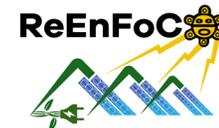


Acondicionamiento de Nuestro Sistema Fotovoltaico Antes y Después de Huracanes

Presentado por Arup

Eddie M. Guerra, PE

Kyle Cepeda, EIT LEED AP



Acerca de los Ponentes



Eddie M. Guerra, PE

Oriundo de San Sebastián Puerto Rico, el ingeniero Eddie M. Guerra es ingeniero estructural y civil especializado en infraestructura energética. Por más de una década el ingeniero Guerra ha dedicado su carrera a proyectos de gran envergadura en el ámbito de diseño y planificación para una variedad de proyectos energéticos y de resiliencia en los Estados Unidos y alrededor del mundo.

Eddie M. Guerra posee un bachillerato en ingeniería civil de la Universidad de Puerto Rico Mayagüez y una maestría en ingeniería estructural de la Universidad de Lehigh en Pennsylvania. Es ingeniero licenciado en Texas, Pennsylvania y Puerto Rico. En adición, el ingeniero Guerra es asesor para estudiantes graduados en el departamento de ingeniería civil de la Universidad de Puerto Rico Mayagüez y miembro de los comités de Diseño Sísmico de la Sociedad Americana de Ingeniería Civil y Riesgo Probabilístico para la Sociedad Americana de Ingeniería Mecánica.



Kyle Cepeda, EIT LEED AP

Kyle Cepeda es ingeniero eléctrico con experiencia comercial en los sectores de ciencia, industria y tecnología. Kyle ha diseñado sistemas de energía resilientes para laboratorios y clientes de tecnología en los Estados Unidos, con un interés creciente en desarrollar diseños sostenibles utilizando generación de energía renovable y tecnología de microrredes.

Kyle posee un bachillerato en ingeniería eléctrica e ingeniería informática de la Universidad de Washington en St. Louis, Missouri. Es Ingeniero en Entrenamiento en Illinois y posee la acreditación del LEED AP para el diseño y construcción de edificios sostenibles. Además, Kyle actúa como mentor para los estudiantes de secundaria locales interesados en seguir carreras en arquitectura, ingeniería y construcción a través del programa de mentores ACE Chicago.

Agenda

1

Trasfondo: Eventos naturales en Puerto Rico, la condición de la red eléctrica y el rol de energía solar para traer resiliencia energética a las comunidades

2

Elementos básicos de refuerzo estructural de sistemas fotovoltaicos

3

Medidas de protección del sistema inmediatos antes y después del huracán

4

Sistemas energéticos preparados para el futuro - como implementar un marco de resiliencia energética en la comunidad para el futuro en Puerto Rico

5

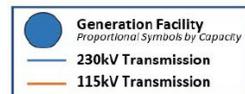
Sesión de preguntas y respuestas

Trasfondo General: La condición de la red eléctrica en Puerto Rico, eventos naturales, y el rol de energía solar para traer resiliencia energética a las comunidades



Image Courtesy of Soltec

Condición de la Red Eléctrica en Puerto Rico



Averías y consumo desatan crisis en el servicio de energía eléctrica de Puerto Rico

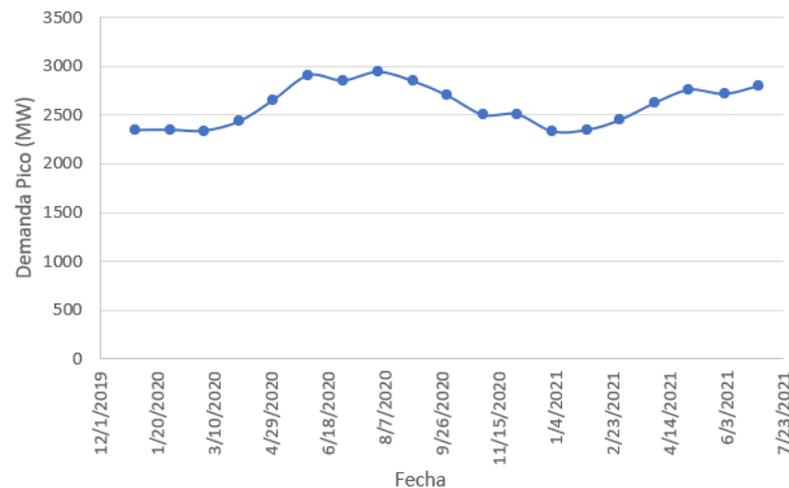
En plena temporada pico de demanda, tres unidades principales de generación salieron de servicio, un escenario que ni la AEE ni LUMA Energy contemplaban

martes, 31 de agosto de 2021 - 10:40 p.m.

Por Gerardo E. Alvarado León

*Only >200MW generation facilities are labeled.

Demanda Máxima (MW)



2204.7 MW

Generación
Total

653.18 MW

Reserva
Operacional

2842.02 MW

Capacidad
Disponible



Las dos unidades de la central Aguirre, en Salinas, que están fuera de operación por mantenimiento programado y averías, entrarían en servicio a finales de esta semana, lo que aportaría 870 megavatios al sistema eléctrico. (Archivo)

endi

ELNUEVODIA.COM

miércoles, 1 de septiembre de 2021

Condición de la Red Eléctrica en Puerto Rico



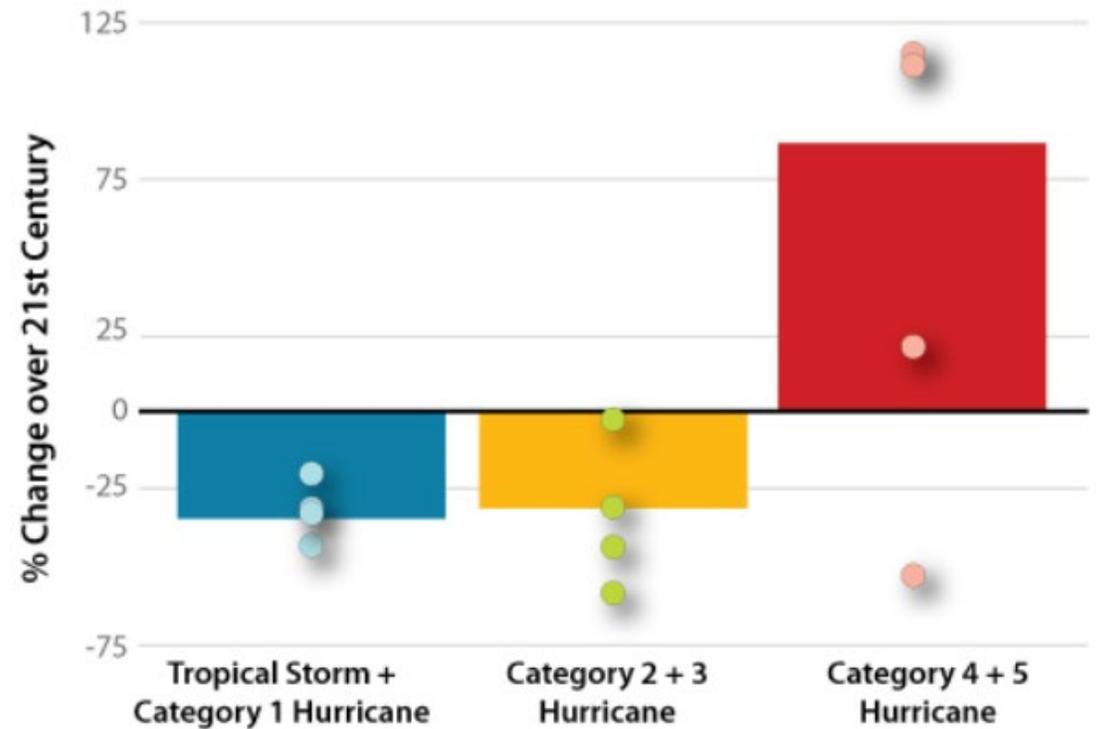
Energy Resilience Solutions for the Puerto Rico Grid

Final Report
June 2018

United States Department of Energy
Washington, DC 20585

1. **Altas temperaturas** – esto significa que la demanda eléctrica promedio durante el año es bien cercana a la demanda pico. Al ser la demanda tan alta, requiere que las plantas estén corriendo por mas tiempo lo que incrementa el uso y la frecuencia de mantenimiento.
2. **Pocas reservas que funcionan** – la alta frecuencia de mantenimiento en las plantas requiere reservas que estén disponibles cuando se apagan las plantas para mantenimiento. El problema en Puerto Rico es que la cantidad de reserva es bien baja. Como referencia, Puerto Rico actualmente cuenta con un margen de menos de 10% entre demanda pico y capacidad instalada. En comparación con Singapur (70%) y Hawaii (40%).
3. **Falta de redundancia en la red** – las principales líneas de transmisión en Puerto Rico transportan la electricidad del sur de la isla al norte. El huracán Maria destruyó estas principales vías de transmisión lo cual dejo al descubierto la poca redundancia del sistema.

El Cambio Climático y la Intensidad de Huracanes



Recent intense hurricane response to global climate change

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-013-1713-0>

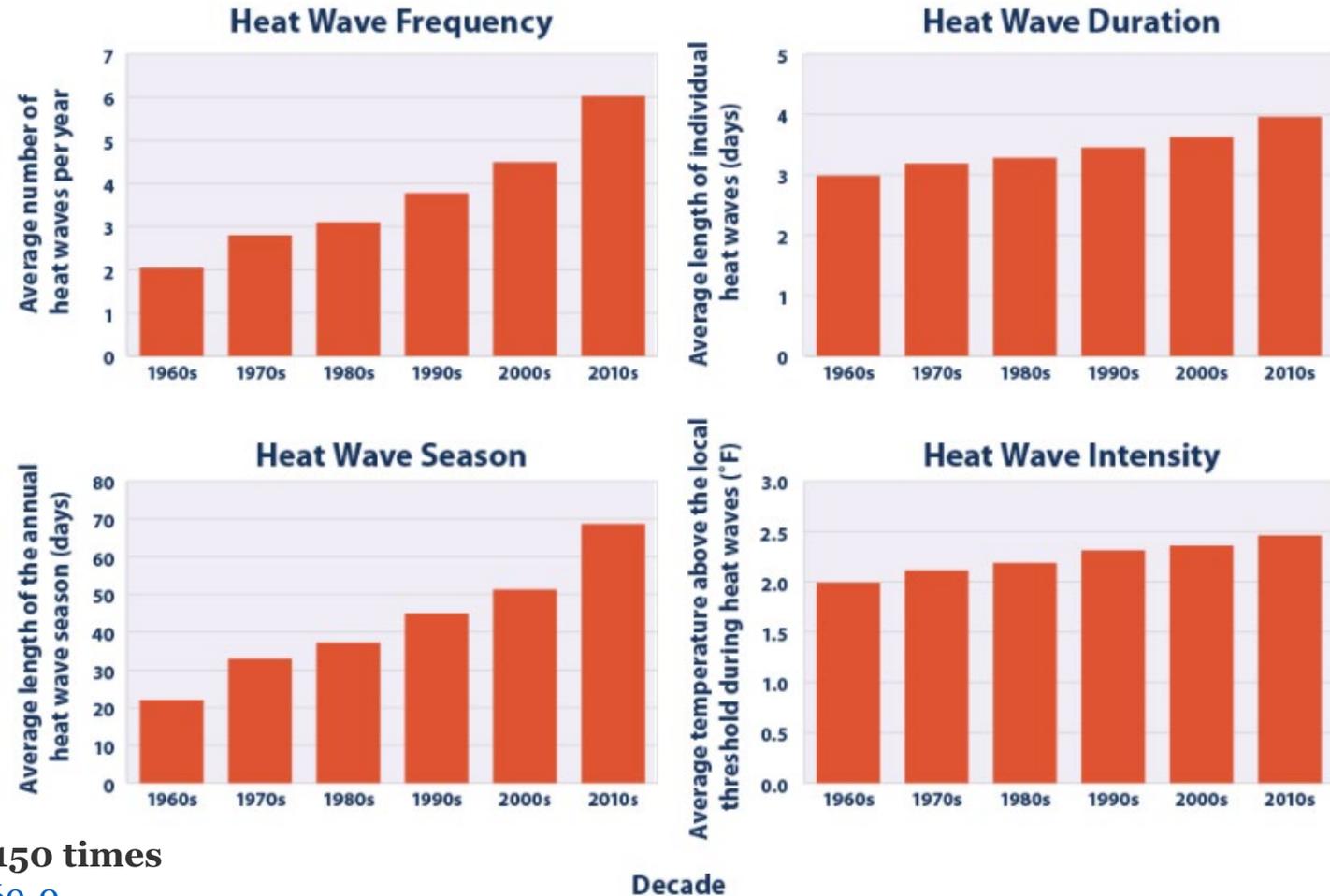
Increasing Magnitude of Hurricane Rapid Intensification in the Central and Eastern Tropical Atlantic

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018GL077597>

El Cambio Climático y las Olas de Calor



Figure 1. Heat Wave Characteristics in the United States by Decade, 1961–2019



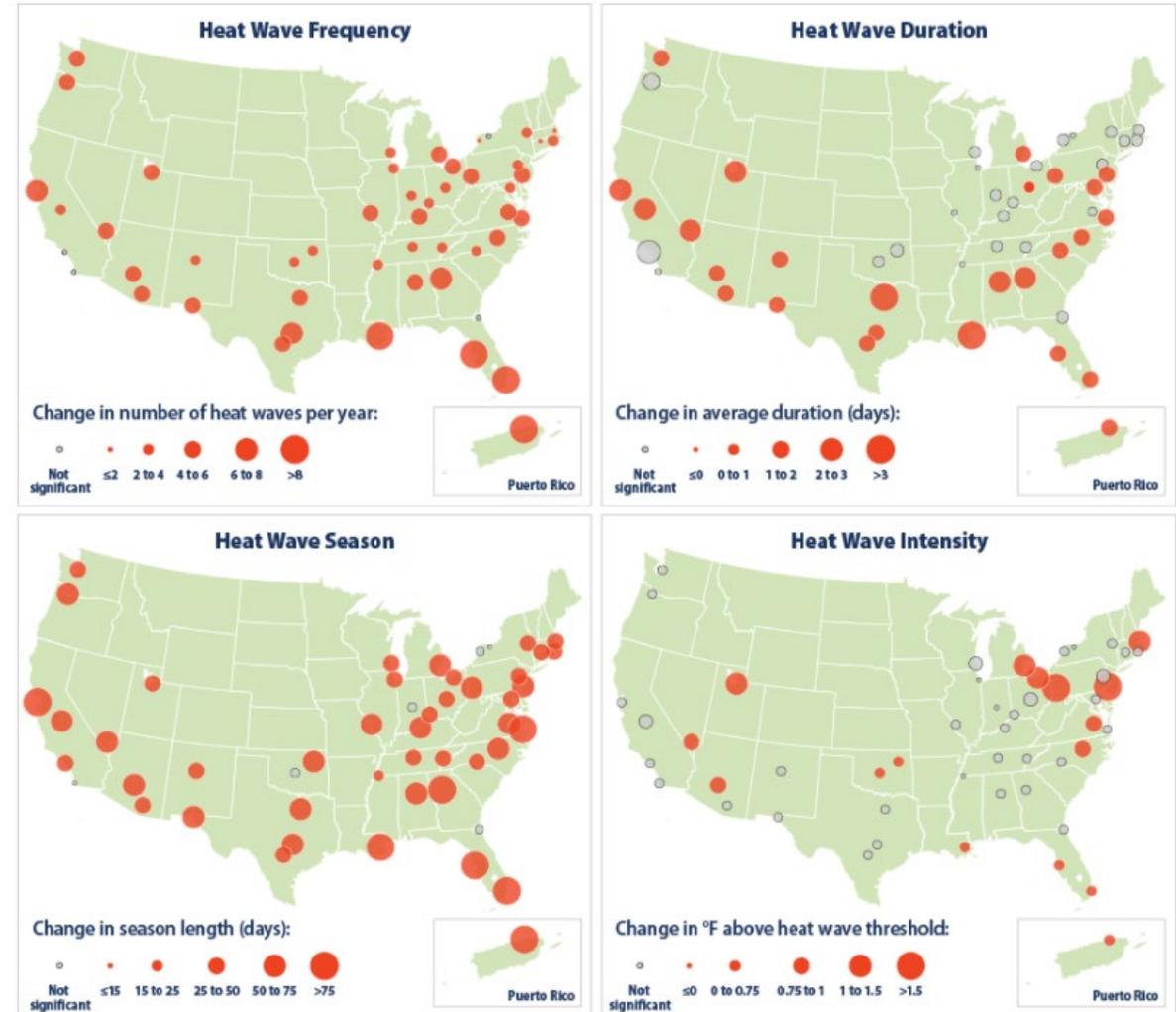
Climate change made North America's deadly heatwave 150 times more likely <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01869-0>

Climate Change Indicators: Heat Waves

<https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heat-waves>

El Cambio Climático y las Olas de Calor

Figure 2. Heat Wave Characteristics in 50 Large U.S. Cities, 1961–2019



Climate change made North America's deadly heatwave 150 times more likely <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01869-0>

Climate Change Indicators: Heat Waves

<https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heat-waves>

Energía Solar como mecanismo para proveer resiliencia Comunitaria ante los efectos del Cambio Climático y la condición de la red eléctrica en Puerto Rico

Efectos del cambio climático en Puerto Rico

Olas de calor más fuertes



Huracanes más intensos



Impactos en el Sistema eléctrico en Puerto Rico

Alta demanda eléctrica conduce a las plantas fuera de servicio



Red eléctrica vulnerable y falta de redundancia - caen los sistemas



Energía solar: Recomendaciones ingenieriles a nivel local y comunitario

La energía solar provee electricidad en momentos que la generación del sistema central colapsa

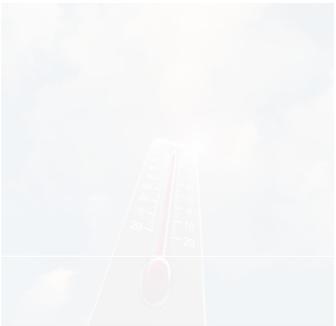
Ante eventos de huracán, se puede acondicionar nuestro sistema fotovoltaico para mejor rendimiento y minimizar riesgos:

- **Refuerzos estructurales**
- **Mantenimiento al sistema antes y después del Huracán**
- **Planificación a nivel comunitaria**

Energía Solar como mecanismo para proveer resiliencia Comunitaria ante los efectos del Cambio Climático y la condición de la red eléctrica en Puerto Rico

Efectos del cambio climático en Puerto Rico

Olas de calor mas fuertes



Huracanes mas intensos



Impactos en el Sistema eléctrico en Puerto Rico

Alta demanda electrica conduce a las plantas fuera de servicio



Red electrica vulnerable y falta de redundancia - caen los sistemas



Energía solar: Recomendaciones ingenieriles a nivel local y comunitario

La energía solar provee electricidad en momentos que la generación del sistema central colapsa

Ante eventos de huracán, se puede acondicionar nuestro sistema fotovoltaico para mejor rendimiento y minimizar riesgos:

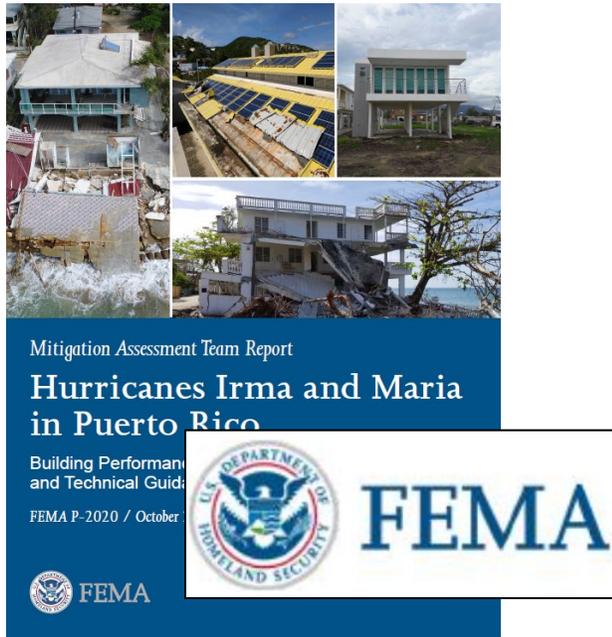
- **Refuerzos estructurales**
- **Mantenimiento al sistema antes y después del Huracán**
- **Planificación a nivel comunitaria**

Elementos estructurales de
sistemas fotovoltaicos:

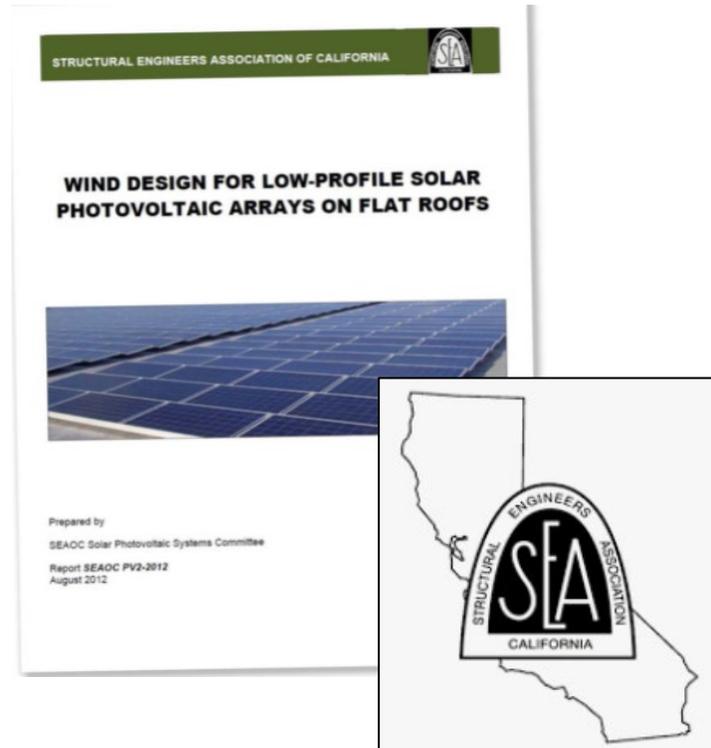
Consideraciones de diseño y
preparación antes del Huracán



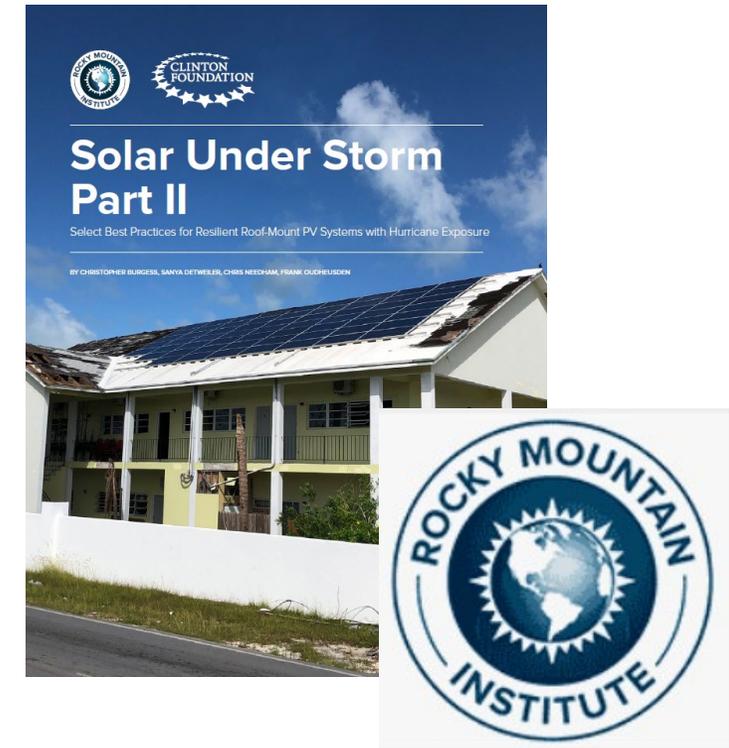
Referencias disponibles



Lecciones aprendidas de Irma y Maria en 2017 – reporte incluye capítulo dedicado a rendimiento de sistemas de paneles en techos.



Especificaciones de diseño de la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California específico para paneles solares en techos.



Rocky Mountain Institute- Recopilación y resumen de modos de fallas estructurales de experiencias con huracanes recientes

Evaluación de la condición estructural de los techos residenciales para resistir nuevas cargas

Techos en madera/zinc



Techos en hormigón



Todo techo debe evaluarse por un profesional para determinar si cumple con las capacidades mínimas para soportar las nuevas cargas de las instalaciones solares.

Detalles Importantes de Diseño

1. Usar rieles fotovoltaicos **anclados mecánicamente** o racks especificados, en lugar de racks lastrados o racks que se adhieren a la superficie del techo con adhesivo.
2. En regiones propensas a huracanes, se recomienda que los diseñadores especifiquen paneles solares que tengan una **clasificación de daño de "VSH"** (granizo muy severo) según FM 4478.
3. **Especificar las fijaciones** - del panel a los rieles, de los rieles a clips o postes, y la fijación del clip o poste a la estructura de soporte del techo. Toda fijación debe ser evaluada tanto para carga de levantamiento y de compresión.
4. Se recomienda que se especifique **doble tuerca** en los pernos de la abrazadera del panel. Para la primera tuerca, especifique las tuercas que se suministran con pernos en T. Para la segunda tuerca, especifique una contratuerca de acero inoxidable con un inserto de nailon.
5. Especifique que todas las conexiones atornilladas se hagan con una **llave calibrada** y se aprieten según lo especificado por el fabricante del sistema fotovoltaico.
6. Especifique una **pasarela entre las filas de paneles** fotovoltaicos para que las conexiones atornilladas se puedan verificar anualmente



Medidas de protección del sistema inmediatos antes y después del huracán



Preparación: Antes de la Tormenta



Protección de Paneles Solares

- Asegúrese de que los paneles estén bien montados en el sistema de techo
- Retire los objetos sueltos en el techo y alrededor del edificio

- Si se dispone de personal capacitado técnicamente, se pueden quitar los paneles del techo y almacenarlos en el interior
 - **Los paneles fotovoltaicos siempre están vivos** y pueden dañarlo a usted o al sistema si se desconectan incorrectamente
 - Se necesitará más tiempo y asistencia técnica para reinstalar los paneles después de la tormenta.



Preparación

Acción

Restauración

Mejores Prácticas



Preparación: Antes de la Tormenta

Protección del Equipo de Microrred

- Verifique que los paneles eléctricos, las baterías y otros equipos estén protegidos contra inundaciones y goteras
- Si el equipo se mantendrá en el exterior, solicite que tenga una clasificación ambiental y que lo inspeccionen para detectar infiltraciones de agua o plagas

Preparación de las Baterías

- Instala las baterías en un lugar seguro y seco con ventilación adecuada para evitar el sobrecalentamiento
- Permita que las baterías se carguen por completo antes de la tormenta
- Decida cómo se racionará la energía de la batería si hay un corte de red



Preparación

Acción

Restauración

Mejores Prácticas



Acción: Durante la Tormenta

La máxima prioridad: la seguridad de la gente de la comunidad

- **Manténgase alejado del equipo:** no lo revise el sistema durante la tormenta

- **Apague el sistema fotovoltaico:** abra los interruptores para protegerlo de sobrecargas eléctricas en la red



- **Conserve energía:** la producción solar puede permanecer baja unos días después de la tormenta



Preparación

Acción

Restauración

Mejores Prácticas



Restauración: Después de la Tormenta



- Limpie los escombros mientras se mantiene alejado de cualquier componente dañado del sistema
- Inspeccione los paneles solares y el equipo en busca de daños
- Retire o reemplace el equipo dañado antes de energizar el sistema de nuevo para evitar daños mayores
- Repare los daños en el sistema de montaje y reapretar todos los pernos



Preparación

Acción

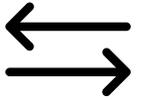
Restauración

Mejores Prácticas



Consideraciones de Diseño: Mejores Prácticas

- **Organice los paneles para facilitar el mantenimiento:** proporcione espacio amplio entre las filas de paneles y provee acceso fácil al techo
- **Mantenga una buena relación con un técnico que pueda reparar los paneles solares y las baterías con regularidad:** los sistemas que están bien mantenidos están mejor equipados para sobrevivir en condiciones extremas
- **Considere equipos duraderos durante el diseño:** paneles solares resistentes al granizo, sistemas de montaje que resisten la flexión, acero que resiste la corrosión del agua salada cerca de la costa



Preparación

Acción

Restauración

Mejores Prácticas



Consideraciones de Diseño: Mejores Prácticas

- **Tenga a mano piezas de repuesto para el sistema fotovoltaico:** el acceso a nuevos equipos y aparatos será difícil siguiendo los pasos de la tormenta
- **Confirme que su sistema está diseñado para funcionar como una "isla":** que tiene capacidad para funcionar independientemente de la red
- **Considere fuentes de energía alternativas para complementar su microrred:** un generador puede proporcionar la energía necesaria cuando la producción solar puede ser baja en los días después de a una tormenta



Preparación

Acción

Restauración

Mejores Prácticas

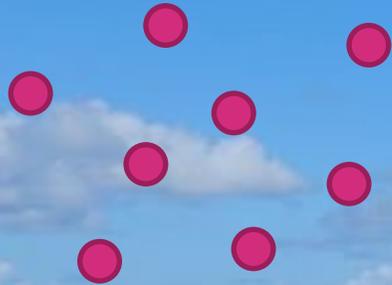


Sistemas energéticos
preparados para el
futuro:

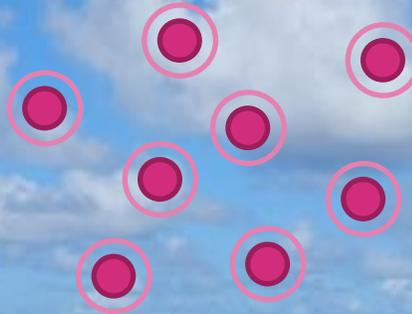
Implementación de un
marco de resiliencia
energética para las
comunidades en Puerto
Rico



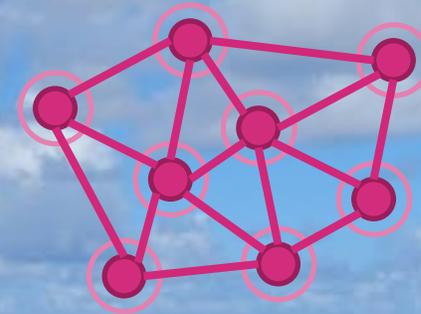
Sistemas Individuales

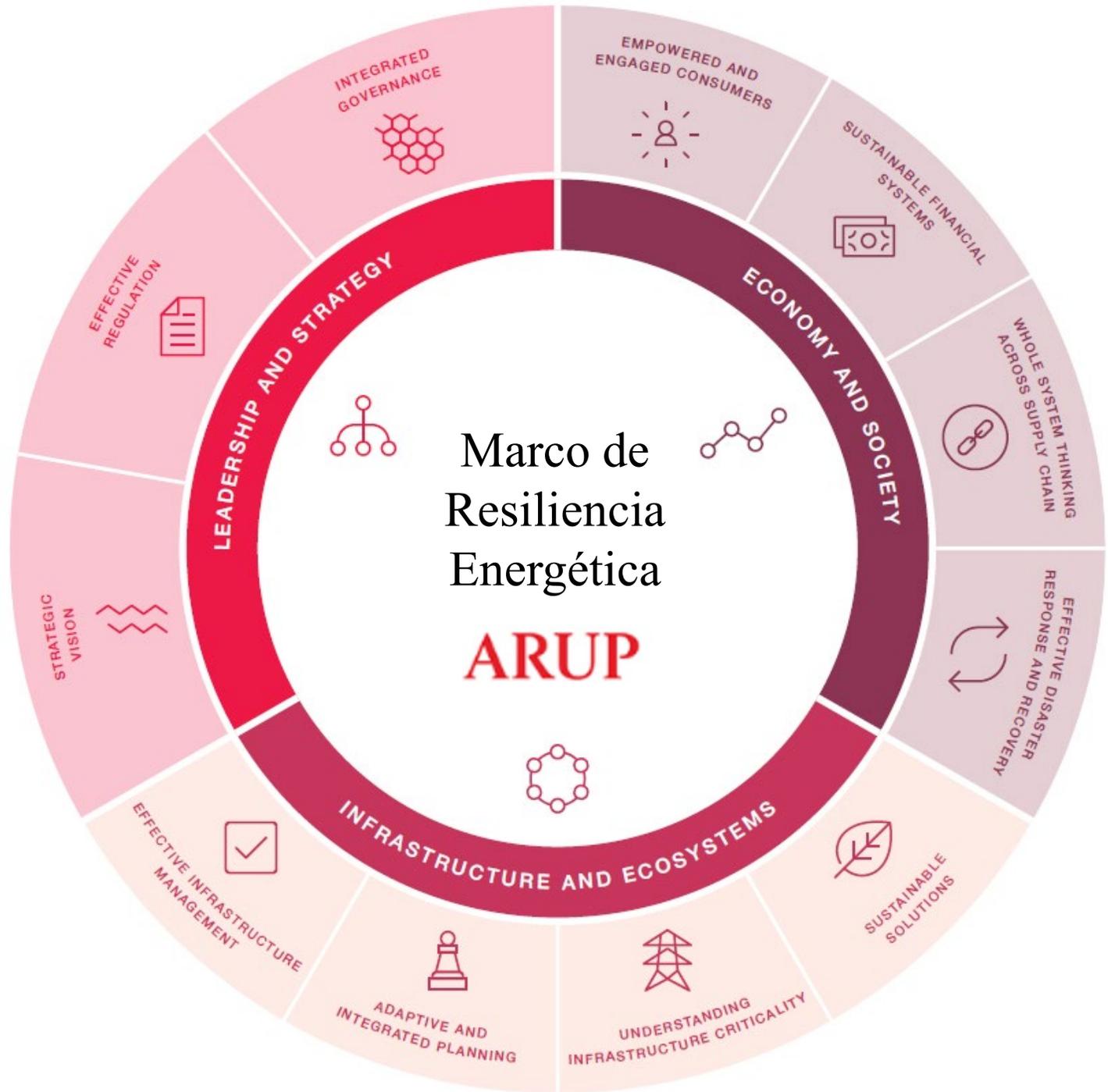


Refuerzo de Sistemas Individuales:
Recomendaciones estructurales y de sistema



Integracion de sistemas y acciones a nivel comunitario





Marco de Resiliencia Energética para la Comunidad – La Estructura

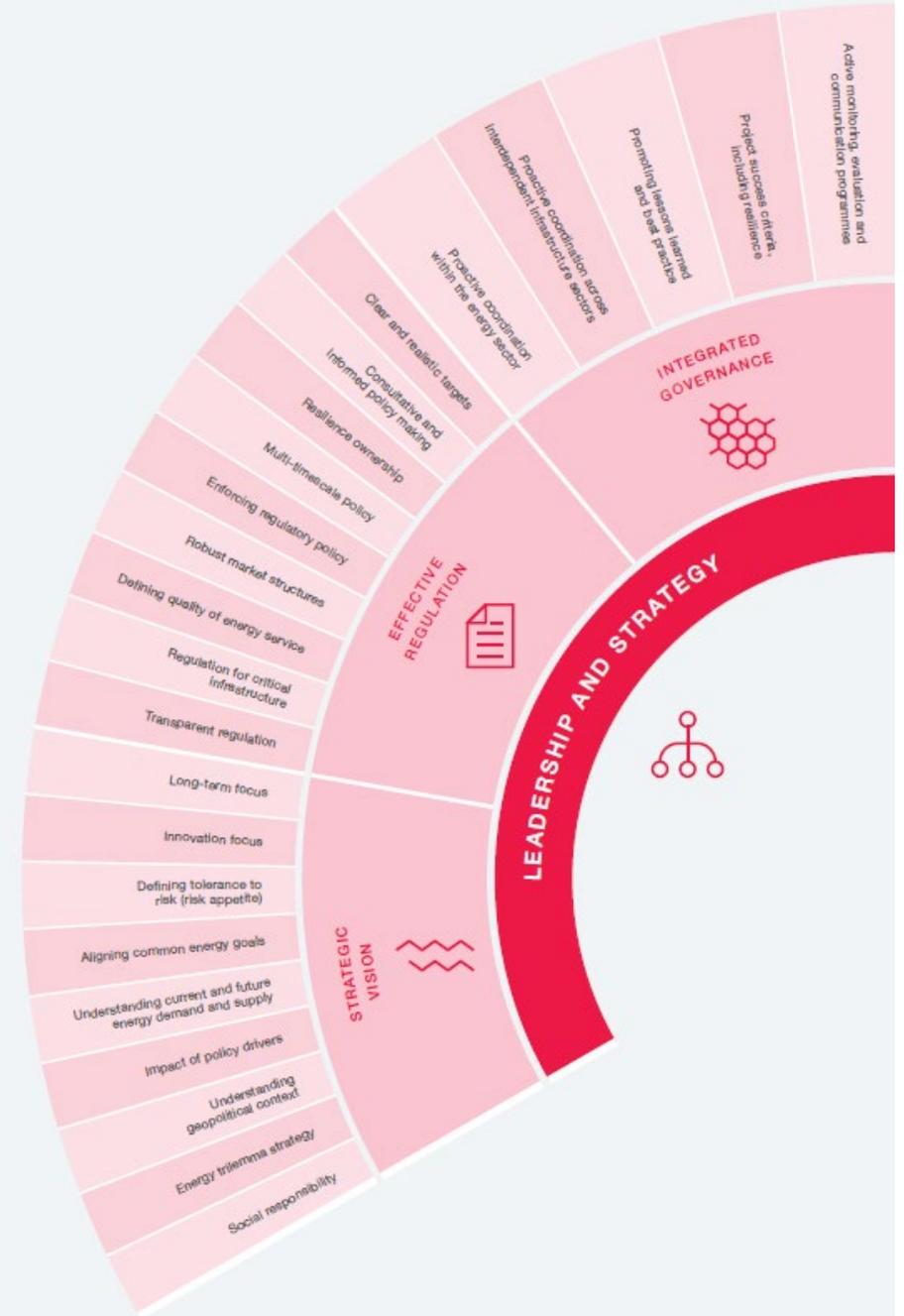
3 Dimensiones

11 Metas

66 Indicadores de Resiliencia

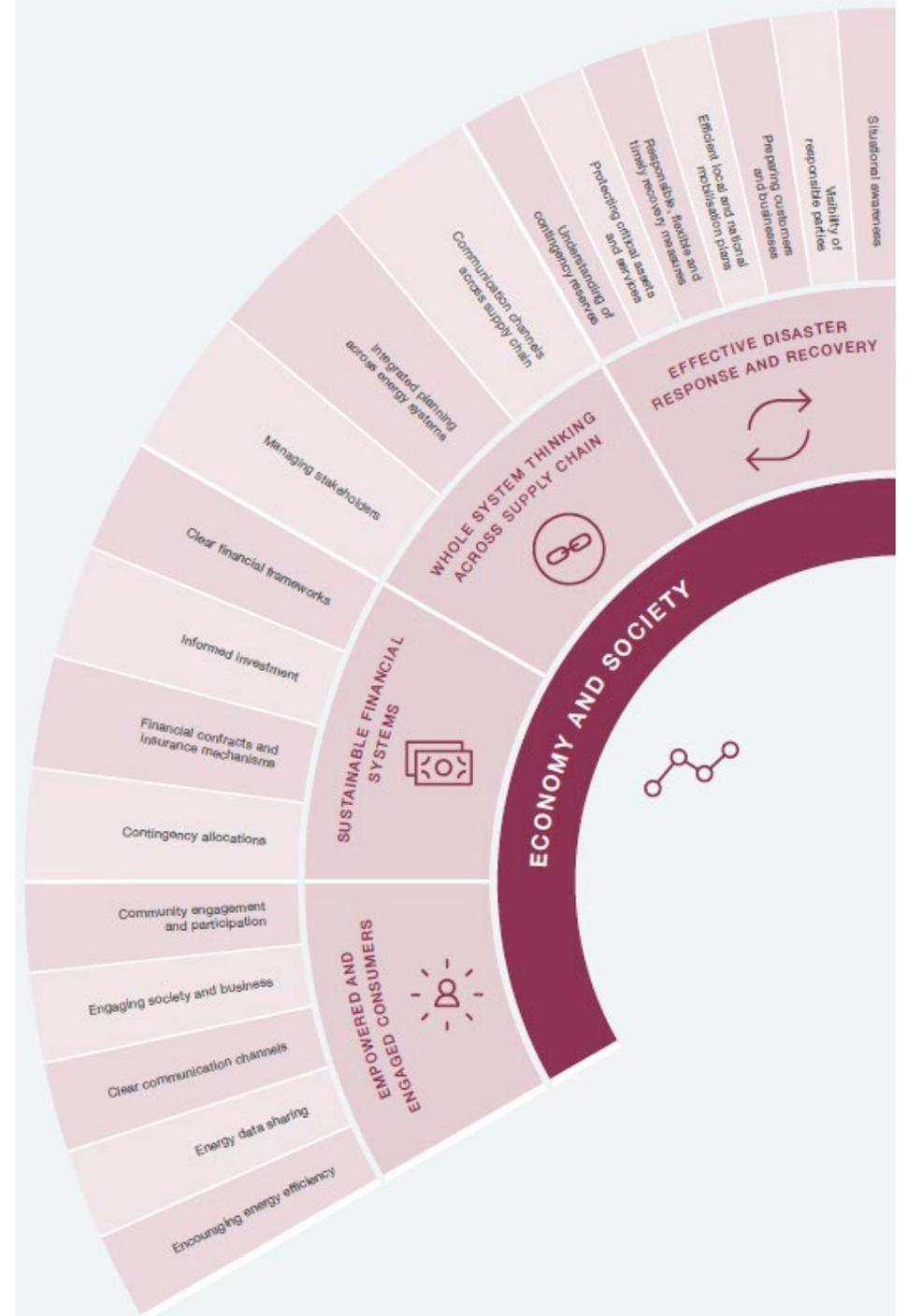
Liderazgo y estrategia

Lograr la resiliencia energética requiere liderazgo con una clara visión estratégica de la comunidad, reforzada mediante una regulación eficaz. Esto requiere incluso gobernanza que involucra colaboración con el gobierno, reguladores, planificadores, propietarios de redes y operadores.



Economía y sociedad

Lograr la resiliencia energética comunitaria requerirá acción no solo por el sector energético sino por la sociedad como un todo. Este dominio socioeconómico de la resiliencia energética incluye la comprensión requisitos sociales, las estructuras requeridas para gestionar los recursos para realizar estos requisitos y el enfoque colectivo necesario para responder a eventos críticos.



Infraestructura y ecosistemas

Esta dimensión se relaciona con la infraestructura y sus interdependencias. La infraestructura no debe considerarse únicamente como activos físicos. Debe incluir los sistemas de producción, las redes de control y las interacciones entre ellos, el entorno natural y sus operadores.

También es importante un enfoque con visión de futuro que tenga en cuenta el ritmo acelerado del cambio climático y otros desafíos ambientales (por ejemplo, la calidad del aire) y permita una planificación adaptativa en respuesta.

Las soluciones para la resiliencia energética deben apuntar a la sostenibilidad y proporcionar transiciones a fuentes de energía alternativas, tecnologías y procesos donde estos ofrezcan mejoras y beneficios a los usuarios.



Conclusión

- Presentamos el rol de la energía solar y los sistemas fotovoltaicos para proveer resiliencia a las comunidades ante la situación energética del país y la situación global del cambio climático.
- Presentamos recomendaciones y mejores prácticas para reforzar estructuralmente y mantener los sistemas robustos ante los eventos de huracanes.
- Concluimos con la necesidad importante de integrar los sistemas solares individuales robustos con una comunidad organizada y capacitada en el marco de resiliencia energética.
- Se presentó las dimensiones y factores del marco de resiliencia energética de Arup como referencia para empoderar y capacitar a las comunidades.

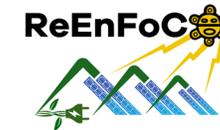
Próximos Talleres

Eficiencia energética y consumo eléctrico de nuestro sistema solar

Viernes, 17 de septiembre de 2021, 1:00 – 2:00pm

Mejores prácticas de operación y mantenimiento para microrredes comunitarias

Viernes, 1 de octubre de 2021, 1:00 – 2:00pm



Referencias

- Energy Resilience Solutions for the Puerto Rico Grid
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/06/f53/DOE%20Report_Energy%20Resilience%20Solutions%20for%20the%20PR%20Grid%20Final%20June%202018.pdf
- Mitigation Assessment Team Report: Hurricanes Irma and Maria in Puerto Rico (2018)
https://issuu.com/coleccionpuertorriquena/docs/finalfemaprmatp-2020-022219_8bff3984970f63
- SEAOC WIND DESIGN FOR SOLAR ARRAYS PV2-2017 <https://www.seaoc.org/news/374059/SEAOC-Wind-Design-for-Solar-Arrays-PV2-2017-is-now-available.htm>
- Solar Under Storm <https://rmi.org/insight/solar-under-storm/>
- Climate change made North America's deadly heatwave 150 times more likely
<https://www.nature.com/articles/d41586-021-01869-0>
- Climate Change Indicators: Heat Waves <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heat-waves>
- Recent intense hurricane response to global climate change <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-013-1713-0>
- Climate change made North America's deadly heatwave 150 times more likely
<https://www.nature.com/articles/d41586-021-01869-0>
- Arup Energy Resilience Framework <https://www.arup.com/energy-resilience-framework>

¡Gracias por su atención!
¿Preguntas?

