

Evaluación del método químico para la separación del polímero Etil Vinil Acetato (EVA) en el reciclaje de paneles solares

Giselle Hernández-Brenes ^{1,*}, Inés Riech-Méndez ¹ y Germán Giacoman-Vallejos ²

¹ Laboratorio de Ingeniería en Energías Renovables, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.

² Laboratorio de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.

* Autor de correspondencia: giselle.brenes96@gmail.com

Desarrollo sustentable (Desarrollo de procesos sustentables).

Palabras clave: Reciclaje; Celdas solares; EVA; Proceso químico

Introducción. La instalación de paneles fotovoltaicos ha crecido a través de las últimas décadas (IRENA, 2020). Actualmente están siendo desechados aquellos que concluyeron su vida útil, 25 años. Las características tóxicas de lixiviados de los paneles solares rebasan los límites permisibles, clasificándolos como residuos peligrosos (Hari et al., 2021), por lo que se han creado procesos de reciclaje de paneles solares con el fin de disminuir el impacto ambiental. Para su reciclaje es necesario separar el polímero que encapsula la celda: el EVA (Etil Vinil Acetato). El método térmico es uno de los más estudiados, sin embargo debido a las altas temperaturas (500°C) y la cantidad de gases tóxicos que emite, lo hace peligroso para la salud y el ambiente (Fiandra et al, 2019). Entre otros procesos de degradación de EVA también han estudiado los efectos de la concentración de diferentes solventes a distintas temperaturas, potencia ultrasónica, tiempos de radiación, etc. El efecto en la degradación del EVA depende del tipo de solvente utilizado, su concentración y tiempo sumergido. (Kang., et al, 2012). En el presente trabajo se evaluó el método químico con tres solventes (Benceno, Hexano y Tolueno) para separar el EVA, y la toxicidad de los residuos. El solvente que logró separar el EVA de la celda fue el Tolueno, por lo que se optimizó el proceso con este solvente y se evaluó el tamaño de partícula de la muestra inicial, logrando retirar el 72% del EVA con tamaños de grano de 0.086mm.

Materiales y Métodos. Se utilizaron muestras de paneles solares monocristalinos previamente cortadas en tamaños de 5x5cm, se retiró el vidrio y backsheet mecánicamente, obteniendo la celda solar + EVA. Se colocó en recipientes con tapa 0.5g de esta muestra, añadiendo 5ml de solvente y llevados a baño maría durante 3 tiempos (1, 15 y 30 min) y 2 temperaturas: 50 y 70 °C para Benceno y Tolueno. Y temperaturas de 50 y 55 °C para Hexano. Los residuos de este proceso fueron llevados a cromatografía de gases con el fin de conocer su toxicidad.

Resultados. En la tabla 1, se muestran los resultados del experimento químico. No se logró la separación del EVA con Hexano y Benceno. El tolueno, separa el EVA de los trozos de celda después de los 15 min a 70°C, sin embargo al filtrar el solvente el polímero se aglomera y quedan atrapados los pedazos de celda nuevamente.

Tabla 1. Resultados del experimento químico

Solvente	50 °C			70 °C		
	1 min	15 min	30 min	1 min	15 min	30 min
Hexano	x	x	◊			
Benceno	◊	◊	◊	◊	◊	◊○
Tolueno	◊	◊○	◊○	◊○	○●	○●

x - Sin Cambios ◊ - El EVA se hincha ○ - Formación de gel ● - Separación de EVA y Celda

Con el fin de evitar la aglomeración del EVA con la celda al filtrar el solvente, se optimizó el proceso con Tolueno. Para esto se aumentó la temperatura a 80°C, el tiempo a 120 min y se agregó centrifugando a 3600 RPM durante 30 min. También se probó que el introducir agua ayuda a la separación por diferencia de densidades, añadiendo 5ml al experimento. Además, se evaluó el tamaño de partícula de la muestra, clasificándola en: 4 mm, 1.68 mm, 0.86 mm y <0.86 mm.

Se comprobó que con tamaños <0.086mm, la celda precipita en el recipiente y el EVA queda en la superficie con el tolueno, por lo que se puede proceder a decantar.

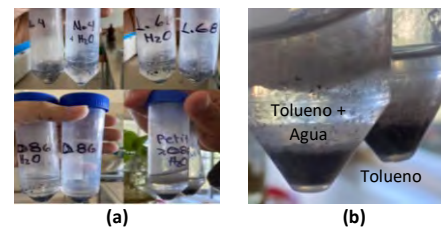


Figura 1. (a) Muestras de distintos tamaños con Tolueno y Tolueno + agua. (b) Muestra separada, tamaño de partícula <0.086mm.

Para evaluar la eficiencia del proceso químico, se calcinó la celda decantada, a 500°C durante 1hr, conociendo así el porcentaje de peso perdido. Estos datos se muestran en la figura 2.



Figura 2. Porcentaje de EVA separado y celda recuperada respecto a la muestra reciclada.

Conclusiones. El proceso químico, mediante el uso de tolueno como solvente, logró retirar, en promedio, el 72 % de EVA, el restante puede ser llevado a calcinación, minimizando la generación de gases tóxicos que produce el método térmico. El tolueno durante el proceso no genera compuestos que tengan mayor toxicidad que el solvente. No obstante, es recomendable un adecuado tratamiento de los residuos o llevarlos a un proceso de destilación para reutilizarlos.

Bibliografía.

- Fiandra Valeria., Sannino Lucio., Androzzi Concetta., Graditi Giorgio., (2019). End-of-life of silicon PV panels: A sustainable materials recovery process. *Waste Management*, 91-101.
- Hari Bhakta Sharma., Kumar Raja Vanapalli., Vikram Kumar Barnwal., Brajesh Dubey., Jayanta Bhattacharya., (2021). Evaluation of heavy metal leaching under simulated disposal conditions and formulation of strategies for handling solar panel waste, *Science of The Total Environment*, Vol. 780.
- IRENA., (2020). International Renewable Energy Agency, Solar energy data. URL: <https://www.irena.org/solar>
- Kang Sukmin, Yoo Sungyeol., Lee Jina., Boo Bonghyun., Ryu Hoyin., (2012). Experimental investigations for recycling of silicon and glass from waste photovoltaic modules. *Renewable Energy*, 152-159.