

NUEVOS CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN 2018 Y EDUCACIÓN PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LA INFRAESTRUCTURA COSTERA EN PUERTO RICO¹

Carla López del Puerto², Ismael Pagán-Trinidad³, Luis D. Aponte-Bermúdez⁴,
Stuart Adams⁵

RESUMEN: El archipiélago de Puerto Rico es propenso a múltiples riesgos debido a su ubicación muy particular en el Caribe y a su frecuente exposición a eventos naturales extremos. Desde el 2017, la Isla se ha enfrentado a huracanes, tormentas tropicales, una secuencia de terremotos, sequía, y varios eventos de inundaciones causados por eventos ciclónicos extremos de lluvias que han ocasionado daños a la infraestructura costera. Para apoyar la recuperación de Puerto Rico, después del huracán María, se desarrollaron e implementaron numerosos proyectos. Muchos de estos proyectos fueron financiados a través de FEMA y actuaron como catalizadores claves para la respuesta, la recuperación y la política pública. El Equipo de Evaluación de Mitigación de FEMA, conocido como el “Mitigation Assessment Team” (MAT por sus siglas en inglés), desarrolló recomendaciones para reconstruir una infraestructura más resistente. Entre las recomendaciones claves, está la adopción del Código de Construcción de Puerto Rico de 2018 para facilitar la transferencia del conocimiento a la comunidad en general (estudiantes, profesores, profesionales, socorristas y fuerza laboral). El Centro de Resiliencia Costera (CRC) estableció dos programas educativos: el primero es un programa de educación continua abierto al público en general; y el segundo es un programa formal para estudiantes universitarios que incluye cursos conducentes a grado, proyectos, investigación e internados. La adopción de los últimos códigos de construcción y las recomendaciones de FEMA proveen las herramientas para una infraestructura costera resiliente. El programa de educación continua ha impactado, a la fecha, a 2,311 miembros de la comunidad aumentando el conocimiento y la comprensión de las distintas etapas de la prevención, preparación, respuesta, recuperación y mitigación de riesgos de la infraestructura costera.

Palabras clave: código de construcción, educación, infraestructura costera, reconstrucción, resiliencia

NEW BUILDING CODES 2018 AND EDUCATION TO IMPROVE RESILIENCE OF COASTAL INFRASTRUCTURE IN PUERTO RICO

ABSTRACT: The archipelago of Puerto Rico is prone to multiple hazards due to its very particular location in the Caribbean and its frequent exposure to extreme natural events. Since 2017, the Island has faced hurricanes, tropical storms, a sequence of earthquakes, drought, and various flood events caused by extreme cyclonic rainfall that have caused damage to coastal infrastructure. To support Puerto Rico's recovery after Hurricane María, numerous projects were developed and implemented. Many of these projects were funded through FEMA and acted as key catalysts for response, recovery, and public policy. FEMA's Mitigation Assessment Team, also known as MAT, developed recommendations to rebuild a more resistant infrastructure. Among the key recommendations is the adoption of the Puerto Rico Building Code of 2018. To facilitate the transfer of knowledge to the community in general (students,

¹ Artículo recibido el 7 de diciembre de 2020 y aceptado para publicación el 20 de diciembre de 2020.

² Catedrática, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico - Mayagüez, Mayagüez, PR 00681- 9000. E-mail: carla.lopezdelpuerto@upr.edu

³ Catedrático y Director de Departamento, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico – Mayagüez. E-mail: ismael.pagan@upr.edu

⁴ Catedrático, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico – Mayagüez. E-mail: luisd.aponte@upr.edu

⁵ Asociado, “Environmental Services”, Stantec 6110 Frost Place Laurel, MD 20707-2927. E-mail: stuart.adams@stantec.com

teachers, professionals, first responders and the workforce), the Center for Coastal Resilience (CRC) established two educational programs: the first is a continuing education program open to the general public; and the second is a formal program for university students that includes courses leading to degrees, projects, research, and internships. Adoption of the latest building codes and FEMA recommendations provide the tools for a resilient coastal infrastructure. The continuing education program has impacted 2,311 community members to date, increasing their knowledge and understanding of the different stages of prevention, preparedness, response, recovery, and risk mitigation of coastal infrastructure.

Keywords: building code, education, coastal infrastructure, reconstruction, resilience

INTRODUCCIÓN

El archipiélago de Puerto Rico es propenso a múltiples riesgos debido a su ubicación muy particular en el Caribe y a su frecuente exposición a eventos naturales extremos (Pagán-Trinidad et al., 2019; Gould W. A. et al., 2018). La Isla está expuesta a riesgos como ciclones tropicales (con impactos potenciales por vientos extremos, marejadas ciclónicas, oleaje, erosión e inundaciones costeras y deslizamientos de terrenos), terremotos (con impactos como tsunamis, derrumbes de pendientes de terrenos y licuación de suelos arenosos), lluvias extremas (causantes de inundaciones repentinas en ríos, sistemas de drenajes urbanos, continuos deslizamientos de terrenos o flujos de escombros de suelos y arrastres de escombros que obstruyen los sistemas de drenajes) y otros eventos meteorológicos (como sequías y nubes de polvos nocivos a la salud). Desde el 2017, la Isla se ha enfrentado a tres eventos ciclónicos tropicales extremos, una secuencia de terremotos, una sequía, varios eventos de inundaciones causados por eventos extremos de lluvias y las nubes cargadas con polvo del Sahara. La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, mejor conocida como FEMA (por sus siglas en inglés), reportó en el año 2019 que, de veintisiete (27) desastres mayores y ocho (8) declaraciones de emergencias en Puerto Rico, entre 1956 y 2018, todos excepto dos (2) han sido causados por eventos naturales asociados a eventos meteorológicos. Los efectos de erosión, socavación y redistribución de cargas de sedimentos en las costas debido a los huracanes ocurridos en el 2017 son evidencia de los impactos de estos eventos (Diálogo, 2018).

Aproximadamente, 48% de la población en 44 de los 78 municipios de Puerto Rico están ubicados en zonas costeras (DRNA, 2017). Sobre medio millón de personas residen en zonas inundables y aproximadamente cien mil (100,000) personas viven en zonas propensas a marejadas ciclónicas. El Huracán María acumuló entre 6” y 38” de lluvia en estaciones pluviométricas en la Isla. Dieciocho (18) cuerpos de agua registraron inundaciones extraordinarias estableciendo niveles de inundación entre los peores cuatro (4) de su historia (“National Weather Service, n.d.”). Un número significativo de municipios tienen infraestructura en pendientes muy pronunciadas que son propensas a deslizamientos de tierra y otros riesgos. Se han estimado más de setenta mil (70,000) deslizamientos de terrenos causados por las lluvias extremas durante el Huracán María (Hughes, K.S., and Schulz, W.H., 2020; Ramos-Scharrón, C.E., et al., 2020). La Isla está superpoblada con estimados aproximados al 2020 entre 3.2 y 3.5 millones de habitantes (proyecciones basadas en el censo de 2010). Esta población es vulnerable a impactos directos con focos más propensos por tener una densidad poblacional de aproximadamente mil (1,000) personas por milla cuadrada y ciudades en el área metropolitana con densidades que exceden tres (3) o cuatro (4) veces los promedios, haciéndolas mucho más vulnerables. Estas ciudades no tienen la infraestructura adecuada de desalojo ni de refugios que se requiere para enfrentar eventos extremos y mitigar la magnitud de los desastres naturales en la Isla.

Un número significativo de viviendas fue construido de modo artesanal o informalmente en el pasado sin necesariamente cumplir con los procesos más rigurosos y seguros de ingeniería basado en códigos de diseño, permisos de construcción y supervisión adecuada de la construcción. Una gran parte de la infraestructura crítica fue diseñada y construida con códigos que hoy están obsoletos, ya rebasó su vida útil, operan por debajo de su capacidad, y no los acompañan programas de mantenimiento rigurosos que la mantengan segura. Durante la última década, el archipiélago de Puerto Rico ha atravesado dificultades económicas, lo que significa que el acceso a fuentes financieras

para el proceso de rehabilitación y adaptación a un estado resiliente es muy limitado. La deuda pública de Puerto Rico se estima en 72 mil millones de dólares y no existen reservas de emergencias adecuadas para poder financiar los trabajos de reconstrucción necesarios para actualizar la infraestructura más importante. El panorama económico es más crítico considerando otros compromisos operacionales y para la atención de las emergencias que se han vivido a partir del 2017 (Benet, 2018). Para reconstruir a Puerto Rico, es necesario reconstruir la infraestructura deteriorada, formar una nueva generación de profesionales orientados a proveer infraestructura y una comunidad resiliente, y crear conciencia a todos los niveles en la cadena de respondedores a los desastres. Una gran parte de nuestra infraestructura crítica más relevante se encuentra dentro de kilómetro de distancia de la costa y está muy expuesta a todos estos peligros combinados (DRNA, 2017). En esta zona se encuentran los once (11) aeropuertos más importantes de la Isla, siete (7) plantas generadoras de energía eléctrica, la mayor parte de la infraestructura de la autoridad de acueductos y alcantarillados y la mayoría de los parques industriales están expuestos a daños causados por eventos naturales. Si se considera el aumento en riesgo debido al cambio climático en el futuro, el aumento del nivel del mar incrementará los riesgos por el aumento esperado por la magnitud y frecuencias de eventos extremos y por el aumento en el nivel del mar. El nivel del mar ha aumentado a razón de aproximadamente de 2 mm/año en la zona costera y los escenarios de proyección para 2100 proyectan niveles de cerca de un metro de aumento (NCSU “Southeast Climate Adaptation Science Center”, 2020).

En el 2017, el huracán María impactó la Isla unas dos (2) semanas después del huracán Irma. El huracán María es uno de los eventos más extremos que vivió la Isla en toda nuestra historia. Éste alcanzó vientos de hasta 170 mph y cuando impactó Puerto Rico, era casi de categoría cinco (5) con vientos sostenidos de 155 mph. El huracán azotó la Isla durante más de un día y tuvo impactos severos (Pagán et al., 2019). Los daños económicos provocados por el huracán se estimaron en aproximadamente 95 mil millones de dólares entre los impactos directos a la infraestructura e indirectos a la economía de la Isla (Gould, W.A., Díaz, E.L., 2017). Como consecuencia de los efectos directos e indirectos del huracán, desafortunadamente fallecieron alrededor de 3,000 personas, impacto el cual no es cuantificable. La Figura 1 demuestra al huracán María sobre Puerto Rico.

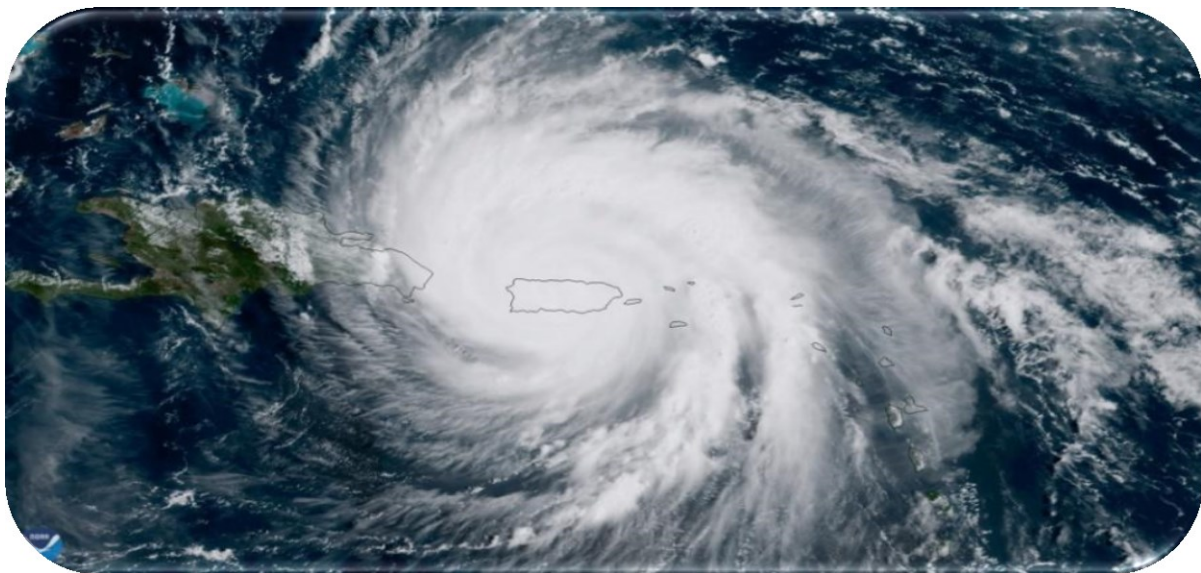


Figura 1: Huracán María sobre Puerto Rico (NOAA “National Environmental Satellite, Data, and Information Service” (NESDIS)).

La Figura 2 muestra los múltiples riesgos a los que está expuesta la Isla e imágenes de los daños causados por el huracán María. La mayoría de los principales ríos de la Isla sufrieron inundaciones extremas. La infraestructura de suministro de agua y alcantarillado sufrió graves daños debido a la falta de energía eléctrica que se necesita para suplir las plantas de tratamiento de aguas sanitarias y potables. Los puentes y las carreteras se erosionaron, socavaron o se derrumbaron, los deslizamientos de tierra extremos provocaron fallas en los edificios y la mayoría de los servicios esenciales, incluidos los servicios de comunicación, energía y salud, se vieron interrumpidos.



Figura 2: Múltiples riesgos a los que está expuesto el archipiélago de Puerto Rico.

ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y ADOPCIÓN DE CÓDIGOS

Después de los huracanes Irma y María, se desarrollaron e implementaron numerosos proyectos para apoyar la recuperación de Puerto Rico. Muchos de estos proyectos fueron financiados a través de FEMA y actuaron como catalizadores clave para la respuesta, la recuperación y la política pública. El Equipo de Evaluación de Mitigación de FEMA, conocido como el “Mitigation Assessment Team” (MAT por sus siglas en inglés), documenta el desempeño de infraestructura después de desastres significativos y desarrollar recomendaciones reales para reconstruir una infraestructura más resistente. Las recomendaciones son revisadas por pares expertos en la materia, académicos, organizaciones profesionales y partes interesadas locales y federales. Las acciones requieren asociaciones clave para garantizar implementaciones oportunas. Profesionales de la industria privada, organizaciones y académicos se asociaron con FEMA en Puerto Rico para evaluar el desempeño de la infraestructura y desarrollar un camino a seguir para una recuperación más resiliente. El informe del equipo de evaluación de mitigación (FEMA P-2020 | “Mitigation Assessment Team Report: Hurricanes Irma and María in Puerto Rico” | FEMA.Gov, 2018) contiene aproximadamente 200 páginas con 50 recomendaciones prácticas para reconstruir un Puerto Rico más resiliente y también crear un entendimiento adicional para que, en todo Estados Unidos y Puerto Rico, se apliquen las mismas. Entre las recomendaciones claves que se incluyen en el informe, está la adopción del Código de Construcción de Puerto Rico de 2018, que se basan en la serie de códigos del Consejo Internacional de Códigos 2018 (ICC, por sus siglas en inglés) (“Puerto Rico Codes 2018”, 2018). Debido a la topografía de Puerto Rico, el huracán María provocó daños significativos en determinados lugares en zonas montañosas susceptibles al efecto de aumento de la velocidad del

viento por la topografía. Por lo tanto, tomando en consideración el efecto de aumento de velocidad en los vientos huracanados en las zonas montañosas de Puerto Rico, el equipo del MAT recomendó desarrollar un nuevo mapa de vientos huracanados para Puerto Rico, conocido como una nueva región de viento, similar a los mapas desarrollados para el estado Hawái en la década del 2000. La Figura 3 ilustra una representación gráfica de cómo determinar el efecto de aumento de velocidad del viento en una topografía compleja según el método analítico de la guía del ASCE 7-16 (“American Society of Civil Engineers”, 2017), los resultados de este método son subjetivos a la interpretación de los ingenieros estructurales al momento de realizar los cálculos de la fuerza del viento. Por lo tanto, el nuevo mapa de vientos de Puerto Rico (“Puerto Rico Topographic Wind Speed-Up Microzoning Methodology”, 2018) incorpora de manera uniforme y consistente el riesgo que representa el efecto del aumento de velocidad debido a la topografía al momento de diseñar la nueva infraestructura en la isla.

Tras el paso de los huracanes Irma y María, se estimó que el 47% de las residencias unifamiliares en Puerto Rico son de construcción informal, o sea, que estaban construidas sin el uso de planos formales, y no estaban diseñadas por profesionales. De esta realidad surgió una recomendación para el desarrollo de planos prescriptivos. Dicha recomendación hoy día es una realidad, producto de la coordinación de la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) del Departamento de Desarrollo Económico y Comercio y FEMA, la cual brinda planos de diseño prescriptivo, los cuales son planos modelos seguros en cumplimiento con los Códigos de Construcción de Puerto Rico 2018 (Plano Seguro, 2020).

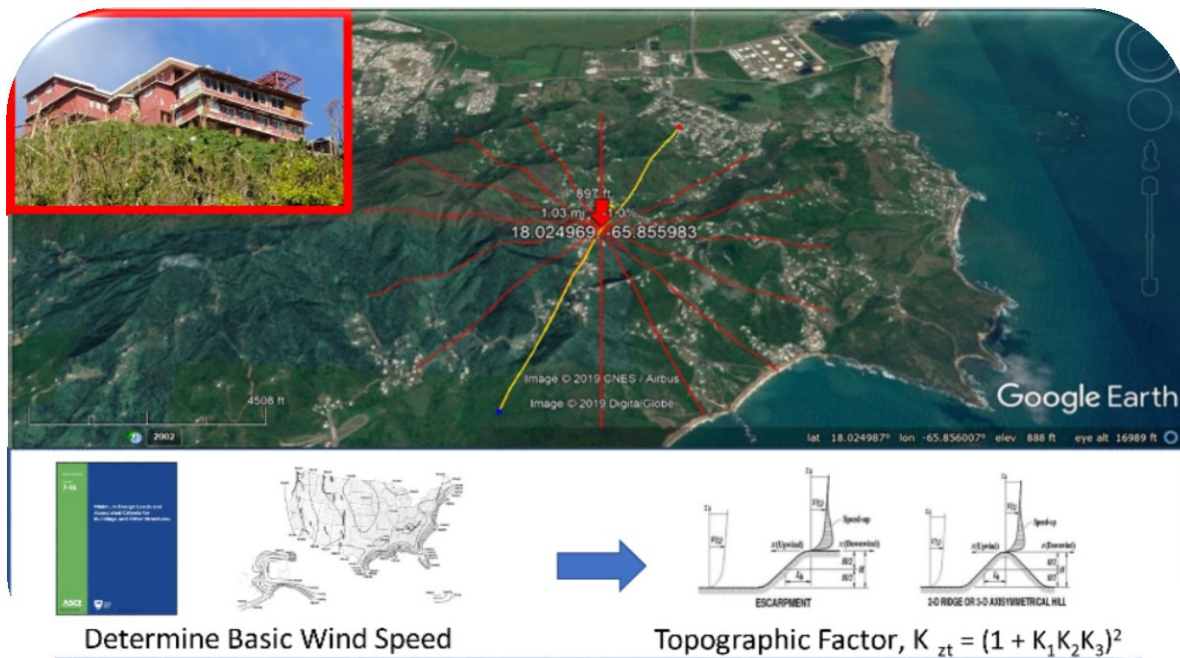


Figura 3: Ejemplo de cómo determinar la velocidad del viento en una microzona.

Debido al extenso daño causado por las inundaciones, producto de las intensas lluvias del Huracán María, FEMA (2018) desarrolló los datos y productos de asesoramiento sobre peligro de inundación (“Advisory Flood Hazard Data and Products”) para ayudar la reconstrucción resiliente y reducir las vulnerabilidades debido a inundaciones en Puerto Rico. El estudio provee lo siguiente: Datos de Asesoramiento del Río (estudios hidrológicos e hidráulicos que incluyen mapas de inundación de períodos de retorno de 100 y 500 años y cuadrículas de elevación de la superficie de la inundación); Datos de Asesoramiento Costero (límite de la valle inundable para períodos de retorno de 100 años, mapas del límite de acción moderada de las olas (“LiMWA” por sus siglas en inglés), modelación y mapas costeros para períodos de retorno de 500 años, cambio de costa a largo plazo y erosión costera inducida por tormentas);

y Productos de Asesoramiento de Apoyo (productos de cambio de mapa y resúmenes de riesgo de inundación de instalaciones críticas). Se utilizaron datos digitales rigurosos y precisos para actualizar los mapas de inundaciones de ríos (“Flood Advisory Maps, FAM, por sus siglas en inglés”) y costeras teniendo en cuenta los datos hidrológicos e hidráulicos históricos, los estudios de inundación (FIRM por sus siglas en inglés) y del huracán María (FEMA, 2018). Aunque estos mapas no han sido adoptados por la comunidad, han sido requeridos para el financiamiento de proyectos federales.

Otro proyecto para apoyar a Puerto Rico es el estudio del impacto del huracán María en la isla que actualmente realiza el Equipo Nacional de Seguridad en la Construcción (NCST, por sus siglas en inglés) del Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST, por sus siglas en inglés) (Huracán María, 2019). El objetivo de este esfuerzo es hacer recomendaciones para mejorar los códigos, estándares y prácticas de construcción para hacer que las comunidades de los Estados Unidos sean más resistentes a los huracanes y otros desastres naturales. Una de las áreas de este estudio es comprender el desempeño de la infraestructura crítica como hospitales y refugios durante el huracán María para comprender cómo los impactos de la tormenta influyeron en su operatividad y funcionalidad.

EDUCACIÓN PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LA INFRAESTRUCTURA COSTERA

Reconstruir una infraestructura más resistente y resiliente requiere que las recomendaciones de equipos con experiencia en la materia sean adoptadas de una manera amplia y eficiente por las múltiples partes interesadas. Para ayudar a la comunidad a comprender mejor las distintas etapas de la prevención, preparación, respuesta, recuperación y mitigación de riesgos de la infraestructura costera, se creó el Centro de Resiliencia Costera (CRC) en el Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico (UPRM). El CRC es auspiciado por el Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos (DHS por sus siglas en inglés) y funciona como un vehículo para transferir conocimiento a la comunidad en general (estudiantes, profesores, profesionales, socorristas y fuerza laboral) mediante dos programas educativos. El primero es un programa de educación continua que consiste en talleres, seminarios, conferencias, cursos cortos, y seminarios virtuales para comprender y aprender las funciones y responsabilidades de los diversos miembros a la hora de proporcionar sistemas resilientes de infraestructura costera. El segundo es un programa formal para estudiantes universitarios que incluye cursos conducentes a grado, proyectos, investigación e internados. Una de las metas fundamentales del CRC es que el aprendizaje experiencial ayude a motivar a estudiantes a proseguir carreras relacionadas con infraestructura costera y en el DHS. El CRC provee conferencias y adiestramientos a distancia pueden ser accedidas a través del portal (<https://www.uprm.edu/inci/crc/>). El programa de educación continua de CRC del Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos adscrito al Recinto Universitario de Mayagüez (UPRM-DHS CRC) ha tenido un impacto significativo en la comunidad transfiriendo el conocimiento y desarrollando destrezas a las diversas partes interesadas. En los primeros cinco años del CRC, han participado 1,685 personas y se han impartido un total de 8,530 horas-persona contacto. La Figura 4 muestra el número acumulativo de participantes en el programa de educación continua de CRC agrupados por año y el rol del participante en la comunidad. Además, se presenta el total de nuevos participantes para el sexto año que asciende a 534 en las cuatro (4) categorías de participantes. En los primeros seis años del CRC, se han ofrecido 52 talleres y conferencias en los que han participado un total de 2,311 individuos. Se han impartido un total de 10,359 horas-persona contacto y se han emitido 3,308 certificados de participación. De acuerdo con el número de horas contacto que cada participante ha completado, los tres niveles de certificado que se otorgan son de participación activa (10 horas-contacto), de logro de participación meritoria (20 horas-contacto) y de logro de participación sobresaliente (30 horas-contacto). Las Figuras 4 y 5 muestran información sobre la distribución de los participantes.

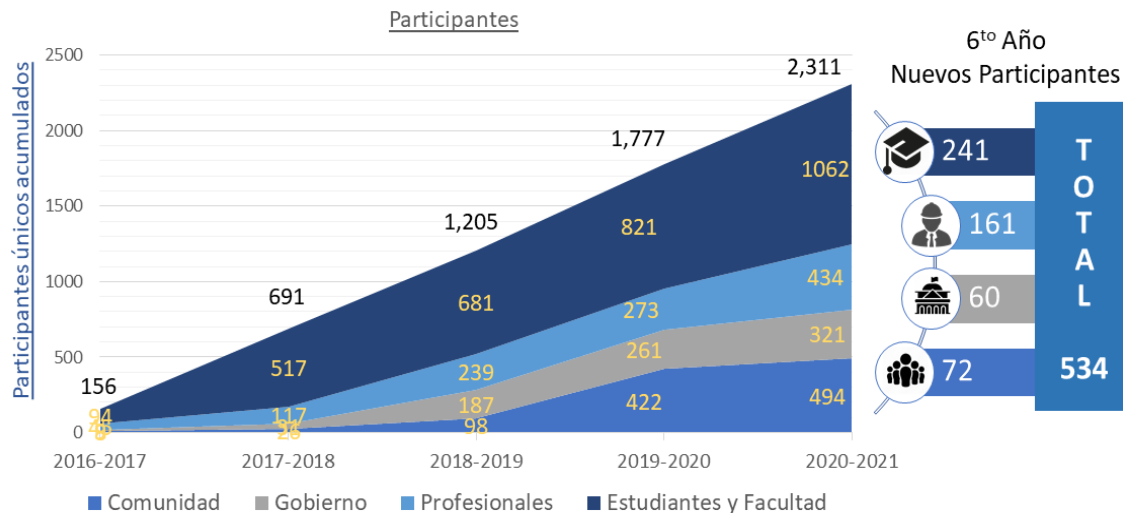


Figura 4: Distribución de participación en el programa de educación continua de UPRM-DHS CRC por año y sector durante el periodo de 2016 al 2021.

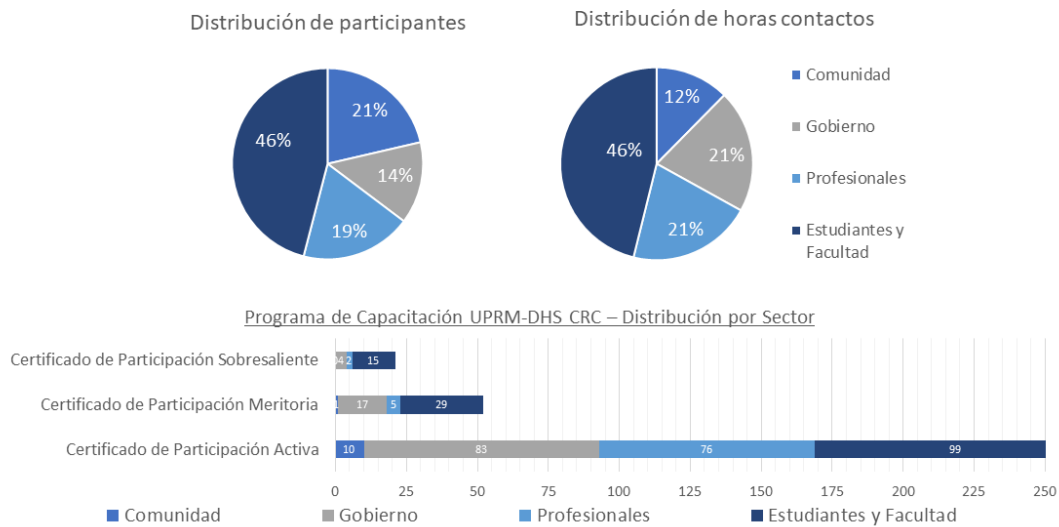


Figura 5: Distribución de participación en el programa de educación continua de UPRM-DHS CRC por sector y tipo de certificado durante el periodo de 2016 al 2021.

CONCLUSIONES

El archipiélago de Puerto Rico, por su ubicación, está expuesto a múltiples eventos naturales extremos. Los esfuerzos de recuperación de los daños causados por el huracán María están en curso y continuarán durante muchos años. La adopción de los últimos códigos de construcción y las recomendaciones de FEMA para una infraestructura costera resiliente.

El CRC funciona como un vehículo para la transferencia del conocimiento a la comunidad mediante un programa de educación formal y de educación continua. El programa de educación continua ha impactado a la fecha a 2,311 miembros de la comunidad expandiendo los conocimientos de los participantes. A través de los programas educativos, el CRC continúa cumpliendo su misión de mejorar la resiliencia social, de infraestructura, económica y del medio ambiente natural para enfrentar desastres naturales dentro de las comunidades costeras mediante la realización de investigaciones y la transferencia del conocimiento.

RECONOCIMIENTO

Las opiniones y conclusiones contenidas en este documento son las de los autores y no deben interpretarse como que necesariamente representan las políticas oficiales, ya sea expresas o implícitas, del Departamento de Seguridad Nacional de EE. UU. (DHS), la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de EE. UU. (FEMA), El Departamento de Servicio de Pesca y Vida Silvestre (FWS) y la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF). Este material se basa en el trabajo de las subvenciones DHS 2015-ST-061-ND0001-01; FEMA-4336-DR-PR; FEMA-4339-DR-PR; FWS F18AC00144; NSF 1761461 y NSF 1841979.

REFERENCIAS

- American Society of Civil Engineers (Ed.). (2017). *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures*. American Society of Civil Engineers.
- Benet, Chantal (2018). “Puerto Rico tiene un problema de \$200 mil millones”, *Inteligencia Económica*, El Vocero de Puerto Rico, (elvocero.com), (https://www.elvocero.com/economia/puerto-rico-tiene-un-problema-de-200-mil-millones/article_25917328-e68c-11e8-a659-bf9f66b08f6e.html)
- Disis, J. (2017). “Hurricane María could be a \$95 billion storm for Puerto Rico, CNN Business (<https://money.cnn.com/2017/09/28/news/economy/puerto-rico-hurricane-María-damageestimate/index.html>)
- DRNA. Programa de Manejo de la Zona Costanera (2017). Estado de la Costa de Puerto Rico. Ernesto L. Díaz y Karla M. Hevia, editores.
- FEMA Strategic Alliance for Risk Reduction-STAR II (March 1, 2018). *Puerto Rico Advisory Data and Products - Post-Hurricanes Irma and María, Contract No. HSFE60-15-D-0005 Task Order 70FBR218F00000011*.
- FEMA P-2020 | *Mitigation Assessment Team Report: Hurricanes Irma and María in Puerto Rico* | FEMA.gov (P-2020). (2018). FEMA P-2020. <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/173789>
- Gould, W.A., E.L. Díaz, (co-leads), and others, U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 809–871. doi:10.7930/NCA4.2018.CH20.
- Hughes, K.S., and Schulz, W.H. (2020). “Map depicting susceptibility to landslides triggered by intense rainfall, Puerto Rico”, U.S. Geological Survey Open-File Report 2020-1022, 91 p., 1 plate, scale 1:150,000, (<https://doi.org/10.3133/ofr202010>)
- Huracán María. (31/julio/2019). Government. “NIST Resilience Disaster & Failures Studies”. <https://www.nist.gov/topics/disaster-failure-studies/huracan-María>
- National Weather Service, n.d., https://www.weather.gov/images/siu/Hurricanes/María/María_Crest_History.png

- López Marrero, T. y O. Acevedo Muñiz. 2016. Dinámicas poblacionales en los municipios costeros de Puerto Rico: 1980 al 2015. Centro Interdisciplinario de Estudios del Litoral. Mayagüez, PR: Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. 78 p. (<https://ciel-uprm.org/publicaciones/>)
- NCSU Southeast Climate Adaptation Science Center (2020) “A Guide to Understanding the U.S. Caribbean Chapter of the NCA4”, (<https://secasc.ncsu.edu/2020/02/10/a-guide-to-understanding-the-u-s-caribbean-chapter-of-the-nca4/>)
- NOAA, National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS), (<https://www.nesdis.noaa.gov/content/hurricane-María-lashes-puerto-rico>)
- Pagán-Trinidad, I., López-Rodríguez, R., and Díaz, E.L. (2019). “Education and Building Capacity for Improving Resilience of Coastal Infrastructure”, *126th Annual Conference and Exposition, ASEE, Paper Id #27371, New Orleans, Louisiana.*
- Plano Seguro. (2020, octubre). Gobierno Departamento de Desarrollo Económico y Comercio. <https://www.ddec.pr.gov/plano-seguro/>
- Puerto Rico Codes 2018. (2018). Permits Management Office (OGPe-DDEC), Department of Economic Development and Commerce. <http://app.estado.gobierno.pr/ReglamentosOnLine/Reglamentos/9049.pdf>
- FEMA (2018). *Puerto Rico Topographic Wind Speed-Up Microzoning Methodology*, p. 85.
- Ramos-Scharrón, C.E., Arima, E.Y., and Hughes, K.S., (2020). “An assessment of the spatial distribution of shallow landslides induced by Hurricane María in Puerto Rico, *Physical Geography*, 29p. (<https://doi.org/10.1080/02723646.2020.1801121>)”.