

## EL USO DE LA IMPRESIÓN 3D EN LA FABRICACIÓN DE REACTORES ELECTROQUÍMICOS

ELIER SANDOVAL SÁNCHEZ,  
ZIOMARA DE LA CRUZ BARRAGÁN,  
MARGARITA MIRANDA HERNÁNDEZ,  
EDGAR MENDOZA BALDWIN

La fabricación aditiva, popularmente conocida como impresión 3D, es uno de los inventos más revolucionarios del siglo XXI. La impresión 3D permite la fabricación de complejos objetos tridimensionales con un sin fin de propósitos, que van desde obras de arte, hasta sofisticadas piezas de ingeniería. El proceso de impresión 3D comienza con el diseño del objeto que se fabricará; el diseño es digitalizado en un archivo que posee las coordenadas de la pieza en un espacio tridimensional. Posteriormente, la impresora 3D deposita capas de material de forma consecutiva hasta terminar la pieza. El material es seleccionado en función de la aplicación del objeto; actualmente, existe gran variedad de materiales que se utilizan en la impresión 3D como metales, termoplásticos (PLA, ABS, nylon, PTFE, PP, TPU, etc.), resinas fotopoliméricas, yeso y papel. En la Figura 1 se muestran diferentes tipos de impresoras.

Las principales ventajas de la impresión 3D en comparación con los procesos de fabricación tradicionales son: la reducción de tiempo, materiales y costos de manufactura; además, es posible fabricar piezas con geometrías más complejas. También, existe gran cantidad de *software* de código abierto enfocado en la impresión 3D. Gracias a los avances tecnológicos, el uso de la impresión 3D se ha popularizado en el área de la ingeniería, no sólo para la construcción de prototipos, sino para la fabricación de piezas finales de uso industrial.

Una aplicación reciente de la impresión 3D en la rama de la ingeniería, es el diseño y fabricación de reactores electroquímicos. Los reactores electroquímicos son dispositivos en los cuales existe una relación directa entre una reacción química y la energía eléctrica. Los reactores son usados en diferentes sectores, como la generación de energía, la desalinización de agua, el tratamiento de efluentes, la producción de compuestos químicos, el almacenamiento de energía, etc. Existe un tipo de reactor, en particular, donde las sustancias responsables de las reacciones electroquímicas se encuentran en fase líquida, a este tipo de reactores se les conoce como reactor electroquímico de flujo (EFR).

Diversos factores hacen de la impresión 3D una herramienta atractiva en el campo de los EFR. En las etapas iniciales de su desarrollo se utilizan modelos a escala de laboratorio para evaluar su desempeño. La mayoría de las veces es necesario modificar el diseño constantemente con la finalidad de propiciar los fenómenos hidrodinámicos deseados, las modificaciones



Figura 1. Diferentes tipos de impresoras 3D

incluyen cambios en la geometría o en los materiales con los que se fabrica el reactor. En este caso, la impresión 3D permite la fabricación de prototipos a escala de laboratorio reduciendo costos, tiempos de manufactura y con diseños dinámicos que pueden adaptarse a diferentes condiciones. A esta metodología se le conoce como prototipado rápido.



Figura 2. Metodología de prototipado rápido

En la Figura 2, se muestra un esquema que describe la metodología de prototipado rápido. El prototipado rápido debe ser un proceso continuo que consiste en un ciclo de diseño de 24 horas: diseñar durante el horario de trabajo, imprimir las piezas durante la noche y realizar experimentos al día siguiente de ser necesario, hacer modificaciones en el diseño o materiales y repetir el ciclo. Con la metodología de prototipado rápido, se pueden realizar iteraciones entre diseños digitales y prototipos físicos, para alcanzar rápidamente la fase de producción. Una vez establecido el diseño, es posible utilizar impresión 3D para la producción en serie a nivel industrial de los reactores.

En el Instituto de Ingeniería de la UNAM se han construido diferentes tipos de reactores electroquímicos de flujo con la metodología de prototipado rápido utilizando la impresión 3D. En la Figura 3 se muestran dos reactores, a la izquierda un dispositivo de electrodiálisis (ED) y a la derecha un reactor de electrodiálisis inversa (RED). La ED es una tecnología de membranas para la separación de sales disociadas en el agua mediante la aplicación de energía eléctrica; estos reactores se utilizan principalmente para desalar agua. Por el contrario, RED es una tecnología que permite generar energía limpia a partir del movimiento de los iones disueltos en el agua salada. Es posible integrar ambas tecnologías en un sistema híbrido que permita desalar agua con un mínimo costo energético.

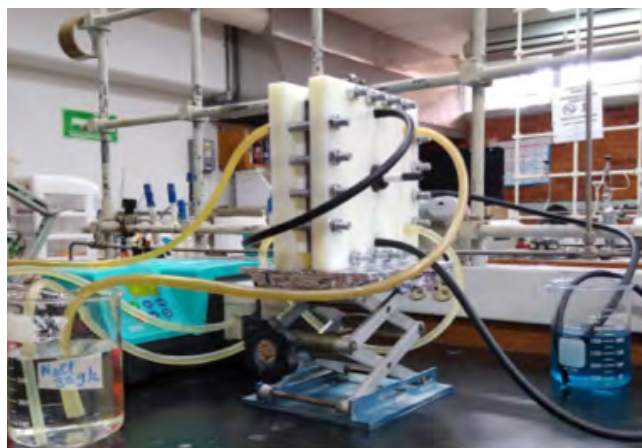
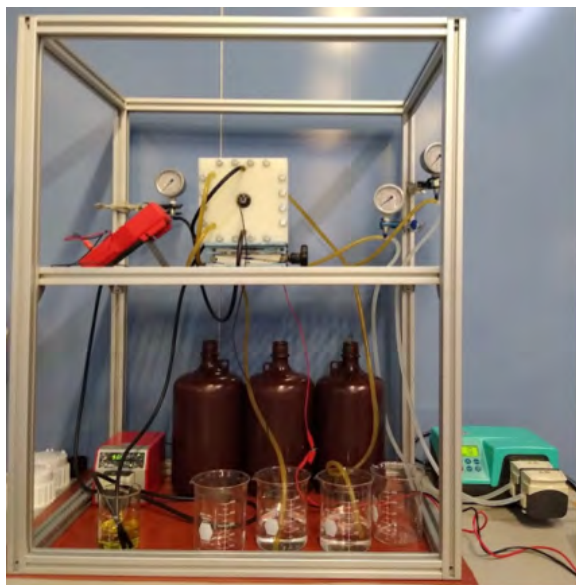


Figura 3. Reactores ED y RED

Otro reactor construido con éxito a escala de laboratorio es una batería de flujo redox (RFB) de vanadio, presentada en la Figura 4. Las RFB son un tipo de batería secundaria que permiten el almacenamiento de energía mediante la oxidación y reducción de dos electrolitos, separados a través de una membrana. La capacidad de las baterías está en función del volumen de electrolito disponible. Las RFB son de particular interés para el almacenamiento de energía renovable generada por fuentes intermitentes, como la energía solar y eólica, así como para regular la carga en el sistema de red eléctrica.

Gracias a la impresión 3D es posible imprimir reactores para cualquier aplicación. Las tecnologías de impresión 3D mejoran la metodología de manufactura de los reactores electroquímicos, lo que facilita la investigación en ingeniería de reactores. Los EFR ofrecen soluciones innovadoras basadas en economía circular para el sector energético, contribuyendo al almacenamiento y generación de energía; en el sector hídrico, revalorizando efluentes salinos de distintas industrias como la minera, geotérmica y petrolera. Actualmente, la investigación está enfocada en realizar estudios de viabilidad económica para el escalamiento de las tecnologías.

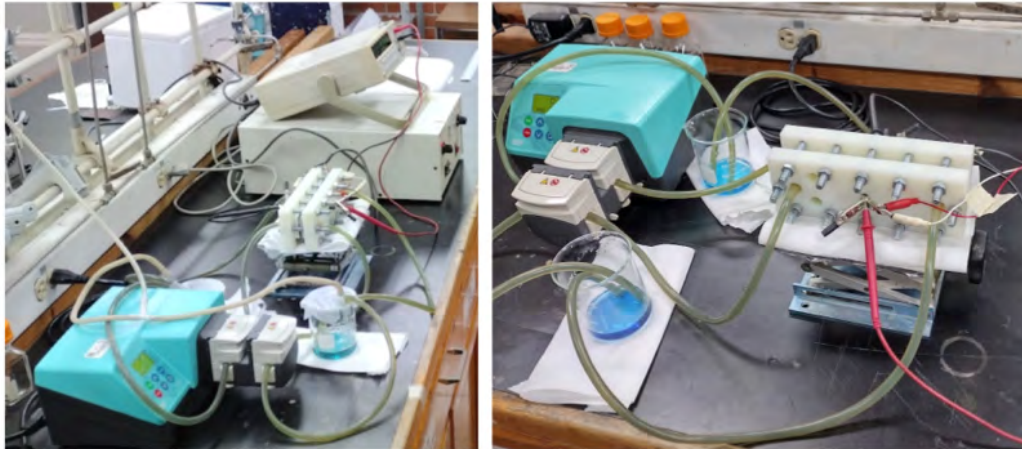


Figura 4. Batería de flujo de vanadio