



ESPAÑA ACOGE LA PRIMERA EXPERIENCIA DE UN AVIÓN TRIPULADO PROPULSADO POR PILA DE HIDRÓGENO

El vuelo más limpio

JAIME ARRUZ

FOTO: CENTRO EUROPEO DE I+T DE BOEING

Reducir las emisiones contaminantes de la aviación comercial es uno de los grandes desafíos en los que la industria aeronáutica ha decidido sumirse de lleno. El campo de vuelos de Senasa en Ocaña (Toledo) acogió hace ya casi dos años el primer vuelo de un avión ligero impulsado por hidrógeno, una iniciativa liderada por el departamento de I+D de Boeing en la que también han participado diversas empresas y centros de investigación europeos y españoles. Esta experiencia ha servido como base para avanzar en las investigaciones sobre fuentes alternativas de combustible y energía sostenibles que mejoren el rendimiento de las aeronaves y disminuyan el impacto medioambiental de la aviación.

Los primeros pasos de las investigaciones en torno a fuentes energéticas alternativas, capaces de impulsar un avión y que, al tiempo, fueran menos perjudiciales para el medio ambiente que las partículas contaminantes resultantes de los derivados del petróleo, se remontan a 2003. Un equipo de ingenieros de Boeing Research & Technology Europe (BR&TE), el Centro Europeo de I+T de Boeing inaugurado en Madrid en julio de 2002, se hizo cargo del proyecto. Tras barajar diversas posibilidades, decidieron apostar por la pila de combustible no fósil e iniciaron el

desarrollo de un prototipo de aeroplano ligero bajo la denominación de *Fuel Cell Demonstrator Airplane* (FCDA).

El avión es un motovelero biplaza HK36 Super Dimona (EC-003) de 16,3 metros de envergadura, fabricado por la empresa austriaca Diamond Aircraft, en el que el motor de combustión tradicional fue reemplazado por un sistema híbrido de propulsión, formado por una pila de combustible de hidrógeno y una batería de ión-litio.

El equipo de investigadores, a fin de hacer posible esos cambios, que implicaban las lógicas modificaciones tanto de diseño como de ensamblaje, comenzó a tra-

bajar con otras divisiones de técnicos y mecánicos de la propia empresa, además de con una red de otras empresas colaboradoras.

Phantom Works, el departamento de I+D, de la compañía norteamericana, asumió la coordinación de todos los trabajos para dotar al HK36 Super Dimona de un sistema híbrido de propulsión, basado, por una parte, en una pila de combustible de membrana de intercambio protónico –*Proton Exchange Membrane* (PEM)–, que funciona con hidrógeno, y por otra, en una batería de ión-litio. Ambas suministran energía a un motor eléctrico, el responsable del giro de la hélice frontal y, por tanto, de que el avión sea capaz de volar. La pila de combustible de hidrógeno proporciona toda la energía para la fase de crucero o de pleno vuelo. Mientras que durante el despegue y el ascenso, cuando se produce un mayor consumo energético, el sistema recurre a la batería de ión-litio.

En concreto, durante la fase de desarrollo del proyecto, los trabajos se centraron en la sustitución del motor convencional y el tanque de avgas –la gasolina de alto octanaje diseñada específicamente para su utilización en motores de aviación– por un motor eléctrico, la pila de combustible, la batería de ión-litio, un tanque de hidrógeno gaseoso comprimido y el sistema de refrigeración (tres radiadores, un *intercooler* y un condensador para la pila de combustible).

Uno de los mayores retos fue el integrar a bordo todos esos componentes y sus correspondientes accesorios manteniendo un peso similar al del avión de serie, sin afectar a la distribución de cargas, centro de gravedad del aeroplano y, en consecuencia, a su aerodinámica.

La pila de combustible de hidrógeno ofrece la posibilidad de propulsar aeroplanos de pequeñas dimensiones

Vuelo histórico

Fue así como el HK36 Super Dimona, tras casi más de cinco años de trabajos, se convirtió en pionero en vuelos tripulados impulsados por una fuente de energía alternativa. El aeródromo que la sociedad Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica (Senasa), adscrita al Ministerio de Fomento, tiene en Ocaña (Toledo) fue el escenario del vuelo del primer avión tripulado propulsado por una pila de combustible de hidrógeno, el 3 de abril de 2008. Ese día ya histórico, a los mandos de Cecilio Barberán, el biplaza de Diamond Aircraft alcanzó una altitud máxima de 1.000 metros (3.300 pies) sobre el nivel del mar, con una velocidad de ascenso de 1,5 m/s.

Tras llegar al nivel de crucero, el piloto desconectó la batería de ión-litio, lo que hizo que la aeronave volara en línea recta y nivelada a una velocidad de crucero de 100 km/h durante unos 20 minutos únicamente con la energía generada por la pila de combustible. Para este periodo de tiempo fue necesario un kilo de hidrógeno.

La experiencia, que demostró con éxito que es posible volar con pilas de combustible de hidrógeno como única fuente de energía, ha servido como base para continuar las investigaciones en este campo, esperándose nuevas mejoras en los próximos prototipos.

En este proyecto, Boeing

ha contado también con el apoyo y asesoramiento de otros centros de investigación y empresas de Alemania (GORE y MT Propeller), Austria (Diamond Aircraft), Estados Unidos (UQM Technologies), Francia (SAFT France) y Reino Unido (Intelligent Energy), además de España (Adventia, Aerlyper, Air Liquide España, Indra, Ingeniería de Instrumentación y Control –IIC–, Inventia, Senasa, Swagelok, Técnicas Aeronáuticas de Madrid –TAM–, Tecnobit, Universidad Politécnica de Madrid y Comunidad de Madrid).

El grupo de aviónica de Madrid Aerlyper ha llevado a cabo algunas modificaciones en la estructura así como el montaje y cableado de todos los componentes. SAFT Francia ha diseñado y montado las baterías auxiliares de ión-litio y la batería de emergencia. Mientras, Air Liquide España ha realizado el diseño detallado y el montaje del sistema de combustible a bordo y de la estación de reabastecimiento.

La División de Ingeniería Electrónica de la Escuela de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) participó en el diseño y construcción de la caja de gestión y distribución de potencia, mientras que las pruebas en banco de post-integración se llevaron a cabo en el Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (Insia) de la UPM.

Senasa, por su parte, proporcionó el piloto de pruebas y las instalaciones para rea-

lizar los vuelos. La empresa Tecnobit, de Valdepeñas (Ciudad Real), facilitó apoyo técnico en las pruebas de laboratorio, tierra y vuelo.

Aplicaciones

La pila de combustible de hidrógeno es un dispositivo electroquímico que transforma directamente el hidrógeno que se almacena en unos tanques en electricidad y calor, sin ningún tipo de proceso de combustión.

Esta innovadora fuente de energía presenta grandes ventajas medioambientales, ya que, a diferencia de los motores que utilizan derivados del petróleo, no produce emisiones contaminantes: el único residuo de la reacción es el agua (siempre que el hidrógeno se obtenga a partir de energías renovables). Además, reduce considerablemente las emisiones acústicas con respecto a un avión convencional.

Boeing no prevé que esta tecnología llegue a proporcionar la energía primaria para propulsar grandes aviones de pasajeros, pero sí ofrece la posibilidad de propulsar aeroplanos de pequeñas dimensiones, tanto tripulados como no tripulados.

No obstante, las pilas de combustible de óxido sólido (*Solid Oxide Fuel Cell*) permitirán, en un futuro no muy lejano, suministrar energía a los sistemas secundarios, como los grupos electrógenos auxiliares, de las grandes aeronaves comerciales. En este sentido, Airbus, el consorcio europeo que rivaliza con Boeing por el dominio del sector aeronáutico, presentó en Francia en febrero de 2008 un A320 cuyos sistemas hidráulicos y eléctricos se alimentaban de una pila de combustible. Así, la pila de combustible de 20 kW fabricada por Michelin alimenta-

ba el motor eléctrico de la bomba del circuito hidráulico del avión, lo que permitía accionar los alerones, el timón y otros dispositivos de control de la aeronave.

También puede ser una alternativa a las baterías de litio polímero que se emplean en determinados aviones no tripulados –*Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*– porque pueden ofrecer una mayor autonomía. De hecho, Boeing investiga sobre posibles aplicaciones en aviones no tripulados para misiones de reconocimiento aéreo para la prevención de incendios, fotografía aérea o control meteorológico.

Boeing estima que las pilas de combustible de hidrógeno podrían comenzar a aplicarse a gran escala en aviación comercial dentro de unos 10 o 15 años. Por ello, el gigante norteamericano de la aviación continuará investigando el potencial de la pila de combustible y su posible aplicación en cualquier campo de la aeronáutica, además de profundizar en el estudio de otras fuentes energéticas alternativas que reduzcan el

impacto de los vuelos en el medio ambiente.

El reto principal al que se enfrentan los ingenieros es lograr incrementar la relación peso-potencia de las pilas de combustible, además de poner a prueba su seguridad así como su fiabilidad y respuesta en condiciones reales de vuelo, no en pruebas piloto (mayor altitud, cambios bruscos de temperatura, presión cambiante, diferentes grados de inclinación...).

Los orígenes

La pila de combustible, inventada por el científico galés William Robert Grove en 1845, lleva aplicándose en el sector aeronáutico y aeroespacial desde los años 60 del siglo pasado, cuando la NASA, en colaboración con Pratt & Whitney y General Electric, desarrolló dos sistemas de generación de energía basados en esta tecnología para los programas espaciales Gemini y Apolo. En la misión *Apolo 11* que llevó por vez primera al hombre a la Luna se utilizaron pilas de combustible alcalinas –uno de los

tres tipos de pila de combustible junto a las de intercambio protónico y las de óxido sólido– para el suministro de energía eléctrica e, incluso, se consumió el agua resultante del proceso químico.

El desarrollo de la pila de combustible como energía para hacer volar aeroplanos vivió su gran apogeo a partir de 2005, año en el que el aeroplano *Global Observer* de AeroVironment logró permanecer suspendido en el aire gracias a ocho hélices que recibían la energía proveniente de varios motores eléctricos alimentados de una pila de combustible de hidrógeno líquido.

Más adelante llegarían otros proyectos, como el avión desarrollado por el Aerospace System Design Laboratory y el Georgia Tech. Research Institute (agosto 2006); el aeroplano *SpiderLion*, de Navy Research Labs y Protonex Technology Corporation (marzo de 2006); el avión *HyFish*, del instituto alemán DLR, Smartfish y Horizon Fuel Cell Technology (abril 2007), y el *SAE Pterosoar*, una pequeña aeronave no tripulada creada

por las universidades norteamericanas de California y Oklahoma, Millenium Cell y Horizon Fuel Cell Technology (noviembre 2007).

Una alternativa al uso de la pila de combustible es el hidrógeno como fuente de energía para motores convencionales. Las primeras investigaciones en este campo también tuvieron como protagonista a la NASA, que en 1956 presentó el bombardero Martin B-57 de dos motores, uno de ellos de hidrógeno. La URSS también experimentó en este campo, ya que uno de los tres motores del avión de pasajeros Tupolev Tu-154 utilizaba, allá por 1988, hidrógeno para funcionar.

Los motores de hidrógeno permitirían reducir notablemente las emisiones de óxido de carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) de los aviones, aunque el mayor reto en este sentido es el almacenamiento de hidrógeno a bordo de una aeronave. Esta solución, igual que la pila de combustible, es el futuro de la aeronáutica. En algunos casos, un futuro muy cercano. ■