroa, Bienvenido Prosper

Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres – NMEAD

Carlos Acevedo, Carlos Irigoyen

Programa de Alerta de Tsunami del Caribe, NOAA-NWS

Christa von Hillebrandt Andrade

Servicio Nacional de Meteorología (SNM), Oficina de Pronósticos de San Juan (WFO SJO)

Ernesto Morales

Datos bibliográficos sobre esta publicación

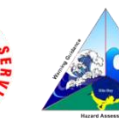
Edición: Primera edición

Mes y año de publicación: JUNIO 2019

Esta edición de la guía fue producida mediante la subvención de la NOAA NA15NWS4670035.

Con fines bibliográficos este documento debe ser citado como sigue:

Red Sísmica de Puerto Rico. 2019. *Guía para Operadores de Puntos Focales de Aviso de Tsunami para Puerto Rico*. 1^{ra} ed. Mayagüez, PR.



CONTENIDO

Resumen.....	2
Sobre la guía	2
Importancia.....	3
Introducción.....	4
Términos y Definiciones.....	8
Capacidad TsunamiReady® en Puerto Rico.....	11
Vulnerabilidad a Tsunamis en Puerto Rico	11
Otros Aspectos a conciderar en la vulnerabilidad de nuestras costas	15
Preparación y Capacidad TsunamiReady de Puerto Rico.....	15
Protocolo de comunicaciones de la RSPR.....	19
Mensajería de tsunami y Niveles de Alerta	22
Señales naturales.....	23
Árbol de llamadas	23
Sirenas Móviles.....	24
Sirenas Fijas.....	25
Buenas prácticas en el punto focal	26
Plan para la continuidad de operaciones (COOP).....	27
Recursos educativos para el personal.....	27
Aplicación de mapas Puerto Rico Tsunami Program Map Tool.....	28
Contacto de personal experto	31
Información adicional	33
Referencias.....	34

SOBRE LA GUÍA

Puerto Rico se encuentra localizado en la esquina noreste de la placa del Caribe, una zona sísmicamente activa. Durante el año 2018 fueron detectados 3,975 sismos en nuestra área de responsabilidad sísmica (ADR). Uno de los efectos asociados a los terremotos son los tsunamis. Dado los eventos de tsunami ocurridos alrededor del mundo durante la última década, y sus devastadores efectos en la infraestructura, la sociedad y la economía, con el fin de preparar al personal que atenderá la emergencia nace la necesidad de desarrollar la **Guía para Operadores de Puntos Focales de Alerta de Tsunamis en Puerto Rico**. Esta guía ayudará a los operadores de puntos focales y otros miembros de la comunidad de manejo de emergencia en Puerto Rico, a entender los niveles de alerta de tsunami, conocer los criterios en los que se basan estos niveles, conocer el protocolo de comunicaciones, interpretar la información de tsunamis y boletines y desarrollar estrategias para una respuesta apropiada ante el embate de este evento natural que es tan destructivo.

El programa TsunamiReady, desarrollado por el Servicio Nacional de Meteorología (SNM) de la *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA, por sus siglas en inglés), está diseñado para ayudar a las comunidades que se encuentran en áreas costeras a reducir el potencial de un desastre a consecuencia de un Tsunami. Esto se logra apoyando a los líderes comunitarios y oficiales de Manejo de Emergencias a fortalecer sus operaciones locales mediante la preparación de planes de respuesta ante un evento tsunamigénico y educando a las comunidades expuestas.

En Puerto Rico, la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) es la entidad encargada de administrar el proyecto y apoyar a los municipios en el proceso de ser reconocidos TsunamiReady. Entre los requisitos del programa, el **Plan de Respuesta de Emergencias para Tsunamis** es el componente que describe específicamente para el municipio los riesgos, preparación y capacidades de respuesta ante un evento de esta naturaleza.

Se debe entender la diferencia entre preparación y respuesta a una emergencia. En la preparación, antes del evento, es necesario hacer un plan de respuesta ante tsunamis que considere la preparación y la vulnerabilidad del municipio. Esta sección de vulnerabilidad debe incluir aquellos factores y características físicas, económicas, de seguridad y de comunicaciones del punto focal que aportan o limitan a su capacidad de hacerle frente a un evento de esta naturaleza. Durante la respuesta es el momento de ejecutar las acciones establecidas durante la preparación. Luego de la respuesta y dependiendo de la preparación y educación las comunidades podrán demostrar su capacidad de resiliencia. De esta forma podrán desarrollar las herramientas para estar mejor preparados para enfrentar próximas emergencias.

En esta guía, el lector, podrá encontrar una introducción al tema de tsunamis, información básica sobre el tema, la capacidad TsunamiReady® de Puerto Rico, los niveles de alerta, el protocolo de comunicaciones en Puerto Rico e Islas Vírgenes, entre otros temas de mucha relevancia para coordinar la respuesta ante un tsunami en el punto focal de alerta de tsunami.

IMPORTANCIA

Los tsunamis pueden viajar largas distancias a velocidades que pudieran alcanzar de más aproximadamente 500 mph, dependiendo de la profundidad del océano. Este evento natural, al llegar a la costa puede causar gran daño y destrucción. Esto puede sobrepasar la capacidad de la agencia o entidad para hacerle frente a la emergencia utilizando sus propios recursos. La combinación entre una planificación agresiva y la educación de las comunidades en riesgo han demostrado ser una herramienta viable que minimiza la pérdida de vidas y propiedad en las comunidades costeras (1). Para abordar este asunto, el programa TsunamiReady® y la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR), en colaboración con el Centro de Alerta de Tsunami del Caribe (CTWP), el Servicio Nacional de Meteorología (SNM) y el Negociado de Manejo de Emergencia y Administración de Desastres (NMEAD), han trabajado en conjunto para desarrollar esta guía.

Se debe conocer los diferentes niveles de alerta de tsunami en Puerto Rico e Islas Vírgenes. Con este propósito, ésta guía provee una sección en dónde se explica cada nivel de alerta y se sugiere diversas acciones a seguir para minimizar la pérdida de vida y propiedad. Se recomiendan diferentes acciones a seguir dependiendo de la fuente u origen del tsunami (si el mismo es cercano o distante). Para efectos de este documento, un *tsunami cercano* es aquel en donde las olas pudieran llegar a nuestras costas en un tiempo que pudiera variar desde minutos hasta las tres horas. Por consiguiente, se cuenta con poco tiempo para responder y la prioridad debe ser alertar a las personas y comunidades sobre el desalojo (evacuación). Estas deberán desalojar en el menor tiempo posible alejándose de la costa, buscando lugares más altos fuera de las zonas de desalojo ya establecidas o algún edificio o estructura alta (cuatro pisos o más) que sirva para desalojo vertical. Si la fuente del tsunami es *distante*, es decir que el tiempo de arriba excede las tres horas, se cuenta con más tiempo para una respuesta coordinada.

Finalmente, se enfatiza la importancia de promover ejercicios de práctica donde se pongan a prueba los diferentes componentes del plan de respuesta y las comunicaciones. Solo así se podrá asegurar que tanto los operadores, como el personal, estarán mejor preparados para responder en caso de un tsunami. Sin más detalles, le presentamos la **Guía para Operadores de Puntos Focales de Aviso de Tsunamis para Puerto Rico**.

Este compendio comparte la información necesaria e importante para los puntos focales de alerta de tsunami. Si necesita mayor información no dude en comunicarse al programa de Tsunami de la Red Sísmica de Puerto Rico al 787-833-8433 o por e-mail a educacion@prsnmail.uprm.edu.

También puede visitar los siguientes enlaces para mayor información:

<http://redsismica.uprm.edu/tsunamiready>,

<https://www.weather.gov/TsunamiReady>.

INTRODUCCIÓN

Un tsunami es una de las fuerzas más poderosas y destructivas de la naturaleza (2). Tsunami (500-NAH-mee) es una palabra japonesa que significa ola en puerto. Un tsunami es una elevación anómala del nivel del mar vista algunas veces como una serie de olas con una longitud de onda y periodo largo (tiempo entre cresta y cresta) generado por un gran desplazamiento impulsivo del agua del mar. El tiempo entre las olas puede variar desde minutos a más de una hora, pero generalmente están en el rango de 15 a 25 minutos. La velocidad a la que se desplaza un tsunami en mar abierto puede variar de acuerdo a la profundidad. La velocidad a la que se mueve un tsunami ronda las 500 mph en mar abierto. Al llegar a la costa los tsunamis disminuyen su velocidad de traslación entre 20 a 30 mph, lo que es mucho más rápido que una persona corriendo (2). Otro de los principales peligros debido a los tsunamis, incluso los de pequeña amplitud, son los remolinos y fuertes corrientes que pueden ser generadas, las que pueden romper las líneas de amarre y anclaje de las embarcaciones y causar graves daños a los muelles, puertos y marinas. Observaciones y estudios de eventos previos describen que durante el tsunami del 2004 (Indonesia) una ola de 1.5m de altura fue capaz de romper 12 líneas de amarre de un buque de 285 metros y arrastrarlo lejos del puerto de Salalah, Oman (3).

Los registros históricos de tsunami del Centro Nacional de Información Ambiental (NCEI, por sus siglas en inglés) de la NOAA, muestran que alrededor de 74 tsunamis se han observado en el Caribe durante los últimos 500 años (**Figura 1**). Estos representan aproximadamente del 7-10% de los tsunamis oceánicos del mundo. Desde 1498, al menos 4,438 personas en el Caribe han perdido la vida a causa de un tsunami (NCEI) (**Figura 1**).

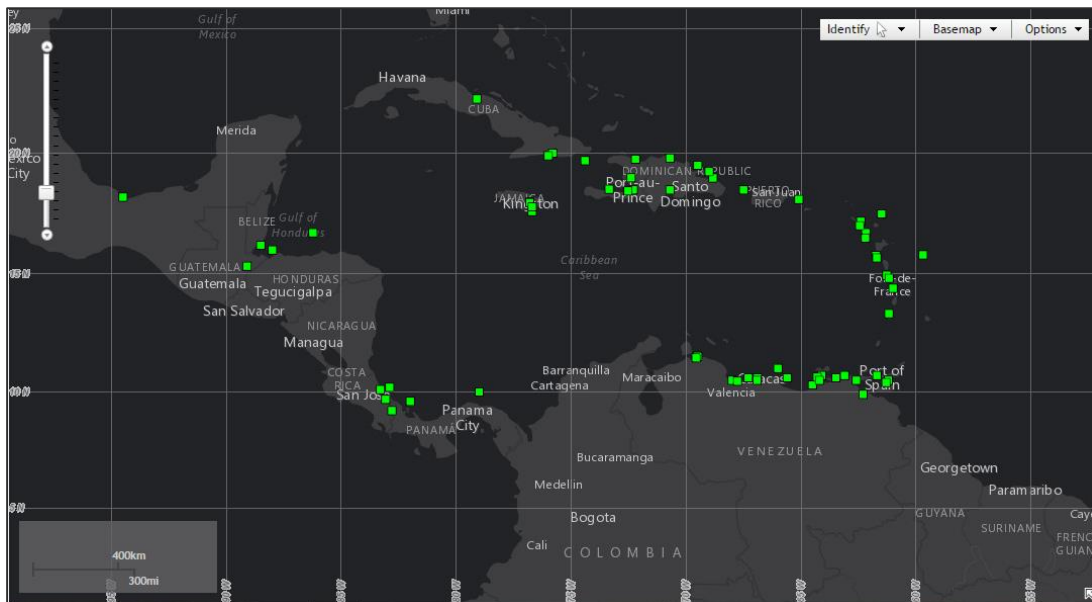


Figura 1: Mapa de tsunamis históricos en el Caribe (tomado y adaptado del mapa interactivo del NCEI, <https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/hazards>).

En los últimos años se ha observado un crecimiento poblacional, así como la entrada de turistas a lo largo de las costas del Caribe aumentando la vulnerabilidad a tsunamis. Utilizando los datos del CENSO 2010, se estimó que en Puerto Rico más de 250,000 personas residen dentro de las zonas expuestas a tsunamis (según el programa TsunamiReady de Puerto Rico).

Además de los tsunamis, la región también tiene una larga historia de terremotos destructivos. Los registros históricos muestran que al menos 32 terremotos con magnitud $\geq 7M$ han impactado la región del Caribe en los últimos 500 años, cuatro de estos cerca de Puerto Rico (NCEI) (**Figura 2**). El último gran terremoto ocurrido en el Caribe lo fue en 1946, cerca de Samaná, República Dominicana. Este terremoto de 8.1 M cobró la vida de más de 1,000 personas y provocó un tsunami de 2.5 metros que afectó la zona local (NCEI).

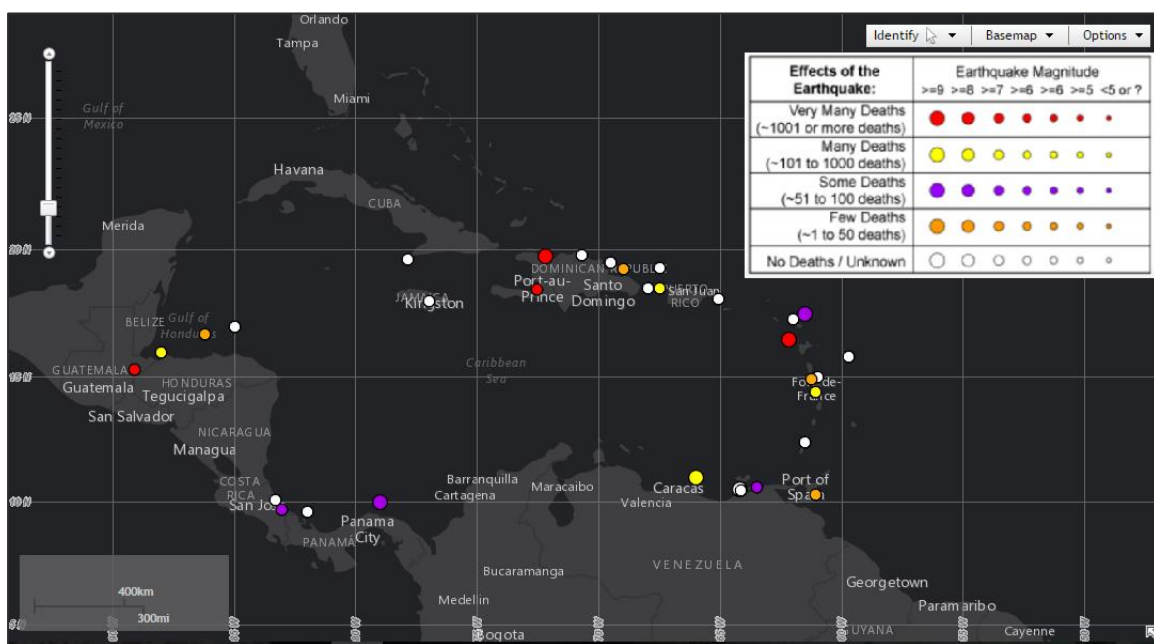


Figura 2: Terremotos históricos en el Caribe con magnitud $\geq 7M$ y el número aproximado de fatalidades (Tomado y adaptado del mapa interactivo del NCEI, <https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/hazards>).

La Guía para Operadores de Puntos Focales de Aviso de Tsunamis para Puerto Rico ha sido desarrollada para manejadores de emergencias, radio operadores y el personal que lleven a cabo la tarea de atender un punto focal y estará presente en el momento de la emergencia.

Algunas oficinas que forman la comunidad de Operadores de Puntos Focales (locales y estatales) en Puerto Rico son:

- Control Estatal NMEAD
- Despachos regionales NMEAD
- Despachos Municipales (OMME's, Policía Municipal, Emergencias Médicas)

Durante un evento real los Centros de Alerta de Tsunamis (TWC, por sus siglas en inglés) proveerán información oficial importante de tsunamis a las autoridades locales en forma de boletines. Con esta información las agencias oficiales de seguridad tomarán decisiones y alertarán a la población. Estos boletines incluyen información de la fuente del tsunami; en caso de que sea un terremoto incluirá información sísmica (localización, magnitud y profundidad), tiempo de arribo estimado de las primeras olas y la altura estimada de olas. Por reglamentación Federal, Puerto Rico e Islas Vírgenes se encuentran bajo la jurisdicción, o área de responsabilidad de tsunamis, del Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC, por sus siglas en inglés). Estos boletines también incluyen el nivel de alerta de tsunami, que dependiendo de la localización y la magnitud del terremoto pudiera ser **aviso, advertencia, vigilancia de tsunami** o un **boletín informativo y cancelación (Figura 3)** para Puerto Rico e Islas Vírgenes, y las acciones recomendadas a seguir.

Es importante conocer los niveles de alerta, cuáles son las fuentes oficiales de información, estar relacionados con los boletines del PTWC, tener sistemas redundantes para recibir y diseminar las alertas, conocer los mapas de desalojo y contar con un plan de respuesta si queremos minimizar la pérdida de vida y propiedad. Un error en la interpretación de los niveles de alerta puede confundir a la población y conllevaría graves consecuencias.

El último terremoto y tsunami que afectó a Puerto Rico ocurrió en 1918. A más de 100 años de este evento debemos recordar que las pérdidas ocasionadas por éste fueron millonarias. Un evento de esta naturaleza hoy día sería devastador para la economía y la sociedad en Puerto Rico debido al aumento de residentes, turistas y desarrollo urbano en la zona costera.



TsunamiReady
NATIONAL WEATHER SERVICE


<p>Si SIENTE, VE o ESCUCHA alguna de estas señales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TERREMOTO FUERTE O DE LARGA DURACIÓN (difícil mantenerse de pie o tiembla por más de 20 segundos) - CAMBIO REPENTINO DEL NIVEL DEL MAR - RUIDO FUERTE QUE PROVIENE DEL MAR <p style="text-align: center;">ó</p> <ul style="list-style-type: none"> - AVISO OFICIAL DE TSUNAMI. <p>ALÉJESE DE LA COSTA o MUÉVASE INMEDIATAMENTE a un LUGAR ALTO. Se recomienda DESALOJAR A PIE por las rutas sugeridas.</p>	<p>If you FEEL, SEE or HEAR any of these signs:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A STRONG or LONG EARTHQUAKE (you can barely walk or shaking lasts more than 20 seconds) - DRASTIC CHANGE IN SEA LEVEL - LOUD NOISE FROM THE SEA <p style="text-align: center;">OR</p> <ul style="list-style-type: none"> - AN OFFICIAL TSUNAMI WARNING IS ISSUED. <p>IMMEDIATELY MOVE to HIGH GROUND or INLAND. WALK, DON'T DRIVE.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • ¡Peligro! / <i>Danger!</i> • ¡Corra a tierras altas! / <i>Run to high ground!</i> • Siga las instrucciones de emergencia / <i>Follow emergency instructions.</i>
<div style="background-color: #FFD700; padding: 5px; border: 1px solid black; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Advertencia Advisory</div>	<div style="background-color: #FF0000; color: white; padding: 5px; border: 1px solid black; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Aviso Warning</div>
<ul style="list-style-type: none"> • Posibles corrientes locales fuertes y peligrosas / <i>Possible strong and dangerous local currents.</i> • Salga de la playa, puertos y marinas / <i>Move off the beach and out of harbors and marinas.</i> • Esté pendiente para información oficial / <i>Stay tuned for official emergency guidance.</i> 	
<ul style="list-style-type: none"> • En esta área, se desconoce el impacto esperado de tsunami / <i>Expected tsunami impact is unknown for this area.</i> • Permanezca alerta para más información oficial / <i>Stay tuned for more official information.</i> 	
<div style="background-color: #FFD700; padding: 5px; border: 1px solid black; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Vigilancia WAch</div>	<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; border: 1px solid black; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Boletín Informativo Information Statement</div>
	<ul style="list-style-type: none"> • Un temblor ha ocurrido, no se ha emitido aviso, advertencia o vigilancia / <i>An earthquake has occurred, no warning, advisory or watch has been issued.</i>
<p>¡Disfrute su día de playa y esté preparado! / Be prepared and enjoy your beach day!</p>	

Figura 3: Niveles de alerta de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes.

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Alerta de tsunami - mensaje de los centros de alerta de tsunamis y las agencias oficiales que establece el nivel de peligrosidad que representa un evento de tsunami y las acciones que se recomiendan. Los niveles de alerta de tsunami para PR e IV son: (*Tsunami message*)

Aviso de Tsunami – Este es el nivel más alto de alerta de emergencia y se emite cuando hay un peligro inminente de inundación costera por tsunami. El aviso se puede extender por varias horas después de la llegada de la primera ola. Se recomienda **desalojar** la zona expuesta inmediatamente (a pie), moverse a tierras altas y seguir las instrucciones de la oficina de manejo de emergencia. Debe permanecer atento a información oficial. Se actualiza cada media hora. (*Tsunami warning*)

Advertencia de Tsunami - Este mensaje se emite cuando hay un peligro de corrientes fuertes u oleaje peligroso. Se recomienda **salir del agua, playa, marinas, puertos y ensenadas**. La advertencia puede convertirse en un aviso o puede ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Bajo este nivel de alerta no se recomienda desalojar la zona amarilla en los mapas de desalojo por tsunami. Se emite información especial para la comunidad marítima. Debe permanecer pendiente a información oficial. Se actualiza cada media hora. (*Tsunami advisory*)

Vigilancia de Tsunami – Este mensaje se emite cuando ha ocurrido un evento que más tarde pueda afectar la zona costera, pero al momento se desconoce su posible impacto, si alguno. La vigilancia puede convertirse en una advertencia, aviso o ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Se recomienda permanecer pendiente a la información oficial. Se actualiza cada media hora. (*Tsunami watch*)

Boletín Informativo - Este es un mensaje informativo relacionado a la ocurrencia de un evento sísmico sin potencial de generar un tsunami. Se recomienda permanecer tranquilo, ya que no se ha emitido Aviso, Advertencia o Vigilancia de Tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes. Contiene la información sísmica. (*Tsunami information statement*)

“All Clear” (término utilizado en inglés) – mensaje emitido por el Negociado de Manejo de Emergencia (NMEAD) a la ciudadanía, en coordinación y comunicación directa con las OMME’s, donde, luego de revisadas las áreas, se establece que se puede regresar a las zonas afectadas pues el peligro por el tsunami ha pasado.

ANSS – Advance National Seismic System del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés)

AOR (siglas en inglés) – El área de responsabilidad sísmica (**ADR**) de la Red Sísmica de Puerto Rico comprende a Puerto Rico, Islas Vírgenes Estadounidenses, Islas Vírgenes Británicas y el este de la Republica Dominicana. Es conocida como la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes.

BVI-DDM (siglas en inglés) – Departamento de Manejo de Emergencias de las Islas Vírgenes Británicas. (*British Virgin Islands- Department of Disaster Management*)

Boletín de cancelación - mensaje que establece que el peligro ha pasado, se deja sin efecto el nivel de alerta por tsunami emitido. (*Cancellation*)

COE – Centro de Operaciones de Emergencia. (*Emergency Operation Center*)

CRS (siglas en inglés) – Sistema de Consola Auxiliar. (*Console Replacement System*)

ETA (siglas en inglés) – Tiempo de Llegada Estimado, tiempo calculado estimado de arribo del tsunami para alcanzar la comunidad costera. (*Estimated Time of Arrival*)

EAS (siglas en inglés) – Sistema de Alerta de Emergencias. (*Emergency Alert System*)

Intensidad - La intensidad de un terremoto es la medida de los efectos de la sacudida en estructuras y en la naturaleza en un lugar particular, anotando los efectos que produce la sacudida en objetos, edificios, personas y en el terreno mismo. La escala que se usa generalmente, en especial en el Hemisferio Occidental, se llama Escala de Intensidad Mercalli Modificada (MMI). Esta escala va desde el I (no sentido) al XII (destrucción total).

MSL (siglas en inglés) - Promedio de la elevación del nivel del mar tomado sobre un período de 19 años. (*Mean Sea Level*)

Mw – Magnitud de momento, se basa en la energía liberada y es indicativo del tamaño y características de la ruptura de la falla.

NEIC (siglas en inglés) - Centro Nacional de Información de Terremotos de los Estados Unidos. (*National Earthquake Information Center*)

NCEI (siglas en inglés) – Centro Nacional de Información Ambiental, NOAA. (*National Center for Environment Information*)

NOAA (siglas en inglés) – Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (*National Oceanic and Atmospheric Agency*)

NTWC (siglas en inglés) – Centro Nacional de Alerta de Tsunamis. (*National Tsunami Warning Center*)

NWS (siglas en inglés) – Servicio Nacional de Meteorología. (*National Weather Service*)

Punto focal de alerta de tsunami – se le conoce a la oficina que opera 24/7 equipada con sistemas redundantes de comunicación para recibir y diseminar las alertas de los centros de alertas de tsunami. (*Tsunami Warning Focal Point, TWFP*)

PREMA (siglas en inglés) - Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres de Puerto Rico (NMEAD). (*Puerto Rico Emergency Management Agency*)

PRSN (siglas en inglés) – Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) del departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez (UPRM). (*Puerto Rico Seismic Network*)

Productos domésticos - se refiere a los boletines del PTWC desarrollados y emitidos para Puerto Rico e Islas Vírgenes.

PTWC (siglas en inglés) – Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (*Pacific Tsunami Warning Center*). Proveedor de Servicios de Tsunami (*Tsunami Service Provider*, en inglés) para Puerto Rico e Islas Vírgenes.

REA - término en inglés para Rapid Earthquake Alert. Se refiere a la información preliminar sísmica que se emite inmediatamente luego de un evento. Este mensaje contiene información sísmica únicamente.

RSS – término en inglés para referirse a Real Simple Syndication. Esto es un mensaje de actualización que se envía a través de un programa lector de RSS. La RSPR lo utiliza como uno de los métodos de disseminación de información de terremotos y tsunamis.

Terremoto Fuerte – Esto es un terremoto de una intensidad igual o mayor a VII, según la Escala Mercalli Modificada. Durante un terremoto de esta clasificación se presentaría dificultad para mantenerse en pie, daños mínimos en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras bien construidas; considerable en las mal construidas. Sería sentido por conductores.

Tsunami – la palabra “tsunami” es una palabra japonesa que significa “ola de puerto”. Un tsunami es una serie de olas creadas por un disturbio que desplaza una gran cantidad de agua.

Tsunami cercano - tsunami cuya fuente (lugar donde se genera) es cercana al lugar donde primero puede impactar la costa. El tiempo puede variar desde minutos a horas. El PTWC clasifica un tsunami cercano como aquel cuyo tiempo de viaje es menor o igual a tres horas. Estos tsunamis tienen el potencial de ser los más perjudiciales pues en algunos casos contaríamos con solo minutos para responder, lo que representaría el peor de los escenarios.

Tsunami distante - tsunami cuya fuente (lugar donde se origina) es lejana al lugar donde primero puede impactar la costa. El PTWC clasifica un tsunami lejano como aquel cuyo tiempo de viaje es mayor a tres horas. Cuando el tsunami es muy lejos se puede utilizar el término tele-tsunami. En este caso se contaría con mayor tiempo para recibir las alertas y ejecutar una respuesta coordinada de parte de las agencias de manejo de emergencia.

VITEMA (siglas en inglés) – Agencia Territorial para el Manejo de Emergencias de las Islas Vírgenes Americanas. (*Virgin Island Territorial Emergency Management Agency*)

VULNERABILIDAD A TSUNAMIS EN PUERTO RICO

Vulnerabilidad se define como las características de una persona o grupo de personas que influyen sobre su capacidad para anticipar, prepararse, resistir y recuperarse del impacto de un evento natural. La vulnerabilidad ante eventos naturales está determinada por la exposición, susceptibilidad y capacidad de adaptación de la comunidad impactada (4). Se debe conocer cuáles son los factores sociales, económicos, demográficos y de infraestructura que aumentan la vulnerabilidad de nuestras zonas costeras.

Podemos entender el concepto de la vulnerabilidad con la siguiente ecuación (5):

$$Vulnerabilidad = \frac{Exposición \times Susceptibilidad}{Capacidad de Adaptación}$$

Donde:

1. **Exposición:** se refiere a la cantidad de activos (ej. residentes, infraestructura crítica) dentro de la zona de peligro.
2. **Susceptibilidad:** mide el impacto, es decir la proporción, de los activos que están en peligro.
3. **Capacidad de adaptación o resiliencia:** es la capacidad de los seres humanos de adaptarse o sobreponerse ante una amenaza natural. Si aumentamos la resiliencia reducimos la vulnerabilidad.

Diversos factores geográficos, socio-económicos y demográficos convierten a Puerto Rico en una isla vulnerable a terremotos y tsunamis. Primero, por nuestra localización geográfica. Puerto Rico está localizado en la esquina noreste de la placa del Caribe, con múltiples fallas tectónicas, donde una gran cantidad de sismos ocurren durante todo el año. Por nuestra condición de isla y la naturaleza de nuestra economía, importamos la gran mayoría de nuestros bienes y productos de consumo. El 85% de los alimentos que consumimos son importados. Otro dato importante es que el 90% de la carga de importaciones entra a la Isla por barco a través del puerto de San Juan (6). Cualquier evento que afecte dichas facilidades portuarias afectaría la cadena de suministros en toda la Isla.

La población flotante y el turismo aumentan la cantidad de personas expuestas. Una cantidad considerable de personas residen dentro de la zona de desalojo por tsunami. Utilizando los datos del CENSO 2010, el programa de tsunamis de la RSPR estimó que en Puerto Rico más de 250,000 personas (7% de la población total) residen dentro de las zonas de desalojo por tsunami sin contar los miles de turistas que visitan las zonas expuestas diariamente (**Figura 4**) (**Tabla 1**). Según datos de turismo del Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, durante el año 2018 más de 1.2 millones de pasajeros llegaron a la Isla en crucero.

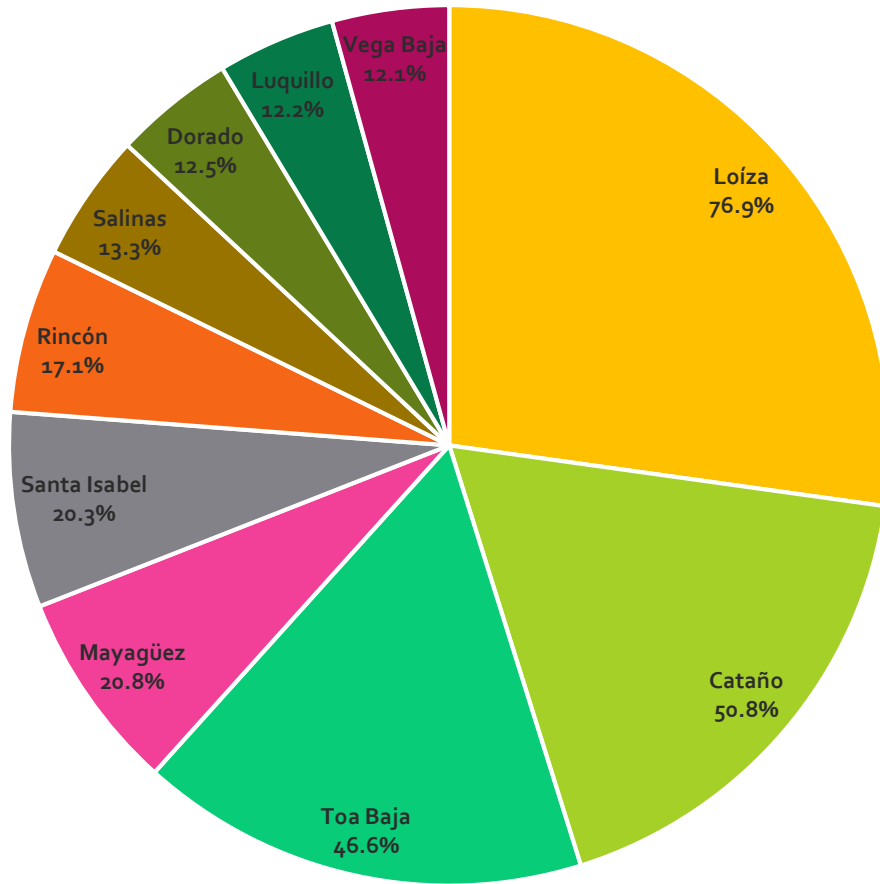


Figura 4: Los diez municipios en Puerto Rico con mayor proporción de sus residentes dentro de la zona de desalojo por tsunami según CENSO 2010. Actualizado julio-2017. En Puerto Rico se estima que más de 250,000 personas residen dentro de las zonas de desalojo.

Tabla 1: Población de residentes dentro de la zona de desalojo por municipio TsunamiReady en Puerto Rico. Datos calculados utilizando sistemas de información geográfica y los datos del censo del 2010 por el programa de tsunamis de la RSPR. La población de residentes dentro de la zona de desalojo es una de las variables a considerar dentro del perfil de vulnerabilidad a tsunami de los municipios. Revisado 2019.

Municipio	Población dentro	Población total (2010)	Por ciento de su población dentro
Aguada	4,867	41,959	11.6%
Aguadilla	2,212	60,949	3.6%
Añasco	3,170	29,261	10.8%
Arecibo	8,975	96,440	9.3%
Arroyo	1,246	19,575	6.4%
Barceloneta	2,056	24,816	8.3%
Bayamón	4,889	208,116	2.3%
Cabo Rojo	4,644	50,917	9.1%
Camuy	1,289	35,159	3.7%
Canóvanas	50	47,648	0.0%
Carolina	17,179	176,762	9.7%
Cataño	14,285	28,140	50.8%
Ceiba	45	13,631	0.3%
Culebra	61	1,818	3.4%
Dorado	4,780	38,165	12.5%
Fajardo	1,689	36,993	4.6%
Guánica	1,784	19,427	9.2%
Guayama	2,763	45,362	6.1%
Guayanilla	1,413	21,581	6.5%
Guaynabo	1,871	97,924	1.9%
Hatillo	2,845	41,953	6.8%
Humacao	5,420	58,466	9.3%
Isabela	711	45,631	1.6%
Juana Díaz	2,377	50,747	4.7%
Lajas	1,236	25,753	4.8%
Loíza	23,111	30,060	76.9%
Luquillo	2,454	20,068	12.2%
Manatí	175	44,113	0.4%
Maunabo	113	12,225	0.9%
Mayagüez	18,545	89,080	20.8%
Naguabo	332	26,720	1.2%
Patillas	426	19,277	2.2%
Peñuelas	112	24,282	0.5%
Ponce	12,438	166,327	7.5%

Quebradillas	0	25,919	0.0%
Rincón	2,594	15,200	17.1%
Río Grande	1,460	54,304	2.7%
Salinas	4,120	31,078	13.3%
San Juan	37,232	395,326	9.4%
Santa Isabel	4,719	23,274	20.3%
Toa Baja	41,799	89,609	46.6%
Vega Alta	1,954	39,951	4.9%
Vega Baja	7,243	59,662	12.1%
Vieques	234	9,301	2.5%
Yabucoa	121	37,941	0.3%
Yauco	0	42,043	0.0%

Tabla 2: Los 10 municipios con mayor cantidad de residentes dentro de la zona de desalojo en Puerto Rico Datos calculados utilizando sistemas de información geográfica y los datos del censo del 2010 por el programa de tsunamis de la RSPR. Revisado 2019.

Municipio	Población dentro	Población total (2010)	Porcentaje de su población dentro
Toa Baja	41,799	89,609	46.6%
San Juan	37,232	395,326	9.4%
Loíza	23,111	30,060	76.9%
Mayagüez	18,545	89,080	20.8%
Carolina	17,179	176,762	9.7%
Cataño	14,285	28,140	50.8%
Ponce	12,438	166,327	7.5%
Arecibo	8,975	96,440	9.3%
Vega Baja	7,243	59,662	12.1%

OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA VULNERABILIDAD DE NUESTRAS COSTAS

Los tsunamis son muy peligrosos y la fuerza con que impactan las costas pueden causar grandes daños y la pérdida de vida y propiedad, especialmente en aquellas comunidades costeras. En adición a los daños y la destrucción de casas, negocios, puertos, marinas, recursos naturales y culturales, también está el daño o pérdida en la infraestructura y facilidades críticas (2).

Otros factores a considerar que aumentan nuestra vulnerabilidad ante el peligro de tsunamis lo es la infraestructura crítica. Es importante levantar un inventario de esta infraestructura crítica que se encuentra en la zona expuesta y documentar su posible impacto (económico, social, de salud, seguridad, comunicaciones) en la capacidad de recuperación local y estatal. Alguna infraestructura crítica a considerar lo son: refugios, hospitales, plantas generatrices de electricidad, puertos, aeropuertos, centros judiciales, oficinas de primera respuesta, centros de operaciones de emergencias, antenas de comunicación, infraestructura vial, puentes, represas, acueductos, tanques de almacenamiento de combustible, entre otros.

También existe otro tipo de infraestructura sensitiva y necesaria que por su importancia o necesidad requiere que prestemos atención tales como: escuelas, universidades, centros de cuido, centros de envejecientes, cárceles, centros de gobierno, oficinas de doctores, comercios, supermercados, gasolineras, correo postal, dependencias gubernamentales, fabricas, entre otros. Muchos de estos centros, y las personas que lo utilizan, necesitarían asistencia a la hora de desalojar y otras son necesarias durante el proceso de recuperación. En Puerto Rico hay evidencia de infraestructura crítica dentro de la zona de desalojo a lo largo de toda la costa.

PREPARACIÓN Y CAPACIDAD TSUNAMIREADY DE PUERTO RICO

Comunidades TsunamiReady®

El Programa Nacional de Mitigación y Alerta de Tsunamis (NTHMP, por sus siglas en inglés) apoya los esfuerzos de preparación ante tsunamis. En Puerto Rico, la RSPR administra los fondos del programa local de tsunamis. El objetivo principal de este programa es reducir el efecto de tsunamis mediante la educación, la evaluación de la amenaza, la concienciación y la mitigación. Como parte de este programa, tenemos los componentes **TsunamiReady** y **TsunamiReady Supporter** los cuales ayudan a entidades y comunidades costeras a reducir el potencial de un desastre ocasionado por un tsunami. Esto se logra mediante la planificación de respuestas ante una emergencia por tsunami, la participación y educación de la comunidad para reconocer y actuar apropiadamente durante la emergencia y el asesoramiento de un equipo de expertos en este proceso. El 1 de julio de 2016, el Servicio Nacional de Meteorología (SNM) reconoció a todo Puerto Rico como una comunidad TsunamiReady. Ese reconocimiento se debe a que los 46 municipios con zonas propensas a inundación por tsunami cumplieron con las guías de reconocimiento y sus planes de respuesta a tsunamis, esto incluye 44 municipios costeros y dos no costeros (Canóvanas y Bayamón) con zonas propensas a inundación por tsunami según la modelación.

Modelo de inundación y mapas de desalojo

En el año 2012 se estableció la nueva modelación de inundación por tsunami para Puerto Rico (Figura 6). Para dicha modelación se simularon cientos de fuentes de terremotos alrededor de la isla incluyendo un evento catastrófico magnitud 8.5M en la Trincherá al norte de Puerto Rico (6). El resultado de dicha modelación se le conoce con el nombre de "MOM" (máximo de los máximos) el cual es la suma de todas las inundaciones simuladas en el modelo.

Basado en la modelación 2012 se delimitó la zona de desalojo por tsunami para Puerto Rico. La zona de desalojo toma en consideración diferentes variables, entre estas:

- Modelo de inundación por tsunami 2012
- Topografía del lugar
- Barreras naturales
- Un factor de seguridad



Figura 5: Ejemplo de un mapa de desalojo por tsunami (municipio de San Juan). La zona amarilla en el mapa representa la zona de desalojo, la zona verde en el mapa representa la zona fuera del desalojo.



Figura 6: Zona de inundación por tsunami, modelo 2012 (tomado y adaptado del *Puerto Rico Tsunami Program Map Tool*, RSPR, <http://www.prtdst.uprm.edu>).

Una vez delimitada la zona de desalojo se comenzó el desarrollo de los mapas de desalojo para cada municipio en Puerto Rico con zonas propensas a inundación por tsunami (**Figura 5**). Se puede descargar los mapas de desalojo utilizando el siguiente enlace:

<http://redsismica.uprm.edu/tsunamiready>.

Utilizando la aplicación de mapas *Puerto Rico Tsunami Program Map Tool (PRTMP)*, de la RSPR, se puede ver la zona de desalojo de todo Puerto Rico, las rutas a seguir, algunos mapas de tiempo de desalojo (pedestrian evacuation maps) y los lugares de asamblea. Dicha aplicación de mapas permite identificar las rutas de desalojo y medir la distancia que se debe recorrer para calcular el tiempo estimado de desalojo. Más adelante, en la sección **Aplicación de Mapas** (página 27), se explica en detalle esta herramienta.

Rutas de desalojo y letreros

Como parte de la preparación y capacidad TsunamiReady en Puerto Rico diferentes rutas de desalojo fueron establecidas y señalizadas (**Tabla 3**) de acuerdo a las guías de cumplimiento del programa. Los criterios para establecer una ruta de desalojo son:

- Minimizar el tiempo en desalojar o salir de la zona expuesta (zona amarilla en los mapas de desalojo por tsunami)
- Minimizar el tiempo en que se camina por las rutas a lo largo de la costa (paralelo)
- Minimizar el cruce de puentes
- Brindar mayor accesibilidad a las agencias que prestan servicios en emergencias

Las rutas de desalojo sugeridas son a través de carreteras o caminos reconocidos

Puede calcular el tiempo estimado que toma a las personas desalojar. Por ejemplo, el tiempo de desalojo se estima al caminar a una velocidad equivalente a 2.5 mph (velocidad estimada a la que caminaría un niño o una persona mayor) utilizando la siguiente ecuación:







$$\text{Tiempo (mint.)} = [(\text{Distancia de la ruta en millas} / 2.5 \text{ mph}) * (60 \text{ minutos})]$$

Cientos de letreros han sido instalados en todos los municipios costeros de Puerto Rico señalando las rutas de desalojo, las zonas de peligro y los lugares de asamblea.

Pedestrian Evacuation Analyst

Utilizando la aplicación de mapas P RTPMT también pueden acceder a una serie de mapas de tiempo conocidos como “pedestrians” los cuales ilustran el tiempo que toma desalojar a lo largo de una ruta mediante cambios en colores (Figura 10). Puede consultar la sección **Aplicación de Mapas**, donde se explica en detalle esta herramienta.

Tabla 3: Tipos de letreros TsunamiReady instalados en los municipios que participan del programa.

Ejemplo	Tipo de letrero	Ejemplo	Tipo de letrero
	Zona de Peligro		Desalojo Vertical (algunos municipios)
	Ruta de Desalojo / Flecha		Lugar de asamblea
	Entrando a zona de peligro		
	Saliendo de zona de peligro		

PROTOCOLO DE COMUNICACIONES DE LA RSPR

Los centros de alerta de tsunamis (TWC) evalúan la actividad sísmica alrededor del mundo y a su vez emiten diferentes tipos de mensajería, o productos, a los Puntos Focales de Alerta de Tsunamis (TWFP, por sus siglas en inglés) quienes operan 24 horas, los 7 días de la semana. Un TWFP es un centro equipado con sistemas redundantes para recibir la información de los TWC y a su vez diseminarla a la población y las comunidades de forma masiva, por medios redundantes, en el menor tiempo posible.

En Puerto Rico, el Negociado Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD) es el Punto Focal de Alerta de Tsunamis a nivel estatal. La RSPR junto al SNM son los puntos focales de alerta de tsunamis alternos para Puerto Rico. Además, la RSPR es la fuente oficial de información de terremotos para la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes. El 3 de abril de 2017, Puerto Rico e Islas Vírgenes pasaron a estar bajo la jurisdicción del Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC, por sus siglas en inglés) (8).

Para Puerto Rico se ha establecido un Protocolo de Comunicaciones que se activará cuando entre en vigor uno de los niveles de mensajería de tsunami. Este Protocolo establece que se deben realizar comunicaciones redundantes desde las agencias federales hasta los puntos de alerta de tsunami locales costeros en Puerto Rico e Islas Vírgenes. Durante una activación los mensajes a emitirse pueden ser un aviso, advertencia o vigilancia de tsunami para la Puerto Rico e Islas Vírgenes, así como boletines informativos (TIS) y cancelaciones de mensajería de tsunami (**Figura 7**). Todos estos mensajes son conocidos como: **productos domésticos**.

Cuando el PTWC emite un producto doméstico de tsunamis, esta información es diseminada desde NMEAD, RSPR y SNM a las diferentes agencias locales y estatales de manejo de emergencia (en Puerto Rico e Islas Vírgenes, según corresponda). Estas a su vez pasan la información a otros puntos focales locales y a la población en general a través de los diferentes sistemas de comunicación de emergencia que tengan disponibles. Los TWFP han sido equipados con sistemas EMWIN (*Emergency Manager Weather Information System*) para poder recibir los boletines directamente del PTWC y otras alertas.

La RSPR recibe información del PTWC, coordina y/o corrobora información de las mensajerías con el PTWC para productos de tsunamis para la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes. La RSPR tiene la jurisdicción para emitir información de terremotos con el potencial para afectar la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes y apoyar en la emisión de boletines. Esta evaluación y emisión rápida se conoce como el REA (*Rapid Earthquake Alert*). Este contiene sólo información de los parámetros del terremoto y se emite en los primeros cinco minutos una vez localizado por el sistema de detección y localización automática. Es en el REA en donde comienza la activación del Protocolo de Comunicaciones de la Tsunamis de la RSPR, con la llamada inicial al PTWC y a los TWFP de Puerto Rico (NMEAD y SNM).

Simultáneamente con el REA se envía información rápida a los manejadores de emergencias en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes a través de mensaje de texto, email, llamada telefónica y se actualiza la página web principal de la RSPR con la información del terremoto. En el caso de un evento tsunamigénico o con potencial tsunamigénico, una vez se establece el nivel de alerta de tsunami con el PTWC, se

comienzan a generar los boletines de la RSPR. De no tener comunicaciones con los TWC, la RSPR continuará con el Protocolo.

Los boletines de la RSPR (que comienzan con un Boletín Preliminar y luego se emiten como Boletines Actualizados) se emiten posterior al REA y se actualizan cada media hora o con la emisión nueva del PTWC. Para terremotos locales se actualizará el boletín con la información de terremotos determinada por la RSPR. Para terremotos lejanos también podrá contener información actualizada del terremoto procedente del NEIC-USGS.

La información de los boletines de la RSPR se emite por: radio NMEAD, teléfonos dedicados (línea privada y ring down), mensaje de texto, correo electrónico, RSS, llamadas automáticas (sistemas de mensajería masiva), página web oficial, redes sociales de la RSPR, aplicación móvil, fax y Catalogo de Sismos Significativos de la RSPR. Para eventos locales (AOR) la información se actualiza en el Catálogo General de Sismos de la RSPR, Broadcast Client y el CISN Display (ANSS) y en la página de sismos recientes del NEIC-USGS.

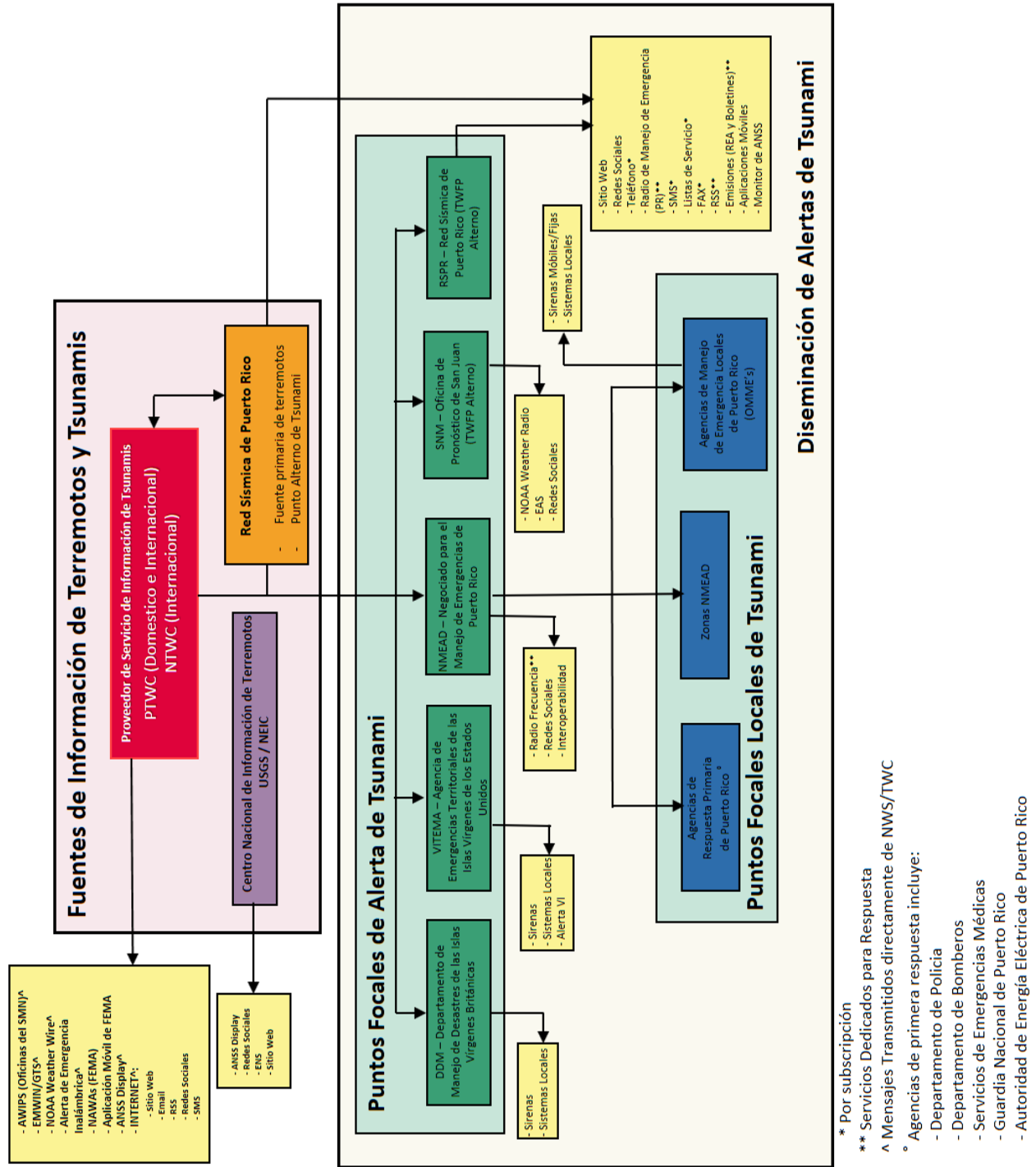


Figura 7: Protocolo de comunicación para Puerto Rico e Islas Vírgenes en caso de tsunami y terremoto (tomado de la RSPR). Revisado en 2017.

MENSAJERÍA DE TSUNAMI Y NIVELES DE ALERTA

Existen diferentes niveles de alerta a tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes. Estos son: **aviso, advertencia, vigilancia** de tsunami, **boletín informativo** para Puerto Rico e Islas Vírgenes, **cancelación** y "All clear" (**Figura 3**). Las acciones que el personal ejecutará en cada nivel de alerta deben estar definidas dentro de su plan de respuesta. A continuación, detallamos lo que significa cada nivel de alerta.

Boletín Informativo: Este es un mensaje informativo relacionado a la ocurrencia de un evento sísmico sin potencial de generar un tsunami. Se recomienda permanecer tranquilo, ya que no se ha emitido Aviso, Advertencia o Vigilancia de Tsunami para Puerto Rico.



Vigilancia: Este mensaje se emite cuando ha ocurrido un evento que más tarde pueda afectar la zona costera. La vigilancia puede convertirse en una advertencia, aviso o ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Se recomienda permanecer pendiente a información oficial.

Advertencia: Este mensaje se emite cuando hay un peligro potencial por un tsunami que puede producir corrientes fuertes u oleaje peligroso. Se recomienda salir del agua y de la playa. La advertencia puede convertirse en un aviso o puede ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Debe permanecer pendiente a información oficial.



Aviso: Este es el nivel más alto de alerta de emergencia y se emite cuando hay un peligro inminente de inundación por tsunami. El aviso se puede extender por varias horas después de la llegada de la primera ola. Se recomienda desalojar la zona inundable inmediatamente (a pie), moverse a tierras altas y seguir las instrucciones de la oficina de manejo de emergencia. Debe permanecer pendiente a información oficial.

Cancelación: Este mensaje se emite cuando, basado en el análisis de todos los datos disponibles del evento, los Centros de Alerta de Tsunamis determinan que ya no existe peligro de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes. No obstante, se debe considerar que fluctuaciones del nivel del mar pueden continuar.

"All Clear" - mensaje emitido por el Negociado de Manejo de Emergencia (NMEAD) a la ciudadanía, en coordinación y comunicación directa con las OMME's, donde, luego de revisadas las áreas, se establece que se puede regresar a las zonas afectadas pues el peligro por el tsunami ha pasado.

SEÑALES NATURALES

No siempre se contará con tiempo suficiente para alertar a las personas en caso de un tsunami. En muchos casos la mejor señal de alerta de que un tsunami se aproxima son las señales naturales. Las señales naturales incluyen:

- Un terremoto fuerte – que no pueda permanecer en pie, los objetos se caen, daño en estructuras.
- Un terremoto de larga duración – 20 segundos o más.
- Cambio repentino en el nivel del mar – si está en la costa y ve que el mar retrocede en poco tiempo o por el contrario aumenta la marea de manera inusual
- Comportamiento inusual del mar – ruido fuerte mar adentro (como un tren o un avión), o se aprecia una ola larga en el horizonte o una pared de agua que se aproxima.

Si usted percibe alguna de estas señales y está cerca de la costa busque altura inmediatamente, alejándose de la costa tierra adentro o subiendo al piso más alto de un edificio (4to piso o más).

El plan de respuesta a tsunamis de cada municipio provee una sección para activar el protocolo de respuesta en caso de que ocurriera alguna de estas señales naturales.

ÁRBOL DE LLAMADAS

Un árbol de llamadas es una herramienta de trabajo que se utiliza para diseminar la información de emergencia al personal a través del teléfono (**Figura 8**). La información va pasando por diferentes niveles donde cada persona llamará hasta un máximo de tres contactos, estos a su vez llamarán a otros tres y así sucesivamente. Se recomienda dar prioridad a las personas que ayudarán a responder durante la emergencia y luego al resto del personal. Si una persona no consigue a la persona del primer nivel tendrá que bajar al próximo contacto hasta que consiga alguien, es por eso que localmente el programa de tsunamis sugiere no asignar más de tres contactos por persona. Para más información sobre el árbol de llamadas se puede referir al NIMS Incident Command System Field Guide.

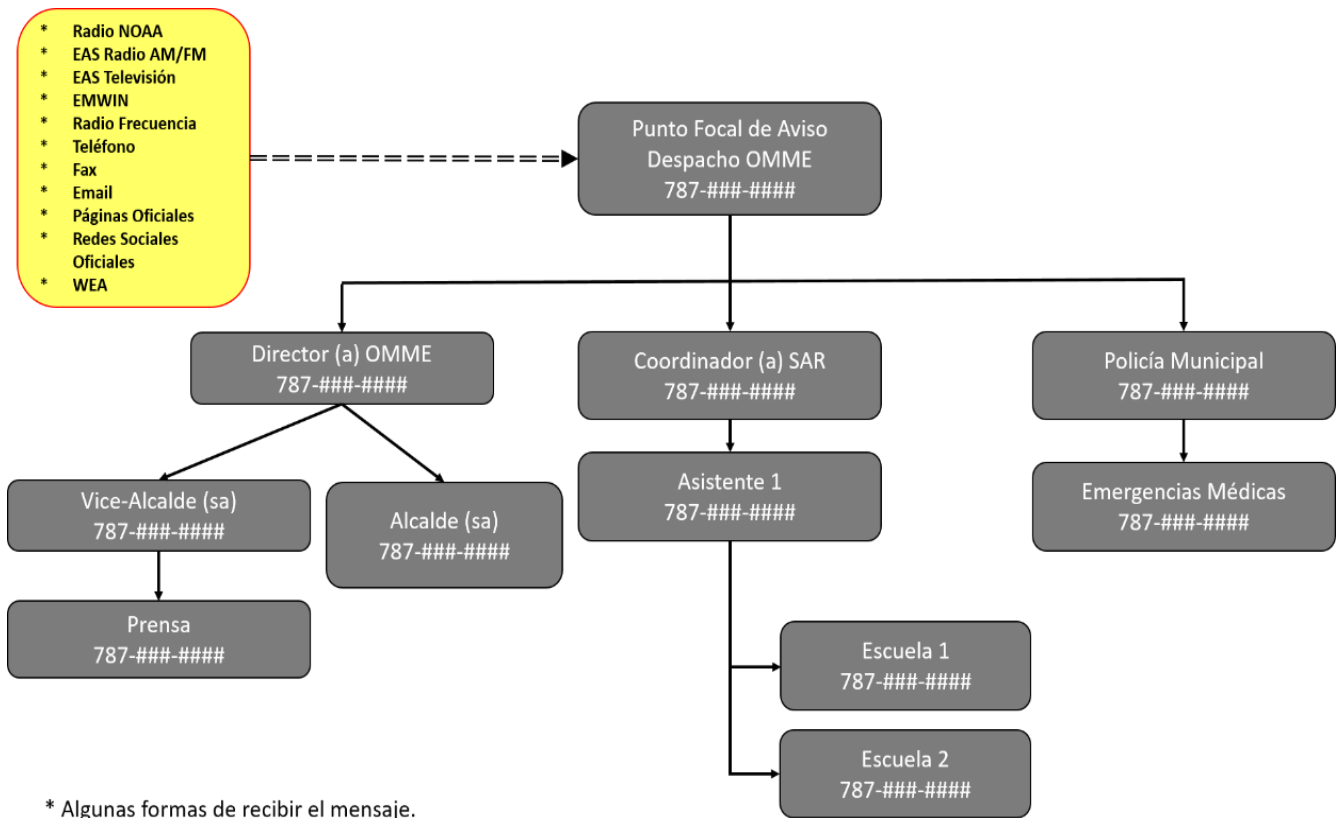


Figura 8: Ejemplo de un árbol de llamadas.

SIRENAS MÓVILES

Durante una emergencia por tsunami se pueden utilizar todos los recursos disponibles para alertar a la ciudadanía incluyendo vehículos patrullas equipados con altoparlantes y sirenas. A estos vehículos se les conoce por sirenas móviles. Estos vehículos cumplen varias funciones: alertar a la ciudadanía sobre el desalojo, diseminar información oficial y cerrar accesos y carreteras a las zonas expuestas. Algunos municipios cuentan con guaguas de sonido las cuales incluyen dentro de sus planes de respuesta.

Se debe especificar en el plan de respuesta cuántos vehículos desplegará la oficina de manejo de emergencia y de cuales dependencias. Esto va de la mano con un plan de trabajo que se establece entre las diferentes oficinas municipales y estatales a fin de programar una respuesta coordinada que maximice los recursos.

Es importante resaltar que bajo un AVISO de tsunami no se recomienda la entrada de vehículos oficiales, rescatista o personal a la zona de desalojo (zona amarilla en los mapas). Desde FUERA de la zona deberá asistir a las personas en el desalojo, pasar el mensaje de aviso y bloquear los accesos para que ninguna persona entre.

Bajo una ADVERTENCIA de tsunami los vehículos oficiales y sirenas móviles si podrán entrar a las zonas, llegar a la costa y desde allí podrán dar la alerta y exhortar a las personas a salir del agua, playas, puertos y marinas por posibles corrientes fuertes u oleaje peligroso provocado por un tsunami. Una acción preventiva puede ser cerrar el acceso a balnearios, playas y puertos de forma preventiva velando por la seguridad de los bañistas y/o usuarios de las facilidades.

SIRENAS FIJAS

Las sirenas fijas son sistemas de alerta pública de alta potencia para notificar a los ciudadanos que se encuentran en áreas abiertas, sobre alguna emergencia que las autoridades municipales urgen comunicar. El sistema es activado de forma remota desde una consola en el punto focal (algunos sistemas se pueden activar por radio portátil o un sistema de computadora) que envía una señal de radio al sistema.

Estos equipos de diseminación masiva en exteriores (outdoor sirens), y que son instalados en diferentes áreas de los municipios, facilidades estatales y empresas privadas, emiten una onda de sonido que tiene una cobertura en específico, dependiendo de la capacidad de potencia de los mismos y otras variables. La propagación de las ondas de sonido puede afectarse por factores como edificios altos cercanos al lugar en que está ubicada la sirena, dirección y velocidad del viento, así como la topografía del lugar. Cada sirena debe ser instalada teniendo en consideración estos factores, y después de haberse hecho un estudio y una prueba acústica en el o los lugares de instalación de los equipos a utilizarse. Un sistema de sirena fija se programa con tonos y mensajes particulares para ser activados durante una emergencia, incluyendo tsunami.

A fin de unificar el manejo de estos sistemas el NMEAD ha desarrollado un protocolo de activación de sirenas fijas en caso de tsunami y es responsabilidad de los municipios cumplir y actualizar dicho protocolo como parte del plan de respuesta ante tsunami. Dicho protocolo establece los niveles de alerta en el cuál se activa (aviso o advertencia), los tonos que deben utilizarse y las pruebas mensuales que se realizan. El tono para aviso de tsunami será el tono "Wail Whoop" seguido de un mensaje hablado que indique las acciones a seguir (desalojo, alejarse de la costa en el menor tiempo posible, buscar altura). En caso de una advertencia se deberá utilizar un tono diferente seguido de un mensaje hablado que indique las acciones a seguir (salga del agua, playas, puertos y marinas).

El protocolo de sirenas fijas recomienda la activación de dichos sistemas cuando se emita un aviso de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes. De otra parte, queda a discreción de los operadores (municipio, agencia, compañía) si activará el sistema con un mensaje de advertencia de tsunami. Existen municipios que en su protocolo establece activar las sirenas fijas con una advertencia de tsunami, esto para poder alertar residentes cuyas casas quedan dentro del agua o en zonas de difícil acceso que de otra manera las sirenas móviles no pueden llegar a ellos.

Cabe mencionar que ni la RSPR, ni el SNM operan ni activan estos sistemas. Los mismos son operados por los municipios y ayuda a la diseminación de la información. Muchos de ellos sufrieron grandes daños luego del paso de los huracanes Irma y María en el 2017 y todavía se encuentran en reparación. El NMEAD mantiene un inventario de estos sistemas y el status de los mismos.

Como parte del programa de mantenimiento se recomienda hacer las siguientes pruebas:

1. **PRUEBA SILENTE:** Una prueba sin sonido (silente) se hará como mínimo todos los lunes de cada semana a las 10:00 am. Esta prueba **no conlleva notificación audible para el público**, se realiza para mantenimiento del sistema. Esta prueba silente se puede realizar tantas veces como sea necesario para mantenimiento y verificación del sistema.
2. **PRUEBA AUDIBLE:** Utilizando el tono “Westminster Chimes” se realizará una prueba audible al mes. Para este propósito se activará la alarma el último miércoles de cada mes comenzando a las 10:00 am, por un tiempo no menos de un minuto y no más de cinco minutos.
3. **PRUEBA DEL TONO VIVO:** Además, se llevará a cabo una prueba audible mensual, todos los segundos jueves, a mediados del mes, utilizando el sonido “Wail Whoop”. La justificación para utilizar el sonido de aviso como parte de las pruebas de las sirenas mensualmente, estriba en la necesidad de que el público se familiarice con este sonido y lo relacione de forma inmediata a una emergencia, en este caso a un aviso de tsunami.
4. **PRUEBA DURANTE EL EJERCICIO CARIBE WAVE:** así como una prueba anual para el ejercicio de tsunamis “CARIBEWAVE”. Para esta prueba se activará la sirena luego de recibir el mensaje de AVISO DE TSUNAMI del ejercicio. Es importante y necesario que en esta activación, antes de sonar el tono “Wail Whoop”, se indique que es un ejercicio de prueba al público y a los medios de comunicación. También se utilizará este tono de ser necesario, en el caso de un ejercicio debidamente planificado y avisado a la comunidad sobre el mismo.

Para más información favor de referirse al protocolo de sirenas fijas que se incluye en el plan de respuesta a tsunami de los municipios (en caso que operen uno de estos sistemas).

BUENAS PRÁCTICAS EN EL PUNTO FOCAL

Como se menciona anteriormente, un TWFP es un centro con personal diestro y equipado con sistemas redundantes para recibir y diseminar la información del TWC a la población. Esta oficina constituye la primera línea de contacto 24/7 con los residentes de las zonas expuestas. Recibe la información de las fuentes oficiales e inicia la respuesta. Mantiene el flujo de información a los manejadores de emergencia, al COE, al personal de primera respuesta y la ciudadanía. Disemina la información en el menor tiempo posible al personal dentro del área de responsabilidad y participa de ejercicios prácticos, hace pruebas y diagnósticos frecuente a los equipos.

Con el fin de fomentar buenas prácticas en el TWFP se sugiere lo siguiente:

- Se debe contar con una copia del plan de respuesta a tsunamis de su oficina, municipio o entidad correspondiente
- Participar de ejercicios prácticos: Caribe Wave, Shakeout, otros
- Establecer un programa educativo para el personal y fomentar el profesionalismo
- Sostener reuniones frecuentes con el personal
- Fomentar el compañerismo, el trabajo en equipo y un ambiente profesional entre todos
- Fomentar el cumplimiento de los planes requeridos
- Mantener comunicación con el personal de la Zona NMEAD, la RSPR y SNM
- Mantener al día un inventario de los equipos y sistemas de comunicación
- Mantener una bitácora con las pruebas y diagnósticos de los equipos: Radio NOAA, Radio frecuencia, CAD, televisores, árbol de llamadas, teléfonos, fax, internet, computadoras, EMWIN, sirenas, generador, vehículos, sirenas móviles, otros
- Contestar las pruebas RSS de la RSPR y las pruebas mensuales del PTWC (si aplica)
- Mantener y hacer buen uso del equipo EMWIN
- Maximizar y ampliar los recursos
- Involucrar otras oficinas del Municipio o secciones de la Agencia (planificación, turismo, etc.)

PLAN PARA LA CONTINUIDAD DE OPERACIONES (COOP)

Un "Continuity of Operation Plan" o mejor conocido como plan COOP, es un esfuerzo dentro de los departamentos del gobierno y agencias, estatales o federales, para asegurar que las Funciones Esenciales continúan siendo realizadas durante una amplia gama de emergencias (g). El sector privado que opere o posea una **facilidad crítica** o que brinde servicios esenciales al gobierno debe contar con un plan COOP de acuerdo a las guías federales. Otras entidades privadas deben determinar si establecerán un plan COOP y si cuentan con todos los requisitos para el mismo. En resumen, se trata de establecer un centro de operaciones alternativo que le ayudará a continuar todas las operaciones esenciales durante una emergencia. Debe determinar cuáles operaciones son esenciales y qué necesita para ejecutar las mismas. Para más información puede visitar los siguientes enlaces: <https://www.fema.gov/policy-plans-evaluations> y https://www.fema.gov/pdf/about/org/ncp/coop_brochure.pdf.

RECURSOS EDUCATIVOS PARA EL PERSONAL

Programa educativo y ejercicios prácticos

Establecer un programa educativo sobre la amenaza de tsunamis y cómo responder durante la emergencia ayudará a salvar vidas. Se debe promover actividades educativas de manera que refuerce el conocimiento de los operadores. La RSPR y el programa de tsunami en su página web incluye presentaciones de pasados talleres, así como una serie de material educativo que ayudará en esta misión.

También puede establecer un plan de trabajo donde periódicamente, según sea oportuno, puedan trabajar actividades de educación como, por ejemplo:

- Charlas educativas y talleres (los usuarios tienen que saber qué hacer si notan señales naturales de un tsunami)
- Reuniones periódicas con el personal
- Utilizar los recursos educativos que provee la página de internet de la RSPR
- Desarrollar flujogramas informativos, grandes y accesibles
- Participar en ejercicios de práctica y simulacros anuales tales como el Caribe Wave y el ShakeOut
- Desarrollar sus propios ejercicios: desalojo, de mesa o a gran escala

Para las presentaciones de pasados talleres de operadores puede visitar la sección Taller de Operadores en la siguiente dirección web:

<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/programatsunami/prc/tsunamiready.php>.

APLICACIÓN DE MAPAS PUERTO RICO TSUNAMI PROGRAM MAP TOOL

El **Puerto Rico Tsunami Program Map Tool (PRTPMT)** son los mapas de desalojo por tsunamis en forma de aplicación web (**Figura 9**). Esto es una herramienta liviana de mapas por internet (web API) con base en los sistemas de información geográfica (SIG) la cual permite visualizar e interactuar con las capas de información presentes en los mapas de desalojo. Esta herramienta contiene múltiples capas de información tales como:

- Zona de desalojo por tsunami (PR & USVI)
- Modelo de inundación por tsunami 2012 (zona de inundación y altura de la inundación)
- Rutas de desalojo por tsunami
- Rotulación TsunamiReady
- Lugares de asamblea
- Pedestrian maps (mapas de tiempo de desalojo par algunos municipios)
- Otros

La aplicación permite a los usuarios ejecutar ciertas funciones de forma interactiva. Entre las opciones se encuentra: acercamiento a una zona, búsqueda de lugares, cambiar el mapa base, tomar medidas sobre el mapa, activar otras capas de información e imprimir una imagen o mapa modificado de la zona de interés del usuario.

Finalmente, el mapa está diseñado para que, de forma intuitiva solamente al acercar el mapa, van apareciendo diferentes capas de información. Este mapa está disponible para toda la comunidad a través de internet y no requiere de muchos conocimientos en computadora para utilizarlo. El mapa puede ser desplegado en computadoras de escritorio, tabletas y celulares inteligentes.

Para acceder a la aplicación utilice el siguiente enlace: <http://www.prtdst.uprm.edu>. Además, utilizando la siguiente dirección web: <http://www.prsn.uprm.edu/tsunamiready>, podrá descargar un **manual** que le enseñará a utilizar la herramienta.

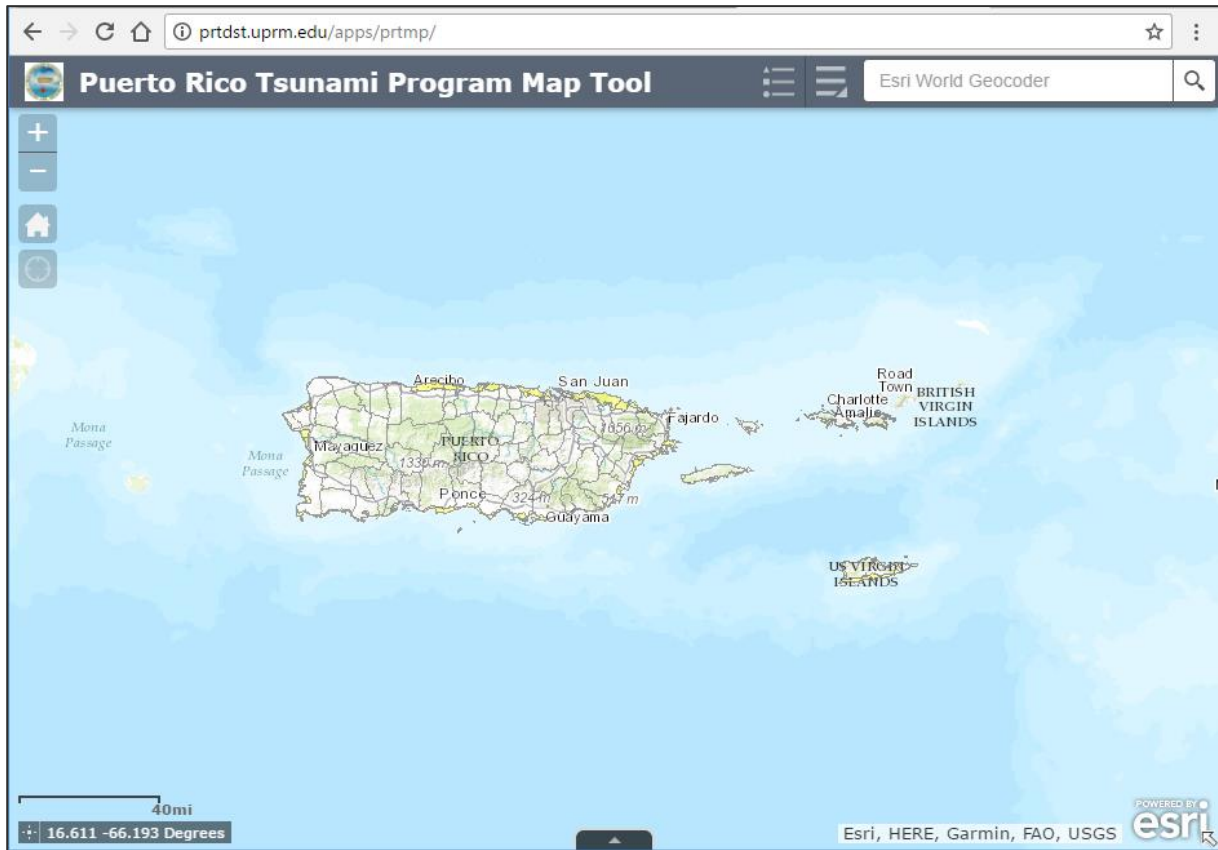


Figura 9: Puerto Rico Tsunami Program Map Tool (PRTPMT). La zona de desalojo, en color amarillo, aparece automáticamente en el mapa.

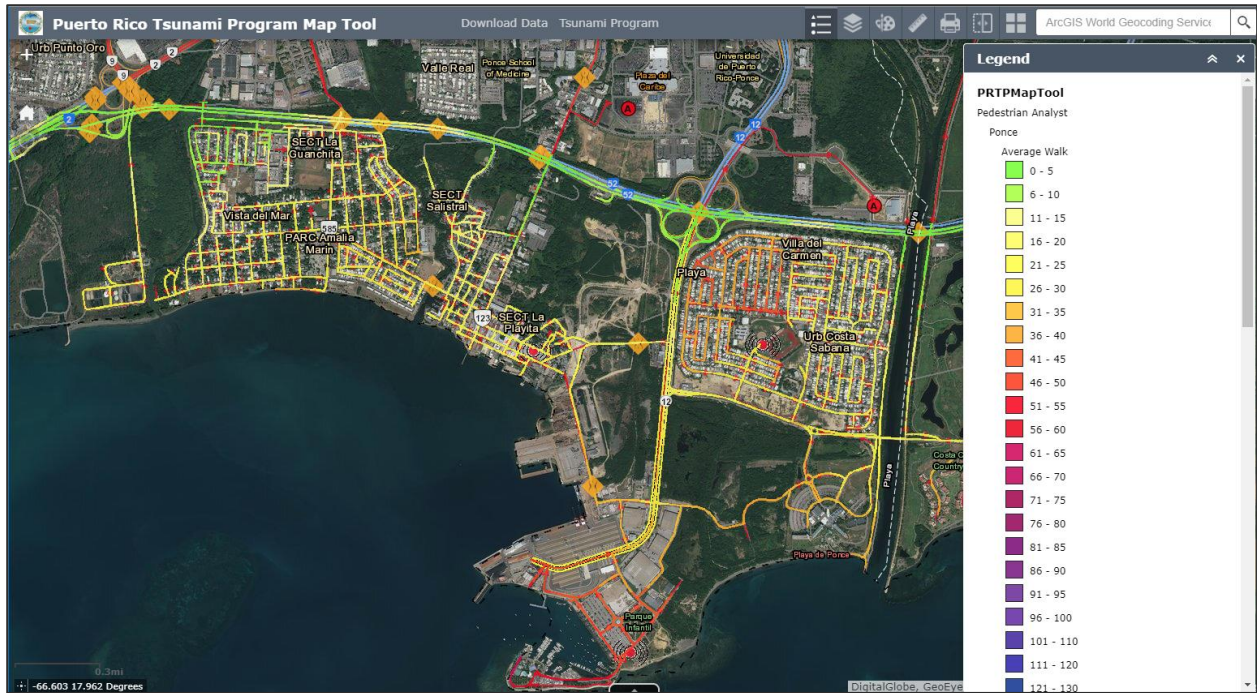


Figura 10: Mapa de tiempo (pedestrian) para el municipio de Ponce. Se ilustra los valores en el mapa de una caminata promedio entre 2.5 – 2.7 mph.

CONTACTO DE PERSONAL EXPERTO

Dr. Víctor Huérfano

Director Interino
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
victor.huerfano@upr.edu

Dra. Elizabeth Vanacore

Sismóloga
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
elizabeth.vanacore@upr.edu

Christa von Hillebrandt-Andrade

Programa de Alerta de Tsunami del Caribe
Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica
Servicio Nacional de Meteorología (NOAA/NWS)
(787) 249-8307; (787) 833-8433 (Opción "2" y luego la opción "7")
christa.vonh@noaa.gov

Gisela Báez Sánchez

Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
gisela.baez1@prsn.uprm.edu

Roy Ruiz Vélez

Programa TsunamiReady
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
roy.ruiz1@upr.edu

Glorymar Gómez

Programa Educativo
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
ggomez@prsnmail.uprm.edu

Jesenia Figueroa

Programa Educativo
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
jfigueroa@prsnmail.uprm.edu

Bienvenido Prosper

Programa Educativo / Programa de Tsunamis
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
bienvenido.prosper@upr.edu

INFORMACIÓN ADICIONAL

Programa TsunamiReady y TsunamiReady Supporters

<http://redsismica.uprm.edu/tsunamiready>

<https://www.weather.gov/tsunamiready>

Plantilla modelo del plan de respuesta a tsunamis para una entidad TsunamiReady Supporters

<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/programatsunami/prc/tsunamiready.php>

Descargar mapas de desalojo por tsunami para Puerto Rico

<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/programatsunami/prc/maps/todos.php>

Descargar manual del usuario del PTWC (en inglés) para productos domésticos PR&VI

<https://www.weather.gov/media/ctwp/PDF/PRVI%20User's%20Guide%20-%20Version%201.1.pdf>

Red Sísmica de Puerto Rico

Departamento de Geología

Colegio de Artes y Ciencias

Recinto Universitario de Mayagüez

Universidad de Puerto Rico

Tel 787-833-8433

<http://www.prsn.uprm.edu>



REFERENCIAS

1. **UNESCO-IOC.** *Manuals and Guidelines: Tsunami Preparedness Information Guide for Disaster Planners*. January 2008.
2. **NTHMP.** *National Tsunami Hazard Mitigation Program Tsunami Information Guide*. s.l. : NTHMP, 2019.
3. *Observation and modeling of tsunami-induced currents in port and harbors.* **Lynett, Borrero, Weiss, Son, Greer, Renteria.** 2012, Elsevier, pp. 68-74.
4. **RSPR.** *Tsunami: Guía para los medios de Puerto Rico. 6ta ed.* Mayagüez, PR. : Red Sísmica de Puerto Rico, 2016.
5. **Estrada López, Emmanuel.** *Diálogo UPR*. [Online] abril 22, 2016. [Cited: mayo 15, 2017.] <http://dialogoupr.com/hacia-una-seguridad-alimentaria-en-puerto-rico/>.
6. **Mercado, A.** *Presentation: Tsunami Flood Map Development for Puerto Rico*. San Juan : UPRM, 2012.
7. **PTWC.** *NOAA/NWS Pacific Tsunami Warning Center Users' Guide Tsunami Warning Products for Puerto Rico, U.S. Virgin Islands, and British Virgin Islands*. s.l. : NOAA/NWS, 2017. Version 1.1.
8. **FEMA.** *FEMA Planning & Templates*. [Online] October 17, 2016. [Cited: mayo 19, 2017.] <https://www.fema.gov/planning-templates>.
9. **Stair, R and Reynolds, G.** *Principles of Information Systems*. Boston : Course Technology, 2001.
10. **Kroenke, D. and Auer, D.** *Database Concepts*. New Jersey : Prentice Hall, 2009.
11. **NOAA.** *Reading Nautical Charts*. [Online] 2016. [Cited: mayo 5, 2017.] <http://noaa.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=fe2d889c35794f0999811b66cd5ffbe7>.
12. **UNESCO.** *Glosario de Tsunamis 2016, serie técnica 85*. s.l. : Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 2016.
13. *Assessment of the tsunami-induced current hazard.* **Lynett, P. J., J. Borrero, S. Son, R. Wilson.** doi:10.1002/, 2014, AGU Geophysical Research Letters, Vols. Res. Lett., 41, pp. 2048-2055.
14. **Wilson, Lynett, Miller and others.** *Maritime Tsunami Response Playbooks: Background Information and Guidance for Response and Hazard Mitigation Use*. s.l. : California Geological Survey, 2016.