

Energía

Resumen

# Comisión Asesora para un Puerto Rico Resiliente

Febrero 2018

## Contenido

1	<i>Introducción</i> .....	3
2	<i>Resumen de Características y Retos de la Energía En Puerto Rico</i> .....	4
	a. <i>Generación de Energía</i> .....	4
	b. <i>Transmisión y Distribución de Energía</i> .....	5
3	<i>Contexto de la Política Energética Actual, Desarrollo y Regulatorio</i> .....	6
	a. <i>Resumen de Política Energética y las Agencias Reguladoras en Puerto Rico</i> .....	6
	b. <i>Planes Federales, Estatales y Políticas Energéticas Locales</i> .....	7
4	<i>Desafíos y Vulnerabilidades de la Infraestructura de Energía, Antes del Impacto de Huracanes</i> 7	
5	<i>Vulnerabilidades de la infraestructura energética y daños causados por los Huracanes Irma y María</i> .....	8
6	<i>Áreas Preliminares de Oportunidad de Resiliencia</i> .....	9
	a. <i>Políticas de Recuperación Federal/Estatal Relevantes</i> .....	9
	b. <i>Oportunidades Institucionales</i> .....	10
	c. <i>Oportunidades - Generación</i> .....	10
	d. <i>Oportunidades – Transmisión y Distribución</i> .....	11

## 1 Introducción

El huracán María devastó la isla de Puerto Rico el 21 de septiembre de 2017, cuando todavía estaba en estado de respuesta de emergencia tras el huracán Irma dos semanas antes. El choque agudo de dos tormentas consecutivas agravó las tensiones crónicas existentes que plagó al sector energético (incluyendo el colapso financiero próximo de la utilidad), a la infraestructura envejecida y al ambiente asincrónico gubernamental, económico, físico y natural. Los impactos combinados de los dos huracanes juntados con el estrés crónico subyacente llevaron a un colapso completo de la red energética de Puerto Rico, resultando en el apagón de energía de más larga duración en la historia de los Estados Unidos, con pocas esperanzas de una recuperación rápida.

Resiliencia es la capacidad de individuos, comunidades, instituciones, empresas y sistemas para sobrevivir, adaptarse y crecer sin importar de qué tipo de tensiones crónicas y crisis agudas que experimentan. Crear resiliencia requiere mirar la isla holísticamente, entendiendo los sistemas que conforman el sector energético y las interdependencias con los otros sectores de Desarrollo Económico, Vivienda, Infraestructura Física, Infraestructura Natural, y Educación, Salud y ciencias sociales y los riesgos que pueden enfrentar.

El sector energético es un componente fundamental de los otros sectores interdependientes. Al fortalecer la resiliencia en el tejido subyacente del sector de energía y con una mejor comprensión de los posibles choques y tensiones que puedan enfrentar, la isla puede mejorar su desarrollo en todos los sectores.

Este fracaso catastrófico de la red eléctrica juntada con la necesidad requerida para abordar el estrés crónico subyacente proporciona una oportunidad de resiliencia extraordinaria para reconstruir y actualizar el sector energético a tecnologías del siglo XXI y a mejores prácticas, lo que permite el replanteamiento de cómo la energía es generada y distribuida a los clientes a través de todo Puerto Rico.

Se necesita un enfoque holístico y a la vez diverso para reconstruir el sector de la energía — uno que integre la diversidad a corto y largo plazo en el tejido organizacional del sector para atener el estrés subyacente, junto con cambio de diversidad en la estructura y tecnología de la red energética, incluyendo la generación distribuida y el almacenamiento de energía dentro de un marco de solidificación de la resiliencia. El enfoque de diversificación debe atender el suministro de combustible, tecnología de generación y el marco operativo; específicamente,

- Suministro de combustible: diversificar para incluir una contribución proporcional de los combustibles fósiles y fuentes renovables (sol, viento, biomasa);
- Tecnología: institucionalizar un nivel racional de la tecnología de generación (carga base, picos e intermitente) correspondientes a las formas de carga diarias y estacionales de los componentes de carga (residenciales, comerciales e industriales);

### Principales Shocks y Estresores en Puerto Rico

- Infraestructura en obsolescencia
- Inundaciones costeras y mareales
- Reducción en población / fuga de capital humano
- Aumento en población adulta mayor
- Brotes de enfermedades
- Terremotos
- Eventos extremos del tiempo
- Fallas de infraestructura crítica
- Inundaciones pluviales y fluviales

- Marco de la operación: Introducir una completa introducción de la tecnología “Smartgrid” (Red Inteligente) y micro-redes para asegurar el servicio continuo de energía eléctrica a "islas de carga" específicamente seleccionadas y consideradas como de necesidad crítica.

Las áreas de oportunidad a corto y largo plazo dentro del sector de energía propuesto por el Grupo de Trabajo, deberá abordar lo siguiente:

- **Reducción del Riesgo Agudo y Crónico**
  - Minimizar la Vulnerabilidad Humana a Conmociones y Estresores
  - Fortalecer las Capacidades Financieras e Institucionales para la Reducción del Riesgo
  - Proveer una Comunicación y Movilidad Confiable para Garantizar la Continuidad de los Servicios Críticos
- **Equidad y Empoderamiento**
  - Empoderar una Amplia Gama de Partes Interesadas
  - Garantizar la Estabilidad Social y la Equidad
  - Promover Comunidades Urbanas y Rurales Cohesivas y Comprometidas
  - Procurar la Utilización de los Recursos Existentes sin Comprometer las Generaciones Futuras
- **Liderazgo**
  - Promover el Liderazgo y la Gestión Eficaz
  - Seguridad y Estado de Derecho Integral
  - Fomentar una Planificación de Desarrollo Integrado y a Largo Plazo

Las acciones de corto plazo y metas a largo plazo pueden no alinear y muchos grupos diferentes tienen visiones y planes para el sector energético; por lo que es importante para el grupo de trabajo obtener el consenso del camino a seguir.

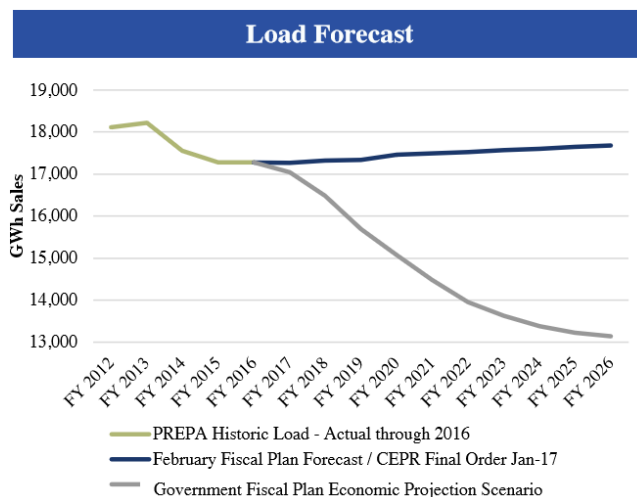
## 2 Resumen de Características y Retos de la Energía En Puerto Rico

### a. Generación de Energía

El sistema eléctrico consta de facilidades de generación, transmisión, distribución, comunicación y centro de control y funciona como un sistema integrado único. El sistema apoya al Gobierno de Puerto Rico entero: un área geográfica de aproximadamente 110 millas de este a oeste y 35 millas de norte a sur. La isla incluye una cordillera central que se extiende por la longitud de la isla de este a oeste con picos tan altos como 4,390 pies. Las tierras bajas costeras formadas por la erosión de las montañas centrales, se extienden de ocho a doce millas hacia adentro en la costa norte y de tres a ocho millas al sur. Las tierras bajas costeras septentrionales son húmedas, mientras que en el lado sur de la isla son semi-áridas.

- Las instalaciones generadoras se concentran a lo largo de las costas Norte y Sur de la isla:
  - Vulnerables a inundaciones
  - Problemas de corrosión en los componentes críticos que no son cerrados en las estaciones
  - 6 sitios de combustibles fósiles y 7 de generación hidroeléctrica, de propiedad y operados por la AEE
  - Instalaciones de generación de propiedad privada que consisten en dos plantas de cogeneración, dos parques eólicos y cinco plantas solares

- Autoridad de Energía Eléctrica (AEE)
  - 1.4 millones de clientes integrados verticalmente
  - AEE genera aproximadamente dos tercios de su electricidad y compra el resto a terceros. La capacidad de generación eléctrica previo a la tormenta era de 5.839 MW, que incluyó 961 MW suministrados por dos co-generadores (EcoEléctrica y AES-PR) a través de convenios operativos de adquisición de energía por 20 años (“PPOAs”)
  - La demanda eléctrica ha disminuido desde su sistema pico histórico de 3.685 MW en el año fiscal 2006, a 3.060 MW en agosto de 2017; se esperan más disminuciones con la migración a Estados Unidos Continentales después de la tormenta.

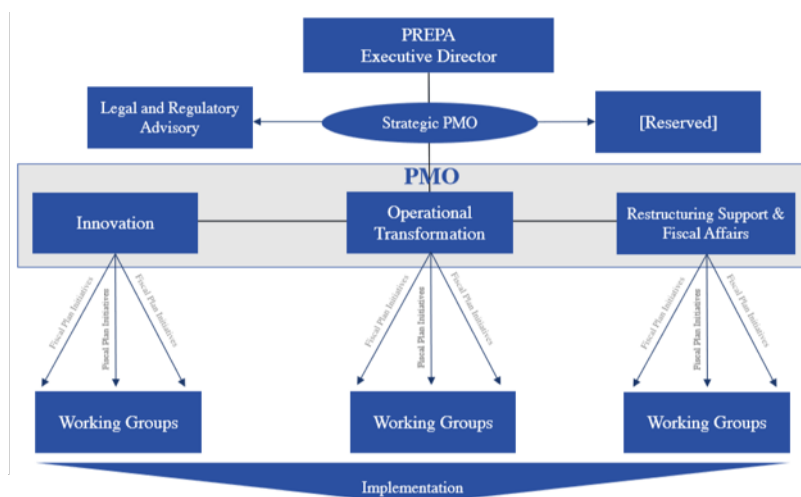


- El Plan Integrado de Recursos (PIR) describe una meta de aproximadamente 20% de generación renovable en 2035. Antes de los huracanes, la AEE había ejecutado más de 60 contratos de energía renovable a gran escala, principalmente solar y eólica. Siete plantas solares - 147.1 MW, dos parques eólicos - 121 MW y dos instalaciones de gases de vertedero - 4.8 MW estaban en operación para ayudar a alcanzar el objetivo del 20%. El Grupo de Trabajo recomienda que el PRI sea re-examinado para incorporar la resistencia a tormentas, protección y control de sistemas mejorados, mayor uso de la generación distribuida y acelerar la penetración en las energías renovables, asegurando que la capacidad cumple con la demanda actual y futura de energía de la isla. Además, se recomienda estudiar el establecimiento de nuevos márgenes de reserva para planificación y funcionamiento de generación, a algo más cercano al 50% (aproximadamente 4.000 MW de capacidad firme).
- Tendencias históricas de una disminución en el consumo y pronósticos de que las ventas de energía se reducirán en un 23% durante el período de Plan Fiscal de 10 años
- Predicciones de precios de los combustibles sustancialmente más altos
- Despliegue acelerado de la generación distribuida (240 MW en proyección)
- Cambio en comportamiento del consumidor y la caída significativa en los costos de los paneles solares está acelerando la generación distribuida
- Proyección de unidades de cogeneración prevista por los grandes clientes industriales/comerciales (42.6 MW) resta a las ventas totales
- Dependencia de aceite 45% versus el promedio nacional de los Estados Unidos de 3.7%
- AEE formó el Consejo Asesor de Transformación para proporcionar asesoramiento en el desarrollo de una visión a largo plazo y planea construir un nuevo modelo de generación y entrega de energía en Puerto Rico. El Consejo, con 11 miembros fundadores, estará presidido por David K. Owens, ex vicepresidente ejecutivo de la Edison Electric Institute.

## b. Transmisión y Distribución de Energía

- Red de transmisión de la AEE
  - 2,478 millas de líneas que llevan energía desde estaciones de generación a 334 subestaciones de transmisión y sub-transmisión. Líneas de alto voltaje operan en 230 kV y 115 kV, con sub-transmisión de menor voltaje operando a 38 kV.
  - La columna vertebral del sistema de transmisión consiste en líneas de 230 kV aéreas que forman tres lazos alrededor de la isla. La red de transmisión atraviesa de sur a norte en dos localidades; La red de 230 kV se conecta a un amplio sistema de transmisión kV 115 que suministra alimentación a centros de población en toda la isla
- Sistemas de transmisión y distribución de la AEE (T&D), cuya la mayoría están sobre tierra eran particularmente vulnerables a los fuertes vientos, lluvias torrenciales y deslizamientos relacionados a erosión asociados con los huracanes. Vientos significativos exceden la capacidad estructural y las escorrentías de agua de lluvia de las montañas provocan graves problemas de inundaciones que resultan en reparaciones de larga duración a la infraestructura de red energética
- Sistema de Distribución de la AEE
  - 1,200 circuitos con más de 30,000 millas de líneas bajo tierra y aéreas. La mayoría de los circuitos funcionan con voltajes que van de 4 kV a 13 kV, sistema de distribución de la AEE es aérea, con seis por ciento de las millas de circuito localizadas bajo tierra. Las líneas soterradas sirven mayormente las áreas urbanas, incluyendo San Juan

### 3 Contexto de la Política Energética Actual, Desarrollo y Regulatorio



#### a. Resumen de Política Energética y las Agencias Regulatoras en Puerto Rico

- La Ley de Incentivos de Energía Verde de Puerto Rico de 2010 creó el Fondo de Energía Verde (FEV) para aumentar la producción de energía verde y promover la sostenibilidad en Puerto Rico. En noviembre de 2017, la Oficina Estatal de Política Pública Energética de Puerto Rico (OEPPE) modificó los reglamentos de la ley de incentivos para proporcionar alivio para estos proyectos el impacto de los huracanes
- El Acta de Transformación de la AEE (ley 57 2014) giró de una generación de Propietario y Operador a un modelo de Operador de Sistema de Distribución (OSD)
- Ley de Revitalización de la AEE (Ley 4-2014)

- Reestructuración de la deuda a través del título VI de la Ley PROMESA y FOMB
- Términos de RSA resultarán en la reducción de la carga de la deuda y el alivio del servicio de la deuda sobre los primeros 5 años, después de la ejecución (¿2018?). El escenario de RSA asume que la AEE recupera el acceso a los mercados de capital
- Transformación de la AEE con marco de gobernanza corporativa rigurosa, incluyendo una estructura de implementación PMO

#### b. Planes Federales, Estatales y Políticas Energéticas Locales

- La necesidad de renovación de la infraestructura y nuevos proyectos de la AEE generalmente cualifican como "Proyectos Críticos" bajo el título V del PROMESA, sección 501(2) – como proyectos íntimamente relacionados para atender una emergencia y cuyas aprobaciones, consideraciones, permisología e implementación debe ser acelerada y optimizada
- Proyectos a corto plazo anticipan la necesidad de cumplir con los criterios requeridos en la Sección 503 para "Proyectos importantes", incluyendo:
  - El impacto del proyecto de infraestructura en una situación de emergencia
  - Los beneficios económicos y ambientales resultantes
  - Reducción de la dependencia en el petróleo para generación eléctrica en Puerto Rico
  - Mejoras en el rendimiento de la infraestructura de energía y eficiencia energética global
  - Acelerar la diversificación y conversión de fuentes de combustible para generación eléctrica de petróleo a gas natural y energías renovables en Puerto Rico
  - Promover el desarrollo y uso de fuentes de energía disponibles en Puerto Rico
  - Contribuir a la transición a las capacidades de generación privatizada
- La inversión propuesta (NYPA, diciembre 2017) para reconstruir el sector de energía de la AEE es de \$17.6B. Esto incluye \$3.7b para la generación y suministro de combustible y \$13.9b en el sistema de T y D; incluyendo \$ 4.9 billones para las líneas de transmisión, \$ 1.7 billones para subestaciones; \$ 0.5 billones para mejoras a sistemas y tecnología, comunicaciones y centro de control, \$ 1.5 billones para DER; y \$ 5.3 billones de líneas de distribución. Muchas de estas inversiones, como la reconstrucción de líneas de distribución, puede ser implementadas durante el próximo año. Líneas de transmisión más complejas y reconstrucciones de subestaciones, que requieren varios estudios y el diseño detallado para la adquisición de equipo mayor, puede tomar un año o más y se proponen en los próximos siete a diez años.

## 4 Desafíos y vulnerabilidades de la infraestructura de energía, antes del impacto de huracanes

- Reto Al Estándar de la Infraestructura Energética Ambiental de Puerto Rico
  - La infraestructura de energía opera como un sistema aislado dentro de un terreno difícil sujeto a desastres naturales devastadores.
- Estresores Institucionales
  - La sub-inversión crónica y el manejo inconsistente de las utilidades han causado que las instalaciones de infraestructura energéticas y prácticas de negocios hayan caído significativamente por debajo de estándares de la industria

- La inversión significativa en infraestructura energética era necesaria para estabilizar y mejorar la eficiencia operativa, seguridad, confiabilidad, cumplimiento ambiental y conversión a energía limpia, pero sin acceso al mercado de bonos y financiamiento bancario
- Alto nivel de robo y pérdidas no técnicas
- Falta de procesos institucionalizados y procedimientos
- Al caer la demanda, el rendimiento financiero disminuyó y la utilidad prestada para financiar gastos de funcionamiento. Para el 2014, la AEE fue sobrecargada con deudas y no tenía acceso a liquidez adicional. Este descenso en las ventas de energía juntada con al financiamiento inaccesible, coloca la infraestructura energética al borde del colapso financiero
- Antes de los huracanes, la AEE había estado trabajando en un proceso de reestructuración consensuado basado en el principio de un reparto equitativo de la carga entre todas las partes interesadas (acuerdo de RSA)
- Estresores Físicos
  - Infraestructura de T & D y generación vieja, ineficiente y poco confiable
  - Sistema de seguridad y registro de la AEE está dramáticamente por debajo de los estándares de la industria
  - Sistemas y tecnologías de información anticuados
  - Apagón de la AEE en septiembre de 2016 afectó el 50% de los residentes de la isla sin energía

## 5 Vulnerabilidades de la infraestructura energética y daños causados por los huracanes Irma y María

Las vulnerabilidades de la infraestructura de energía necesitan ser entendidas dentro de un contexto isla. Puerto Rico está rodeado por agua, expuesta a riesgos climáticos con dependencia económica en el turismo y las importaciones con recursos naturales limitados. Además, las vulnerabilidades tienen que atender la variedad de ecosistemas presentes en los ecosistemas costeros de la isla y los ecosistemas forestales interiores, así como la brecha urbana/rural en la isla. Debe reconocerse que el costo de mejoras de la infraestructura de energía puede exceder grandemente la pequeña base impuesto/tasa dentro de un sistema que está al borde del colapso financiero.

La generación propiedad de la AEE se encuentra principalmente a lo largo de las costas norte y sur. La zona norte de la isla tiene dos instalaciones de generación de energía eléctrica, con dos de las mayores y más importantes instalaciones de generación, Aguirre y Costa Sur, localizadas en el sur. Estas dos instalaciones de generación de energía eléctrica están vinculadas entre sí mediante líneas de transmisión de alto voltaje que corren sobre terreno montañoso. Debido a la ubicación física de estas conexiones, expuestas a vientos huracanados y son más propensas a fallar, como se experimentó durante el huracán María. Cuando estas vías principales se inutilizan, la mayor parte de la generación eléctrica en el sur no se puede mover hacia el lado norte de la isla, donde existe el mayor nivel de demanda eléctrica.

Esto presenta un desafío porque la mayor parte de la demanda de energía eléctrica de la isla se concentra en el noreste, en y alrededor de la ciudad de San Juan. La densidad de la demanda de energía es debido a la población altamente concentrada y la presencia de zonas comerciales, un puerto marítimo (puerto principal de la isla) y fábricas. La manufactura en Puerto Rico, uno de los mayores contribuyentes a la economía de la isla, es principalmente de productos farmacéuticos y dispositivos médicos, con muchas plantas principales ubicadas en el noreste.



Las tormentas impactaron gran parte de la isla con una combinación de fuertes vientos e inundaciones. Otras áreas severamente afectadas incluyen la costa norte, donde la rotación del huracán causó una marejada ciclónica que, al coincidir con las fuertes escorrentías de lluvia provenientes de las montañas, conllevó una inundación sostenida. Las líneas de transmisión en el centro de la isla fueron afectadas severamente, ya que los fuertes vientos fueron canalizados a través de los cambios en la topografía del terreno y derribaron grandes torres de transmisión tipo celosía.

El sistema de distribución sufrió daños considerables, con hasta un 75 por ciento de los circuitos que necesitan reparación. Tanto las líneas aéreas como los sistemas subterráneos fueron afectados por igual. Postes de distribución de instalación previa a la tormenta, no estaban diseñados para soportar una tormenta de categoría 4 y el sistema soterrado experimentó la intrusión de agua y contaminantes. El uso limitado de torres tipo bandera (“dead-end”) en los postes de distribución provocó un efecto dominó, con largos tramos de línea que fallaron sucesivamente.

## 6 Áreas Preliminares de Oportunidad de Resiliencia

### a. Políticas de Recuperación Federal/Estatil Relevantes

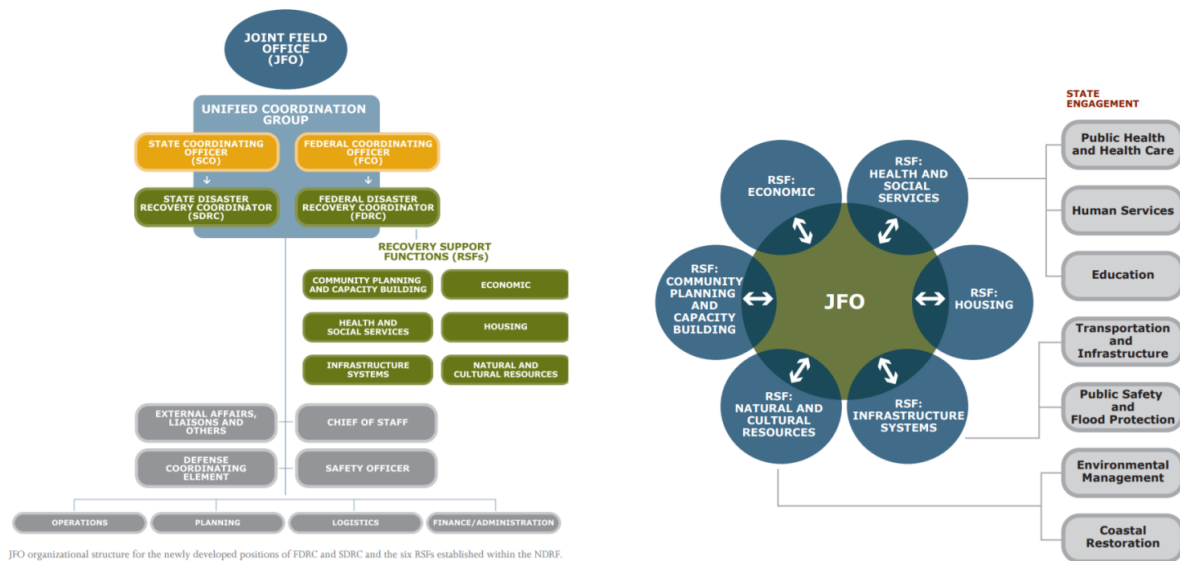
La Agencia Federal de manejo de emergencias (FEMA) fue establecida en 1979 para coordinar la política de desastre federal, incluyendo la preparación, mitigación, respuesta y recuperación. En 2011, FEMA lanzó el marco nacional de recuperación de desastres (NDRF). El NDRF es un marco rector que permite la recuperación efectiva de apoyo a zonas afectadas por el desastre y permite a los gestores de recuperación de desastres funcionen de manera unificada y de colaboración (véase próximo organigrama, izquierda).

Su enfoque es cómo restaurar mejor, rehabilitar y revitalizar la salud, el tejido social, económico, natural y ambiental de la comunidad. Dentro la NDRF, se proporciona un marco que en caso de producirse un desastre catastrófico que impacte a múltiples sectores (véase próximo organigrama, derecha). La oficina de campo conjunta (JFO) tiene un grupo unificado de funcionarios estatales y federales al igual que coordinadores de recuperación, para ofrecer funciones de recuperación de las (RSFs) para cada sector tal como se define en la figura<sup>1</sup>.

Las recomendaciones derivadas de las discusiones de los grupos de trabajo pueden centrarse en un enfoque holístico pero diversos para reconstruir el sector de la energía — uno que integre la diversidad a largo y a corto plazo en el tejido organizacional del sector, para atender estresores subyacentes junto a los cambios de diversidad en la estructura del entramado energético y tecnología; incluyendo generación distribuida y el almacenamiento de energía dentro de un marco de fortalecimiento a la resiliencia.

---

<sup>1</sup> <https://www.fema.gov/pdf/recoveryframework/ndrf.pdf>



## b. Oportunidades Institucionales

- Continuar la transformación y reestructuración de la AEE
  - Iniciativas Organizacionales
  - Iniciativas de Reestructuración Financiera
- La incorporación de tecnología de red moderna y DER es la clave para reconstruir el sistema, para garantizar la continuidad del servicio a las industrias clave y a centros de demanda eléctrica en el caso de futuras tormentas, aprovechando los métodos establecidos por el DOE en fortalecimiento y resiliencia, y con experiencia directa con las tormentas en el continente americano.

## c. Oportunidades - Generación

- Reconstruir y transformar el sistema a uno que esté fortalecido, más inteligente, más eficiente, más limpio y menos dependiente de las importaciones de combustibles fósiles.
- Revisar el IRP de 2015 para incorporar fortalecimiento a tormentas, mejoras al sistema de protección y control, mayor uso de la generación distribuida y penetración acelerada de las energías renovables, asegurando que la capacidad cumple con la demanda de energía actual y futura de la Isla. Estudiar el establecimiento de nuevos márgenes de planificación y funcionamiento generación de reserva, tomando todos estos factores en cuenta especialmente a la luz de generación flexible para manejar la intermitencia de las energías renovables. La red se puede construir con más unidades generatrices más pequeñas distribuidas, que provean mayor redundancia y flexibilidad del sistema y ayuden en la operación y márgenes de reserva.
- Aumento del uso de recursos energéticos renovables, como la energía solar y eólica, y la incorporación de nuevas tecnologías de recursos energéticos distribuidos, como el almacenamiento de energía y las micro redes.
- A medida que ocurren los desastres naturales, la infraestructura crítica y las comunidades remotas aisladas necesitan restablecer la energía a los servicios clave de manera oportuna. Estas cargas críticas pueden necesitar funcionar aisladamente durante días. Una inversión en micro redes puede apoyar esta meta. (una

micro-cuadrícula es una sección específica de la red eléctrica – que representa un área tan grande como una comunidad entera, hasta un área tan pequeña como un solo edificio – que tiene la capacidad de aislarse del resto de la red eléctrica y operar separadamente durante horas o incluso días a la vez). Esto se puede lograr a través de la implementación estratégica de DER, tales como equipos solares, almacenamiento de baterías, generadores de respaldo y equipos de control.

- Infraestructuras críticas como hospitales, estaciones de policía y bomberos, refugios de emergencia, infraestructuras de comunicaciones críticas (por ejemplo, torres de telefonía móvil), plantas de tratamiento de aguas, aeropuertos, puertos marítimos, centros de telecomunicaciones, centros comerciales, cárceles y los centros industriales, podrían operar aisladamente y proveer servicios muy necesarios a los puertorriqueños inmediatamente después de un desastre natural. La instalación de la generación de respaldo en el sitio, los sistemas combinados de calefacción y energía (CHP), el almacenamiento solar en techos, el almacenamiento en baterías y la construcción de sistemas de manejo de energía en sitios ubicados estratégicamente, pueden crear una serie de centros autónomos autosuficientes para ayudar a las comunidades a que se recuperen inmediatamente después de una tormenta.
- Las comunidades remotas que son más difíciles de regresar al servicio después de una interrupción, o que son atendidas por una sola línea de servicios públicos, podrían permanecer desconectadas de la red mientras que todavía proporcionan la electricidad muy necesaria a la infraestructura crítica, así como a las tiendas de comestibles locales, gasolineras y centros comunitarios. La instalación de energía solar, almacenamiento en baterías, sistemas de control de automatización de alimentadores, equipos de control de carga y tecnologías similares, podrían permitir que estas comunidades se recuperen más rápidamente de los desastres naturales.

#### d. Oportunidades – Transmisión y Distribución

- Modernización de la red eléctrica de Puerto Rico, aprovechando las tecnologías de sistemas de energía probadas para contener mejor las interrupciones, reducir los tiempos de recuperación, disminuir los costos de operación y permitir recursos energéticos más sostenibles.
- Un sistema nuevo de transmisión de cuatro lazos dará flexibilidad sin congestión de transmisión para mover energía alrededor de la isla. Esto será clave para proporcionar energía confiable y asequible tanto a la población como a los centros industriales. También puede ayudar a atraer más negocios de producción industrial a la isla, para apoyar el crecimiento económico y las oportunidades de inversión potencial. Existen importantes desafíos que permiten la aplicación de esta recomendación y las autoridades viales apropiadas deben considerar la aprobación acelerada o legislada, una vez que se hayan completado los estudios iniciales de factibilidad de ingeniería.
- Construir una resiliencia al peligro en el diseño del sistema y los planes operativos. Las fuentes de energía renovable y los recursos energéticos distribuidos, incluido el almacenamiento de energía y las micro-redes, deben incorporarse al sistema rediseñado para mejorar la resiliencia a las tormentas.
- Las subestaciones deben optimizarse mejorando el equipo de relés de protección y los sistemas SCADA.

- Reforzar y fortalecer las subestaciones mediante la protección de inundaciones en profundidad y complementarlas con sistemas de monitoria y seguridad de acceso.
- Desarrollar e implementar un plan de implementación holística para la automatización de subestaciones y distribución, con tecnología de control y monitoreo computarizada que pueda responder rápidamente a eventos en tiempo real y permitir el desarrollo de DER. Tecnologías tales como sistemas de gestión centralizada de la energía (EMS), cartografía automatizada y gestión de instalaciones, y sistemas de información geográfica (SIG).
- Adoptar un manejo robusto de activos, incluyendo manejo agresivo de vegetación y programas de mantenimiento optimizados. Debido al crecimiento tropical en Puerto Rico, los programas de manejo de la vegetación pueden necesitar ser más agresivos que la norma de la industria.
- Sólo el 15 por ciento de las líneas de transmisión de Puerto Rico están diseñadas para resistir una tormenta de categoría 4, por lo que necesitan ser actualizadas y/o reubicadas en nuevas rutas de transmisión con aisladores de alta resistencia, estructuras y espaciamiento de conductores diseñados para resistir una carga de viento más fuerte que el estándar de diseño actual. Como mínimo, las estructuras ubicadas en áreas propensas a vientos fuertes deben reforzarse para resistir las tormentas de categoría 4, incluyendo líneas a lo largo del corredor crítico norte-sur.
- El sistema de transmisión también debería poder integrar las micro-redes.
- Actualizar el centro primario de control para resistir un huracán de categoría 5 y las inundaciones asociadas, abandonando el centro de control de respaldo existente y desplegando una nueva instalación de respaldo móvil y contenida. Se ha demostrado que los centros de control de respaldo móvil son una forma rentable de redundancia en el continente americano.