

# *Empleos solares en Puerto Rico para el 2050*

Proyecciones de empleos en energía solar basadas en  
la Ley #17 de 2019

*Informe preparado por The Solar Foundation como parte del programa  
Acelerador de Empresas de Energía Solar de Puerto Rico*



### Sobre The Solar Foundation

The Solar Foundation es una organización sin fines de lucro 501(c)(3) cuya misión es fomentar el uso de tecnologías de energía solar y otras tecnologías compatibles. A través de su liderazgo, investigación y Desarrollo de capacidades, The Solar Foundation crea soluciones transformadoras con el fin de alcanzar un futuro próspero en el cual la energía solar y las tecnologías compatibles a la misma sean integradas a todos los aspectos de nuestras vidas. Para conocer más, visite [TheSolarFoundation.org](http://TheSolarFoundation.org).

### Sobre el Acelerador de Empresas de Energía Solar de Puerto Rico

El Acelerador de Empresas de Energía Solar de Puerto Rico (PRSBA) es un programa que ofrece apoyo en el desarrollo de la fuerza laboral y finanzas de la industria solar y contribuye al desarrollo de microrredes en Puerto Rico. Es liderado por The Solar Foundation en asociación con Pathstone Corporation, Inc. Nuestro programa busca expandir y fortalecer la industria solar puertorriqueña y estimular el desarrollo de una fuerza laboral altamente calificada. Este programa reúne a empresas, miembros de la comunidad, otras organizaciones sin fines de lucro, instituciones académicas y defensores de la energía solar para transformar el sistema energético de Puerto Rico, con el fin de trabajando juntos para lograr un futuro renovable y sostenible. Para conocer más, visite <http://www.thesolarfoundation.org/prsba/>.

## Introducción

La Ley de Política Pública Energética de Puerto Rico, aprobada en el 2019, establece un Cartera de Energía Renovable (CER) con generación 100% renovable para el 2050. El adelanto hacia una CER 100% renovable resultará en una inversión de capital significativa y en el desarrollo de talentos en Puerto Rico para el beneficio de la economía, las personas y el planeta. Esta meta ambiciosa requerirá un crecimiento sin precedentes para todos los tipos de energías renovable, en especial la solar, la cual es la fuente renovable más abundante en este territorio estadounidense. Para cumplir con la meta de Puerto Rico, The Solar Foundation estima que la capacidad instalada tendrá un crecimiento exponencial a partir del actual 386 MW hasta llegar a 16,275 MW para el 2050. Tal crecimiento requiere una planificación estratégica para el desarrollo de la fuerza laboral, financiamiento solar, plan del uso del terreno, legislación energética, apoyo al desarrollo comunitario e incentivos de desarrollo económico en Puerto Rico.

Este documento técnico tiene como objetivo proporcionar a todos los constituyentes de la energía solar en Puerto Rico cifras factibles a las que puedan referirse al describir los beneficios económicos y sociales que se pueden lograr a medida que Puerto Rico avanza hacia un futuro de energía 100% renovable. Estas proyecciones podrán ser de utilidad a la industria financiera ya que les permite analizar su participación en el desarrollo en el futuro energético en Puerto Rico. Igualmente, estas cifras permitirán a legisladores y otros servidores públicos, tanto en Puerto Rico como a nivel federal, a determinar cómo promulgar una política pública que fomente la implementación de almacenamiento renovable. Por último, los educadores, asociaciones profesionales y universidades podrán desarrollar programas de adiestramiento basándose en los datos que aquí se presentan.

El último informe de National Solar Jobs Census 2019 preparado por The Solar Foundation indica que la fuerza laboral solar en Puerto Rico actual es 1,949 empleos (TSF, 2020). Actualmente, solo el 3% de toda la capacidad de generación de energía instalada en Puerto Rico proviene de energías renovables. No obstante, día tras día existen fluctuaciones en las fuentes de generación y la energía renovable alcanza el 7% de todas las fuentes que producen energía y energía para la red de Puerto Rico (AEEPR, 2020). Ante el panorama de generación 100% renovable, es evidente que la creación de empleos nuevos es crucial. El Negociado de Estadísticas del Trabajo de los Estados Unidos estima que las ocupaciones de energía solar a nivel nacional incrementarán en 63% durante los próximos 10 años. Esto podría representar 407,500 empleos relacionados a energía solar para el 2028 (Bureau of Labor Statistics, 2018). ¿Cuántos de estos empleos se requerirán en Puerto Rico? Basándonos en la investigación realizada por The Solar Foundation, estimamos que la cantidad de trabajos relacionados con la energía solar que se necesitarán para que Puerto Rico tenga un 100% de energía renovable en treinta años será de aproximadamente 12,559 para el año 2025, aumentando a aproximadamente 19,905 para el año 2030 y luego disminuyendo volver a bajar a 12,000 y menos para el año 2040.

## Metodología y supuestos

El ejercicio de estimar el potencial de crecimiento del empleo futuro es bastante complejo y depende de múltiples variables. El Negociado de Estadísticas del Trabajo utiliza seis variables para sus proyecciones de empleo, estas son demografía de la fuerza laboral, crecimiento económico agregado, demanda final de producto o servicio, modelo de insumo-producto en función del PIB, índice de productividad del empleo y relación entre el empleo ocupacional y las vacantes. La metodología empleada en el trabajo que aquí presentamos utiliza indicadores confiables para estimar el crecimiento futuro del empleo en la industria solar. Como primer paso, calculamos la capacidad instalada requerida para cumplir con la Cartera de Energía Renovable (CER) para luego calcular la cantidad de trabajos relacionados en la energía solar que se necesitarán para lograr la CER en los años claves exigidos por la Ley 17, es decir 2025, 2040 y 2040. Para las proyecciones de empleo, utilizamos instalaciones de energía solar, la tasa de la nueva capacidad añadida por año la cual calculamos partiendo de los estados en Estados Unidos continentales con un mercado solar maduro. Con el fin de minimizar la variabilidad estacional relacionada con el clima, solo elegimos estados con zonas climáticas similares a Puerto Rico. Definimos "mercados solares maduros" como estados que tienen al menos el doble de cantidad de energía solar como porcentaje de la electricidad total generada que Puerto Rico. Los estados con estos parámetros son Arizona, California, Nevada y Hawaii.

## Capacidad instalada necesaria

1. Consumo promedio diario (GWh): Promedio de 50.28 GWh diarios (PIR, 2019).
2. Promedio de horas pico de sol: Suposición 4.8 horas
3. DC - AC derating: 0.20 ineficiencia
4. 30% sobredimensionamiento en la generación fotovoltaica para tener en cuenta los períodos predecibles de demandas máximas y la reducción del tamaño del almacenamiento.
5. Tendencia histórica de reducción: Tasa de crecimiento agregada (CAGR) de -.22% de 2019 a 2038. Supuesto que la tendencia de reducción seguirá siendo lineal hasta 2050. (PIR, 2019).

	Consumo diario promedio (GWH)	Promedio horas pico de sol	Factor DC-AC Derating	Tamaño del Sistema DC MW	30% Sobredimensionamiento MW	CAGR
2019	50.28	4.8	.80	13,150	17,095	-0.22%

Tabla 1. Resumen de supuestos de cálculo

Los datos de la Tabla 1 muestran que, si Puerto Rico tuviera que generar toda la electricidad consumida en 2019 con energía solar, PR necesitaría alrededor de 17,095 MW de capacidad solar instalada. Este informe no toma en consideración la distribución espacial, tipo de instalación o la incorporación de almacenamiento para generación distribuida alrededor de Puerto Rico. Se reconoce que el

almacenamiento es un componente crítico en cualquier transformación a energía renovable de cualquier red eléctrica.

### Estimando la proyección de energía necesaria

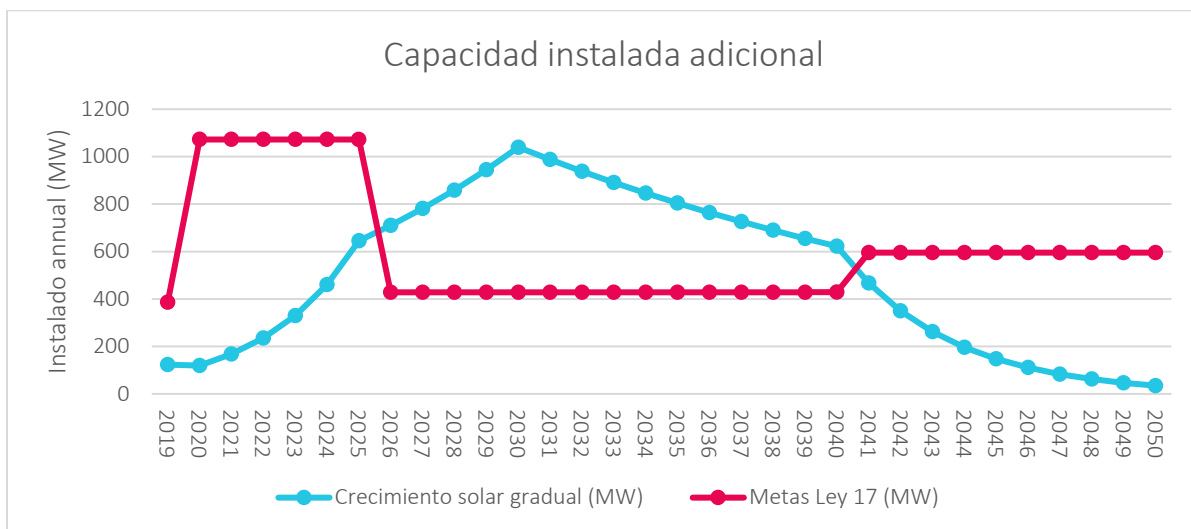
Utilizamos los 17,095 MW como número base para el 2019 para estimar que la capacidad instalada necesaria para cumplir con las metas de la Ley #17 para 2040, y 2050. El CAGR utilizado en el Plan Integral de Recursos (PIR) de la AEE se aplicó a varios años en formato inverso.

CAGR -.22%	Cartera renovable según Ley 17 2019	Objetivos de capacidad total instalada	Capacidad Instalada adicional para cumplir meta Ley 17 2019 (MW)
Actual	n/a	*386	
2025	40%	6,819	6,433MW en 5 años
2040	60%	10,320	3,501MW en 15 años
2050	100%	16,275	5,955 MW en 10 años

Tabla 2. Línea de tiempo según mandato de Ley 17 del 2019

\* Al 2020 hay 386 MW de energía solar instalados en Puerto Rico en generación distribuida y fincas solares

La Tabla 2 muestra el desafío extraordinario que enfrenta la industria solar para cumplir con el objetivo de capacidad instalada de 2025 del 40%. La aceleración tendría que ser astronómica, más de 1,100 MW por año para llegar a 6,800 MW para el año 2025. Un escenario más probable es aumentar gradualmente, aumentando la capacidad instalada un 40% con respecto al año anterior, hasta que alcancemos un pico entre los años 2028 y 2035. La gráfica 1 presenta la diferencia entre los dos enfoques. Un tercer enfoque calculado fue asumir una distribución uniforme de 532MW por año durante los próximos treinta años.



Gráfica 1 Comparación de escenarios para capacidad instalada adicional (MW)

### Estimando el tamaño de la fuerza laboral requerida

El estimado del tamaño de la fuerza laboral está basado en un análisis del crecimiento del empleo en relación con la capacidad instalada agregada entre 2015 y 2019 en cuatro estados que tienen mercados solares maduros.

Estado	Capacidad instalada añadida en los últimos 5 años (MW)	Σ Empleos solares por los últimos 5 años	Tasa de empleos solares en mercado maduro (Empleos/MW)
Arizona	2,582	16,706	6.47
California	17,417	235,218	13.5
Nevada	2,635	28,911	10.97
Hawaii	872	10,454	11.98
<b>Tasa de empleos solares en mercado maduro (Empleos/MW)</b>			<b>12.39</b>

Tabla 3. Taza Empleo/MW en 4 estados sureños con mercado solar maduros

La tasa de empleos solares de mercados maduros indica que, por cada MW de capacidad instalada, se crea un cierto número de empleos de instalación solar. Según se vaya añadiendo nueva capacidad solar, estaremos experimentando un crecimiento sostenido de empleos solares. En estados con mercados solares maduros, hay un promedio de 12.39 puestos de trabajo de instalación solar añadidos a la economía por año para cada MW de capacidad instalada añadida. Los cálculos para respaldar nuestras conclusiones se adjuntan como Apéndice A. The Solar Foundation considera que este es un buen indicador para usar en el pronóstico de empleo solar de Puerto Rico a medida que el mercado solar de PR madura y se convierte en una mayor proporción de la energía total generada y consumida.

De acuerdo con el *National Solar Jobs Census 2019*, la distribución de empleos solares en los Estados Unidos es 65% instalación y desarrollo de proyectos, 12% ventas al por mayor y distribución, 4% operación & mantenimiento (O&M), 14% manufactura, and 5% otros (TSF, 2020a). Curiosamente, las cifras del *National Solar Jobs Census 2019* para Puerto Rico mostraron una distribución diferente entre las categorías: 34.4% instalación y desarrollo de proyectos, 30% ventas al por mayor y distribución, 18.8% O&M, 9.3% manufactura y 7.5% otros (TSF, 2020). Para las proyecciones de este informe, usaremos la distribución de los Estados Unidos, porque a medida que el ecosistema de la industria solar de Puerto Rico madura, probablemente reflejará más de cerca la distribución del trabajo del resto de los Estados Unidos.

Potencial de empleos relacionados con la energía solar acumulado por sector Puerto Rico						
Año	Potencial total de trabajos relacionados a solar	Instalación y Desarrollo de proyectos	Ventas al por mayor y distribución	Operación y mantenimiento	Manufactura	Otros
2019	1,949					
2025	12,359	7,996	1,483	531	1,706	643
2030	19,905	12,878	2,389	856	2747	1,035
2040	11,918	7,711	1,430	512	1,645	620
2050	671	334	34	168	67	67

Tabla 4. Proyecciones de crecimiento de empleos solares para Solar Puerto Rico

La tesis que este informe presenta es que, si Puerto Rico va a cumplir con su CER estipulada en la Ley 17 de 2019, es necesario un crecimiento laboral significativo en la industria solar. Esto implica que la capacitación de la fuerza laboral solar debe incrementarse significativamente para satisfacer las necesidades de trabajo solar del futuro. También debería impulsar una inversión pública y privada sólida y diversa en la financiación de energía solar + almacenamiento.

Para concluir, es importante enfatizar lo que este informe no predice. Este documento no predice que Puerto Rico instalará 16,275 MW de energía solar durante los próximos 30 años. Tampoco está afirmando que el mercado laboral de la energía solar crecerá a casi 20,100 para el año 2030. Igualmente, no está prediciendo que la CER se alcanzará utilizando solo la tecnología solar fotovoltaica. De hecho, reconocemos que la eficiencia energética, energía eólica, energía mareomotriz y biomasa probablemente tengan un rol crucial en el futuro energético de Puerto Rico. Reconocemos que, sin un despliegue apropiado de los activos de almacenamiento de energía, no es posible una transformación importante hacia la energía renovable.

The Solar Foundation invita a todos los constituyentes a participar en un debate inclusivo y compartir ideas para diferentes vías que nos lleven hacia la promulgación e implementación de un desarrollo y crecimiento planificados de la industria solar.

---

## Notas

<sup>1</sup> En 2009, los profesores de la Universidad de Puerto Rico-Mayagüez, Agustín Irizarry, José Colucci y Efraín O'Neill, publicaron una estimación exhaustiva de los recursos renovables oceánicos, eólicos, solares, hidroeléctricos y de biomasa. El estudio se titula *Achievable Renewable Energy Targets for Puerto Rico, Renewable Energy Portfolio Standards*.

<sup>2</sup> Una comparación de diferentes estudios empíricos de rendimiento de sistemas fotovoltaicos sitúa el factor de reducción en cualquier lugar entre 0,77 y 0,861. Se consideró que las variables de reducción comunes incluyen: resistencia de cableado, desajuste de tolerancia del módulo VI, variación de temperatura, sombreado, particulado y disponibilidad del sistema. Retrieved from [https://enphase.com/sites/default/files/Enphase\\_PVWatts\\_Derate\\_Guide\\_ModSolar\\_06-2014.pdf](https://enphase.com/sites/default/files/Enphase_PVWatts_Derate_Guide_ModSolar_06-2014.pdf)

<sup>3</sup> Estudios previos han estimado la capacidad instalada total para 100% solar en 12,8 GW para la línea de base y 15,6 GW para 30% de sobregeneración. *Can Puerto Rico go 100% Solar, Energy Environment and Policy*. Retrieved from <http://euanmearns.com/can-puerto-rico-go-100-solar/>

## Referencias

AEEP, 2020. Summary of power generation. Retrieved from <https://aeepr.com/es-pr/Paginas/ResumenGeneracion.aspx>

Bureau of Labor Statistics, 2018. Occupational Handbook. Retrieved from <https://www.bls.gov/ooh/construction-and-extraction/solar-photovoltaic-installers.htm>

Bureau of Labor Statistics, 2020. Employment projections, handbook of methods. Retrieved from: <https://www.bls.gov/opub/hom/emp/pdf/emp.pdf>

Integrated Resource Plan, 2019. Retrieved from: <https://aeepr.com/es-pr/QuienesSomos/Paginas/ley57/Plan-Integrado-de-Recursos.aspx>

The Solar Foundation, 2020. *National Solar Jobs Census 2019*, Puerto Rico factsheet. Retrieved from: <https://www.thesolarfoundation.org/solar-jobs-census/factsheet-2019-pr/>

The Solar Foundation, 2020a. *National Solar Jobs Census 2019*. Retrieved from: <https://www.thesolarfoundation.org/wp-content/uploads/2020/03/SolarJobsCensus2019.pdf>



## Reconocimientos

Este informe se benefició de los comentarios y aportes valiosos de:

Ed Gilliland, Senior Program Director, The Solar Foundation

Elizabeth Arnold, Building Technologies Office, U.S. Department of Energy

Agustin Irizarry, PhD, Professor Engineer, Universidad de Puerto Rico, Recinto Mayagüez

Maria Concepción, Program Manager, OXFAM

Sam Talman, Research and Strategy Analyst, INVESTPR

Jorge Rodriguez, Director Puerto Rico Region, IBTS

Avery Palmer, Communications Director, The Solar Foundation

Expresamos nuestro agradecimiento por su interés en el futuro de la industria solar puertorriqueña.

## Sobre los autores



Loraima Jaramillo-Nieves es Gerente de Programa en The Solar Foundation donde apoya iniciativas como informes de análisis de necesidades de la fuerza laboral, proyectos demostrativos de microrredes solares y almacenamiento en el Acelerador de Empresa de Energía Solar de Puerto Rico. La Dra. Jaramillo obtuvo una maestría en Gerencia de Operaciones y Mercadeo de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Posteriormente obtuvo un magíster en Eficiencia Energética y Cambio Climático y un doctorado en Medio Ambiente y sus dimensiones humanas y socioeconómicas por la Universidad Complutense de Madrid.

Desde el 2010, Loraima ha estado estudiando el sector energético de Puerto Rico y la evolución del mercado de energías renovables. Su investigación exploró a los pioneros de la industria de las energías renovables y la experiencia de la comunidad, así como las barreras, los fallos del mercado y las percepciones relacionadas con esta industria. Trabajó en el Instituto Nacional de Energía y Sustentabilidad Isleña (INESI) en la Universidad de Puerto Rico, donde coordinó el Informe Anual de Situación Energética de Puerto Rico para 2016 y 2017. En el informe de 2017, coescribió el capítulo con recomendaciones para la reconstrucción del sistema eléctrico de Puerto Rico después del huracán María. La Dr. Jaramillo también colaboró con acueductos comunitarios brindando asistencia técnica para la prevención de la contaminación.



Carlos Alberto Velázquez López es Director de Programa en The Solar Foundation, donde supervisa los programas de Puerto Rico, incluyendo el Acelerador de Empresa solares de Puerto Rico. Como gerente ambiental por educación, Carlos Alberto ha podido aportar una perspectiva interdisciplinaria al análisis y solución de problemas. Después de haber completado dos giras en la Infantería de Marina de los Estados Unidos, fue dado de baja honorablemente en 2006 y rápidamente pasó a servir a Puerto Rico en la capacidad de asesorar a organizaciones ambientales y políticas en asuntos federales, ambientales y energéticos. Ha sido instrumental en las primeras coaliciones que abogaban por la medición neta y la interconexión de generación distribuida en Puerto Rico, eventualmente se convirtió en el socio-gerente de una empresa local de instalación y diseño de energía fotovoltaica. Después de los huracanes Irma y María, dirigió

un equipo ejemplar de ingenieros, expertos financieros y profesionales del desarrollo económico comunitario para crear un diseño conceptual para una microrred de energía renovable basada en la comunidad. Esa iniciativa se convirtió en la base de un modelo de cooperación energética en curso que está en desarrollo en las zonas rurales de Puerto Rico.

Carlos Alberto ha acompañado al Departamento de Comercio a misiones en Centroamérica como asesor en regulación y desarrollo de microrredes. Es un colaborador activo como experto en la materia de programas de radio relacionados con el medio ambiente y el clima. Es un colaborador activo del Negociado de Energía de Puerto Rico en temas como la eficiencia energética, las regulaciones de microrredes y el Plan Integrado de Recursos. En su tiempo libre, se desempeña como panelista de orientación visionaria para la ONG Américas para la Conservación y las Artes en sus proyectos de ecoturismo y turismo cultural que se están desarrollando en Puerto Rico.

Apéndice A:

Datos Tabla 3:

	<u>2015</u>	<u>2016</u>	<u>2017</u>	<u>2018</u>	<u>2019</u>	<u>Empleos promedios/M W</u>
<b>Nevada</b>						
<i>Empleos</i>	8285	5598	4203	5251	5574	
<i>MW</i>	299	996	386	550	404	
<i>Empleos /MW</i>	27.71	5.62	10.89	9.55	13.80	<b>13.51</b>
<b>Arizona</b>						
<i>Empleos</i>	2549	3399	3629	3383	3746	
<i>MW</i>	258	657	414	343	910	
<i>Empleos /MW</i>	9.88	5.17	8.77	9.86	4.12	<b>7.56</b>
<b>California</b>						
<i>Empleos</i>	40597	53229	46489	48295	46608	
<i>MW</i>	3268	5192	2596	3236	3125	
<i>Empleos /MW</i>	12.42	10.25	17.91	14.92	14.91	<b>14.08</b>
<b>Hawaii</b>						
<i>Empleos</i>	2476	2490	2121	1508	1859	
<i>MW</i>	117	108	143	125	379	
<i>Empleos/M W</i>	21.16	23.06	14.83	12.06	4.91	<b>15.20</b>
<b>Media general</b>						<b>12.39</b>