



Programa de Tsunamis



Guía para el Desalojo Vertical en Puerto Rico



Subvencionado por NOAA como parte del programa PR-NTHMP TsunamiReady®. No constituye necesariamente un endoso de la Agencia Preparado por el Negociado para el Manejo de Emergencia y Administración de Desastres (NMEAD)

Contenido y diseño gráfico

Wildaomaris González Ruiz

Gerente del programa de Tsunamis y Terremotos

NMEAD

Colaboradores

Revisión

Roy Ruiz Vélez

RSPR

Dr. Victor Huérfano Moreno

RSPR

Christa von Hillebrandt

ITIC Caribe

Datos bibliográficos sobre esta publicación

Edición: Primera Edición

Mes y año de publicación: agosto 2022

Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres. 2022. Guía para Desalojo Vertical en Puerto Rico. 1era ed. Caguas, PR.

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido.....	4
Introducción.....	5
Objetivos General	7
Objetivos específicos	7
Trasfondo	9
¿Qué es un tsunami?	9
Vulnerabilidad	9
Clasificación de los tsunamis	10
Cercano	10
Regional.....	10
Distante.....	10
Programa TsunamiReady® y TsunamiReady Supporter	11
Mapas de inundación y desalojo	12
Algunas Comunidades Críticas en Puerto Rico	14
Loíza	15
Espinal de Aguada	18
Islote en Arecibo	22
Punta Santiago en Humacao	24
Estructuras de desalojo vertical artificiales	25
¿Por qué son necesarias?	25
Avalúo del riesgo de un tsunami en su comunidad	26
Opciones de estructuras de desalojo vertical	28
¿Qué cosas puede aportar la comunidad a un proyecto de este tipo?	35
¿Quiénes deben participar del proyecto?	37
Desalojo vertical en Puerto Rico	37
Letreros de desalojo vertical	37
Comunidad Espinal	39
Recomendaciones en general.....	41
Limitaciones	43
Referencias.....	44

Introducción

Los tsunamis son una serie de olas generadas por un disturbio submarino que pueden tardar minutos en llegar a la costa en donde disminuyen su velocidad y aumenta su altura ocasionando estragos tanto a su entrada como a su salida del área costera. La mayoría de los esfuerzos de mitigación al hablar de tsunamis se han concentrado en el fortalecimiento de los mecanismos para recibir y diseminar las alertas oficiales de los Centros de Tsunamis, el desarrollo de mejores mapas de inundación y desalojo por tsunami; y en la educación al público en general sobre la vulnerabilidad que les aqueja y cómo reaccionar adecuadamente.

Históricamente el Caribe ha sido afectado por un sin número de terremotos que han generado tsunamis que han afectado múltiples islas y provocado la muerte de más de 4,000 personas en los pasados 500 años. La existencia de fallas sísmicas grandes y activas localizadas hacia la costa de la isla hace que esté en alto riesgo de terremotos, deslizamientos submarinos y consecuentemente un alto potencial de peligro de tsunami en las costas de Puerto Rico (Marrero-Irizarry, 2015). El 11 de octubre de 1918, por ejemplo, ocurrió un terremoto en el Cañón de la Mona al noroeste de Aguadilla, Puerto Rico, que generó un tsunami que afectó especialmente la costa oeste de la Isla. Las olas generadas por ese evento de hasta veinte pies de altura, afectaron amplias zonas costeras, resultando en la muerte de 140 personas y sobre 75 heridos y daños a edificios y otras propiedades (NOAA).

En su tesis Marrero-Irizarry 2015 explica que una forma de caracterizar el peligro relativo de tsunami es a través de la frecuencia y distribución de “run-ups” (altura máxima de la inundación del tsunami en la costa). La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) proporcionó una evaluación del peligro de tsunami para las regiones de los Estados Unidos que están amenazadas por tsunamis utilizando los últimos 200 años de datos sobre los “run-ups” (Tabla 1, Marrero-Irizarry, 2015). De acuerdo con los datos de esta tabla el Caribe es una región que ha demostrado tener altos “run-ups” observados y por consiguiente tiene un alto riesgo de ser afectado por un tsunami basado en la frecuencia que se ha visto.

Tabla1: Evaluación cualitativa del peligro de tsunamis en EU.

Región	Peligro Basado en los “Run-ups” registrados	Peligro basado en la frecuencia de “Run-ups”
Costa Atlántico	Ninguno a muy bajo	Muy baja
Costa del Golfo	Ninguno a muy bajo	Ninguna a muy baja
Caribe	Alto	Alto
Costa Oeste	Alto	Alto
Alaska	Muy alto a severo	Muy alto
Hawaii	Muy alto a severo	Muy alto
Pacífico Occidental	Moderado	Alto

Por otra parte, el 7 de enero de 2020 ocurrió un terremoto de magnitud 6.4 al sur de nuestra isla generando una sismicidad sin precedentes que ha podido experimentar casi toda la población de la isla. Esto fortalece la información antes provista por los expertos de que en Puerto Rico existen varias fallas geológicas, con posible potencial de ocasionar grandes terremotos que a su vez generen un tsunami. En un estudio publicado en la revista Internacional de desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil en mayo del 2022 se analizaron datos sísmicos ocurridos en Puerto Rico entre el 01-12-2019 y el 15-01-2021 y se determinó que en el mes de enero 2020 ocurrieron más de 4,500 sismos, entre los cuales están dos de los sismos más fuertes (5.8Mw y 6.4Mw) que históricamente hayan afectado a Puerto Rico. Por otro lado, de los 3,687 sismos ocurridos en tierra, Guánica y Guayanilla fueron los pueblos con mayor registro, acumulando juntos (2,487 de ellos (67.5%)). El artículo enfatiza en la importancia de que, debido a la alta sismicidad en la isla, el gobierno de PR debe tomar medidas de protección que consideren el bienestar físico y mental de la población, incluyendo la planificación ante eventuales movimientos sísmicos que sabemos pueden generar a su vez tsunamis.

Viviendo en una isla rodeada por agua en donde cada día tiembla, la preparación ante terremotos y tsunamis es imperante. Reconociendo nuestra vulnerabilidad* y que la preparación es la clave para que las personas puedan sobrevivir a un evento natural como este, y recuperarse lo antes posible, en nuestra isla hemos acogido el programa TsunamiReady®. Este programa surgió en Estados Unidos luego del tsunami del Océano Índico ocurrido el 26 de diciembre de 2004. Este programa es uno muy completo, ya que fomenta la preparación, mitigación y respuesta ante una eventualidad de tsunamis, así como también la detección, monitoreo y diseminación de las alertas ante un evento sísmico con capacidad de generar un tsunami. En Puerto Rico en el año 2016 todas las comunidades costeras que podrían ser afectadas por un tsunami lograron ser reconocidas como TsunamiReady® gracias a la unificación de esfuerzos de las comunidades, Oficinas Municipales de Manejo de Emergencia (OMME), Red Sísmica de Puerto Rico

(RSPR), Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres de Puerto Rico (NMEAD), Servicio Nacional de Meteorología (SNM) de la NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) y el Centro Internacional de Información de Tsunami del Caribe (ITIC por sus siglas en inglés).

El evaluar la vulnerabilidad de una comunidad ante un evento natural permite llevar a cabo los esfuerzos de mitigación y preparación necesarios para que en la eventualidad de que esa comunidad tenga que enfrentar esa situación prevista pueda reaccionar adecuadamente salvaguardando la vida y propiedad dentro de lo posible, desarrollando así seres resilientes.

Objetivos General

Esta *Guía para el Desalojo Vertical en Puerto Rico* es el primer documento de este tipo, desarrollado en nuestro país y el Caribe, que ofrece información técnica y recomendaciones que permitirán a comunidades costeras, cuyo tiempo de desalojo horizontal es muy alto, tener información esencial que le permitirá tomar en consideración el desarrollo de una estructura para desalojo vertical o la habilitación de una estructura ya existente con el mismo propósito. Esta guía pretende ser una fuente de información tanto para el gobierno local y estatal, planificadores, ingenieros, desarrolladores, dueños de empresas, o cualquier persona en general que desee construir una estructura resistente a tsunamis en el área costera de PR.

Objetivos específicos

La comunidad o municipio que utilice esta guía podrá:

- Identificar qué les hace vulnerables a tsunamis.
- Identificar qué tipos de estructuras de desalojo vertical existen.
- Identificar las herramientas educativas existentes que le permitirán educar a su comunidad sobre el tema.
- Determinar cómo pueden organizar e involucrar a sus comunidades en el proyecto.
- Entender en más detalle cómo utilizar algunas herramientas tecnológicas como el “PR Tsunami Map Tool” para beneficio de su comunidad.
- Determinar cuántas estructuras de desalojo vertical necesitan para atender a toda la población que podría ser afectada.
- Determinar cuál es el tipo de estructura de desalojo vertical que se ajusta a sus necesidades y qué necesitan para diseñarla apropiadamente.
- Identificar los requisitos para que una estructura sea resistente a un tsunami.
- Conocer las experiencias de otros estados o países en el desarrollo de estructuras de desalojo vertical.

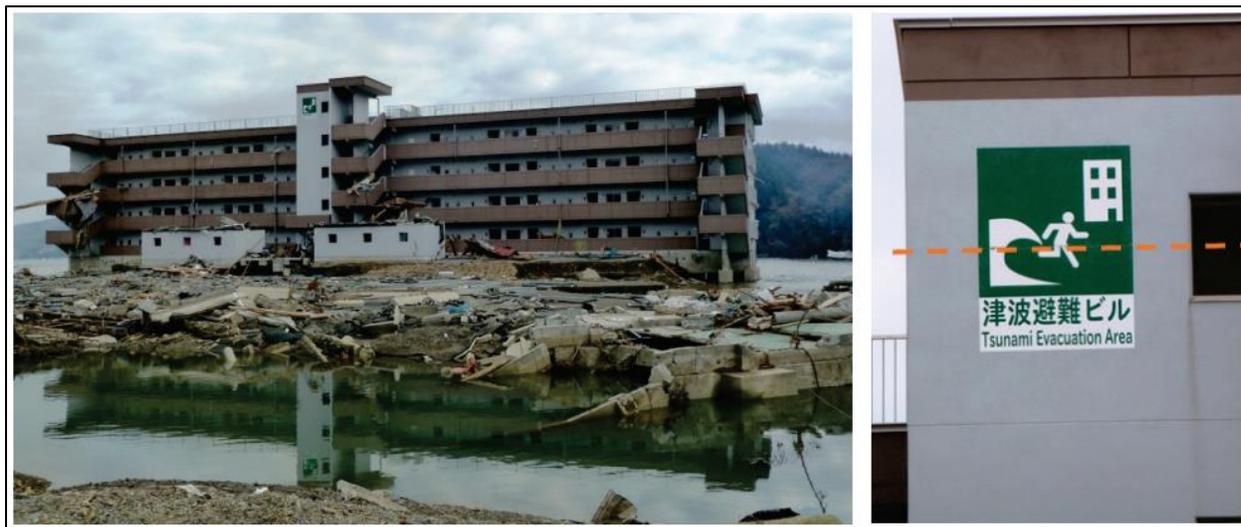


Figura 1: Ejemplo de estructura con letrero de desalojo vertical Tomada de la guía de preparación FEMA P-646.

Trasfondo

¿Qué es un tsunami?

Un Tsunami es una serie de olas de ocurrencia natural resultado de un disturbio rápido, a gran escala, en un cuerpo de agua, causado por terremotos, derrumbes, erupciones volcánicas, e impactos de meteoritos (FEMA P646A). Los tsunamis tienen la peculiaridad de que pueden viajar cientos de millas por hora siendo casi imperceptibles en mar abierto, mientras que, al acercarse a la costa reducen su velocidad, pero incrementan el tamaño de sus olas, generando grandes daños tanto cuando entran a la costa como cuando salen. Según la NOAA a través de la historia se han registrado alrededor de 85 tsunamis que han afectado el Caribe en los pasados 500 años.

Vulnerabilidad

La Guía para los medios de Puerto Rico del 2017 define el término vulnerabilidad 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 fenómeno natural. La vulnerabilidad ante fenómenos naturales, como los tsunamis, se hace más evidente con la exposición de un individuo o comunidad a este fenómeno (dónde reside, tipo de estructura, etc.) y cuan capaz es de enfrentar ese fenómeno, reduciendo así la probabilidad de que ese evento natural se convierta en un desastre como sería si este no está preparado adecuadamente. El aumentar la preparación de las personas que podrían ser afectadas por este evento se reduce el riesgo de pérdidas de vida y daños a la propiedad. En Puerto Rico tiembla diariamente como consecuencia de fallas sísmicas que cruzan nuestra isla y la rodean como por ejemplo la Trinchera de PR, el Cañón de la Mona, Caja de Muertos y el Pasaje de Anegada. La mayor amenaza de que ocurra un terremoto de gran magnitud que genere un tsunami es, precisamente, por la presencia de fallas locales en nuestra isla. Utilizando los datos del Censo 2020 y técnicas de sistemas de información geográfica (SIG), la Red Sísmica estimó que alrededor de 213,583 personas residen dentro del área de peligro de tsunami en Puerto Rico. Ese número de residentes, sumado a los miles de personas que visitan edificios o áreas públicas y privadas diariamente en la costa ya sea por trabajo, educación o diversión, hacen de Puerto Rico una isla muy vulnerable a un tsunami. FEMA en su guía P646A (Desalojo Vertical en Caso de Tsunami: Una Guía para Oficiales Comunitarios) menciona que Puerto Rico y las Islas Vírgenes están en riesgo de terremotos y deslizamientos subacuáticos que ocurren en la zona de subducción de la Fosa de Puerto Rico y que más de 50 tsunamis con varios niveles de intensidad han ocurrido en el Caribe desde

1530. Menciona los ejemplos del terremoto de 1918 que generó un tsunami que afectó a PR y el de un tsunami generado por un terremoto del 1867 que causó 12 muertes en las islas de Saint Thomas y Saint Croix.

Clasificación de los tsunamis

Los tsunamis se pueden clasificar tomando en consideración cuanto tiempo le tomará a la primera ola en arribar a la costa Figura 2. El tiempo que tardará va a depender de la localización del epicentro del evento sísmico que genere ese tsunami si es el terremoto la fuente de generación de este. Un evento se considera cercano, regional o distante y es importante conocer la diferencia para efectos de planificación, pues con eso podemos determinar cuánto tiempo tenemos para desalojar la costa y buscar altura. Los municipios deben tomar en cuenta esta información para determinar si en un evento real podrán desalojar horizontalmente o necesitan considerar un desalojo vertical que les permita salvar sus vidas.

Cercano

Si se estima que la ola del tsunami arribará en nuestras costas en un tiempo menor o igual a una hora se considera como un tsunami cercano.

Regional

Si el evento que generó el tsunami ocurre en un punto en el que el tsunami puede tardar un tiempo aproximado entre 1 a 3 horas se considera un evento regional.

Distante

Si el evento que genera un tsunami ocurre en cualquier lugar que provoque que el tiempo de arribo de la primera ola del tsunami sea mayor a 3 horas se considera un evento distante. Este es el caso del tsunami de Lisboa el 1 de noviembre de 1755, en donde se cree que la ola del tsunami llegó al Caribe varias horas después.

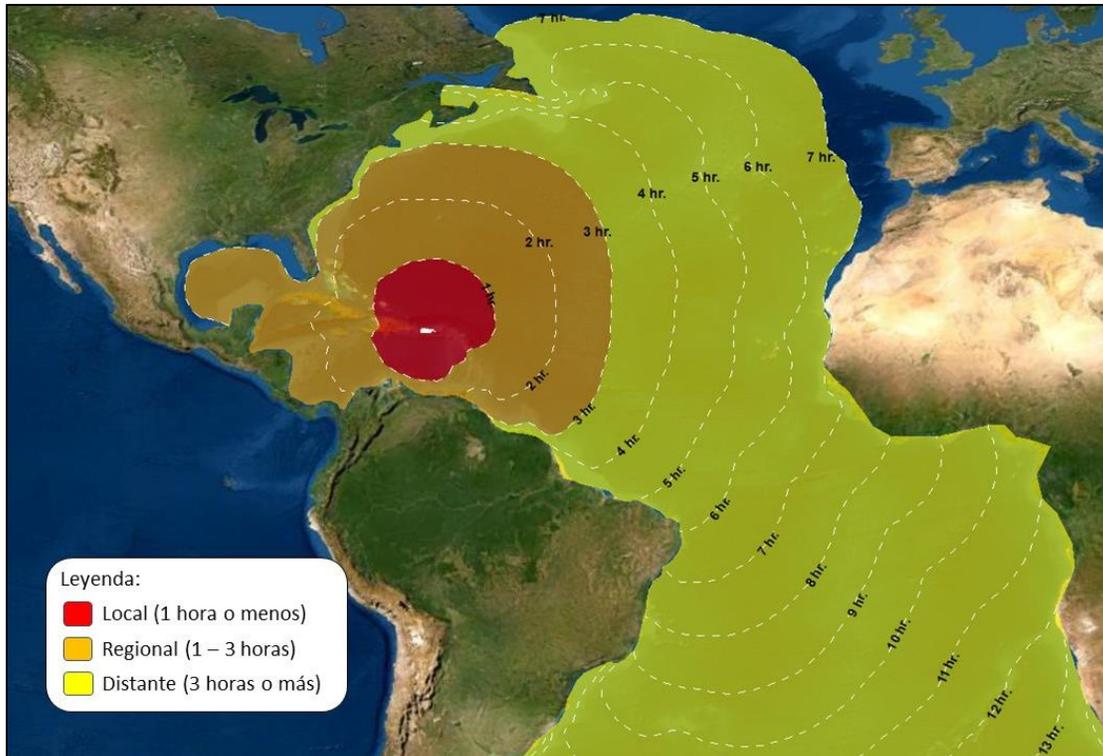


Figura 2: Tiempo de arribo de las olas de un tsunami dependiendo del epicentro Tomada de la Guía para Operadores de Puntos Focales de Alerta de Tsunami 2022.

Programa TsunamiReady® y TsunamiReady Supporter

El Programa TsunamiReady, desarrollado por el Servicio Nacional de Meteorología (SNM) de la NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration), está diseñado para ayudar a las comunidades que se encuentran en áreas costeras a reducir el potencial de un desastre como consecuencia de un Tsunami. Esto se logra cuando un equipo de profesionales en el campo apoya a la comunidad, municipio y oficiales de Manejo de Emergencias a fortalecer sus operaciones locales mediante la preparación de planes de acción ante un evento tsunamigénico y educando a la comunidad expuesta para que reaccionen adecuadamente y sean resilientes.

En el 2016 todas las comunidades costeras o municipios (46) que podrían ser afectados por un tsunami generado por un terremoto local según la modelación de los mapas de inundación de tsunamis en Puerto Rico, alcanzaron en su totalidad el reconocimiento como TsunamiReady. La Figura 3 muestra los municipios TsunamiReady en PR.

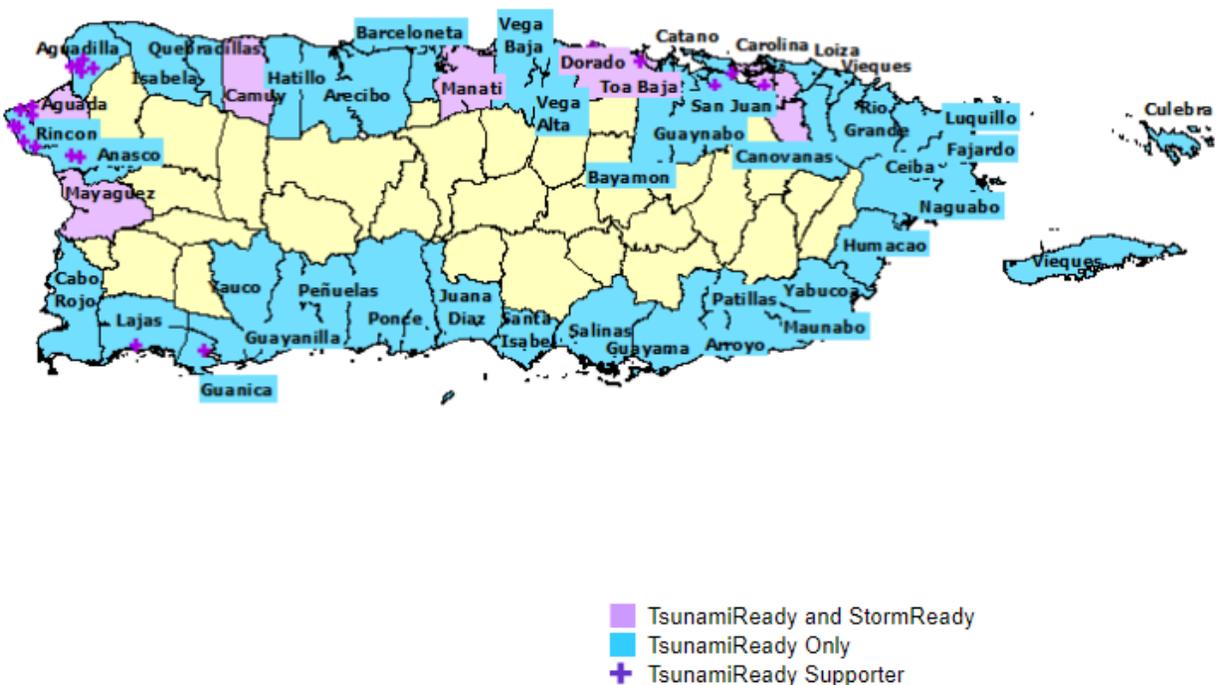


Figura 3: Municipios TsunamiReady en PR (Tomada de [TsunamiReady® Communities \(weather.gov\)](https://www.weather.gov/tsunamiready)).

Si observamos la Figura 3 vemos que hay unos puntos identificados con +. Estos representan algunas agencias que han alcanzado el reconocimiento como TsunamiReady Supporter. Este programa es parte del de TsunamiReady® y se encarga de ayudar a organizaciones, negocios facilidades públicas o privadas que están envueltas activamente en la preparación ante tsunamis de sus empleados y visitantes, a que cumplan con las guías establecidas por el comité local de TsunamiReady® encabezado por el SNM y de esta forma se reconozcan sus esfuerzos. En PR contamos con la primera clínica y el primer supermercado TsunamiReady Supporter de EU y sus territorios.

Mapas de inundación y desalojo

Un componente esencial del avalúo de peligros de tsunami en una comunidad o municipio es el modelaje de inundaciones de tsunami. Estos modelos computarizados detallados producen estimados de inundación que ayudan en el desarrollo de mapas de desalojo, educación pública y materiales de adiestramiento, y planes de reducción de riesgos de tsunami (FEMA P646A). Como parte del programa Nacional de Mitigación de Peligro de Tsunami (NTHMP por sus siglas en inglés), la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) en conjunto con el Departamento de Ciencias Marinas de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez

(UPRM) desarrollaron un modelo de inundación por tsunami para Puerto Rico. Dicho modelo fue desarrollado utilizando las guías de modelaje para tsunamis de la NOAA (MOST- Method of Splitting Tsunamis), datos topográficos y batimetría de las fuentes oficiales de información. Las zonas delimitadas por este análisis se establecen como zonas en riesgo de ser inundadas en caso de un tsunami ocasionado por un evento sísmico local y son la base para determinar cuáles son las comunidades que podrían ser afectadas por un tsunami y que distancia deben recorrer para desalojar en el menor tiempo posible salvando sus vidas. En PR existen 44 municipios costeros y 46 municipios TsunamiReady que cuentan con su respectivo mapa de inundación y el mapa de desalojo por tsunami disponible digitalmente en la página de la RSPR ([Red Sísmica de Puerto Rico \(uprm.edu\)](http://Red Sísmica de Puerto Rico (uprm.edu))). Como parte del Programa TsunamiReady también se le proporcionan copias impresas a las Oficinas Municipales de Manejo de Emergencia de cada municipio a donde los ciudadanos pueden ir a buscar su mapa. Las Figuras 4-5 muestran ejemplos del mapa de inundación y desalojo del municipio de Loíza, PR., comunidad cuyo tiempo de desalojo es alrededor de dos horas.

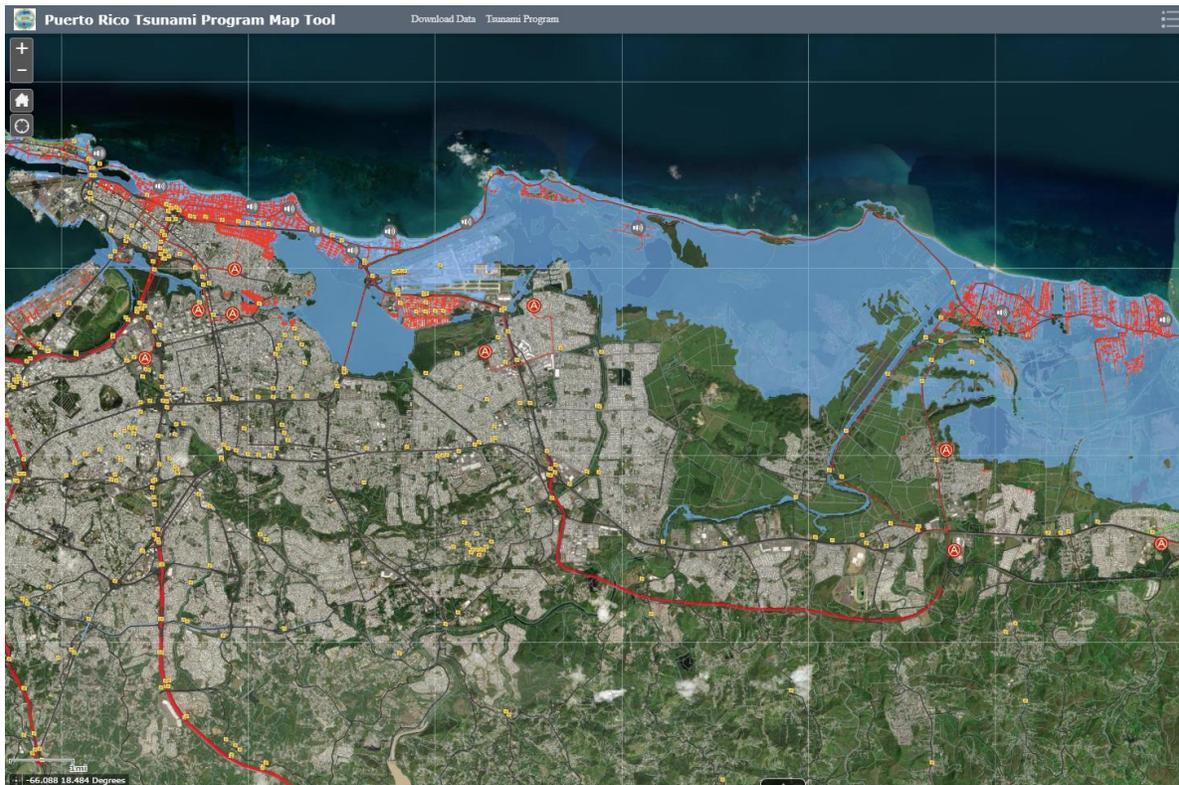


Figura 4: Capa de inundación por Tsunami en Loíza, PR.

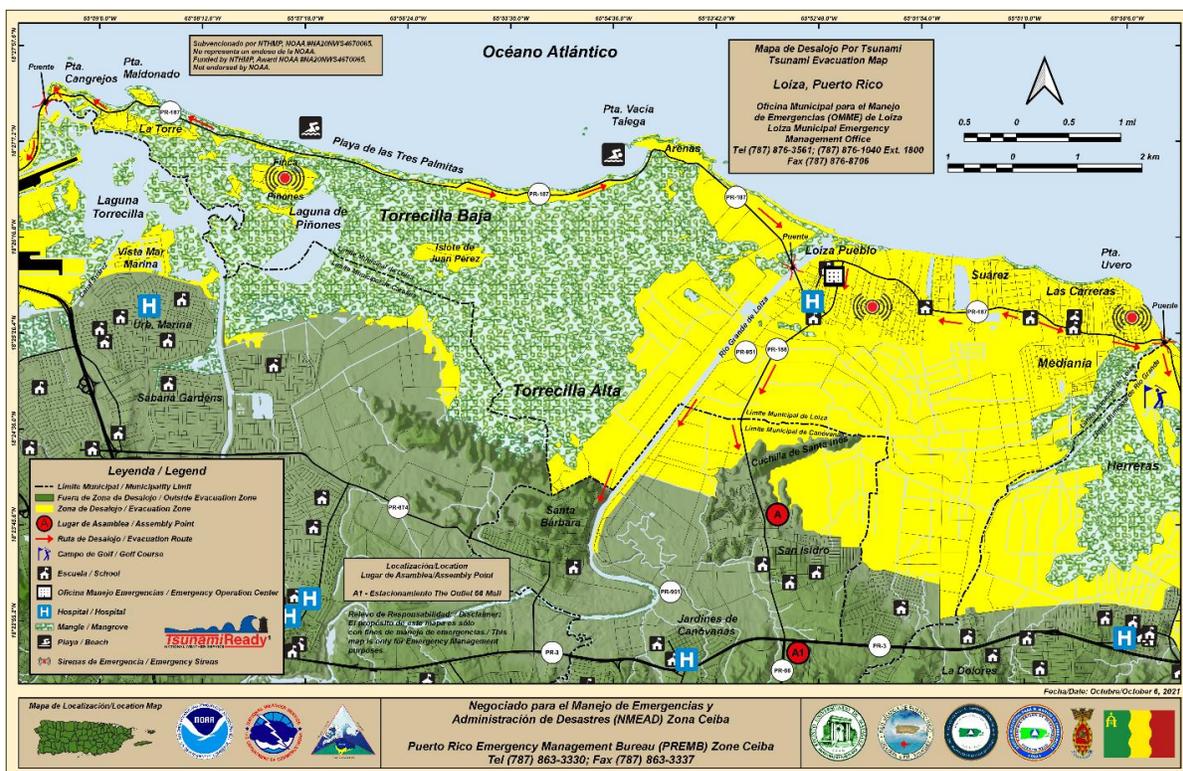


Figura 5: Mapa de desalojo por tsunami de Loiza, PR.

Algunas Comunidades Críticas en Puerto Rico

Existen un sin número de fallas locales en Puerto Rico que incrementan la amenaza de que ocurra un fuerte terremoto que genere un tsunami y varios municipios cuya realidad topográfica y poblacional hacen que los expertos en el tema tengan preocupación de que, de ser afectados por un tsunami, muchas personas podrían fallecer si no cuentan con una estructura de desalojo vertical (Figura 6).

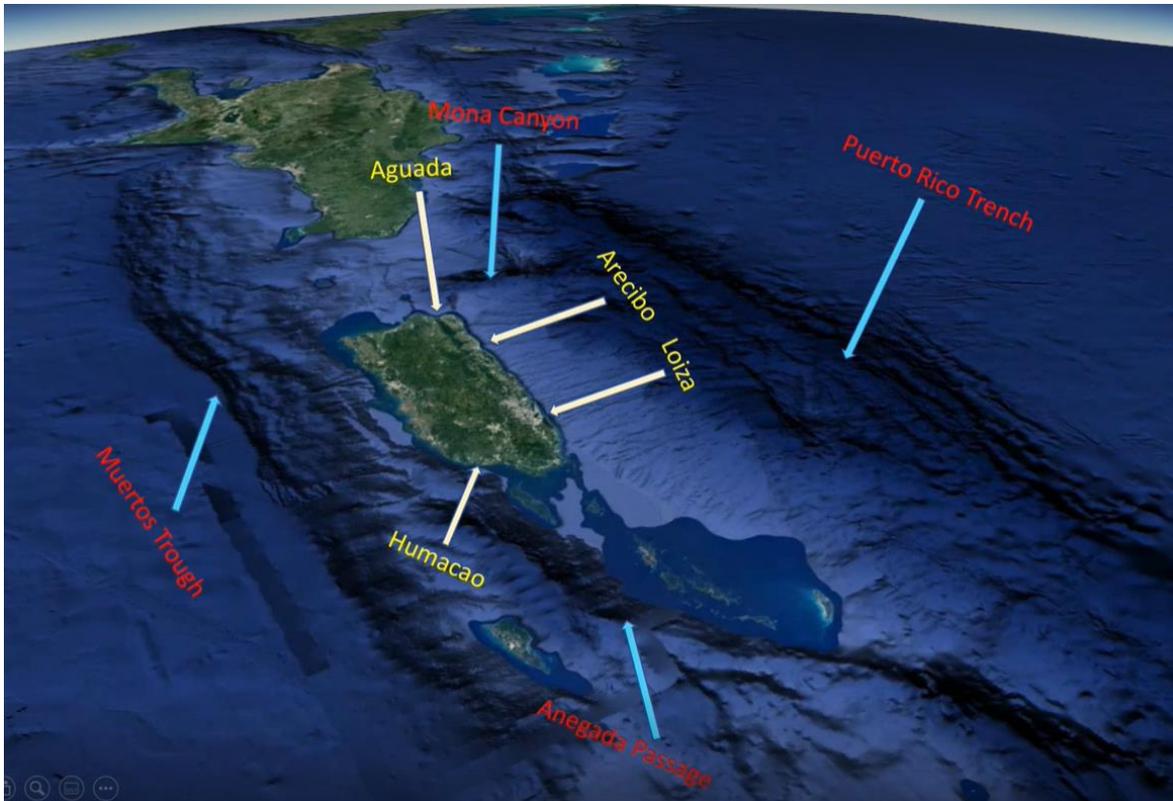


Figura 6: Algunas fallas locales en PR y 4 municipios a los que se les recomienda tener estructuras de desalojo vertical.

Loíza

Loíza es un municipio ubicado al norte de Puerto Rico cuya geografía provoca que, de ocurrir un tsunami que impacte nuestras costas, podría afectar el municipio casi en su totalidad provocando que, de los 23,693 residentes del municipio, alrededor de 18,065 residentes del área costera tengan que caminar por horas (según el mapa de desalojo o pie o “pedestrian del USGS de la Figura 7) hasta salir del área de peligro de tsunamis. Si observamos la Figura 8 vemos como el tiempo de arribo estimado de las olas (ETA por sus siglas en inglés) de un tsunami en el área Noreste de PR debido a la exposición con la Trinchera de PR, es de entre 15 a 25 minutos. Por consiguiente, caminar por horas para salir del área de peligro de tsunami implicaría una posibilidad de un número de pérdidas de vida devastador. Si analizamos el siguiente ejemplo de una persona en el área costera cerca de la Urbanización Santillana del Mar según ilustrado en la Figura 9, vemos que le toma aproximadamente 5.1 millas en salir del área de desalojo recomendada en los mapas de desalojo por tsunamis y 6.41 millas en llegar al lugar de asamblea más cercano que además de estar muy lejos, le pertenece a un municipio aledaño. Caminar 6.41 millas a una velocidad aproximada sugerida por los expertos (debido al agotamiento físico que implica caminar largas distancias) de 2.5 millas por hora

implica que el residente de dicha comunidad estaría caminando aproximadamente 153 minutos para llegar al lugar en donde eventualmente Manejo de Emergencias estaría ofreciendo las ayudas necesarias y reubicándoles.

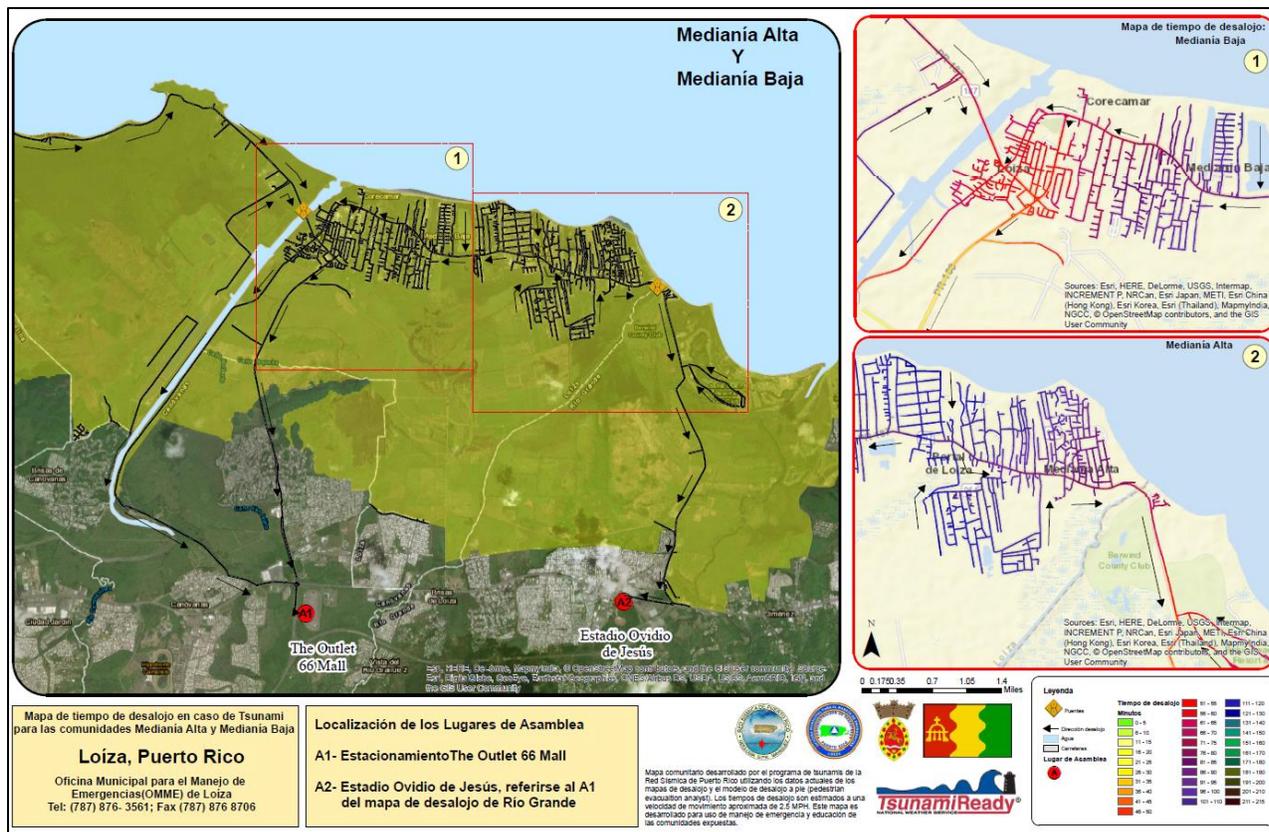


Figura 7: Mapa comunitario de Loiza con tiempo de desalojo estimado según el modelo de “Pedestrian” (RSPR).

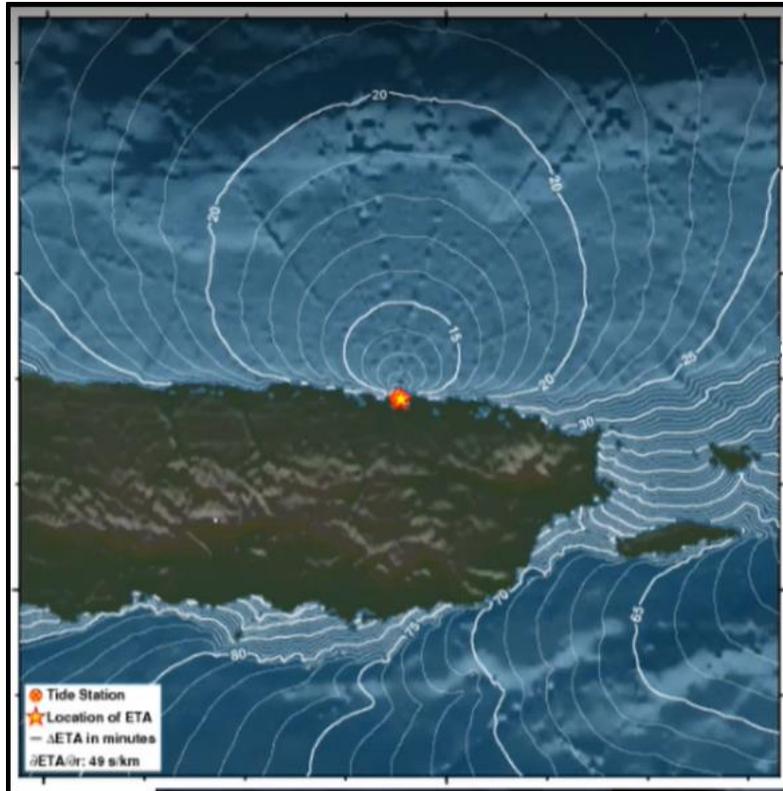


Figura 8: Tiempo estimado de arribo (ETA) de las olas de un tsunami al Noreste de PR (RSPR).



Figura 9: Millas recorridas por persona en la playa cerca de la Urb. Santillana del Mar en Loíza, PR hasta el lugar de Asamblea en Canóvanas.

Espinal de Aguada

Aguada es un municipio al oeste de Puerto Rico cuya población, según el censo 2020, es de 38,136 y en donde varias comunidades podrían ser afectadas por un tsunami impactando alrededor de 4,088 personas que residen dentro del área de peligro de tsunamis. La comunidad de Espinal es una de las comunidades más vulnerables a un evento natural de este tipo ya que el área es muy llana, cuentan con una sola entrada y salida y al llegar a la carretera principal si caminan hacia Aguadilla tendrían que atravesar dos puentes que fueron construidos hace mucho tiempo. La Figura 10 muestra que los tiempos estimados de arribo de las olas de un tsunami generado por un terremoto local (amenaza especial por el Cañón de la Mona) en el oeste de PR, fluctúan entre 5 a 10 minutos. Según la Figura 10 si una persona sale del punto más lejano en la comunidad Espinal (cerca a la desembocadura del Río Culebrinas) debe caminar aproximadamente 2.71 millas para llegar a un área con suficiente altura para estar a salvo. Esto implicaría que le tardaría aproximadamente 65 minutos. En su tesis Marrero-Irizarry propone hacer una estructura de desalojo vertical de dos pisos en hormigón armado con un refuerzo especial que quedaría ubicada bastante al centro de dicha comunidad y podría servir de refugio para aproximadamente 1,281 personas (Figuras 12-13).

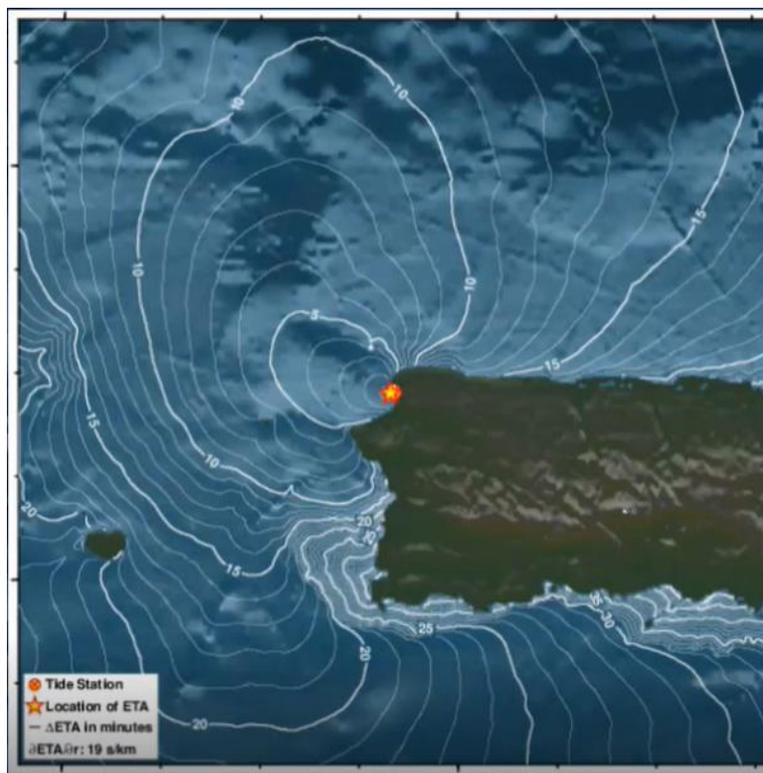


Figura 10: Tiempo estimado de arribo (ETA) de las olas de un tsunami al oeste de PR (RSPR).

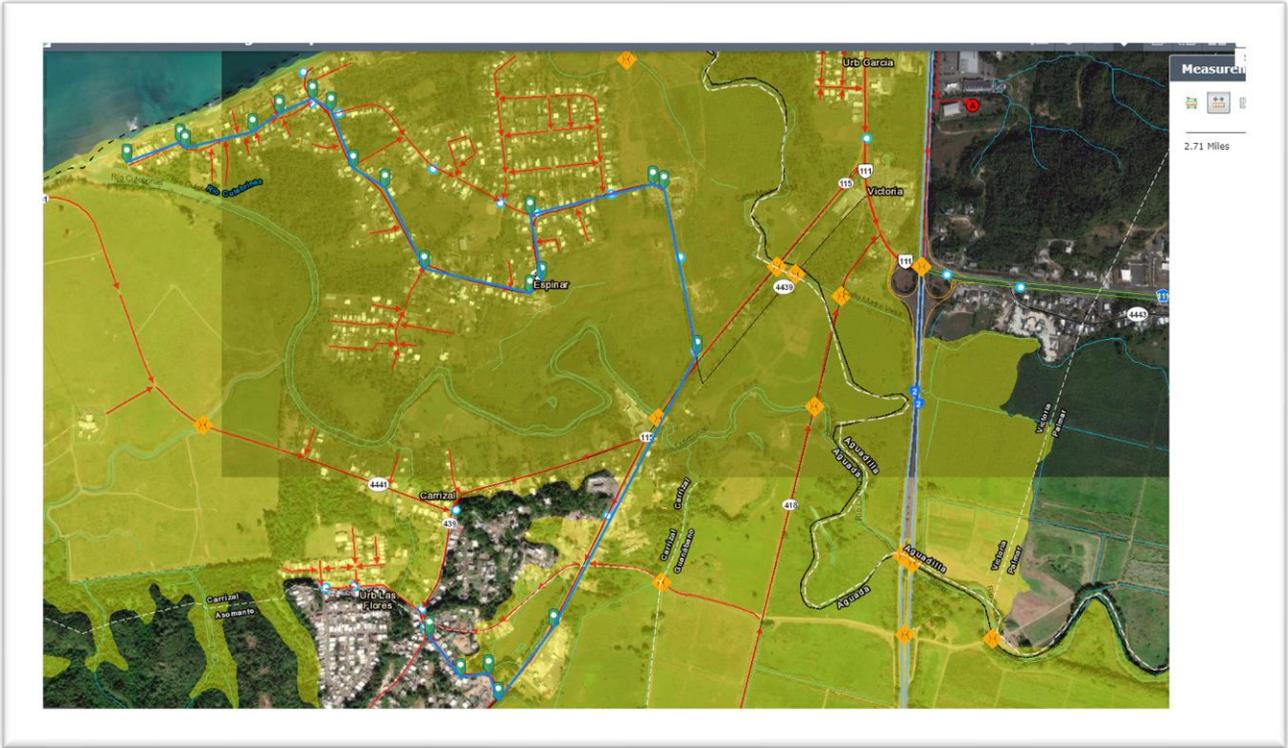


Figura 11: Tiempo de desalojo de la Comunidad Espinal en Aguada, PR.



Figura 12: Ubicación propuesta para estructura de desalojo vertical en el Bo. Espinal, Aguada.

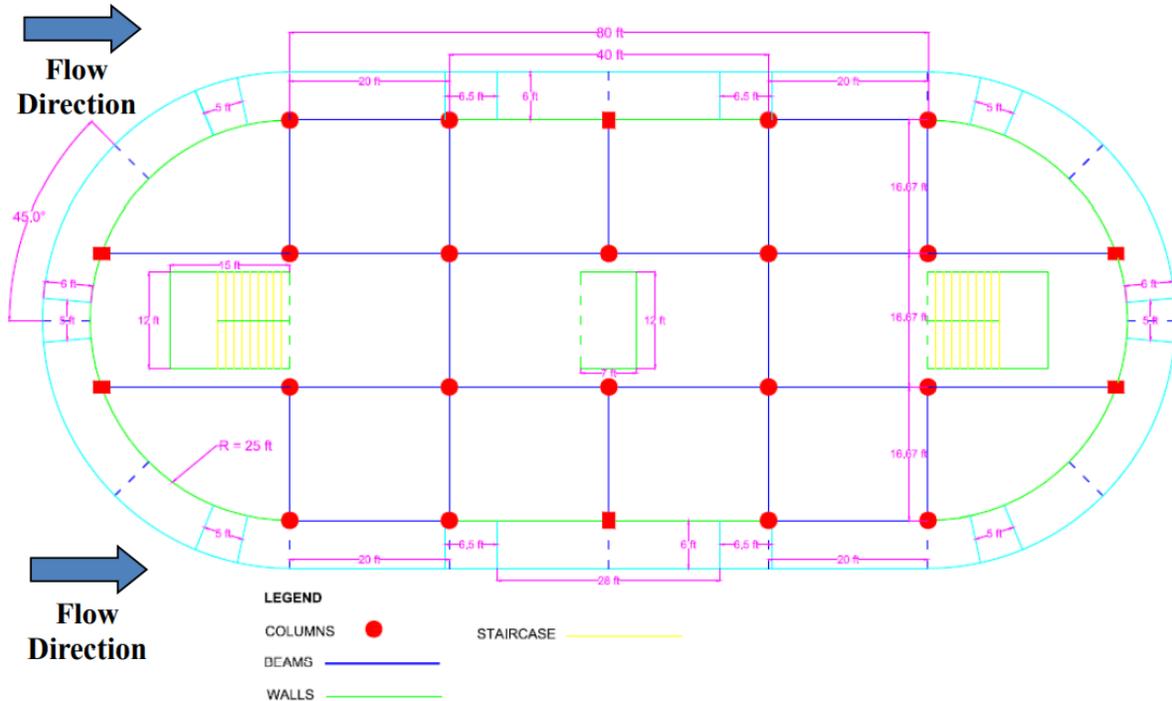


Figura 13: Diagrama de la estructura de desalojo vertical propuesta para la comunidad Espinal, Aguada (Marrero-Irizarry, 2015).

La Figura 14 es una gráfica que muestra el tiempo que le tardaría a los miembros de la comunidad en llegar a la estructura de desalojo vertical propuesta por Marrero-Irizarry comparado al tiempo de arribo de la ola estimado.

En la sección de *Desalojo vertical en Puerto Rico* hablaremos más en detalle de esta comunidad y los esfuerzos que se han realizado para preparar a sus residentes para enfrentar un tsunami y en vías a considerar el desarrollar una estructura de desalojo vertical para beneficio de esa comunidad.

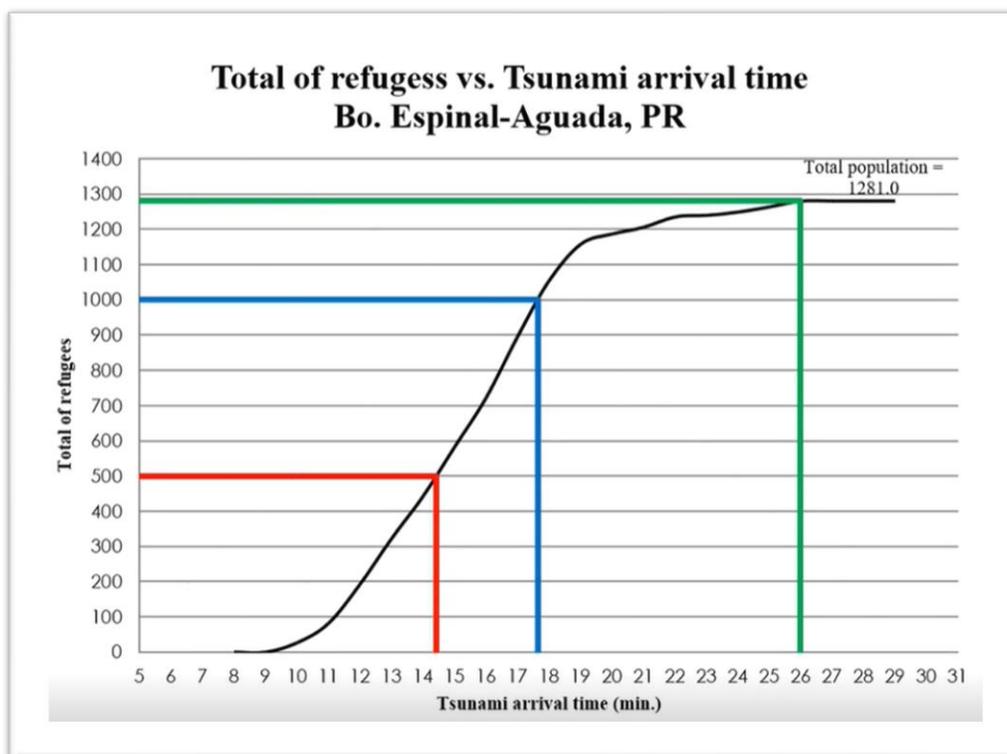


Figura 14: Tiempo que le tardaría a los residentes de Espinal refugiarse en la estructura de desalojo vertical según el tiempo de arribo (Marrero-Irrizary, 2015).

Islote en Arecibo

Arecibo es un municipio ubicado al norte de Puerto Rico cuya población total según el censo 2020 es de 87,754 y cuya geografía provoca que, de ocurrir un tsunami que impacte nuestras costas, podría afectar alrededor de 7,235 residentes. El área de Islotes en dicho municipio cuenta con una población flotante alta debido a su atractivo turístico que, sumado a los residentes, podrían ser afectados por un tsunami generado por un terremoto local para el cual tendrían entre 5 a 10 minutos para desalojar (Figura 15). Eso sumado a la realidad de que tienen el Caño Tiburones que dificulta el desalojo horizontal pues solo tienen una entrada y salida para desalojo. Si observamos el ejemplo de la Figura 16 las personas que residen en el barrio Islote 2 (y caminan desde ese punto específico) deben caminar un promedio de 6.09 millas para llegar al lugar de asamblea más cercano en donde las autoridades pertinentes proveerán las ayudas necesarias que incluyen la reubicación de las personas cuyas residencias quedaron inutilizables. Caminar 6.09 millas implica un tiempo aproximado de 146 minutos si se desaloja a razón de 2.5 millas por hora como explicamos en el ejemplo anterior.

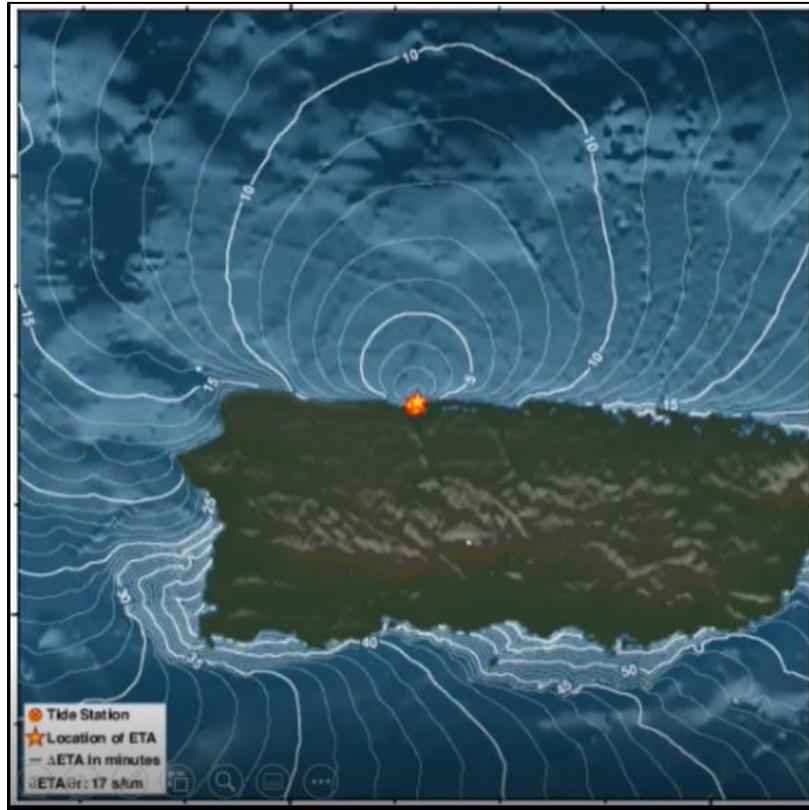


Figura 15: Tiempo estimado de arribo (ETA) de las olas de un tsunami en Arecibo (norte) de PR (RSPR).

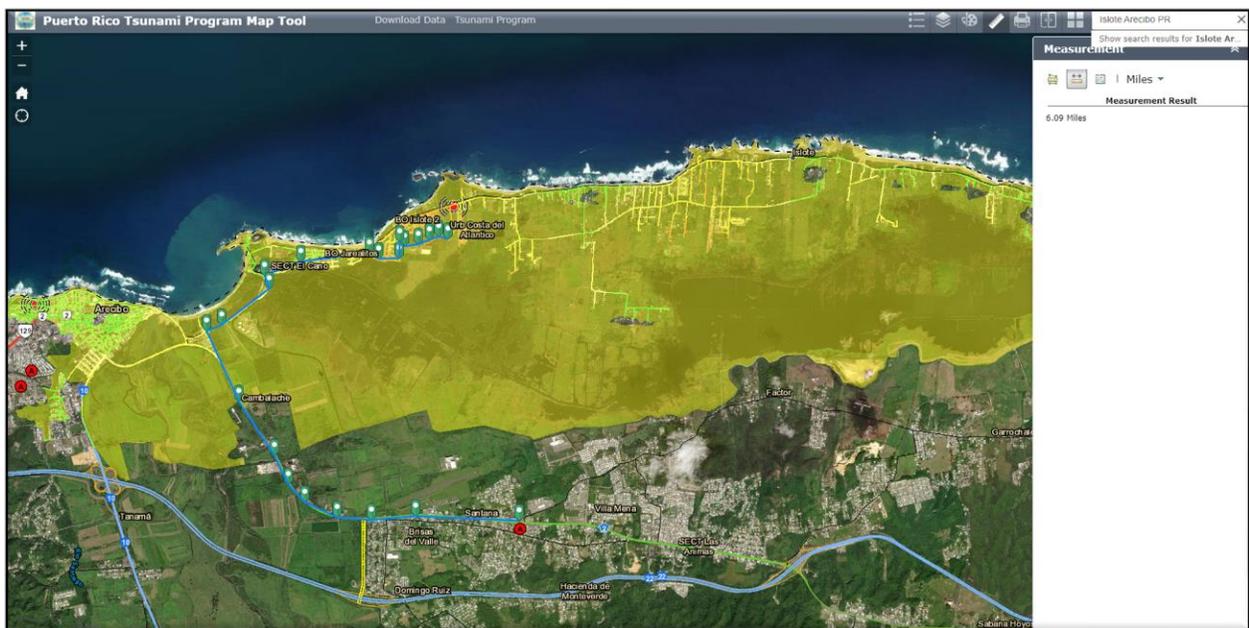


Figura 16: Millas recorridas por persona en el punto más lejano del Bo. Islote 2 en Arecibo, PR hasta el lugar de Asamblea.

Punta Santiago en Humacao

Humacao es un municipio ubicado en el sur este de PR muy cercano al Pasaje de Anegada y cuya población total es de 50,896 y 4,482 residentes en la zona de peligro de tsunami según el censo 2020. La Figura 17 muestra el tiempo estimado de arribo de las olas de un tsunami generado por un terremoto local cuyo tiempo fluctúa entre 10 a 15 minutos. Mientras que la Figura 18 muestra la comunidad de Punta Santiago de ese municipio y cómo si un residente se ubica en un área cercana al mar de esa comunidad, tendría que caminar alrededor de 2.9 millas (según el ejemplo específico) para salir del área de peligro de tsunami. Esto implica que le tomaría alrededor de 69 minutos en salir de esa área y 101 minutos en llegar al lugar de Asamblea más cercano. El escenario para los residentes de esa comunidad si salen desde el área oeste de esta comunidad es peor, puesto que deben acercarse a la costa (caminar en dirección a la costa) para poder llegar a la única carretera que les permitirá salir del área de peligro de tsunamis.

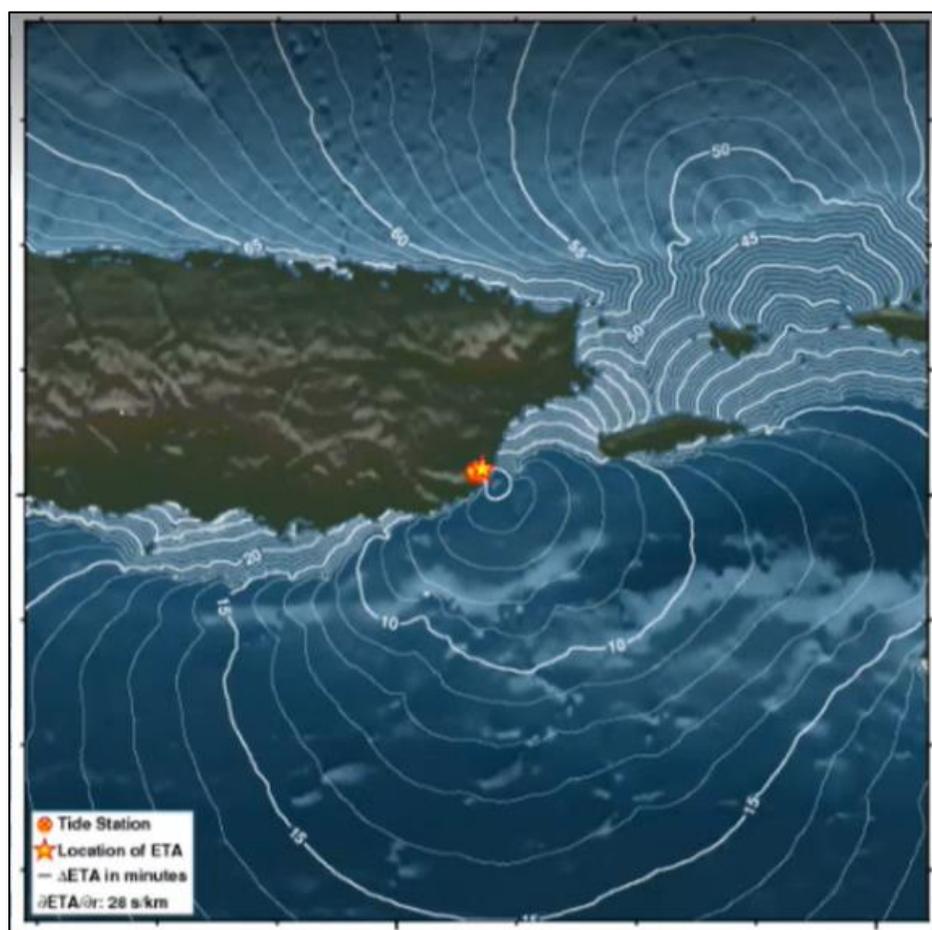


Figura 17: Tiempo estimado de arribo (ETA) de las olas de un tsunami en Humacao, PR (RSPR).

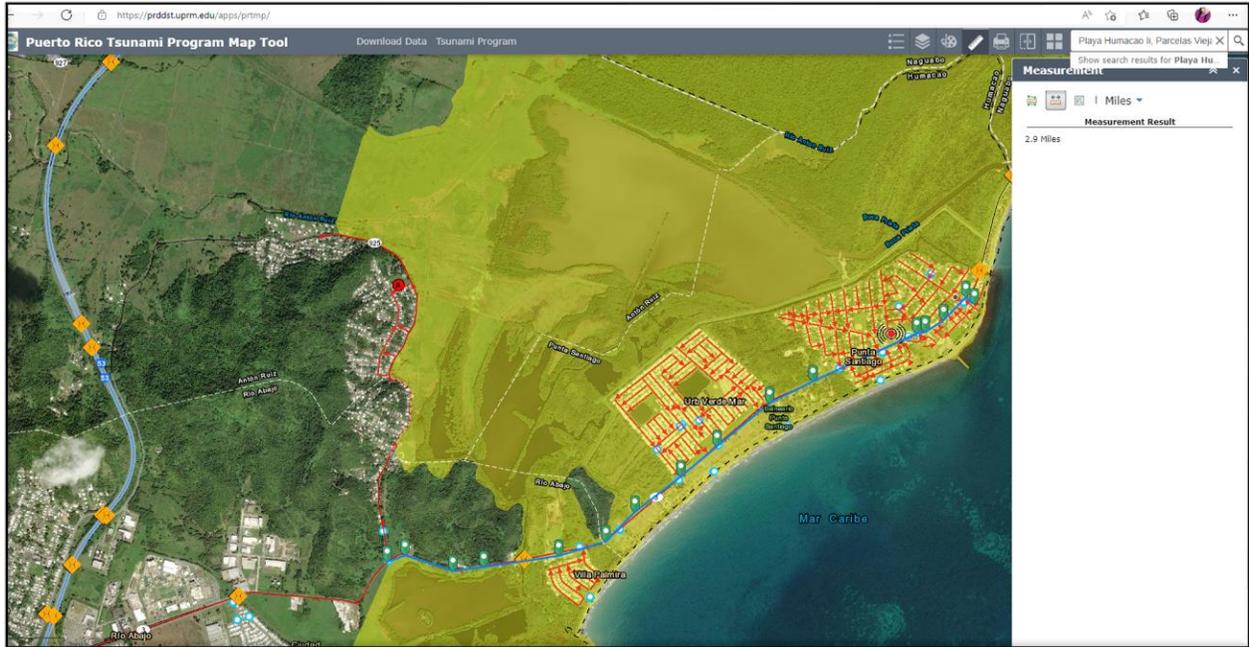


Figura 18: Comunidad Punta Santiago en Humacao.

Estructuras de desalojo vertical artificiales

Según el FEMA P646A un Refugio de Desalojo Vertical para Tsunamis es un edificio o montículo de tierra que tiene la altura suficiente para elevar a los desalojados sobre el nivel de la inundación del tsunami, y está diseñado y construido con la fortaleza y resiliencia necesaria para resistir los efectos de las olas de un tsunami.

¿Por qué son necesarias?

Cuando se habla de desalojo por tsunami lo que comúnmente se enseña a las comunidades vulnerables, es que, si sienten un terremoto tan fuerte que no se pueden mantener de pie o de larga duración, ven un comportamiento anómalo del nivel del mar, escuchan un ruido extraño proveniente del agua o reciben una alerta oficial que indica que hay un AVISO de tsunamis para Puerto Rico e Islas Vírgenes, deben alejarse de la costa caminando y buscando altura. Sin embargo, no siempre es tan fácil para las personas realizar este desalojo horizontal. Existen varios factores que agudizan la vulnerabilidad ante un tsunami en muchas comunidades de nuestro país. Comenzando con un pobre alumbrado en ciertas áreas aisladas, a veces con una sola entrada y salida que dificulta un desalojo apropiado nocturno en donde las personas podrían tener que caminar por calles o caminos que en ocasiones tienen pobre o ningún asfalto, y que podrían

tener ciertos declives que propiciarían que tengan algún accidente durante el desalojo que harían con muchísimas personas a la vez. Seguido de la pobre señalización de tsunamis en ciertas áreas debido al efecto de fenómenos atmosféricos como pasados huracanes, accidentes o hasta la mano del hombre que en ocasiones ve un letrero de tsunamis como una amenaza al valor de su propiedad y lo retira.

En adición, existen comunidades tan aisladas y distantes a donde se complica el llevar una alerta oficial utilizando sirenas fijas o móviles en un tiempo adecuado que les permita desalojar a tiempo y salvar sus vidas. Por otra parte, muchas de estas comunidades costeras tienen un alto número de personas mayores de 65 años, menores de 5 años, madres solteras como jefas de familia y personas encamadas o con problemas de movilidad. A esa población aproximada residente en áreas costeras de 213,583 (según censo 2020), hay que sumarle los distintos festivales playeros, actividades recreativas típicas de una isla caribeña en donde todo el año es verano, decenas de escuelas e instituciones educativas de todo tipo que ubican en la costa, hoteles, hospederías, agencias gubernamentales y del sector privado que reciben diariamente cientos de visitantes. Cuando el desalojo horizontal es casi imposible, considerar el desalojo vertical sería la acción más acertada.

Existen comunidades en Puerto Rico cuyo tiempo de desalojo es mayor a una hora ya que las áreas altas están a millas de la costa o en ocasiones el acceso es limitado o hasta imposible, debido a la vegetación o topografía del área. Si tomamos en consideración que el terremoto del 11 de octubre del 1918 cuyo epicentro fue en el Cañón de la Mona, generó un tsunami que afectó la costa de Aguadilla en aproximadamente 5 minutos es necesario considerar el desalojo vertical como la opción más viable para salvar la vida de miles de personas que residen en áreas de difícil acceso a áreas altas. De no existir áreas naturales apropiadas para ese desalojo vertical es necesario que las autoridades pertinentes consideren el desarrollo de estructuras de desalojo vertical semejantes a las antes mencionadas que permitan salvar la vida de sus residentes y visitantes en una emergencia de tsunamis.

Avalúo del riesgo de un tsunami en su comunidad

Un avalúo de vulnerabilidad calcula qué porcentaje de la población está en riesgo de inundaciones de tsunami y necesita una estructura de desalojo vertical. Éste estima el tamaño de la población vulnerable, dónde están, cuánto tienen que viajar, y qué opciones hay disponibles para el desalojo y refugio (FEMA P646A). La población vulnerable consiste en personas que residen o frecuentan el área que podría ser inundada por un tsunami en especial aquellas con limitaciones de movimiento, a menudo ancianos y niños, y aquellas que estén en áreas donde el terreno alto no es accesible fácilmente. Esta población puede variar considerablemente con la hora del día y con las temporadas, dependiendo de la población residencial y el número de turistas o visitantes en la comunidad. Cuando avaluamos cuan vulnerable es una comunidad ante un tsunami, cuantos heridos o pérdidas de vida podríamos tener, y vemos que la probabilidad es muy alta, debemos realizar ciertos pasos importantes que se muestran en la Figura 19.

Es necesario que se realicen reuniones con la comunidad en la que se les muestre cuan vulnerables son de ser afectados por un tsunami. Las estrategias que se utilicen van a variar dependiendo de la realidad científica de cada comunidad y de los recursos disponibles de esta. Estudiar el mapa de inundación y desalojo por tsunami (sección de Mapas de Inundación y Desalojo pg. 12) es uno de los primeros pasos a seguir a la hora de hacer un avalúo del riesgo que presenta este fenómeno a una comunidad en específico. Cuando se habla del liderazgo comunitario y su importancia en el fortalecimiento de una comunidad, Rojas Andrade 2013, explica que por una parte hay que potenciar los recursos existentes en la propia comunidad y, por la otra, fomentar la participación en aquellos procesos y actividades que precisen planificación e intervención, al menos haciendo oír su voz o siendo informados. Tomar decisiones que afectarán directamente a una comunidad sin consultarles no tiene ningún sentido y en adición, limita el nuevo proyecto al no contar con ideas valiosas de los miembros de la comunidad que finalmente son los que lo necesitan y, además, fomenta la oposición de la misma comunidad que desconoce la necesidad y pertinencia del proyecto puesto que no se le tomó en cuenta a la hora de iniciarlo. Los líderes comunitarios serán los mejores aliados de cualquier municipio que decida trabajar un proyecto de desalojo vertical ya que ellos conocen de cerca a los miembros de la comunidad y pueden fomentar una participación efectiva, duradera y productiva. Un proyecto de desarrollo de una estructura de desalojo vertical sin un enfoque comunitario que promueva el dialogo entre todas las partes incluyendo los profesionales que estarán a cargo del proyecto, será uno con una probabilidad alta de fracasar ya que carecerá sobre todo de sentido de pertenencia.

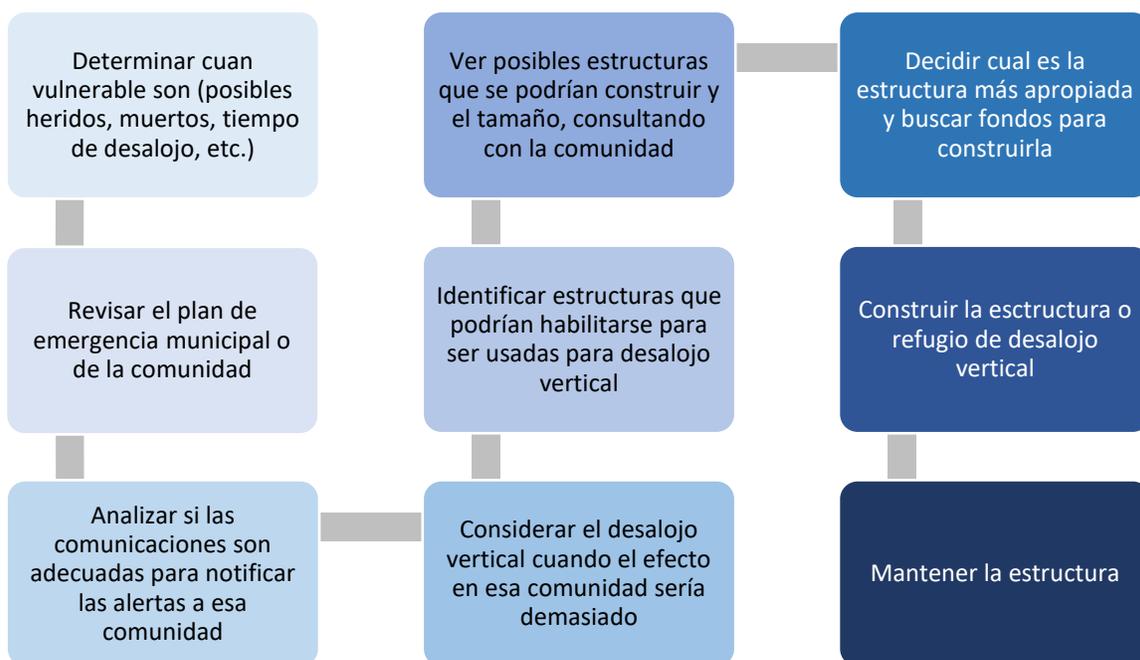


Figura 19: Pasos a seguir al avaluar la posibilidad de tener una estructura de desalojo vertical.

Opciones de estructuras de desalojo vertical

Hace unos años FEMA se ha encargado de hablar abiertamente sobre el desalojo vertical como una opción para que las comunidades expuestas al impacto de un tsunami salven su vida cuando se les dificulta alejarse de la costa en un tiempo razonable. Según Marx 2019, en 2009 FEMA se expresó sobre el tema y dijo que una solución potencial es el desalojo vertical en los niveles superiores de las estructuras diseñadas para resistir los efectos de un tsunami para proporcionar protección a corto plazo durante un evento de tsunami de alto riesgo. Una estructura de desalojo vertical puede ser tan simple como un terreno alto natural o manufacturado, o tan compleja como una estructura localizada junto con un edificio usado primordialmente con otro propósito (FEMA P646A). Lo importante es que la estructura resista el terremoto que genera un tsunami y las olas del tsunami. Si una estructura sufre daños significativos pasado el terremoto las personas no se sentirán cómodas de utilizarlo para desalojo vertical.

Utilizar un terreno alto permite fácil acceso a un número grande de personas que pasado el terremoto podrían rehusarse a entrar a alguna estructura por miedo a que esté comprometida y también son más fáciles de acceder por personas con problemas de movilidad. Sin embargo, se debe tomar en consideración que las personas que allí desalojen estarán expuestas a las inclemencias del tiempo así que hay que tomar medidas a la hora de planificar. Durante el tsunami de Japón en el 2011, la facultad y estudiantes de una escuela pudieron salvar su vida si el terreno detrás de la estructura hubiera estado habilitado para subir a él Figuras 20-21. Solo algunos lograron sobrevivir.





Figuras 20-21: Escuela en Japón con terreno alto detrás de la estructura (Tomada de Google Earth).

Por otra parte, en una comunidad que podría ser afectada por un tsunami se debe considerar para desalojo vertical, primero las estructuras que ya existen, como edificios multipisos, hoteles, condominios, estacionamientos multipisos y algún otro edificio que pueda ser modificado para permitir el acceso de las personas una vez ocurra un terremoto fuerte con capacidad de generar un tsunami. Los patrones de daño histórico sugieren que muchas estructuras no diseñadas específicamente para cargas de tsunami pueden sobrevivir a la inundación de éste, y proveer áreas de refugio (FEMA P646R). Se puede considerar reforzarlos, pero si el refuerzo de edificios existentes no es posible, el uso de éstos puede aun proveer algo de protección, lo cual es mejor que nada. Los edificios de armazón de concreto y acero de más de seis niveles se pueden considerar como que proveen protección (FEMA P646R). Lo importante es que ya sea reforzando un edificio preexistente o si se decide que se construirá uno nuevo se deben seguir los códigos de construcción vigentes para el país junto con las guías provistas por FEMA P646R que son las que consideran una construcción resistente a tsunamis. En adición, antes de aprobar cualquier plan o diseño debe ser revisado por los profesionales pertinentes (ingenieros, geólogos y arquitectos). Las ventajas de utilizar ciertos estacionamientos multipisos (Figuras 22-23) es que en el piso bajo el agua podrá fluir con resistencia mínima, las personas pueden acceder con facilidad a los pisos más altos y el piso más alto podría ser utilizado para que un helicóptero aterrice de ser necesario. Sin embargo, la desventaja es que los autos allí estacionados podrían generar muchos escombros que impiden el flujo adecuado de la gente.



Figuras 22-23: Estacionamiento multipisos detrás de la alcaldía de Cataño PR, que se utiliza para desalojo vertical (Tomado de Google Street View).

Las ventajas de construir edificios de desalojo vertical como edificios de uso común de la comunidad como complejos deportivos, bibliotecas, estaciones de bombero o policía, etc., es que es más fácil justificar los fondos invertidos pues se utilizará para fines necesarios del diario vivir en lo que ocurre un tsunami cuya frecuencia es baja pero devastadora. Sin embargo, si el tsunami ocurre un día que el edificio está muy concurrido podría ser difícil para las personas aledañas subir rápido. Por otra parte, los edificios comerciales como hoteles y condominios pueden ser una buena alternativa para desalojo vertical pues su costo sería sufragado por el sector privado y provee el espacio para que muchas personas las utilicen como residencia temporera mientras están atravesando la emergencia. La desventaja es que al ser privado

puede que eventualmente no permitan que se utilice por personas de áreas aledañas como estructura de desalojo vertical.

La guía de FEMA P646R sugiere un diseño basado en funcionamiento que provee una metodología sistemática para el avalúo de las capacidades de funcionamiento de un edificio, sistema o componente, y permite que las soluciones de ingeniería se ajusten a las necesidades exactas del lugar y del peligro potencial. Al seguir ese diseño basado en funcionamiento tendremos distintas opciones de diseño dependiendo del lugar en que se pretenden construir. En la actualidad la Universidad de Hawaii recibió fondos para hacer investigaciones sobre asuntos de Ingeniería de tsunamis basada en el funcionamiento. Esta investigación permitirá que más adelante se puedan actualizar las guías propuestas por FEMA para el diseño sísmico de estructuras proponiendo metodologías y herramientas de simulación que faciliten las nuevas construcciones de estructuras de desalojo vertical.

En Japón por ejemplo hace varias décadas desarrollaron distintas estructuras de desalojo vertical. La primera Figura 24 es un modelo simple y económico con el único propósito de usarla para desalojo vertical. Sin embargo, si no se cuentan con los fondos necesarios para esto, FEMA recomienda localizar la estructura junto a otras facilidades de la comunidad o comerciales y ofrecer incentivos económicos para que empresas privadas puedan desarrollarse allí y ellos mismos provean áreas que puedan ser usadas para desalojo vertical como un estacionamiento multipisos, por ejemplo.



Figura 24: Estructura de desalojo vertical en Japón (Tomada de FEMA P646A).

También, en PR, con el peligro de ser afectados por huracanes y terremotos se puede considerar el construir una estructura que sirva para distintos tipos de peligros naturales principalmente luego de que el terremoto del 7 de enero de 2020 (en donde se derrumbó una escuela en Guánica) destapó la problemática de las columnas cortas en las escuelas, las mismas que hasta ese momento fueron utilizadas como principales refugios. Por otra parte, el crear una estructura que resista a un tsunami y que se utilice para distintos usos comunes permitiría el recuperar la inversión. Este es el caso de una estructura de desalojo vertical en Japón que incluye una biblioteca de archivos históricos (Figura 25).

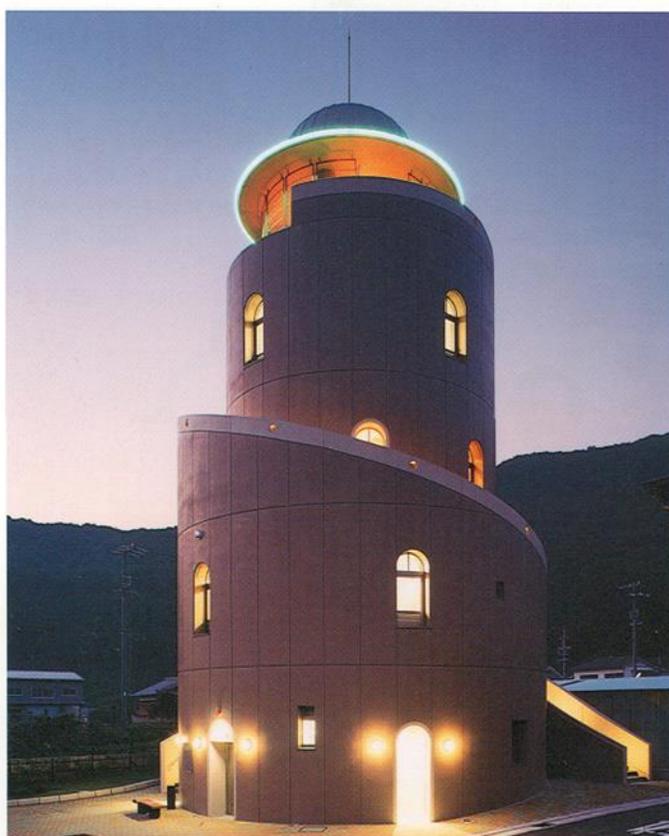


Figura 25: Estructura de desalojo vertical en Japón que incluye biblioteca (Tomada de FEMAP646R).

Recientemente se ha hablado mucho de la zona de subducción de Cascadia en donde se podría generar un tsunami que afecte a estados como California, Oregón y Washington. Los daños y muertes que surjan podrían ser similares a los ocasionados por el terremoto de Alaska de magnitud 9.2 en 1964 (Farley, G. 2019). La preocupación principal es que el terremoto en esa zona podría generar daños significativos en

las carreteras y ocasionar un amontonamiento excesivo de personas en las carreteras evitando que las personas puedan desalojar el área en un periodo de 10 a 15 minutos para evitar fallecer por el impacto de un posible tsunami. Debido a esta inquietud las autoridades han iniciado un proyecto para desarrollar estructuras de desalojo vertical en ciertas comunidades. Las Figuras 26-27 muestran el diseño de la primera estructura de desalojo vertical en Norte América construida en una escuela elemental del distrito de Ocosta en Washington. Esta estructura tiene la capacidad de resistir las olas de un tsunami y cuenta con 6 escaleras que permite a los residentes subir al techo en caso de una emergencia.



Figuras 26-27: Estructura de desalojo vertical en escuela elemental del distrito de Ocosta en Washington Tomada de [Tsunami | Washington State Military Department, Citizens Serving Citizens with Pride & Tradition](#)).

Otro ejemplo de estructura diseñada para desalojo vertical en Washington bajo el proyecto “Safe- Haven” se muestra en el Figura 28. Es importante observar el diseño de la estructura y los cimientos recomendados para esta.

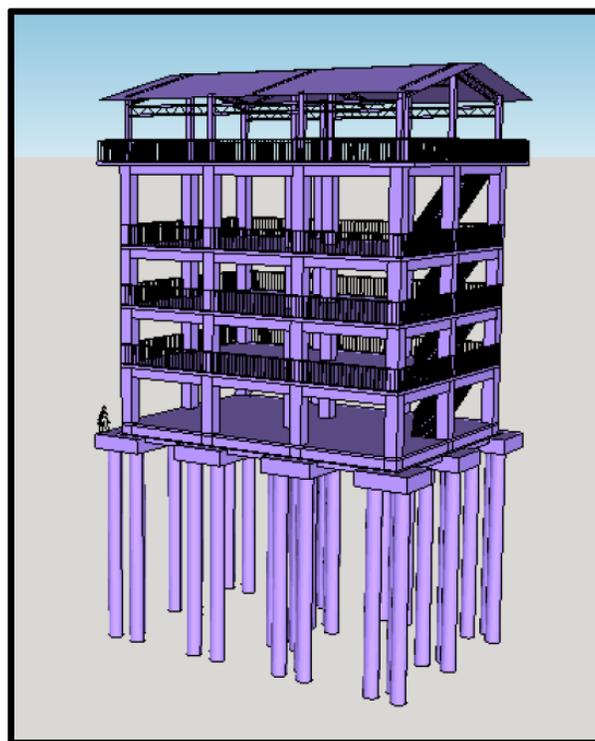


Figura 28: Torre para desalojo vertical diseñada como parte del Proyecto SafeHaven de Washington (Tomada de <https://mil.wa.gov/news/pacific-county-fd1-using-grant-to-design-new-vertical-tsunami-evacuation-center>).

Por otra parte, la Figura 29 muestra el diseño de un edificio de 72,000 pies cuadrados y 47 pies de alto ubicado en el Gladys Valley Marine Studies Building en el campus del Centro de Ciencias Marinas de Hatfield en Newport, Oregón cuyo costo fue de \$61.7 millones. Aunque el edificio es académico se construyó para aguantar un terremoto de magnitud mayor a 9 que ocurra en la Zona de Cascadia y que genere un tsunami. Allí podrían resguardarse las personas que trabajan y estudian, así como también la comunidad aledaña de “South Beach”. Según el Centro de Ciencias Marinas de Hatfield de la Universidad del Estado de Oregón, este edificio de ingeniería fuerte ofrece una estructura de desalojo vertical con suministros en su techo para apoyar a 920 personas por un periodo de 2 días luego de un evento en la zona de Cascadia.

La construcción comenzó en el 2018 y el edificio se completó en 2020 y cuenta con 3 formas para acceder al techo del edificio. Cabe recalcar que utilizaron la técnica de mezcla de suelo profundo Figura 30 para estabilizar el suelo debajo del edificio, utilizando barrenas de casi 100 pies para extraer el suelo existente y reemplazarlo con lechada de cemento de 27,380 yardas cúbicas.

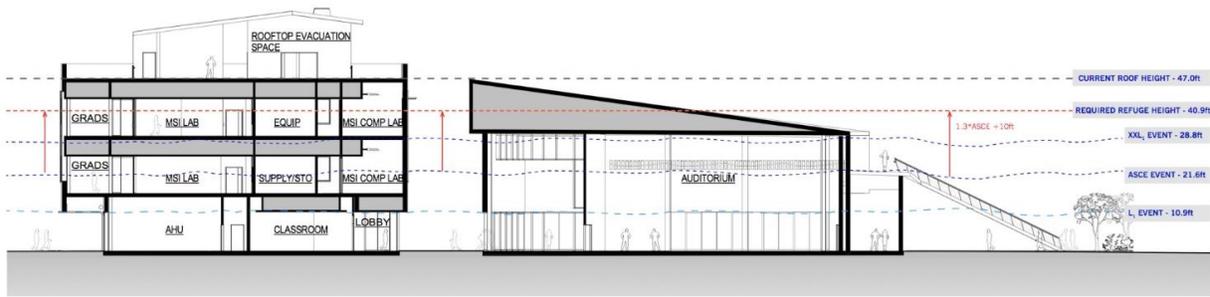


Figura 29: Diseño de la estructura de desalojo vertical en la Universidad del Estado de Oregon (Tomada de [Vertical Evacuation | Hatfield Marine Science Center | Oregon State University](#))

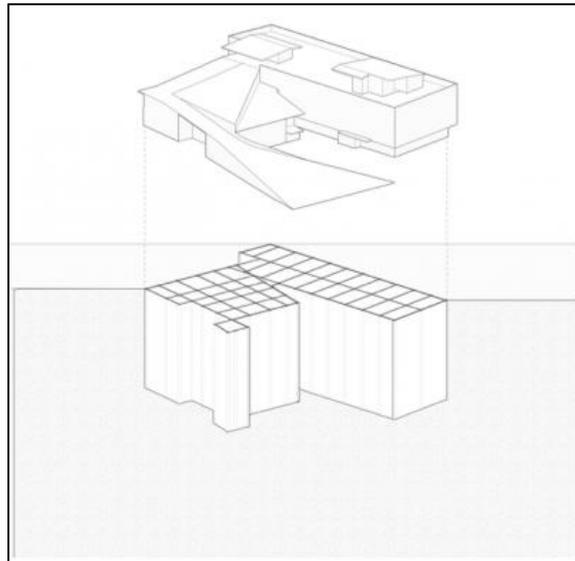


Figura 30: Cimientos de la estructura (Tomada de [Vertical Evacuation | Hatfield Marine Science Center | Oregon State University](#))

¿Qué cosas puede aportar la comunidad a un proyecto de este tipo?

Involucrar a la comunidad en cualquier proyecto que les afecte es una de las partes más importantes ya que aseguran que sea mucho más exitoso. Cuando una comunidad siente que se le toma en cuenta y que se llevan a cabo proyectos para su mejor interés y seguridad hará su mayor esfuerzo para contribuir al éxito de este y hasta realizará cosas por autogestión para beneficio de su comunidad. Este es el caso de la comunidad Villa del Carmen en Ponce PR, que autogestionó un mural educativo de tsunamis para su comunidad (Figura 31).



Figura 31: Mural educativo sobre tsunamis realizado por la Comunidad de Villa del Carmen en Ponce, PR.

Entre las cosas que una comunidad puede aportar a un proyecto de desalojo vertical se encuentran:

- Su experiencia manejando desastres en los años vividos allí.
- Identificación de algún terreno alto que se pueda utilizar para desalojo vertical.
- Identificación de a qué otros peligros son vulnerables.
- Habilidades y capacidades de los miembros de la comunidad que podrían aportar para el proyecto y/o proceso de preparación y mitigación ante la eventualidad de un tsunami.
- Cómo fomentar la participación de otros miembros de la comunidad que no suelen integrarse a menudo en conversaciones y/o negociaciones de este tipo.
- Estadísticas de personas vulnerables en especial sobre personas encamadas, con problemas de movilidad, que carecen de sus facultades mentales, ancianos y niños.
- Otros usos que se le podrían dar a la estructura para beneficio de toda la comunidad de acuerdo con las necesidades que les aqueja.

¿Quiénes deben participar del proyecto?

En adición a la comunidad, un proyecto de este tipo debe contar con la participación de los primeros respondedores de emergencia (OMME, policía, bomberos, etc.) tanto locales como estatales, ingenieros, geólogos, dueños de negocio y hotelería que formen parte de esa comunidad y cualquier otra agencia que podría estar interesada en contribuir con la planificación y desarrollo del proyecto. La amplia variedad del grupo que trabaje el proyecto será de gran ventaja para el éxito de este.

Luego de hacer un avalúo de las vulnerabilidades y posibles recursos de un área, debe tomarse una decisión acerca de si se necesita o no el desalojo vertical, cuál es la capacidad de desalojo necesaria, dónde debe localizarse, y qué tipo de estructura debe construirse o designarse como refugio (FEMA P646A). Realizar alianzas o acuerdos entre agencias públicas y privadas permitirá tener mayor acceso a posibles fondos para el desarrollo de la estructura y en todo lo referente a la preparación y mitigación ante un tsunami de los miembros de la comunidad.

Desalojo vertical en Puerto Rico

Letreros de desalojo vertical

El hotel Courtyard by Marriott en Isla Verde (Figura 32), fue la primera entidad reconocida TsunamiReady Supporters en PR por el SNM. Como parte de su plan de desalojo por tsunami, la hospedería determinó que de recibir un aviso de tsunamis desalojarían a sus huéspedes y personal al techo del hotel y permitirán a las personas de áreas aledañas utilizar el estacionamiento multipisos de sus facilidades para que se resguarden en lo que el aviso es cancelado. Con esta decisión la empresa podría salvar cientos de vidas de personas que se encuentren en el área en caso de un aviso de tsunami ya que la calle en que se encuentra es una muy transitada y es casi imposible para las personas que se hospeden o visiten cualquiera de las hospederías del área el poder realizar un desalojo horizontal en un tiempo apropiado para salvar sus vidas.

Por otra parte, el municipio de Cataño colocó dos letreros de desalojo vertical. Uno en su estacionamiento multipisos ubicado detrás de la casa alcaldía (Figura 33) página 26 y el otro en el estacionamiento de la Puntilla.

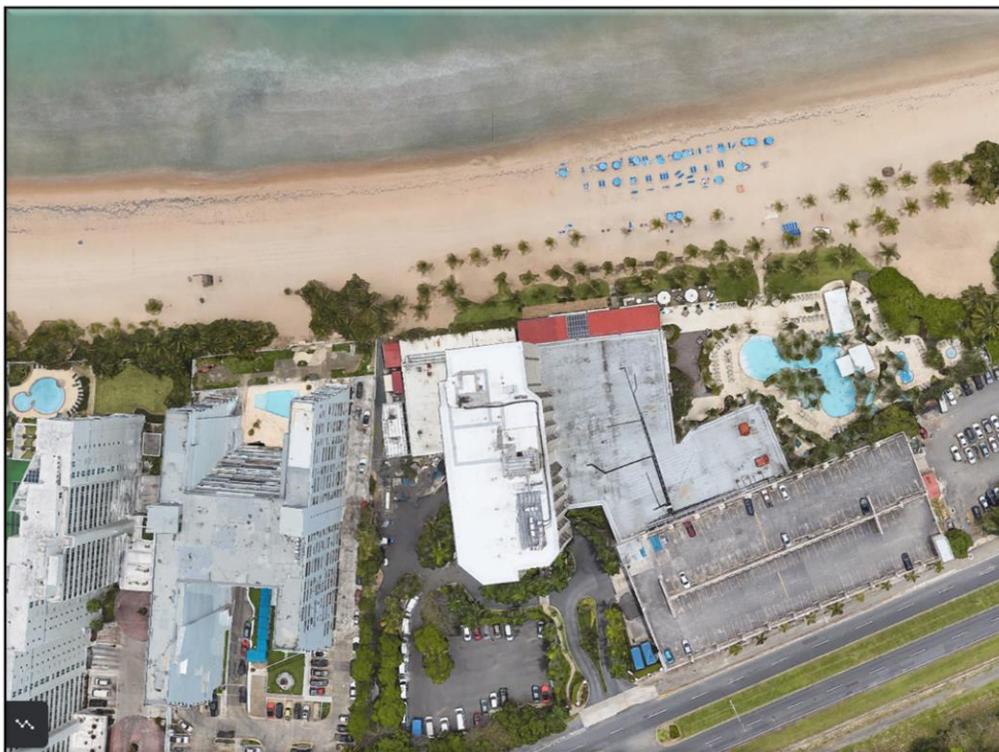


Figura 32: Hotel y estacionamiento de Courtyard by Marriott en Isla Verde cuyo plan contempla sus facilidades como estructuras de desalojo vertical (Tomada de Google Street).



Figura 33: Estacionamiento La Puntilla en Cataño (Tomada de Google Street).

Comunidad Espinal

Entre los esfuerzos que se han realizado en el tema de desalojo vertical en PR miembros del Comité TsunamiReady del NMEAD y de la RSPR han sostenido reuniones con el gobierno local de dicho municipio presentando la problemática. Con el apoyo del alcalde y la OMME se contactó a líderes comunitarios de dicha comunidad (Figura 34) para convocar varias reuniones en las que se les presentó la vulnerabilidad y se entabló una discusión con la comunidad sobre sus necesidades, expectativas, preocupaciones y capacidades. Gracias a estas reuniones se lograron cambios en el lugar de asamblea que se planificaba utilizar antes. La comunidad sugirió un nuevo lugar de asamblea más accesible y al que les toma menos tiempo dirigirse durante un desalojo. En adición, se evaluó la ruta de desalojo propuesta durante dos desalojos (uno diurno y otro nocturno) Figura 35. Al igual que en el experimento de Seaside, Oregón, queda demostrado que los simulacros de desalojo de tsunami son una parte importante del proceso educativo. Éstos ayudan a la gente a responder rápida y eficientemente a las alertas y atrae la atención de los medios al asunto (FEMA P646A). Gracias al cambio en la ruta de desalojo y al nuevo lugar de asamblea, combinado con los ejercicios de desalojos, se pudo constatar que el tiempo que les toma desalojar ahora es menor al estimado por el modelo de desalojo a pie (“pedestrian”) propuesto por la RSPR. El tiempo se redujo de 65 minutos a aproximadamente 44 minutos aún con la participación de personas de edad avanzada, persona con problema de movilidad (prótesis) y niños. Se espera que la comunidad siga recibiendo adiestramientos en el manejo de distintas emergencias que incluyan el de Equipo Comunitario de Respuesta de Emergencias (CERT por sus siglas en inglés) y que el gobierno local pueda trabajar con las debilidades expuestas en el “After Action Report” del último desalojo, para que puedan mejorar su respuesta en futuros desalojos.



Figura 34: Reunión con la comunidad de Espinal de Aguada, PR.



Figura 35: Desalojos de la comunidad de Espinal en Aguada (Diurno y Nocturno).

Recomendaciones en general

- Involucrar a la comunidad es clave para una planificación adecuada y determinación de los pasos de mitigación necesarios para lograr minimizar las pérdidas de vida. La comunidad debe participar de todo el proceso incluso de la determinación de cuál es el tipo de estructura ideal de acuerdo con las necesidades específicas de su comunidad. Cuando se reúna a la comunidad es necesario que el gobierno local contacte a los líderes comunitarios para que les ayuden a convocar a los miembros de la comunidad con los que ellos tienen contacto directo.
- Llevar información de preparación de ser necesario de puerta a puerta.
- Diseminar el protocolo local de respuesta ante una alerta de tsunamis.
- Fortalecer la preparación comunitaria sobre el manejo de emergencias en general y que incluya la preparación ante un evento de tsunamis educándoles de cómo reaccionar durante una alerta de tsunamis, cómo hacer un plan de emergencia familiar, como reaccionar ante un terremoto, cuáles son las señales naturales de un tsunami, cuáles son las alertas oficiales de tsunamis, entre otros.
- Analizar el contenido de los mapas de desalojo por tsunami entre los miembros de la comunidad incluyendo las agencias públicas y privadas que formen parte de esta comunidad, haciendo hincapié en las rutas de desalojo propuestas y los lugares de asamblea a los que deben dirigirse durante un AVISO de tsunami.
- Fortalecer la señalización en especial las rutas de desalojo a seguir y los lugares de asamblea establecidos por el municipio.
- Coordinar desalojos comunitarios que permitan a los residentes comprender mejor su vulnerabilidad, poner a prueba sus planes de emergencias familiares y discutir alternativas que permitan reducir el tiempo de desalojo.
- Evaluar la posibilidad de habilitar estructuras ya existentes para que puedan ser utilizadas durante un tsunami como estructura de desalojo vertical. Si son estructuras de poco tiempo de construcción utilizando los códigos recientes de construcción podrían resistir mejor el impacto de un terremoto y en ocasiones también de un tsunami.
- Si se va a desarrollar una estructura nueva, el diseño que se escoja debería tomar en consideración algún otro uso para beneficio de la comunidad puesto que la frecuencia de un tsunami es baja. Regularmente se requiere construir más de una estructura para abarcar a toda la población en peligro, pero sería un proyecto muy costoso.
- Integrar a ingenieros, arquitectos y geólogos en la discusión que permitan tener un control de calidad de la estructura que se esté trabajando.
- Al diseñar la estructura se debe tomar en consideración el acceso a la misma en especial de personas de edad avanzada, niños y personas con problemas de movilidad para ser inclusivos. Además de las leyes existentes para personas con impedimentos.

- Estudiar cuánto tiempo le toma a la comunidad acceder a esa estructura de desalojo vertical tomando en cuenta que la primera ola podría llegar en minutos después del terremoto local.
- Involucrar a los medios de comunicación en los procesos.
- Utilizar las redes sociales para informar a las comunidades e involucrar tanto al sector público como privado.
- Si los fondos no son suficientes para hacer varias estructuras de desalojo vertical que refugien a toda la comunidad que podría verse afectada, hacer un consenso de dónde es más conveniente ubicar la que se pueda construir para el beneficio de la mayor cantidad de gente posible.
- La estructura debe estar ubicada lo más centralizada posible en la comunidad para que todos se beneficien por igual.
- La estructura debe cumplir con las guías de la Agencia de Manejo de Emergencias Federal (FEMA por sus siglas en inglés) titulada “Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis” (FEMA P646) y con los códigos de construcción vigentes.
- Desarrollar acuerdos colaborativos o alianzas público-privadas para el proyecto, con distintas entidades locales, estatales, federales y privadas.
- Educar y adiestrar a los primeros respondedores locales en áreas específicas del tema utilizando, por ejemplo, programas como el “Hazards U.S. Multi-Hazard” (HAZUS-MH) de FEMA en donde se realizan estimado de pérdidas ante distintos fenómenos naturales como los terremotos y tsunamis. Programas con este ayudan al avalúo de vulnerabilidad pues incluyen cantidades de población y tipos de estructuras.

Limitaciones

Esta guía recopila la mejor información disponible al momento de su publicación con el propósito de que cualquier persona que desee reforzar una estructura en área costera en PR o que desee construir una edificación resistente a tsunamis, tenga una idea más clara de lo que necesita saber antes de comenzar. Sin embargo, en PR no existe ninguna estructura construida específicamente para desalojo vertical que permita evaluar de cerca el modo de construcción y demás detalles. Con esta guía no pretendemos sustituir de ningún modo los códigos de construcción utilizados en la isla sino suplementarlos tomando en consideración el efecto devastador de los tsunamis, en especial con las experiencias mundiales más recientes como los eventos de Indonesia, Japón y Chile. Esperamos que esta guía sea el primero de muchos documentos que recopilen información que ayude a nuestra isla a ser una más resiliente en caso de que experimentemos un tsunami como el de 1918 nuevamente.

Referencias

Colucci-Rios, B., *et al* .2022. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol.22 (1). Tomado de [Volumen 22 Número 1 Mayo 2022.pdf](#)

Farley G. 2019. Vertical evacuation structures offer escape from massive tsunamis. Tomado de [Vertical evacuation structures offer escape from massive tsunamis | kgw.com](#)

FEMA P-646 Guidelines For Design Of Structures For Vertical Evacuation From Tsunamis, 3rd Edition. Tomado de [FEMA P-646 Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis, 3rd Edition | WBDG - Whole Building Design Guide](#)

Marrero-Irizarry, A. A. 2015. Structural design of a reinforced concrete tsunami-resistant building for vertical evacuation structure in Bo. Espinal, Aguada, Puerto Rico. Tomado de [Tesis_AMIfirmado.pdf](#)

Marx R.J. 2019. Seen from Seaside: Thinking vertically in the face of a tsunami. Tomado de [Seen from Seaside: Thinking vertically in the face of a tsunami | Seen from Seaside | seasidesignal.com](#)

Modelo de evacuación vertical inclusiva Tomado de [MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL INCLUSIVA | Comunidad Socialab](#)

Oregon State University. An Engineering Model for Coastal Communities. Tomado de [Vertical Evacuation | Hatfield Marine Science Center | Oregon State University](#)

Red Sísmica de Puerto Rico. 2017. Tsunami: Guía para los medios de Puerto Rico. 7ma ed. Mayagüez, PR.

Red Sísmica de Puerto Rico. 2017. Guía de Preparación ante Tsunami para la Comunidad Marítima y Portuaria de Puerto Rico. 2da ed. Mayagüez, PR.

Rojas Andrade, R. 2013. El liderazgo comunitario y su importancia en la intervención comunitaria. Psicol. Am. Lat. no.25 México.

Washington Military Department. 2019. Pacific County FD1 using grant to design new vertical tsunami evacuation center. Tomado de <https://mil.wa.gov/news/pacific-county-fd1-using-grant-to-design-new-vertical-tsunami-evacuation-center>

Washington Military Department, Emergency Management Division. 2021. Be Tsunami Ready. [Tsunami | Washington State Military Department, Citizens Serving Citizens with Pride & Tradition](#)