

Purificación de biogás mediante adsorción con un carbón activado a base de hojas de piña: evaluación de la capacidad de adsorción

D. Cimadevilla, F. Rubiera, M.V. Gil, C. Pevida*

Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono, (INCAR), CSIC. Francisco Pintado Fe 26, 33011 Oviedo
 cpevida@incar.csic.es

Palabras clave: Biogás, biometano, carbón activado, adsorción.

Introducción

En el contexto energético actual el uso de biogás como fuente de biometano está cobrando una enorme relevancia. Desde 2018 el número de plantas de purificación de biogás para obtener biometano en Europa se ha multiplicado por dos [1]. Una de las tecnologías comerciales más extendida para este fin es la adsorción, que involucra el uso de materiales adsorbentes [2]. En este sentido, si los actuales adsorbentes comerciales (zeolita 13X, zeolita 5A, CMS, etc.) pudieran ser reemplazados por adsorbentes biomásicos, además de reducir la huella de carbono capturando el CO₂, se estaría contribuyendo a fomentar el reciclaje de residuos y la bioeconomía circular. En general, los carbones activados muestran buena selectividad para separar dióxido de carbono y una alta capacidad de adsorción a bajas presiones parciales [3]. En este estudio, se ha evaluado el rendimiento en la separación de mezclas CO₂/CH₄ de un carbón activado de hojas de piña (PCL), preparado y caracterizado previamente en nuestro laboratorio.

Experimental

El grupo de investigación cuenta con un dispositivo experimental de diseño propio para realizar experimentos dinámicos de adsorción en lecho fijo. El lecho de adsorción se compone de un reactor de acero inoxidable de 13 mm de diámetro interno y 133 mm de altura. Un set de controladores de flujo másico permite alimentar mezclas de gases al sistema. La composición del gas de salida se analiza mediante un micro-cromatógrafo CP-4900 (Varian-Agilent) de dos canales.

El experimento dinámico para obtener las curvas de ruptura se ha diseñado en ciclos de 3 etapas que comienzan siempre con la regeneración del lecho de adsorbente a 453 K con un flujo de 50 mL min⁻¹ de He durante una hora. A continuación, tiene lugar una etapa de acondicionamiento en la que el lecho es enfriado hasta alcanzar 303 K y presurizado con helio hasta la presión deseada. La etapa de adsorción tiene lugar a 303 K, en la que, a la presión seleccionada, se alimenta durante una hora una mezcla equimolar de metano y dióxido de carbono, representativa de biogás, con un flujo total de 50 mL min⁻¹. Para cada valor de presión (entre 1 y 10 bar) se llevaron a cabo diez ciclos consecutivos de adsorción-desorción para estudiar la reproducibilidad del sistema.

Resultado y discusión

Tanto la capacidad de adsorción como el tiempo de ruptura fueron determinados a partir de las curvas de ruptura. Con el incremento de la presión, el consiguiente aumento de presión parcial hace que aumente la capacidad de adsorción de cada componente de la mezcla representativa de biogás, así como el tiempo que requiere el frente de concentración para alcanzar la salida del lecho (Tabla 1). Los valores de capacidad de adsorción obtenidos para el carbón PCL son comparables a los de carbones activados comerciales [3].

Tabla 1. Capacidad de adsorción de CH₄ y CO₂ del carbón PCL

Presión (bar)	Capacidad de adsorción (mmol/g _{ads})	
	CO ₂	CH ₄
1.2	2.4	1
3	3.2	1.3
5	4.1	1.5
10	4.5	1.3

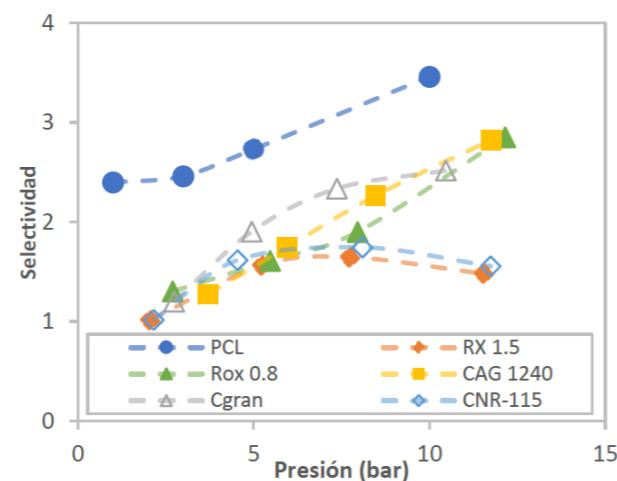


Figura 1. Factor de selectividad CH₄/CO₂ a 303 K para carbones activados [3]

El factor de selectividad es un KPI (acrónimo del inglés, key performance indicator) ampliamente utilizado para comparar adsorbentes en procesos de separación de gases. Indica el grado de preferencia de un adsorbente por un componente con respecto a otro, y es calculado a partir de las capacidades de adsorción de ambos componentes. Este parámetro se comparó con valores recopilados de la bibliografía para carbones activados comerciales. Como muestra la Figura 1, los valores de selectividad entre CH₄ y CO₂ obtenidos para el carbón PCL son significativamente superiores a los de carbones comerciales en todo el rango de presiones evaluado.

Conclusiones

La capacidad de adsorción obtenida para el carbón PCL a partir de las curvas de ruptura en ciclos consecutivos PSA (acrónimo del inglés, pressure swing adsorption) es comparable a la de carbones activados comerciales en el rango de presiones entre 1 y 10 bar, alcanzando valores entre 2.4 y 4.5 mmol g⁻¹ para CO₂ y entre 1 y 1.5 mmol g⁻¹ para CH₄ alimentando una mezcla CO₂/CH₄ 50/50 en volumen. Sin embargo, la selectividad del carbón PCL para la separación CO₂/CH₄ en las condiciones evaluadas es significativamente superior. El carbón activado PCL es un candidato muy prometedor para su implementación en sistemas de purificación de biogás mediante adsorción.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo con la financiación del proyecto PCTI, Ref. IDI/2021/000060. D. Cimadevilla agradece la financiación del Programa Investigo financiado por la Unión Europea – Next Generation EU. M.V. Gil agradece el apoyo del programa Ramón y Cajal (RYC-2017-21937) del Gobierno de España y la Agencia Estatal de Investigación, co-financiado por el Fondo Social Europeo (FSE).

Referencias

- [1] EBA, 2022. Statistical Report. <https://www.europeanbiogas.eu/eba-activity-report-2022/> (Accessed June 2023).
- [2] M. Prussi, M. Padella, M. Conton, E.D. Postma, L. Lonza, Review of technologies for biomethane production and assessment of Eu transport share in 2030, *J Clean Prod.* 222 (2019) 565–572. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.02.271>.
- [3] D. Peredo-Mancilla, C. Matei Ghimbeu, B.N. Ho, M. Jeguirim, C. Hort, D. Bessieres, Comparative study of the CH₄/CO₂ adsorption selectivity of activated carbons for biogas upgrading, *J Environ Chem Eng.* 7 (2019) 103368. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2019.103368>.