

16 de abril de 2024

VALOR DE LA ENERGÍA SOLAR NETA MEDIDA EN PUERTO RICO

Gabel Associates, Inc.
417 Calle Denison
Highland Park, NJ 08904
(t) 732-296-0770
(f) 732-296-0799
www.gabelassociates.com



Tabla de contenidos

1	RESUMEN EJECUTIVO	1
2	INTRODUCCIÓN	4
2.1	Gabel Associates, Inc.	4
3	VALOR DE LOS COMPONENTES SOLARES	5
3.1	Costos de energía evitados	5
3.2	Costos de capacidad evitados	5
3.3	Costos de transmisión y distribución evitados	6
3.4	Pérdidas evitadas relacionadas con la confiabilidad	6
3.5	Costos de emisiones evitadas	7
3.6	Valor Agregado Económico Local	7
4	VALOR DE LAS ESTIMACIONES SOLARES	8
4.1	Costos de energía evitados	8
4.2	Costos de capacidad evitados	8
4.3	Costos de transmisión y distribución evitados	9
4.4	Pérdidas evitadas relacionadas con la confiabilidad	9
4.5	Costos de emisiones evitadas	10
4.6	Valor Agregado Económico Local	10
4.7	Pila de valor solar total	11
5	CONCLUSIÓN	12
	Responsabilidad	13

1 RESUMEN EJECUTIVO

El propósito de este Informe es que Gabel Associates, Inc. (Gabel) proporcione un análisis independiente (Informe) de la gama completa de beneficios proporcionados por la energía solar distribuida en Puerto Rico interconectada a través de las leyes y políticas actuales de Medición Neta de la isla. Estas estimaciones de beneficios proporcionan una base para establecer el crédito de medición neta de energía solar de una manera que sea justa para los clientes, incluidos tanto aquellos con energía solar en medición neta como aquellos que no la tienen, y proporciona un marco para la evaluación de los méritos del programa de medición neta que avance de una manera efectiva.

El análisis base de este Informe se basa en la experiencia de Gabel y sus más de treinta años de experiencia en el mercado eléctrico, la fijación de tarifas y las cuestiones relacionadas con las energías renovables en todo Estados Unidos. La firma también ha testificado extensamente sobre estos temas en todo Estados Unidos, incluso en Puerto Rico, en el procedimiento de 2016 sobre medición neta ante El Negociado de Energía bajo el Expediente #CEPR-AP-2015-001.

La política actual de medición neta de Puerto Rico permite a los clientes con proyectos solares in situ interconectar la energía solar y, a la vez, utilizar la energía solar en sus propios hogares y negocios, y en momentos en que producen más energía solar de la que consume su edificio, reciban un crédito minorista en su factura de electricidad por la energía exportada a la red eléctrica.

Uno de los principales argumentos utilizados por los críticos de continuar con esta política de medición neta es la acusación de que proporciona un subsidio a los clientes que tienen proyectos solares en sus sitios a expensas de otros clientes de LUMA. Al permitir que el cliente de energía solar reciba un crédito aproximadamente a la tarifa minorista, lo que equivale a unos 24 centavos por kWh, los críticos de la medición neta argumentan que esto subsidia el uso eléctrico de los clientes de energía solar en el sitio a expensas de todos los demás clientes.

Para determinar si se está produciendo tal subsidio, es necesario considerar si los beneficios de esta energía solar superan el costo de pagar el crédito de medición neta a nivel minorista. Al igual que con cualquier producto o servicio, si los beneficios obtenidos por todos los demás usuarios del sistema superan el costo, no hay subsidio.

Este Informe evalúa esta cuestión evaluando cuidadosamente el nivel de este crédito de medición neta en relación con el valor que proporciona esta energía solar: a) a la red y a todos los clientes conectados a la red (denominados "beneficios directos"); y b) beneficios más amplios (denominados "beneficios sociales") provistos a todos los residentes de Puerto Rico.

Los beneficios directos incluyen la reducción de los costos debido a la reducción de la generación de energía basada en combustibles fósiles en la red, y la reducción de los gastos de transmisión y distribución previstos, que son posibles gracias a la generación solar. Además, los recursos solares en el sitio respaldan la confiabilidad y resiliencia general de la red eléctrica estresada de Puerto Rico, ayudando a la economía y evitando los daños potenciales para la salud y la seguridad de los apagones.



Los beneficios sociales incluyen los beneficios ambientales y de salud derivados por la reducción de las emisiones atmosféricas, así como los beneficios económicos obtenidos por los empleos, el gasto y el aumento de la actividad económica provocados por las inversiones solares.

Este estudio calcula estos beneficios en función de la estructura de costos específica de LUMA, así como de los impactos ambientales y económicos en Puerto Rico, teniendo en cuenta la naturaleza intermitente de la generación solar.

Este Informe concluye que:

- **El beneficio directo para la red y todos los demás contribuyentes es de 33 centavos por kWh**, un 36% mayor que la tarifa minorista de 24 centavos por kWh. En consecuencia, no hay ningún subsidio que fluya de otros contribuyentes a los clientes de energía solar en el sitio y, de hecho, hay beneficios que fluyen a todos los demás clientes del exceso de energía solar producida por los clientes de energía solar con medición neta.
- Además de estos beneficios directos para los contribuyentes, importantes beneficios sociales fluyen a los residentes de Puerto Rico. Estos beneficios incluyen reducciones en la contaminación del aire, ya que la energía solar no emisora compensa las emisiones de la generación de energía con combustibles fósiles. Esta reducción de la contaminación produce importantes beneficios para la salud de los residentes. Se obtienen beneficios sociales adicionales porque las inversiones en proyectos solares inducen una mayor actividad económica y empleos en Puerto Rico. Nuestro informe demuestra que **estos beneficios sociales se traducen en un beneficio adicional de 70 centavos por kWh además de los beneficios directos para los contribuyentes.**
- En el siguiente cuadro se resumen estos beneficios directos y sociales en comparación con el costo del crédito de medición neta.
- La continuación de la política de medición neta de Puerto Rico no haría que los clientes subsidiaran a los clientes de energía solar en el sitio. Muy al contrario, esta política crea mayores beneficios financieros que costos para todos los clientes al proporcionar un menor costo de suministro de energía, resiliencia de la red y otros beneficios, como se detalla en este Informe.
- Otro beneficio de continuar con esta política es que permite la expansión continua del desarrollo solar de acuerdo con los objetivos más amplios de energía, desarrollo económico y sostenibilidad de Puerto Rico. Simplifica el "mensaje" a los clientes que están considerando instalar proyectos solares en sus sitios, ya que el enfoque de medición neta ("dejar que el medidor gire hacia atrás") es muy comprensible para los clientes. Este enfoque ha sido muy exitoso en los Estados Unidos y Puerto Rico en apoyar la expansión de la energía solar, el fomento del desarrollo de energía limpia, la mejora de la confiabilidad, la reducción de la contaminación del aire y la promoción del crecimiento económico.

Mirando hacia adelante, estos recursos solares in situ se pueden integrar de manera efectiva, trabajando con los otros cambios positivos que se están realizando y que agregarán flexibilidad al sistema energético de Puerto Rico, incluyendo generación nueva y más limpia con mayor capacidad de aceleración,

almacenamiento a gran escala y baterías en el lugar del cliente, recursos de energía renovable de la red y otras mejoras. En conjunto, estos recursos harán que el servicio eléctrico sea más confiable, limpio, eficiente y flexible para satisfacer las necesidades de Puerto Rico.

Basándose en el análisis de este Informe, la política de medición neta de Puerto Rico debería continuar, ya que los beneficios de esta política superan claramente sus costos. Esto no causará un subsidio de energía solar en el sitio, ya que refleja los beneficios causados por la energía solar y no requiere que el programa sea suscrito por clientes no participantes.

Beneficios directos

Tipo de beneficio	Valor de solares (¢/kWh)	Valor de solares (Proporción de beneficios directos)	Valor de solares (Proporción de beneficios totales)	El crédito de medición neta (¢/kWh)
Costos de energía evitados	27.25	82.81%	26.42%	24.12
Costos de capacidad evitados	0.60	1.84%	0.59%	-
Costos de transmisión y distribución evitados	3.24	9.85%	3.14%	-
Pérdidas evitadas relacionadas con la confiabilidad	1.81	5.50%	1.76%	-
Total parcial	32.90	100.00%	31.90%	24.12

Beneficios sociales

Tipo de beneficio	Valor de solares (¢/kWh)	Valor de solares (Proporción de beneficios sociales)	Valor de solares (Proporción de beneficios totales)	El crédito de medición neta (¢/kWh)
Costos de emisiones evitadas (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , SO ₂ , PM _{2.5})	54.46	77.55%	52.81%	-
Valor Agregado Económico Local	15.76	22.45%	15.29%	-
Total parcial	70.23	100.00%	68.10%	-

Beneficios totales

Tipo de beneficio	Valor de solares (¢/kWh)	Valor de solares (Proporción de beneficios totales)	Valor de solares (Proporción de beneficios totales)	El crédito de medición neta (¢/kWh)
Beneficios directos	32.90	31.90%	31.90%	24.12
Beneficios sociales	70.23	68.10%	68.10%	-
Total general	103.13	100.00%	100.00%	24.12

2 INTRODUCCIÓN

Este informe (Informe o Informe Gabel) proporciona un análisis independiente y una estimación de los beneficios de los sistemas de energía solar fotovoltaica en sitio en Puerto Rico, en el contexto de la consideración de Puerto Rico de su política de medición neta. El análisis de este informe se basa en la pericia y los treinta años de experiencia de Gabel en el tratamiento de cuestiones relacionadas con el mercado de la electricidad, así como en su revisión de cómo se han evaluado e implementado créditos de factura similares en los Estados Unidos.

2.1 Gabel Associates, Inc.

Gabel es una empresa de consultoría energética bien establecida que proporciona análisis y asesoramiento económico, regulatorio y técnico a una amplia gama de clientes del sector de la energía. La empresa lleva más de treinta años analizando los mercados de energía mayoristas y minoristas, y la fijación de tarifas y cuestiones regulatorias, lo que incluye el análisis de los costos evitados y modelos detallados de precios de la energía. También ofrecemos una gran cantidad de servicios analíticos y de soporte para recursos de energía en todo Estados Unidos.

Gabel vive tanto en el mundo de las transacciones del mercado energético (habiendo llevado a cabo el desarrollo de proyectos para más de 300 proyectos de generación mediante fuentes renovables y combustibles fósiles y ejecutado transacciones de energía para cientos de miles de cuentas) como en el mundo del análisis regulatorio y de políticas públicas. Proporcionamos apoyo regulatorio en asuntos complejos y testimonio experto a nivel de organización regional de transmisión (RTO), estatal y federal de la Comisión Reguladora de Energía (FERC), y en Puerto Rico.

Gabel ha proporcionado un extenso análisis en varias jurisdicciones relacionado con el valor de la energía proporcionada por recursos renovables y no renovables, incluyendo valoraciones tanto de los valores energéticos directos como del impacto económico ambiental, social, directo, indirecto e inducido para una amplia gama de recursos, entre los que se incluyen los recursos solares, eólicos, eólicos marinos y fósiles.

3 VALOR DE LOS COMPONENTES SOLARES

El "Valor de la Energía Solar" (VoS) es un término utilizado para representar la gama completa de valor económico que la generación de energía solar proporciona a la red eléctrica y a la sociedad en su conjunto. Es un marco utilizado para determinar la compensación justa por la energía solar exportada a la red por los sistemas de energía solar. El VoS puede tener en cuenta varios factores, incluidos los beneficios ambientales, la generación de energía y los servicios relacionados con la eléctrica que proporcionan los sistemas de energía sola. La metodología específica y los factores considerados en el cálculo del VoS pueden variar según la región, las regulaciones locales y la empresa de servicios públicos involucrada. El VoS se utiliza como base para establecer mecanismos de compensación justos que permitan a los propietarios de sistemas de energía solar recibir pagos o créditos en la factura por la electricidad que generan y exportan a la red. Estos mecanismos tienen como objetivo garantizar que los propietarios de los sistemas de energía solar reciban una compensación adecuada por el valor que aportan al sistema eléctrico y a la sociedad.

El VoS refleja toda la "pila de valor" de beneficios económicos y ambientales que son posibles gracias a la construcción y operación de plantas de energía solar:

1. Beneficios directos
 - a. Costos de generación de energía evitados;
 - b. Costos de capacidad de generación evitados;
 - c. Costos de capacidad de transmisión y distribución evitados; y
 - d. Pérdidas económicas evitadas relacionadas con la confiabilidad.
2. Beneficios sociales
 - a. Daños por emisiones evitadas; y
 - b. Valor Agregado Económico Local.

Los valores se describen detalladamente a continuación.

3.1 Costos de energía evitados

Los costos de generación de energía evitados son los ahorros en la factura del cliente obtenidos al no tener que producir o adquirir energía de fuentes de generación tradicionales, como el carbón o el gas natural. Cuando se instala un sistema de energía solar, el costo de generar electricidad se basa principalmente en el gasto de capital inicial y los gastos operativos fijos mínimos. Sin embargo, una vez instalado el sistema, el "combustible" - la luz solar - es gratuito. Esto contrasta con las centrales eléctricas convencionales, que dependen del costo de comprar, transportar, almacenar y eliminar los residuos de los combustibles fósiles. Por lo tanto, la energía solar puede "evitar" la necesidad de generar energía a partir de recursos de generación fósil con mayores costos de combustible y operación.

3.2 Costos de capacidad evitados

Los costos de capacidad de generación evitados son los gastos que una empresa de servicios públicos evita al no tener que invertir, operar y mantener infraestructura de generación de energía adicional mediante la adquisición de una cantidad equivalente de capacidad de generación de proyectos solares. El

término "capacidad" en este contexto se refiere a la producción máxima que una central eléctrica o un sistema eléctrico puede producir. En el caso de la energía solar, esto se refiere al valor que se crea al reducir la necesidad de centrales eléctricas tradicionales adicionales o mejoradas, como las de carbón, gas o nucleares, que suelen ser costosas de construir, operar y mantener. Cuando los proyectos solares de medición neta generan electricidad, la electricidad se consume in situ, y cualquier exceso se devuelve a la red. Este suministro de energía disminuye la demanda total que la empresa de servicios públicos o el operador de la red necesita satisfacer. Como resultado, la empresa de servicios públicos no tiene que depender tanto de las centrales eléctricas tradicionales ni invertir en la construcción de otras nuevas para satisfacer los picos de demanda. Cuando la necesidad de centrales eléctricas tradicionales disminuye, también se evitan los costos asociados a estas plantas: costos de capital, costos de operación y mantenimiento, e incluso costos de desmantelamiento al final de su vida útil. En resumen, los proyectos solares in situ permiten a la empresa de servicios públicos evitar incurrir en costos de capital para construir la generación de energía que, de otro modo, sería necesaria para satisfacer la demanda y los requisitos energéticos de la empresa de servicios públicos.

3.3 Costos de transmisión y distribución evitados

Los costos de capacidad de transmisión y distribución evitados reflejan la menor necesidad de inversiones en la construcción y el mantenimiento de la infraestructura de transmisión y distribución. Con la energía solar in situ, la energía se genera en el punto de uso. Esto reduce la necesidad de inversiones en líneas de transmisión, subestaciones, transformadores y líneas de distribución, lo que reduce los costos de capacidad asociados en los que se habría incurrido de otro modo. Debe reconocerse que la naturaleza intermitente de la generación solar debe ser y ha sido considerada en la valoración de este beneficio. Los ahorros de costos se denominan "evitados" porque representan costos en los que las empresas de servicios públicos tendrían que incurrir para expandir y mantener la infraestructura de red necesaria para satisfacer la creciente demanda o reemplazar la infraestructura obsoleta.

3.4 Pérdidas evitadas relacionadas con la confiabilidad

Las pérdidas evitadas relacionadas con la confiabilidad se refieren al mayor valor económico que obtienen las comunidades al pasar de una red centralizada a una generación de energía solar distribuida en el sitio del cliente. La mejora de la resiliencia y la confiabilidad permite un mayor "tiempo de actividad" para las empresas y las personas, lo que se traduce en un aumento de la actividad económica. Los proyectos solares refuerzan la seguridad energética, reduciendo el riesgo de apagones al crear redundancia en las fuentes de energía y, a menudo, combinarse con el almacenamiento de energía, que proporciona energía durante los apagones de la red y también permite la posibilidad de que el cliente participe en los programas de cambio de carga administrados por las empresas de servicios públicos. Estas mejoras son cruciales, ya que las interrupciones del suministro eléctrico pueden generar costos económicos significativos, como la pérdida de ingresos comerciales, equipos dañados y pérdida de productividad. Esta resiliencia y confiabilidad mejoradas también brindan a los clientes de energía solar en el sitio el potencial de evitar las amenazas para la salud y la seguridad causadas por los apagones. También hay que reconocer que los proyectos solares in situ combinados con las baterías aumentan aún más este beneficio. Observamos, sin embargo, que este informe se centra en los beneficios proporcionados por la energía solar in situ y no se centra ni cuantifica los beneficios adicionales proporcionados por los recursos de almacenamiento independientes o co-ubicados. Por sí sola, la energía solar no solo reduce los costos de

energía y proporciona beneficios ambientales, sino que también aumenta la confiabilidad del sistema, proporcionando una capa adicional de beneficios.

3.5 Costos de emisiones evitadas

Los costos de emisiones y contaminantes evitados reflejan el ahorro económico resultante del uso de energía limpia a partir de recursos solares en lugar de emitir energía a partir de recursos térmicos tradicionales. Las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), son los principales contribuyentes al cambio climático, y optar por la energía solar reduce nuestro impacto en el calentamiento global. El costo social del carbono de la EPA asigna un valor monetario a los daños a largo plazo causados por las emisiones de gases de efecto invernadero, considerando factores como la reducción de la productividad agrícola, los efectos en la salud, los daños a la propiedad y los cambios en los costos del sistema energético.¹ Los contaminantes atmosféricos evitados, como los óxidos de nitrógeno (NO_x), los óxidos de azufre (SO_x) y las partículas (PM), emitidos por la generación tradicional de energía, también tienen efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Los ahorros en costos de salud y ambientales asociados con estos contaminantes se calculan en función de factores que incluyen los gastos de tratamiento médico, los días de trabajo perdidos y los costos de degradación ambiental. Estos costos evitados resaltan las ventajas económicas y sociales de la energía solar, que no solo genera electricidad, sino que también contribuye a mitigar el cambio climático, mejorar la salud pública, proteger el medio ambiente y promover la justicia ambiental, especialmente en las comunidades cercanas a las centrales eléctricas tradicionales.

3.6 Valor Agregado Económico Local

El valor agregado económico local se refiere a los beneficios financieros y de crecimiento laboral que obtienen las comunidades cuando se utilizan los recursos locales para construir proyectos solares. Este proceso estimula las economías locales mediante la creación de puestos de trabajo, a menudo en áreas como la construcción, el trabajo eléctrico y la gestión de proyectos, y la circulación de dinero dentro de la economía local. Además, estos proyectos pueden conducir al desarrollo de habilidades y capacidades locales, beneficiando aún más a la economía local. Por lo tanto, los proyectos solares no solo ofrecen ventajas energéticas y ambientales, sino que también estimulan el crecimiento económico local, proporcionando un beneficio multifacético.

¹Centro Nacional de Economía Ambiental, Oficina de Políticas, División de Cambio Climático, Oficina de Aire y Radiación, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2022, septiembre). Informe sobre el Costo Social de los Gases de Efecto Invernadero: Estimaciones que Incorporan Avances Científicos Recientes. Consultado en: https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-11/epa_scghg_report_draft_0.pdf

4 VALOR DE LAS ESTIMACIONES SOLARES

En esta sección se resume nuestra metodología de análisis y los resultados.

4.1 Costos de energía evitados

Determinamos el valor de los costos de energía evitados cuantificando los cargos de energía por hora que se reducirían o eliminarían cuando la energía solar ubicada con el cliente estuviera disponible y generando energía. Para estimar la disponibilidad solar por hora y la producción de generación en Puerto Rico, utilizamos la herramienta PVWatts del Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, por sus siglas en inglés) para simular la disponibilidad solar anual por hora normalizada por el clima y la producción de 1 MW de capacidad solar ubicada en Puerto Rico. Para estimar los precios coincidentes de la electricidad que podrían evitarse con la energía solar, nos basamos en el **combustible y los costos de operación y mantenimiento** de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE), según lo informado en su Plan Integrado de Recursos (IRP, por sus siglas en inglés) de 2020, que proporciona el pronóstico público más reciente de la flota de generadores operativos de Puerto Rico por capacidad instalada, tipo de combustible, y los costos operativos. Utilizando estos datos, identificamos la unidad de generación que tendría más probabilidades de ser desplazada por un generador de menor costo o una reducción en la carga por el aumento de la generación solar BTM (detrás del medidor). Para alinear los costos de producción variables anuales de la AEE con el pronóstico de generación por hora de NREL, convertimos los costos de producción anuales en cantidades por hora utilizando perfiles de carga por hora de múltiples mercados de energía en los EE.UU., utilizando datos obtenidos de S&P Capital IQ.² Fue necesario recurrir a datos indirectos debido a la falta de información pública para las operaciones de generadores por hora de Puerto Rico. Después de convertir los totales anuales a totales por hora, calculamos el producto de la suma coincidente de los cargos por hora que se evitarían durante el período del año en el que el recurso solar estaba en línea y generando energía.

Basándonos en este análisis, calculamos un valor de costo evitado de **27¢/kWh**. Este valor comprende el 82% del total de los beneficios directos y el 26% del total de los beneficios totales.

4.2 Costos de capacidad evitados

Determinamos el valor de los costos de capacidad evitados calculando el valor de la nueva capacidad de combustibles fósiles que podría ser desplazada (es decir, evitada) mediante la reducción de la demanda del sistema utilizando energía solar distribuida. Para calcular el valor de la nueva capacidad de combustibles fósiles, nos basamos en datos indirectos del Costo de Nueva Entrada (CONE) de un nuevo ciclo combinado de gas natural utilizando datos obtenidos del estudio CONE más reciente de PJM. El uso de los datos indirectos fue necesaria debido a la falta de datos de costos disponibles públicamente para los nuevos generadores en Puerto Rico. Para alinear los supuestos de costos de PJM con los costos de construcción comparativamente más altos de Puerto Rico, escalamos los valores indirectos utilizando la prima de costo de construcción asumida por la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (AEE) del

² La dependencia de los datos indirectos fue necesaria debido a la falta de datos disponibles públicamente para Puerto Rico.

16% de su presentación más reciente del Plan Integrado de Recursos (IRP). A continuación, multiplicamos el valor CONE por un 25 %, que representa la cantidad estimada de carga máxima que puede ser atendida de forma fiable por la nueva energía solar, en función de los datos proxy obtenidos a partir de los datos de las clasificaciones actuales de la Clase de Capacidad de Carga Efectiva (ELCC, por sus siglas en inglés) de la energía solar.³ ELCC es una métrica relativamente nueva, pero cada vez más común, que se utiliza en los mercados de energía en los EE.UU. para evaluar la capacidad de recursos como la energía solar para satisfacer de manera consistente, o "transportar", la demanda del sistema en el transcurso de un año.

Con base en este análisis, calculamos un valor de costo evitado de **1¢/kWh**. Este valor comprende el 2% del total de los beneficios directos y el 1% del total de los beneficios totales.

4.3 Costos de transmisión y distribución evitados

Determinamos el valor de los costos de transmisión y distribución evitados utilizando un rango de datos proxy para el VoS en (1) evitar la construcción de nuevas líneas de transmisión y distribución; (2) reducir las pérdidas en las líneas de transmisión y distribución; y (3) aumentar las tarifas minoristas de electricidad debido a los posibles cambios de costos resultantes de que menos clientes paguen por la misma cantidad de costos fijos relacionados con la infraestructura de transmisión y distribución existente. Los datos indirectos incluyen estudios de VoS encargados por empresas de servicios públicos y comisiones de servicios públicos en varios estados de los EE.UU. Fue necesario recurrir a los datos proxy debido a la falta de datos disponibles públicamente necesarios para extrapolar el VoS en Puerto Rico para estos componentes.

Basándonos en este análisis, calculamos un valor de costo evitado de **3¢/kWh**. Este valor representa el 10% del total de los beneficios directos y el 3% del total de los beneficios globales.

4.4 Pérdidas evitadas relacionadas con la confiabilidad

Determinamos el valor de las pérdidas económicas evitadas relacionadas con la confiabilidad identificando el valor para los clientes y la empresa de servicios públicos anfitriona de mantener la energía encendida durante un apagón y luego reducir este valor combinado utilizando la proporción estimada de cortes de energía que pueden evitarse con la energía solar. Para obtener datos sobre cortes de energía históricos, nos basamos en los archivos de datos detallados del Informe Anual de la Industria de Energía Eléctrica de la EIA, Formulario EIA-861, que proporciona minutos anuales históricos de cortes de energía en Puerto Rico desde 2019. Para determinar la proporción del total de interrupciones que la energía solar puede evitar, nos basamos en datos indirectos para el ELCC de los recursos solares ubicados en PJM. Al multiplicar la clasificación proxy de ELCC solar por la relación entre las horas de apagón anuales históricas y el total de horas en un año, se obtiene una aproximación de la capacidad de la energía solar para evitar apagones en Puerto Rico.

³ Ver <https://www.pjm.com/-/media/planning/res-adeq/elcc/preliminary-elcc-class-ratings-for-the-2025-26-brac-ferc-docket-no-er24-99.ashx>

Para identificar el valor de los cortes de energía evitados para los clientes, nos basamos en la estimación de la AEE para el Valor de la Carga Perdida (VOLL, por sus siglas en inglés ⁴) de su IRP de 2020, escalado hasta el presente utilizando datos de inflación de la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos (BLS, por sus siglas en inglés). Para determinar el valor de las interrupciones evitadas para la empresa de servicios públicos anfitriona, utilizamos el precio minorista promedio anual histórico de la electricidad, ya que refleja el valor real de los ingresos perdidos para la empresa de servicios públicos, en promedio, durante una interrupción. La suma de estos dos valores representa el valor agregado máximo hipotético de evitar interrupciones para los clientes y la empresa de servicios públicos.

Basándonos en este análisis, calculamos un valor de costo evitado de **2¢/kWh**. Este valor representa el 6% del total de los beneficios directos y el 2% del total de los beneficios totales.

4.5 Costos de emisiones evitadas

Determinamos el valor de los costos de emisiones evitadas utilizando estimaciones desarrolladas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) para las tasas de emisiones relacionadas específicamente con los generadores de combustibles fósiles ubicados en Puerto Rico, así como los daños sociales y económicos resultantes de la liberación de emisiones nocivas de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes atmosféricos. Cuantificamos las tasas de emisión (en toneladas por MWh) para cada GEI (CO₂, CH₄, N₂O) y contaminante (NO_x, SO_x, PM) utilizando datos del sistema eGRID de la EPA. A continuación, estimamos las emisiones desplazadas, que reflejan las emisiones evitadas por el despliegue de un hipotético panel solar de 1 MW ubicado en Puerto Rico, utilizando la simulación NREL PVWatts discutida en las secciones anteriores de este Informe. A continuación, asignamos los costos a estas emisiones utilizando datos de los informes de la EPA "Estándares de rendimiento para fuentes nuevas, reconstruidas y modificadas y Directrices de emisiones para fuentes existentes: revisión climática del sector del petróleo y el gas natural" y "Estimación del beneficio por tonelada de la reducción de PM_{2.5} emitidas directamente". A continuación, escalamos estos costos al año-dólar actual utilizando los datos de inflación de la Oficina de Estadísticas Laborales. Por último, multiplicamos las emisiones desplazadas por las tasas de coste de las emisiones y dividimos este producto por la producción de generación solar simulada.

Basándonos en este análisis, calculamos un valor de costo evitado de **54¢/kWh**. Este valor representa el 78% del total de los beneficios sociales y el 53% del total de los beneficios totales.

4.6 Valor Agregado Económico Local

Determinamos el valor del valor agregado económico local utilizando datos indirectos debido a la falta de información disponible públicamente y a la naturaleza intensiva en recursos de los modelos necesarios para cuantificar estos valores. Los datos indirectos en los que nos basamos para este componente incluyen el valor agregado económico local estimado, medido sobre una base de \$/kW, de la construcción de energía solar residencial, escalado a dólares de 2023 utilizando datos de inflación de la Oficina de Estadísticas Laborales (BLS). Debido a que la métrica de valor agregado refleja el valor inicial (primer año)

⁴ VOLL representa una estimación de la disposición de los clientes a pagar para mantener las luces encendidas durante un apagón.

atribuible a la construcción de una nueva planta de energía, es necesario nivelar el valor a lo largo de la vida útil esperada para garantizar que el valor no se sobreestime anualmente. Para hacer esto, calculamos un pago nivelado utilizando supuestos de financiamiento del IRP 2020 de la AEE y los informes financieros relacionados. Finalmente, dividimos esta cantidad nivelada por la producción de generación pronosticada de un hipotético panel solar de 1 MW en Puerto Rico con base en datos de NREL PVWatts.

Basándonos en este análisis, calculamos un potencial de valor incremental de **16¢/kWh**. Este valor representa el 22% del total de los beneficios sociales y el 15% del total de los beneficios globales.

4.7 Pila de valor solar total

Con base en este análisis, el valor solar total estimado es igual a **103¢/kWh**, incluidos 33¢/kWh de beneficios directos y 70¢/kWh de beneficios sociales. Dado que el valor actual de medición neta de Puerto Rico equivale a solo 24¢/kWh,⁵ esto significa que el marco actual para valorar la energía solar en Puerto Rico no logra capturar aproximadamente el 77% de los beneficios conocidos y medibles que proporciona la energía solar:

Beneficios directos

Tipo de beneficio	Valor de solares (¢/kWh)	Valor de solares (Proporción de beneficios directos)	Valor de solares (Proporción de beneficios totales)	El crédito de medición neta (¢/kWh)
Costos de energía evitados	27.25	82.81%	26.42%	24.12
Costos de capacidad evitados	0.60	1.84%	0.59%	-
Costos de transmisión y distribución evitados	3.24	9.85%	3.14%	-
Pérdidas evitadas relacionadas con la confiabilidad	1.81	5.50%	1.76%	-
Total parcial	32.90	100.00%	31.90%	24.12

Beneficios sociales

Tipo de beneficio	Valor de solares (¢/kWh)	Valor de solares (Proporción de beneficios sociales)	Valor de solares (Proporción de beneficios totales)	El crédito de medición neta (¢/kWh)
Costos de emisiones evitadas (CO2, CH4, N2O, NOx, SO2, PM2.5)	54.46	77.55%	52.81%	-
Valor Agregado Económico Local	15.76	22.45%	15.29%	-
Total parcial	70.23	100.00%	68.10%	-

Beneficios totales

Tipo de beneficio	Valor de solares (¢/kWh)	Valor de solares (Proporción de beneficios totales)	Valor de solares (Proporción de beneficios totales)	El crédito de medición neta (¢/kWh)
Beneficios directos	32.90	31.90%	31.90%	24.12
Beneficios sociales	70.23	68.10%	68.10%	-
Total general	103.13	100.00%	100.00%	24.12

⁵ Ver <https://lumapr.com/wp-content/uploads/2023/02/Tariff-Book-Electric-Service-Rates-and-Riders-Revised-by-Order-05172019-Approved-by-Order-05282019.pdf>

5 CONCLUSIÓN

Basándose en el análisis anterior, este Informe concluye que:

- El **beneficio directo para la red y todos los demás contribuyentes es de 33 centavos por kWh**, que es un 36% mayor que la tarifa minorista de 24 centavos por kWh. En consecuencia, no hay ningún subsidio que fluya de otros contribuyentes a los clientes de energía solar en el sitio y, de hecho, hay beneficios que fluyen a todos los demás clientes de esta producción solar.
- Además de estos beneficios directos para los contribuyentes, importantes beneficios sociales fluyen a los residentes de Puerto Rico. Estos beneficios incluyen reducciones en la contaminación del aire, ya que la energía solar no emisor compensa las emisiones de la generación de energía con combustibles fósiles. Esta reducción de la contaminación produce importantes beneficios para la salud de los residentes. La reducción de la contaminación se puede convertir en un valor en dólares utilizando métricas desarrolladas por la EPA de EE.UU. Se obtienen beneficios sociales adicionales porque las inversiones en proyectos solares inducen una mayor actividad económica y empleos en Puerto Rico. En conjunto, estos **beneficios sociales se traducen en 70 centavos adicionales por kWh** además de los beneficios directos para los abonados.
- La continuación de la política de medición neta de Puerto Rico no hará que los clientes subsidién a los clientes de energía solar en el sitio. Por el contrario, esta política obtiene beneficios para todos los clientes al proporcionar un menor costo de suministro de energía, resiliencia de la red y otros beneficios, como se detalla en este informe.
- Otro beneficio de continuar con esta política es que permite la expansión continua del desarrollo solar de acuerdo con los objetivos más amplios de energía, desarrollo económico y sostenibilidad de Puerto Rico Simplifica el "mensaje" a los clientes que están considerando instalar proyectos solares en sus sitios, ya que el enfoque de medición neta ("dejar que el medidor gire hacia atrás") es muy comprensible para los clientes. Este enfoque ha tenido mucho éxito en los Estados Unidos en el apoyo a la expansión de la energía solar, el fomento del desarrollo de la energía limpia, la mejora de la confiabilidad, la reducción de la contaminación del aire y la promoción del crecimiento económico.

Mirando hacia adelante, estos recursos solares in situ se pueden integrar de manera efectiva, trabajando con los otros cambios positivos que se están realizando y que agregarán flexibilidad al sistema energético de Puerto Rico, incluyendo generación nueva y más limpia con mayor capacidad de aceleración, almacenamiento a gran escala y baterías en el lugar del cliente, recursos de energía renovable de la red y otras mejoras. En conjunto, estos recursos harán que el servicio eléctrico sea más confiable, limpio, eficiente y flexible para satisfacer las necesidades de Puerto Rico.

Es fundamental que los reguladores y los responsables políticos reconozcan que el valor de la energía solar va mucho más allá de los meros costes energéticos evitados. Su impacto en la salud ambiental, la confiabilidad del sistema, el crecimiento económico local y la sostenibilidad deben tenerse en cuenta a la hora de formular políticas y establecer incentivos.

Responsabilidad

Informe y Análisis preparado independientemente a solicitud de la Asociación de Energía Solar y Almacenamiento de Puerto Rico. Gabel Associates actúa en calidad de consultor y cualquier opinión, consejo, pronóstico o análisis presentado en este documento se basa en el juicio profesional de Gabel Associates y no constituye una garantía. Gabel Associates no será responsable de ningún impacto, económico o de otro tipo, basado en la información y los informes proporcionados y no será responsable de ningún daño directo, indirecto, especial o consecuente que surja en o en relación con los servicios e informes proporcionados.

