

## Desarrollo de recubrimientos basados en eva-carbón activado con propiedades aislantes para el almacenamiento de hidrógeno (EVACAR)

Jessica Chaparro Garnica, Cristian Jaimes Paez y Diego Cazorla Amorós

*Departamento de Química Inorgánica e Instituto de Materiales. Universidad de Alicante. Apartado 99. 03080 Alicante*

El grupo de investigación Materiales Carbonoso y Medio Ambiente (MCMA) de la Universidad de Alicante a través del proyecto EVACAR, aprovecha residuos para la preparación de carbones activados con excelentes propiedades para el almacenamiento de hidrógeno. Con el proyecto EVACAR, se pretende la construcción de un novedoso prototipo de tanque ligero y con unas propiedades aislantes mejoradas que permitan un buen almacenamiento de hidrógeno a largo plazo en condiciones criogénicas, así como la realización de un modelado de tanque de almacenamiento para su escalabilidad industrial. El equipo de EVACAR, proyecto financiado por la Agencia Valenciana de la Innovación en el programa valorización y transferencia de resultados de investigación a las empresas (INNEST/2023/7), lo forman Diego Cazorla Amorós, Emilia Morallón, María Ángeles Lillo Rodenas, Ángel Berenguer Murcia, Jessica Chaparro Garnica y Cristian Jaimes Paez. Asimismo, esta investigación se realiza en cooperación con sectores empresariales y entidades de I+D+i, como el Instituto Tecnológico del Plástico (AIMPLAS), Evatalking, GreenE, GreeneE  $W_2H_2$ , en donde cada una de ellas juega un papel esencial para la consecución del proyecto.

El objetivo principal de EVACAR es la investigación y desarrollo de recubrimientos y rellenos basados en carbón activado procedentes de residuos de biomasa, que sean capaces de mejorar el almacenamiento y uso del hidrógeno. Se llevará a cabo la investigación de recubrimientos basados en materiales con gran capacidad de aislamiento térmico empleando polímeros como poli(etilen-vinil acetato) (EVA) y alcohol polivinílico (PVOH) que se combinarán con materiales de alto rendimiento como el carbón activado procedente de la gasificación de residuos biomásicos para conseguir un sistema de almacenamiento de hidrógeno de alta capacidad en condiciones criogénicas. Las principales características de dichos recubrimientos y rellenos serían:

- Aumentar la capacidad de almacenamiento de hidrógeno.
- Mejorar las propiedades de aislamiento térmico de los depósitos.

La investigación que se realizará durante el proyecto permitirá desarrollar tecnologías que mejoren el almacenamiento de hidrógeno como vector energético, con el propósito de facilitar su despliegue en España y posicionar al país como un referente tecnológico en el futuro. Se espera que el hidrógeno

juegue un papel importante en la descarbonización de varios sectores de la economía española, por lo que la investigación realizada en este proyecto es clave para el avance hacia un futuro más sostenible.

El proyecto EVACAR surge ante la necesidad de reducir el consumo energético generado durante el almacenamiento del hidrógeno y aumentar la densidad volumétrica del tanque mediante el uso de espumas aislantes basadas en polímeros con cantidades controladas de material carbonoso como material aislante dentro del tanque de hidrógeno y con la incorporación de carbón activado en forma de grano o monolito de forma que se puedan conseguir cantidades de hidrógeno almacenadas del orden de unas 2-3 veces superior a la cantidad de hidrógeno almacenada por compresión. Este sistema de almacenamiento consistirá en el almacenamiento criogénico de hidrógeno a una presión de trabajo de unos 40 bar y a una temperatura de 77 K.

En España, se está desarrollando el almacenamiento de hidrógeno a través de gas comprimido y líquido criogénico, principalmente para abastecer estaciones de servicio de hidrógeno con vehículos con pilas de combustible. Además, el almacenamiento subterráneo de hidrógeno se está considerando como una opción a largo plazo para el almacenamiento a gran escala de hidrógeno renovable. Sin embargo, el principal desafío es la falta de infraestructura de almacenamiento y distribución de hidrógeno en todo el país, lo que dificulta su suministro y distribución a gran escala. El costo y la eficiencia del almacenamiento de hidrógeno también son problemas importantes a resolver. Por lo tanto, la aplicación de tecnologías más avanzadas como el almacenamiento por adsorción en sólidos porosos puede contribuir a la solución de estos problemas. En este caso, la adsorción trabaja a temperaturas y presiones moderadas (a temperatura ambiente se pueden emplear 200 atm y a 77 K se puede trabajar a 40 atm) y se pueden llegar a conseguir valores de almacenamiento gravimétrico y volumétrico cercanos a los requeridos por el DOE para aplicaciones móviles en 2025 (40 kg  $H_2/m^3$ ).

El almacenamiento en sólidos porosos requiere materiales con adecuada porosidad y forma física (polvo, partícula o monolito). En el almacenamiento criogénico a 77 K, la capacidad de adsorción está determinada por la textura porosa, y existe una correlación entre la superficie específica, capacidad de adsorción y capacidad de almacenamiento. Para la máxima capacidad de almacenamiento volumétrico, es necesario maximizar el contenido en material adsorbente en el tanque reduciendo al máximo su volumen entre partículas, lo que se logra

de polvo compactado o monolitos. La opción de monolitos de carbón activado facilita la manipulación del material y mejora la conductividad térmica del sistema.

La investigación del proyecto se enfoca en desarrollar un material que permita conseguir la porosidad óptima y la densidad máxima para conseguir altas capacidades volumétricas de almacenamiento de hidrógeno. Se busca diseñar materiales aislantes para recubrir los tanques de almacenamiento y el carbón activado en polvo o como monolito será utilizado como relleno en los tanques de almacenamiento de hidrógeno para aumentar la capacidad volumétrica del tanque.

En definitiva, EVACAR se enfoca en adoptar tecnologías que mejoren el almacenamiento y uso del hidrógeno para cumplir con los retos de descarbonización establecidos por el CEIE. Además, dado que los objetivos nacionales van dirigidos no sólo a la producción de hidrógeno renovable sino también al estudio y la minimización de los costes asociados al transporte y almacenamiento del hidrógeno, este proyecto centrado en el almacenamiento es de gran interés y actualidad.

Durante la ejecución del proyecto, se está llevando a cabo la síntesis con éxito de los carbones activados a partir de los residuos de biomasa y la preparación de monolitos utilizando carbón activado comercial y diferentes aglomerantes. En lo que respecta a la preparación de los monolitos, se siguen los siguientes pasos y criterios. Es fundamental homogenizar correctamente la mezcla inicial de carbón activado con los aglomerantes. Posteriormente, se debe monitorear y controlar la cantidad de agua añadida a la mezcla, ya que esta es crucial para la plasticidad y la unión de los componentes. Encontrar un porcentaje óptimo de humedad es esencial en el proceso. Se debe realizar un secado en horno para eliminar la mayor parte de la humedad superficial sin deshidratar completamente la mezcla, lo que facilita el manejo y la posterior compactación. Durante el prensado con prensa hidráulica, es clave mantener los émbolos alineados para asegurar una distribución uniforme de la presión. Finalmente, el curado, tanto a baja como a alta temperatura, es crucial para mejorar la integridad estructural del monolito antes de someterlo a la prueba de impacto.

Tras la preparación de los monolitos, se miden sus propiedades mecánicas y la textura porosa. Hasta el momento, se han evaluado las propiedades mecánicas de los monolitos mediante pruebas

de impacto sobre una placa de acero, siguiendo estándares similares a los establecidos en las normas ASTM-D4169-23 y ASTM-D5276-19. Se ha determinado que los monolitos deben superar al menos 25 caídas libres desde una altura de 45.7 cm sobre la placa de acero sin romperse.

La Figura 1 muestra uno de los monolitos preparados usando el carbón activado comercial y un aglomerante basado en celulosa, antes y después de la prueba de impacto. No se observó presencia de grietas en la superficie externa del monolito. Además, el monolito soportó las 25 caídas libres teniendo solo una pequeña pérdida de masa. Por tanto, se está consiguiendo con éxito la fabricación de los monolitos con buenas propiedades mecánicas y con una reducción de la porosidad inferior al 20% de la del material inicial.

ANTES DEL TEST DE IMPACTO



DESPUÉS DEL TEST DE IMPACTO



Figure 1. Monolito antes y después del test de impacto.

El equipo de investigadores de EVACAR se encuentra en fase de caracterización de los monolitos obtenidos. En la caracterización se están llevando a cabo medidas de la textura porosa mediante adsorción de gases y medidas de la densidad de los monolitos. Una vez caracterizados los monolitos, se llevará a cabo la medida de almacenamiento de hidrógeno mediante experimentos de adsorción de hidrógeno a 77K y hasta 40 atm.