



Resumen

En el año 2017, los huracanes Irma y María causaron daños a la infraestructura de Puerto Rico. Un daño que se observó con frecuencia fue la falla de techos de madera y zinc de residencias unifamiliares. El objetivo de este proyecto fue proponer un diseño estándar de techos de madera y zinc que sea resistente a cargas de vientos causadas por huracanes de categorías altas. Se realizaron entrevistas a algunos dueños de residencias con este tipo de techo y que fueron afectados por el huracán, determinándose que, en los casos observados, las fallas mayormente se produjeron por el uso de pocos clavos en el revestimiento. Se tomaron medidas de casas evaluadas y se seleccionó un tamaño estándar de 40 pies de largo, 30 pies de ancho y 12 pies de alto. Se realizaron experimentos para determinar la capacidad de agarre de clavos y tornillos en madera. Por último, se realizó un diseño de techo de madera y zinc utilizando un programa de ingeniería estructural y cumpliendo con los requisitos mínimos de los códigos de construcción vigentes.

Introducción

En septiembre del año 2017 Puerto Rico tuvo efectos de dos fenómenos atmosféricos:

1. Huracán Irma – Categoría 5, Lluvias de 15”, Vientos Sostenidos - 88 mph, Ráfagas - 110 mph, Duración 18 horas.
2. Huracán María – Categoría 4, Lluvias de 38”, Vientos Sostenidos - 155 mph, Ráfagas - 200 mph, Duración 12 horas.

El objetivo de este proyecto fue realizar un diseño de techos de madera y zinc que pueda ser utilizado de forma estándar en Puerto Rico y que sea resistente a las cargas de viento de acuerdo con los códigos vigentes.

Problema

Sobre 166,000 casas fueron destruidas y más de 472,000 unidades sufrieron daños mayores con el paso de los dos huracanes, Irma y María. En Puerto Rico es muy común la construcción de casas de madera de un nivel y se consideran vulnerables a los huracanes por ser construidas informalmente. La mayoría de estas construcciones tienen de 40 a 50 años, con solamente el 1% construidas después del año 2010. Una falla que se observó con bastante frecuencia fue la pérdida de revestimiento de techos de armazón de madera de residencias unifamiliares.

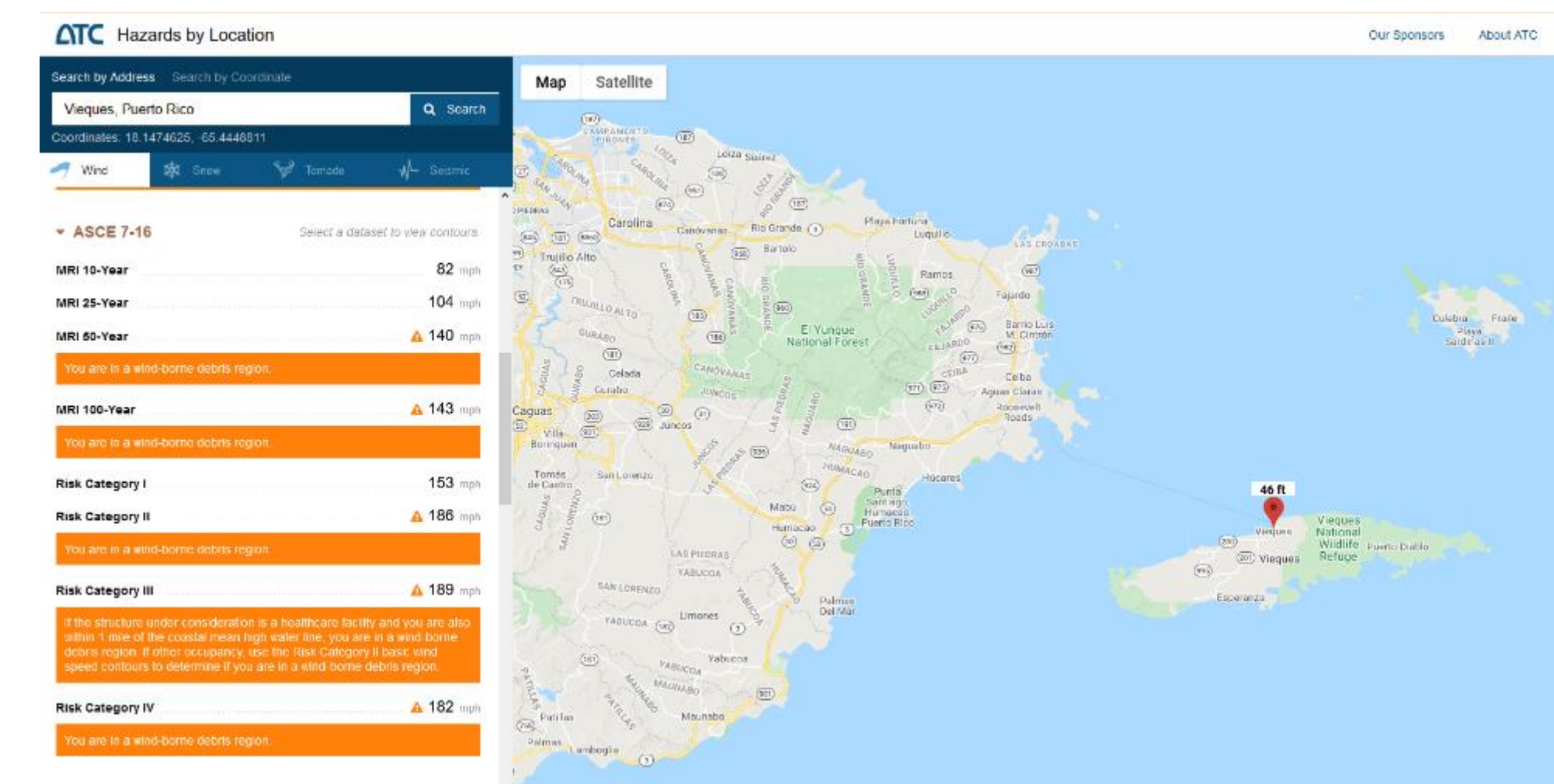


Vista de Varias Residencias que Perdieron Revestimiento del Techo Luego del Huracán María

Revisión de Literatura

Para el diseño estándar de techos de madera y zinc, se escogieron los siguientes parámetros para el procedimiento de cargas de viento del ASCE/SEI 7-16:

- Categoría de Riesgo: II
- Velocidad del Viento, $V = 190$ mph - Applied Technology Council (ATC)
- $K_{zt} = 1.0$
- Exposición: B
- $K_h = 0.7$
- $K_e = 1.0$
- $G = 0.85$
- Edificio Cerrado

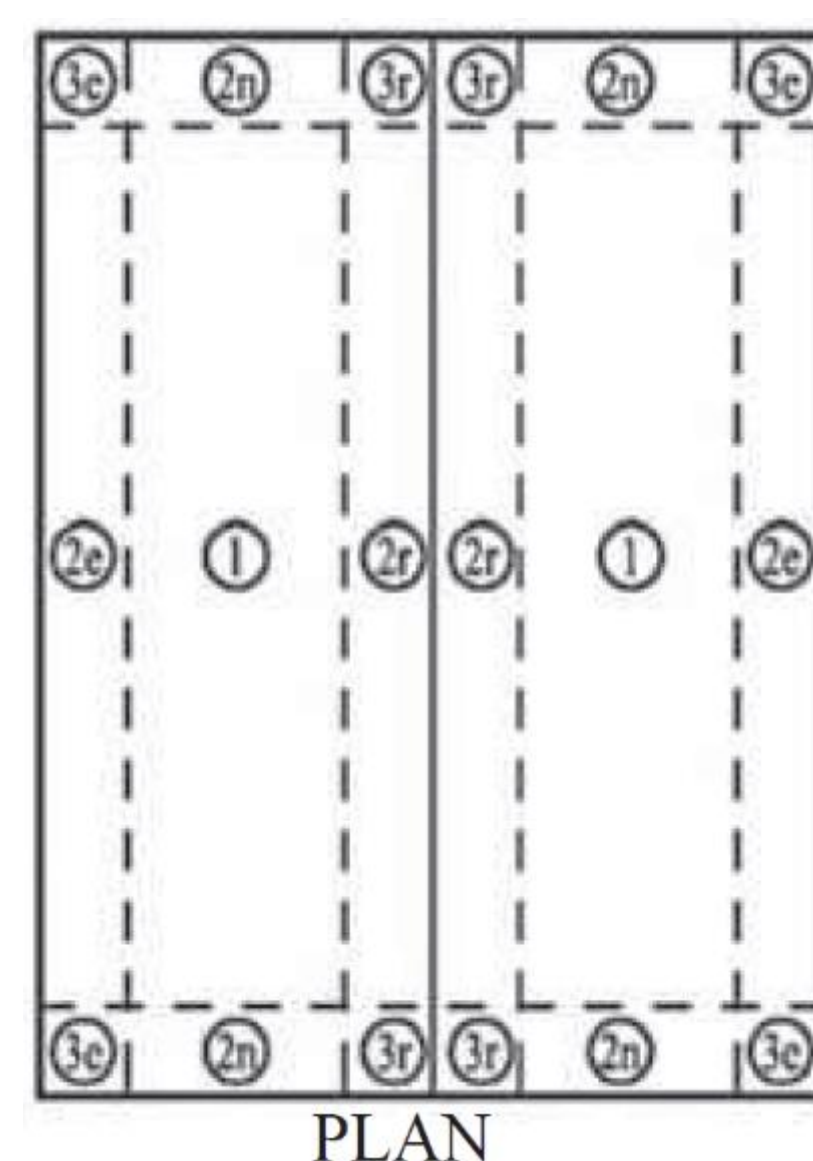


Sitio Web del ATC

Metodología

La metodología de este proyecto se realizó en cinco etapas, según se detalla a continuación:

1. Entrevistas
2. Dimensiones y Características de una Casa Estándar Evaluada
3. Cálculos de Presión de Viento
4. Experimento de Clavos y Tornillos
5. Modelo Estructural en Software

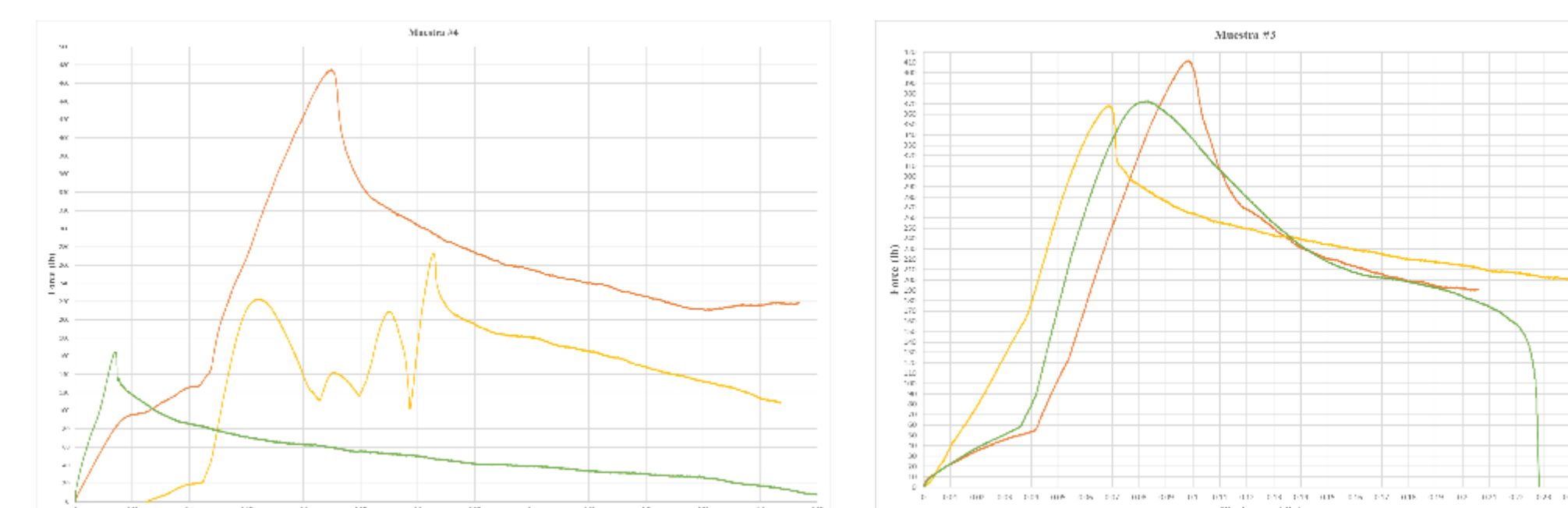


Utilidades para la Metodología



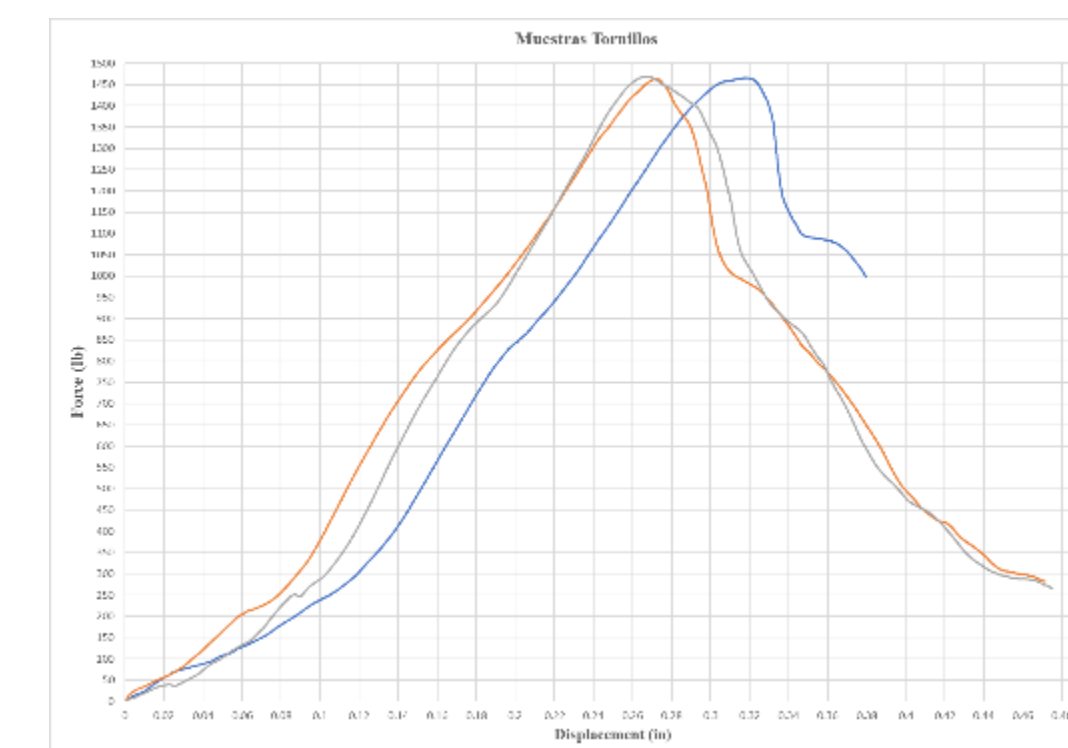
Resultados

1. En las entrevistas se determinó la causa principal de los daños en los techos – No tener un número de clavos adecuados anclando el zinc al armazón de madera.
2. Dimensiones Casa Estándar – 40' x 30' x 12'
3. Cálculos de Presiones:
 - Procedimiento Direccional $\rightarrow (-51.96$ psf)
 - Procedimiento de la Envolvente $\rightarrow (-68.8$ psf)
 - Procedimiento Componentes y Revestimiento \rightarrow Zona 3 (-207.85) psf, Zonas 2 (-110.02) psf) y Zonas 1 (-37.39) psf)
4. Agarre de Clavos y Tornillos:



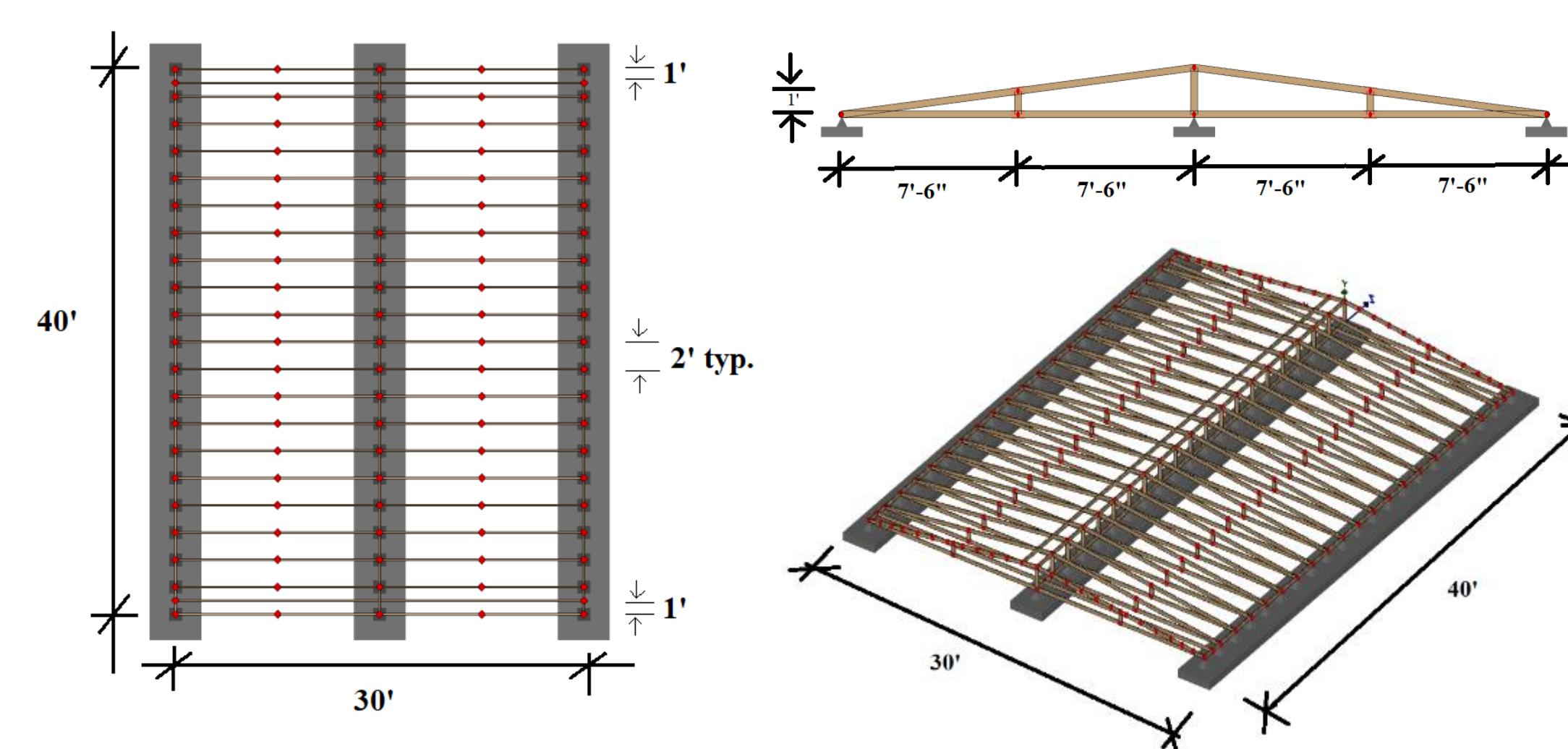
Clavos Lisos

Clavos Helicoidal

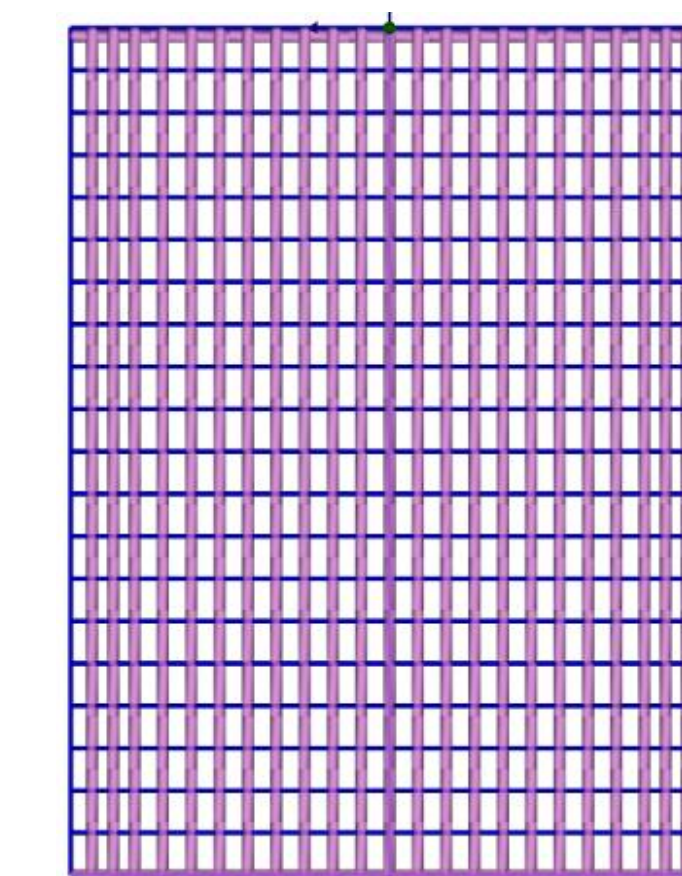


Tornillos

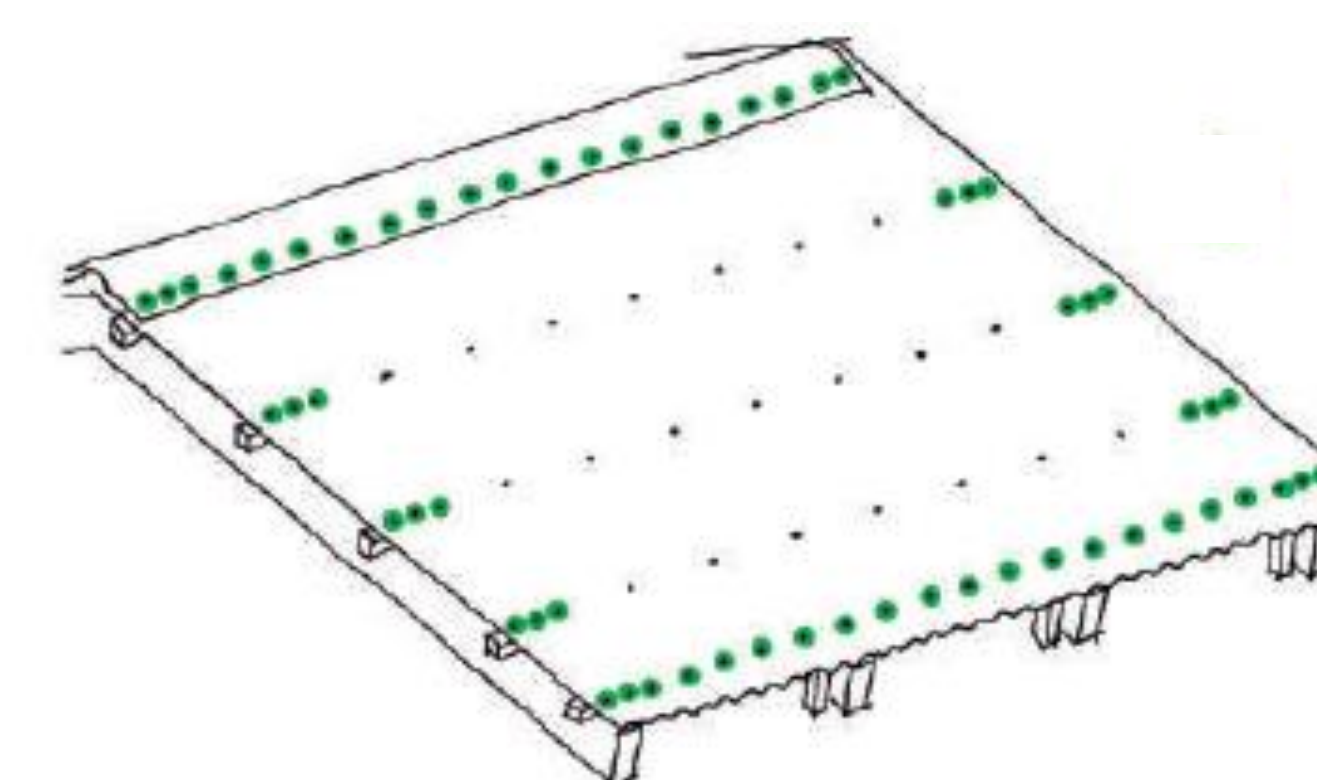
Diseño



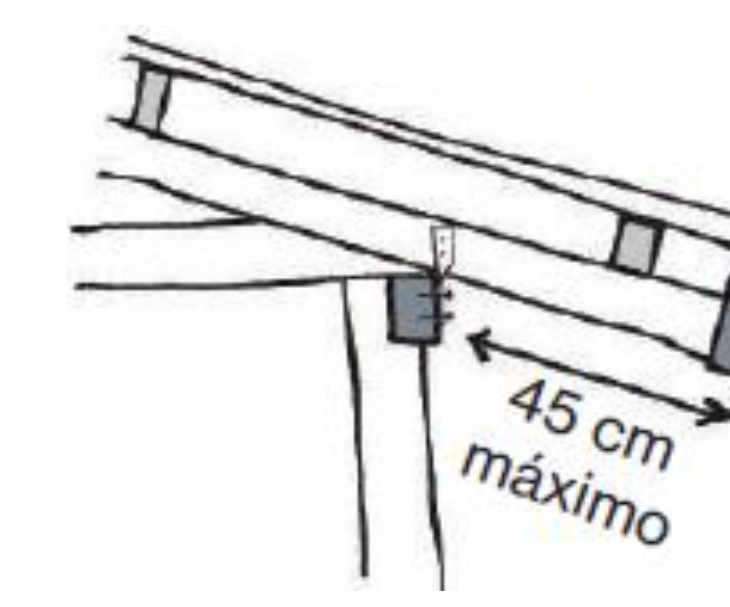
Armazón en Diferentes Vistas, Madera 2" x 4" Solamente



Vista de Planta del Armazón con Alfajías



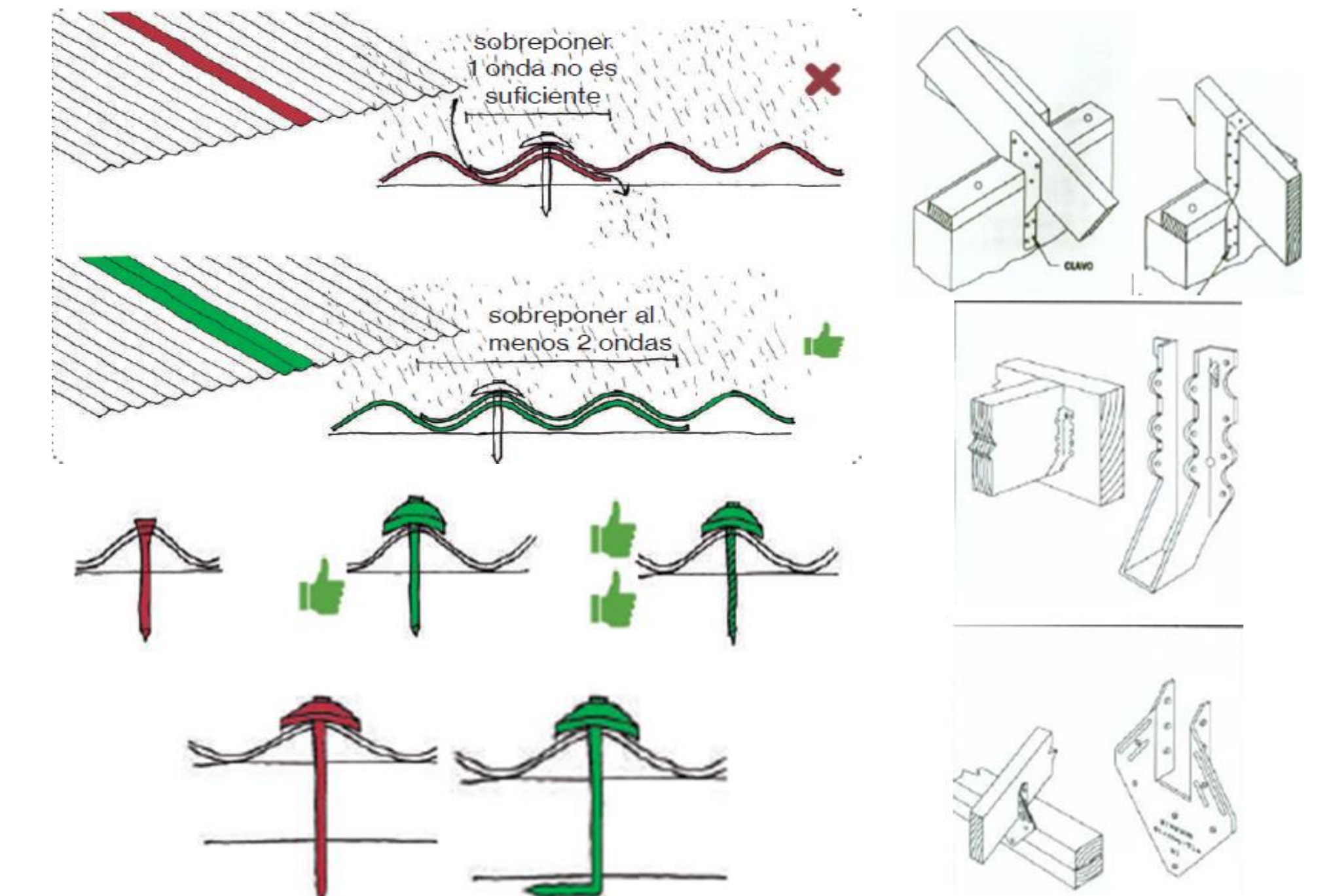
Manera Ilustrativa de Anclar el Zinc



Voladizo

Conclusión y Recomendaciones

1. Ayudar, Conciencia y Conocimientos.
2. Diseño para Techos Fuertes, Estables y Resistentes.
3. Algunos puntos adicionales que se pueden considerar para obtener un mejor desempeño:
 - Doblar los clavos luego de ser colocado es una práctica excelente y puede mejorar la estructura significativamente.
 - El uso de tensores para un evento de huracanes parece ser una práctica que se está convirtiendo en usual para las casas más vulnerables.
 - Para las casas existentes, una inspección y mantenimiento continuo es recomendable para la durabilidad de los techos. Por ejemplo, si se observa que los anclajes no tienen una separación adecuada, se puede optar por añadir clavos helicoidales o tornillos.
 - Los tornillos tienen una capacidad considerablemente mayor que los clavos.
 - Para huecos que pueda haber en el zinc, es muy importante taparlos. Para esto se recomienda el uso de aceite de asfalto, comúnmente conocido como bitumén.



Ejemplos Ilustrativos de la Recomendaciones

Agradecimientos

1. Héctor J. Cruzado, Ph.D. – Mentor
2. Salvador A. Montilla BSEE, MECE – Colaborador
3. María R. Iglesias Carrillo – Editora

Referencias

- [1] Mitigation Assessment Team, Mitigation Assessment Team Report. Hurricanes Irma and Maria in Puerto Rico: Building Performance, Observations, Recommendations and Technical Guidance. Report FEMA P-2020 MA, Puerto Rico, USA, Rep. 2020, October 2018. [En línea]. Disponible: https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/mit-report_hurricane-irma-maria-puerto-rico_2.pdf [Recuperado el 4 de abril de 2021].
- [2] El Nuevo Día & Primera Hora, “María, un nombre que no vamos a olvidar”, El Nuevo Día, 28 ago. 2018. [En línea]. Disponible: <https://huracanmaria.elnuevodia.com/2017/> [Recuperado el 21 de abril de 2021].
- [3] J. Cidón Martínez, C. Izquierdo Pérez., Viviendas de madera resistentes a huracanes. Guía sobre construcción y reparaciones seguras. Costa Rica: Hábitat para la Humanidad Internacional, 2017.
- [4] Colegio de Ingenieros y Agrimensores de PR, Huracanes en Puerto Rico, Guía de Mitigación de Daños Antes, Durante y Después del Huracán, 1era. ed. San Juan, PR: CIAPR, CD, FEMA, 1996.