



cambiopr.org  
POBOX 260025  
San Juan, PR 00926

VIA CORREO ELECTRÓNICO

[mperez@camara.pr.org](mailto:mperez@camara.pr.org)

8 de mayo de 2023

Hon. Luis Raúl Torres Cruz

Presidente

Comisión de Desarrollo Económico, Planificación, Telecomunicaciones, Alianzas Público-Privadas y Energía

Cámara de Representantes

Capitolio

San Juan, Puerto Rico

**Re: Crisis provocada por la instalación, manejo y disposición de las placas solares y baterías de almacenamiento de energía solar.**

Honorables miembros de la Comisión de Desarrollo Económico, Planificación, Telecomunicaciones, Alianzas Público-Privadas y Energía:

Comparecemos ante ustedes en representación de CAMBIO, una organización sin fines de lucro fundada en el 2015 con el objetivo de promover acciones sostenibles y responsables en Puerto Rico y el Caribe. Desde el 2018 CAMBIO ha servido como ente coordinador para la coalición Queremos Sol ([www.queremossolpr.com](http://www.queremossolpr.com)) y es el gestor y coordinador de la propuesta multisectorial Generación Circular ([www.generacioncircular.org](http://www.generacioncircular.org)) que promueve la adopción de una economía circular como vía para el manejo adecuado y sostenible de los residuos que hoy se descartan en Puerto Rico. Parte de nuestro rol en ambos esfuerzos ha sido desarrollar estudios e investigaciones que ayuden concretizar y definir rutas de acción necesarias.

Tanto Queremos Sol como Generación Circular reconocen en sus propuestas la necesidad de desarrollar y estructurar reglamentación y procesos que aseguren el manejo adecuado de materiales relacionados a sistemas fotovoltaicos y almacenamiento al final de su vida útil. El asunto de esta vista pública es la perfecta intersección de estos dos campos.

Conforme a su solicitud, la presente ponencia tiene como objetivo presentar el conocimiento que hemos adquirido y exponer nuestra postura respecto a cuál debe ser el camino adecuado para evitar el mal manejo de sistemas fotovoltaicos que han llegado al fin de su vida útil. Antes que todo, sugerimos una modificación al tema de esta vista pública, pues entendemos que tal y como ha sido redactado, no alude la raíz del problema. La futura crisis que pudiéramos enfrentar no estaría provocada por la instalación, manejo y disposición de placas solares y baterías. El potencial de crisis existe como consecuencia de la inhabilidad y la dejadez de las agencias ante el desarrollo de estrategias para el manejo efectivo de residuos. Esta crisis no solo se observa con los sistemas fotovoltaicos, sino que también está presente en el manejo de los vertederos, de los plásticos, de los neumáticos y de los materiales orgánicos, entre muchos otros residuos, tanto no peligrosos como peligrosos.

En Puerto Rico y a través del mundo, la instalación de sistemas fotovoltaicos continúa en aumento sin rastros de que se detendrá en un futuro cercano. La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) reportó que, durante el 2022, se instalaron el equivalente a 295 mil millones de vatios (GW) en sistemas de energía renovable -el mayor incremento alcanzado en la historia- de los cuales 191 GW fue solo sistemas fotovoltaicos (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2022). En comparación, para el 2021 se instalaron 173.5 GW en paneles solares (Masson & Kaizuka, 2022). Además, se estima que para el 2050 pudiéramos ver incrementos globales de hasta 615 GW (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2022). Estas cifras sugieren, por un lado, que habrá una creciente demanda de materia prima para la manufactura de sistemas fotovoltaicos y, por otro, que cada jurisdicción necesitará encontrar alternativas para el manejo efectivo de los equipos que alcancen el fin de su vida útil. Ambas cosas están relacionadas.

Los sistemas fotovoltaicos y las baterías de iones de litio descartadas presentan oportunidades para recuperar materiales valiosos. Esto ofrece una vía para el desarrollo estable de una cadena de suministros de materia prima en beneficio de las manufactureras, lo cual conlleva la creación de nuevos empleos. Dichos objetivos solo pueden alcanzarse mediante los enfoques de la economía circular, dándole prioridad a la reducción, el reúso, la reparación, la remanufactura y el reciclaje (Mirletz et al., 2022). La única forma real de establecer una economía resistente ante eventos globales negativos es mediante el desarrollo de capacidades locales. En ese sentido, incentivar la investigación y desarrollo en instituciones locales y la creación de empresas especializadas en el reciclaje de sistemas fotovoltaicos, representan acciones fundamentales para lograr un desarrollo sostenible en la isla.

## Reciclaje de paneles solares y baterías de iones de litio

### *Paneles solares*

Recientemente, el mercado fotovoltaico ha estado dominado por los paneles de silicio cristalino, los cuales se han convertido en la tecnología fotovoltaica más utilizada en todo el mundo. Aunque otras tecnologías se continúan desarrollando, este tipo de paneles siguen siendo los más rentables. El uso de elementos tóxicos (como el cadmio) y sustancias raras/críticas (como la plata) en la producción de estos módulos fotovoltaicos son la principal preocupación para el manejo luego de su vida útil (Oteng et al., 2021). La generación de residuos de los módulos fotovoltaicos se considera potencialmente nociva en la Unión Europea, similar a los residuos electrónicos. Sin embargo, muchos de los componentes de los paneles de silicio cristalino son reciclables. Contienen vidrio (alrededor del 75%), aluminio, cobre y plástico.

Múltiples empresas a través del mundo se dedican a recuperar los materiales de los paneles solares y algunas han desarrollado procesos innovadores para maximizar la extracción del silicio y metales nobles. El reciclaje tiene cuatro ventajas principales: mitigar el agotamiento de materiales (por ejemplo, la plata), evitar emisiones tóxicas al medio ambiente, generar ingresos económicos al recuperar materiales valiosos de los paneles y evitar la inversión energética que requiere producir materiales vírgenes (Deng et al., 2022). En adelante, se incluye un listado de las empresas que se dedican a reciclar paneles solares en los Estados Unidos:

<b>Compañía</b>	<b>Servicios</b>	<b>Productos Reciclados</b>
<b>CEM</b>	Reciclaje directo	Paneles solares, vidrio
<b>Cleanlites Recycling</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>Dynamic Lifecycle Innovations</b>	Reciclaje directo	Paneles solares, cables, caja de conexiones, marcos
<b>Echo Environmental</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>Exotech</b>	Compra y procesamiento de metales	N/A
<b>FabTech</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>First Solar</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>Green Lights Recycling</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>Interco -- A Metaltronics Recycler</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>Metal &amp; Catalyst Resources</b>	Reciclaje directo	Elementos químicos
<b>Mitsubishi Electric</b>	Reciclaje directo	Paneles solares

<b>Morgen Industries</b>	Reciclaje directo	Celdas
<b>Recycle1234</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>Silicon Specialists</b>	Reciclaje directo	Oblea de silicio
<b>Silrec</b>	Reciclaje directo	Lingotes, obleas de silicio
<b>Solarcycle</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>Solar Recycling Experts</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>SRS</b>	Reciclaje directo	Lingotes
<b>Surplus Service</b>	Reciclaje directo	Paneles solares
<b>We Recycle Solar</b>	Reciclaje directo	Celdas, paneles solares, elementos químicos

Según un estudio que realizamos junto con el Programa del Estuario de la Bahía de San Juan, el cual incluyó a los municipios de Bayamón, Canóvanas, Carolina, Cataño, Guaynabo, Loíza, San Juan, Toa Baja y Trujillo Alto, encontramos que solo la empresa *5 Senses Solutions* se dedica al acopio y exportación de paneles solares en la región.

Cabe mencionar que, aunque muchos esfuerzos se dirigen al reciclaje de los paneles, se le debe dar prioridad a la reducción, reparación y remanufactura. La reducción se logra, por un lado, promoviendo la conservación y la eficiencia energética lo cual reduce la cantidad de paneles necesarios para atender la demanda. Por otra parte la reducción se logra adquiriendo paneles más eficientes y duraderos y garantizando su instalación adecuada para así aumentar la vida útil. Las últimas dos (reparación y remanufactura) se logran reparando componentes dañados para extender el uso y renovando el quipo hasta regresarlo a los estándares de manufacturero, respectivamente (Mirletz et al., 2022). Existen empresas que se dedican a cada una de estas actividades, las cuales son más costo efectivas que el reciclaje y se pudieran realizar localmente con el adiestramiento adecuado.

Asimismo, es crucial que el gobierno de Puerto Rico aproveche las capacidades de las universidades de la isla para llevar a cabo investigación y desarrollo en el campo del reciclaje de sistemas fotovoltaicos, con el fin de generar tecnologías competitivas. Esto no solo incluye desarrollar tecnologías para separar los componentes de las placas, sino investigar nuevos diseños para placas solares modulares que faciliten la separación de los componentes.

#### *Baterías de iones de litio.*

Las baterías de iones de litio se fabrican con materiales como cobalto, grafito y litio, que se consideran minerales críticos. Los minerales críticos son materias primas de importancia económica y estratégica para los Estados Unidos, con un alto riesgo de que se interrumpa su suministro y los cuales no son fáciles de sustituir. Tirar las baterías a un zafacón destinado a un

vertedero provoca que se pierdan dichos materiales, por lo cual existen muchas empresas que se dedican a acopiar y a procesar baterías de iones de litio en los Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency, 2022).

A través del mundo y en los Estados Unidos, existen cientos de recicladores y acopiadores de baterías de iones de litio. Se pudieran mencionar los siguientes recicladores (Canary Media, 2022; Kumagai, 2021):

American Battery Technology – Estados Unidos  
Ascend Elements – Estados Unidos  
Battery Resourcers – Estados Unidos  
Brunp Recycling Technology Co. – China  
Ecobat – Estados Unidos  
Ganfeng Lithium – China, Australia, Argentina, México, Irlanda  
Green Li-ion – Singapore  
KULR Technology Group – Estados Unidos  
Li-Cycle – Estados Unidos  
Northvolt – Suecia  
Nth Cycle – Estados Unidos  
Primobius – Alemania  
Princeton NuEnergy – Estados Unidos  
ReCell Center – Estados Unidos  
Redwood Materials – Estados Unidos  
ReLIB – Estados Unidos  
Retriev Technologies – Estados Unidos  
SMCC Recycling – Estados Unidos  
Tesla – Estados Unidos  
Umicore – Bélgica

Según la referida investigación realizada junto con el Programa del Estuario de la Bahía de San Juan, encontramos las siguientes compañías acopian baterías en la región estudiada, aunque es necesario reconfirmar si reciben baterías de iones de litio de sistemas fotovoltaicos:

Batteries Plus (varias localidades)	Centro de Acopio	Baterías	
Interstate Batteries Of Puerto Rico (varias localidades)	Centro de Acopio, Exportador	Baterías (de autos y sistemas del hogar)	
Island Festival Recycling	Centro de Acopio, Servicio recogido (comercial)	Metales ferrosos, Metales no ferroso, Baterías (autos y sistemas del hogar)	
Lamp Recycling Company, Inc.	Centro de Acopio, Exportador	Baterías, electrónicos	
Best Buy	Centro de Acopio	Electrónicos	

### Políticas relacionadas al reciclaje de paneles solares y baterías de iones de litio

La política más importante relacionada al manejo de los sistemas fotovoltaicos al terminar su vida útil es la Directiva 2012/19/EU de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (WEEE) de la Unión Europea. Esta exige que se recoja un 85% y se recicle un 80% de los materiales utilizados en los paneles fotovoltaicos. Originalmente aplicaba a los residuos electrónicos, pero se amplió a los productos solares en 2012 (Directive 2012/19/EU on Waste Electrical and Electronic Equipment, 2012). Esta ha sido una gran influencia para jurisdicciones como Japón, Corea del Sur, China y California, las cuales han desarrollado políticas similares (Oteng et al., 2021).

En los Estados Unidos, a nivel federal, no hay ley o reglamento que requiera expresamente la recuperación de módulos fotovoltaicos. Sin embargo, han comenzado a surgir políticas estatales y regionales para abordar los problemas de manejo de los módulos fotovoltaicos que han llegado al fin de su vida útil. Al menos cuatro estados han promulgado leyes recientemente para atender el reciclaje de módulos fotovoltaicos, lo cual pudiera impactar la recuperación de residuos domésticos y el reciclaje en los EEUU. Estos son Washington, California, Nueva Jersey y Carolina del Norte.

Washington aprobó una normativa de responsabilidad extendida a los productores (*Extended Producer Responsibility*) que afecta a los fabricantes de sistemas de energía solares. Esta le exigirá a los fabricantes de módulos fotovoltaicos que, a partir del 1 de julio de 2023, financien el recogido y la reutilización o el reciclaje de dichos módulos vendidos en el estado o dentro de él después del 1 de julio de 2017 sin costo alguno para el consumidor. California también aprobó una normativa que entró en vigor en enero de 2021, la cual permite que los módulos fotovoltaicos se manejen bajo lo que ellos clasifican como “residuos peligrosos universales”. La normativa sobre residuos universales de California permite que los paneles que se reciclen o descarten estén regulados por requisitos de manejo, transporte y almacenamiento menos

Hon. Luis Raúl Torres

8 de mayo de 2023

p. 7

[cambiopr.org](http://cambiopr.org)

estrictos a la vez que prohíbe el uso de procesos de reciclaje que usen el calor, químicos o agua. Debido a estas limitaciones, muchas empresas de reciclaje de paneles fotovoltaicos que le sirven al mercado de California operan en estados adyacentes (California Solar & Storage Association, 2022). Por último, Nueva Jersey y Carolina del Norte aprobaron legislación en el 2019 para estudiar las opciones de manejo de módulos fotovoltaicos con el fin de informarse para el desarrollo de regulaciones futuras en sus respectivos estados (Curtis et al., 2021).

De conformidad con la información presentada, recomendamos que este cuerpo dirija esfuerzos conducentes a:

1. Prohibir expresa y categóricamente el depósito de paneles fotovoltaicos y baterías de iones de litio en los vertederos y crear penalidades especiales por el incumplimiento.
2. Declarar política pública el reciclaje responsable de sistemas fotovoltaicos, con una meta de un 80% de desvío.
3. Desarrollar legislación para distribuir la responsabilidad de recoger y canalizar apropiadamente los sistemas fotovoltaicos instalados. Esta debe crear una cadena de suministros inversa, donde los instaladores deben recoger los sistemas instalados por ellos para enviarlos a empresas de reciclaje locales o, en la alternativa, canalizarlos a través de los mecanismos de distribución para que regresen a los fabricantes.
4. Incentivar a las universidades de Puerto Rico para que realicen investigación y desarrollen patentes relacionadas a nuevos diseños de paneles fotovoltaicos y procesos innovadores de reciclaje.
5. Ordenar al Departamento de Desarrollo Económico y Comercio a crear un incentivo para el desarrollo de empresas locales dedicadas al reciclaje de paneles fotovoltaicos y baterías de litio, asegurando se cierra el ciclo localmente.

Agradecemos su atención y nos ponemos a su disposición para cualquier aclaración o consulta adicional.

Atentamente,

(firmada)

Ingrid M. Vila Biaggi MS, PE

Presidenta

(firmada)

Lcdo. Francisco Aquino Serrano

Asesor Economía Circular

## Referencias

- California Solar & Storage Association. (2022). *Solar Photovoltaic (PV) Panels: Reusing, Recycling, & Disposal*. <https://calssa.org/blog/2022/7/22/solar-photovoltaic-pv-panels-reusing-recycling-amp-disposal#:~:text=As of July 2022%2C California,%2C reporting%2C and recordkeeping requirements>.
- Canary Media. (2022, June). 15 Companies Working to Recycle Wind Turbines, Solar Panels and Batteries. *Recycling Renewables: A Special Series*. <https://www.canarymedia.com/articles/clean-energy/15-companies-working-to-recycle-wind-turbines-solar-panels-and-batteries>
- Curtis, T. L., Buchanan, H., Heath, G., Smith, L., & Shaw, S. (2021). Solar Photovoltaic Module Recycling: A Survey of U.S. Policies and Initiatives. *National Renewable Energy Laboratory, March*. <https://doi.org/doi.org/10.2172/1774839>
- Deng, R., Zhuo, Y., & Shen, Y. (2022). Recent progress in silicon photovoltaic module recycling processes. *Resources, Conservation and Recycling, 187*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106612>
- Directive 2012/19/EU on Waste Electrical and Electronic Equipment, (2012). <http://www.solarwaste.eu/wp-content/uploads/2014/04/WEEE-Recast-Dir-EN-20120704.pdf>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022). World energy transitions outlook 2022. *World Energy Transitions, 1–54*. <https://irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2022%0Ahttps://irena.org/publications/2021/March/World-Energy-Transitions-Outlook>
- Kumagai, J. (2021, January). Lithium-Ion Battery Recycling Finally Takes Off in North America and Europe. *IEEE Spectrum*. <https://spectrum.ieee.org/lithiumion-battery-recycling-finally-takes-off-in-north-america-and-europe>
- Masson, G., & Kaizuka, I. (2022). *Trends in Photovoltaic Applications 2022*. [https://iea-pvps.org/trends\\_reports/trends-2022/](https://iea-pvps.org/trends_reports/trends-2022/)
- Mirletz, H., Ovaitt, S., Sridhar, S., & Barnes, T. M. (2022). Circular economy priorities for photovoltaics in the energy transition. *PLoS ONE, 17*(9 September), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274351>
- Oteng, D., Zuo, J., & Sharifi, E. (2021). A scientometric review of trends in solar photovoltaic waste management research. *Solar Energy, 224*(February), 545–562. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.06.036>
- United States Environmental Protection Agency. (2022). *Used Lithium-Ion Batteries*. <https://www.epa.gov/recycle/used-lithium-ion-batteries>