

TENDENCIAS TECNOLOGICAS EN EL SECTOR AERONAUTICO

Pedro M^o Mugarra
SENER

Trata la presente comunicación de hacer un repaso de las tendencias previsibles a corto y medio plazo en la tecnología aeronáutica y su posible incidencia en el tejido industrial de Euskadi. En primer lugar se analiza la posible evolución en el desarrollo de aeronaves, para a continuación hacer una consideración similar en cuanto al diseño de sistemas de propulsión y su especial incidencia en la investigación de nuevos materiales, aspecto éste de una gran relevancia para nuestra industria. Se hace igualmente mención por su relevancia para nuestro tejido industrial, de los nuevos sistemas de fabricación y su relación con el diseño. Se incluyen también algunas reflexiones sobre el futuro de la navegación aérea, especialmente la navegación por satélite, para por último abordar un aspecto, si bien lateral, no por ello menos importante en el transporte aéreo, como es la gestión aeroportuaria y los nuevos sistemas de embarque de pasajeros y mercancías.

Paper honetan laburpen bat egiten da, datorren urteotan teknologia aeronautikoaren joerak, epe labur eta erdian, zeintzu izan daitezke eta Euskadiren industriarekiko haien eraginak aztertzen. Lehenengoan, egazkinen diseinuan joera berriak aztertzen dira, eta honez gero eragite sistemeekin gauza bera egiten da, bai eta haien eragipena material berrietan, arlo hau arras interesgarria den gure industriarako. Modu berean, fabrikazio teknika berriak aztertzen dira, gure industria garrantzitsuak direnez gero, eta bere diseñuarekiko harremana. Aire bideraketaren aurrerapenak ere eztabaidatzen dira, sateliteren bidezkoa bereziki. Azkenez, aeronautikarekin lotutako beste arlo ezberdin baten etorkizuna, aireporturen gestioa, adierazten da, bidaiari egazkineraketa eta zamaketarako teknika berriak aztertzen.

In this paper the possible trends in aeronautical technology, in the short and medium terms, are analyzed, as well as their likely beneficial effects for the industry of the Basque Country. The possible evolution in aircraft development is first considered and then the same is done with propulsion systems and their special incidence in the development of new materials, which is an aspect of especial importance in relation with our industry. In the same way, the topic is discussed, of new manufacturing techniques and the relationship with the design, given their interest for the industry of the Basque Country. Some consideration is also given to air navigation, with special attention to satellite based navigation. Before finishing another aspect is treated, that although being lateral to the aeronautical technology, is of no less importance, that is airport management and the new passenger and goods boarding and handling techniques.

Trata la presente comunicación de hacer un repaso — que necesariamente y debido a la limitación de tiempo disponible, no podrá ser muy detallado— de las tendencias previsibles a medio plazo en la tecnología aeronáutica a nivel mundial.

Intentaremos al mismo tiempo hacer una reflexión acerca del impacto que dichas tendencias de la tecnología

aeronáutica podrían suponer para la industria de Euskadi, teniendo en cuenta para ello no únicamente las industrias aeronáuticas ya más o menos asentadas en nuestro país, sino también aquellas otras que pudiera surgir en respuesta a las mencionadas nuevas oportunidades de negocio, ligadas al futuro desarrollo de la tecnología aeronáutica.

Cabría hacer una consideración previa, en relación con la industria aeronáutica a nivel mundial, en el sentido de que, al igual que sucede en otras industrias — citemos como ejemplo el caso del automóvil, las telecomunicaciones, las tecnologías de la información, la industria química, etc. — el desarrollo y producción se concentra en un número cada vez menor de empresas, de cada vez mayor volumen. A su vez estas empresas tendrán necesariamente que agruparse en *consorcios de mercado carácter multinacional* para poder acometer determinados programas. El gran esfuerzo financiero que van a requerir algunos de los nuevos desarrollos, no va probablemente a poder ser abordado por empresas individuales en solitario y en muchos casos, ni siquiera por países aislados.

En la presente comunicación consideraremos la tecnología aeronáutica, no exclusivamente restringida al desarrollo, producción y operación de aeronaves, sino en una acepción más amplia que abarque igualmente la navegación aérea y el diseño y gestión aeroportuaria.

Consideremos en primer lugar el desarrollo de *aerona-*ves; se vislumbra una mayor diferenciación en tres grandes sectores, atendiendo al radio de acción y a la capacidad: el *regional*, el *internacional* y el *intercontinental*.

El primero implica pequeños aviones — entre 50 y 150 pasajeros — bien sean reactores o turbohélice, muy flexibles y de bajo costo de operación. Su radio de acción típico es entre 250 y 1500 millas. La tendencia de desarrollo tecnológico en este sector parece centrada en la *mejora de la eficiencia* de este tipo de aeronaves, de dimensiones ya existentes en la actualidad. Es lógico pensar que este sector se vea potenciado por la creciente demanda del transporte aéreo del tercer nivel — el nivel inter-regional. Por otro lado, es este un tamaño de aeronave que podría permitir a la industria aeronáutica de Euskadi acceder a segmentos más cercanos al montaje final del avión. Esto constituye, sin duda alguna un aliciente añadido para las empresas aeronáuticas ya instaladas en nuestro país.

El sector internacional que en la actualidad utiliza aeronaves entre 150 y 300 pasajeros, tiene normalmente un radio de acción entre 1500 y 4500 millas. En este sector, al igual que en los otros dos, se tenderá al aumento de eficiencia de los aviones. Por otro lado tenderá a crecer el número de pasajeros por avión, incorporándose aeronaves que hoy en día se utilizan en el sector intercontinental, hasta llegar a los 450 pasajeros.

El tercer sector — intercontinental — utiliza aeronaves de mayores dimensiones; típicamente en la actualidad, entre 300 y 450 pasajeros, siendo su radio de acción entre 4500 y 9000 millas. Con la creciente demanda de transporte aéreo, las grandes rutas y sobre todo las áreas terminales de aeropuertos, se ven cada vez más saturadas y empieza a ser difícil absorber dicha demanda mediante el incremento del número de aviones en operación. Así pues, parece que la única forma de incrementar la capacidad de determinadas rutas y aeropuertos, es utilizando aviones mayores. En este sentido, se prevé en la presente década el inicio del desarrollo de aeronaves — superjumbos — de capacidad entre 450 y 900 pasajeros. Concretamente es previsible que en los próximos años podamos ver en los tableros de dibujo versiones de 800 pasajeros. Esto implica no solamente una evolución de la técnica de la aeronave en sí, sino también como veremos más adelante, un cambio en la gestión aeroportuaria. Las instalaciones de embarque, movimiento de pasajeros y servicio del avión deben aumen-

tar su capacidad en paralelo a la de este. Se apuntan varias tendencias estructurales para conseguir un incremento importante de la capacidad de las aeronaves, entre ellas quizá la más prometedora a corto plazo, sea el doble piso de pasajeros en toda la longitud del avión, aunque sin descartar a medio plazo otras soluciones que hoy en día pudieran parecer más futuristas, como puede ser el doble fuselaje.

En lo relativo a la *velocidad*, dos son las tendencias previsibles. La primera es el incremento de velocidad de los aviones turbohélice — hasta el rango de los 600 km/h es ya una realidad hoy en día — lo que los hace más atractivos para distancias medias. La segunda se basará en el desarrollo de las *aeronaves supersónicas*, incrementando su velocidad actual de 2.5 Mach, pero sobre todo aumentando su eficiencia, su capacidad y disminuyendo su impacto ambiental. Es posible que para final de la década podamos asistir al comienzo del desarrollo de grandes aeronaves supersónicas — con capacidades del orden de 500 pasajeros.

Otro tipo de aeronave que previsiblemente va a ser objeto de mejoras y adaptaciones importantes es el *helicóptero*. No se sustraerá a la tendencia general de conseguir aeronaves más flexibles, más eficientes y más adaptadas a formas específicas de explotación, aunque necesariamente limitadas a alcances cortos, del orden de las 250 millas.

En segundo lugar fijaremos nuestra atención en los *sistemas de propulsión*; son dos los sistemas básicos utilizados en la actualidad, con variantes en cada uno de ellos: *turbohélice* y *turboreactor*. Ambos van a estar sujetos en los próximos años, con toda probabilidad, a cambios y modificaciones de diseño importantes.

El primer avance al que van dirigidas gran parte de las investigaciones en propulsión, en la actualidad, consiste en la reducción del *consumo*. Pensemos que el combustible puede significar del orden del 25% de los costes de operación de una línea aérea; cualquier reducción en este sentido incide muy directamente en la cuenta de resultados. El segundo gran objetivo de los esfuerzos de I+D en este campo es la reducción del *impacto ambiental*, en su doble vertiente de contaminación por los gases de combustión y contaminación sonora. Nuestra sociedad es cada vez más consciente de la obligación de proteger el medio ambiente y las limitaciones tanto sonoras como de emisiones, que se establecen hoy en día en muchos aeropuertos son de tal magnitud, que ya en la actualidad y mucho más en el futuro, se va a prohibir la operación en los mismos a las aeronaves que no cumplan con los requisitos establecidos. Podemos citar aquí como caso típico, la prohibición de sobrevolar zonas pobladas a velocidades supersónicas, por limitaciones de ruido.

Otra importante línea de investigación en este campo va dirigida al aumento de vida de las partes calientes de los motores. Con el aumento de temperatura de operación y de esfuerzos a que están sometidos los componentes de los motores, dejan de ser aplicables los materiales utilizados hasta ahora; ello dará paso a la utilización de *nuevas aleaciones*. Como por otro lado, la reducción de masa es un condicionante básico en aeronáutica, debido a la relación directa entre masa en vuelo y consumo de combustible, esto obligará a la utilización de materiales más novedosos, como son los materiales compuestos, de matriz cerámica y metálica, en el caso de los sistemas de propulsión.

Este campo de los materiales es una de las áreas en las que en Euskadi, la industria, los centros tecnológicos y la universidad, pueden tener un protagonismo relativamente más importante en el contexto europeo y mundial. Ya de hecho, en estos últimos años, el esfuerzo investigador de los Centros Tecnológicos, propiciado por el apoyo decidido del Gobierno Vasco, ha empezado a dar sus frutos, siendo ya una realidad la existencia de un cualificado grupo de I+D en materiales aeronáuticos, en el entorno del EITE.

Parece, por otro lado una tendencia clara en el campo de la propulsión, el aumento de la relación de derivación de los motores (*by-pass ratio*) —es decir la proporción de aire que tras la primera etapa del compresor es expulsado sin intervenir en la combustión, con relación al aire que ingresa en la cámara de combustión— desde valores típicos hoy en día en reactores comerciales de 6:1, hasta valores objetivo del orden de 15:1. En otras palabras, tiende a disminuir la diferencia conceptual entre los dos mencionados tipos de propulsión —turbo reactor y turbohélice.

También son evoluciones previsibles en los sistemas de propulsión, por una parte, la *orientación del empuje* en turbo reactores, es decir la variación dentro de unos valores no excesivamente grandes, del ángulo de salida de los gases de combustión y del aire de derivación, para conseguir de esta forma un empuje orientable y por otra la incorporación de *rotores basculantes* en los turbohélice, para, conseguir componentes verticales del empuje.

Llegado este punto, merece la pena hacer una consideración sobre los *sistemas de fabricación en aeronáutica*, pues es este, junto con el de los materiales, otro de los capítulos de especial relevancia para el tejido industrial de Euskadi. La estructura de los aviones se compone fundamentalmente de elementos estructurales —cuadernas— de aleaciones de aluminio, recubiertos de chapa remachada, igualmente en aleación de aluminio. Por un lado, los elementos estructurales han evolucionado en determinadas zonas de la aeronave, desde perfiles laminados a elementos mecanizados en cinco ejes, de formas relativamente complejas, con una gran exigencia de prestaciones y precisión para la *máquina herramienta* que interviene en el proceso de fabricación. Por otro lado, en determinados componentes del avión, como por ejemplo los motores, se requieren piezas de pequeño espesor y gran precisión que deben ser mecanizadas por procedimientos no tradicionales, como puede ser la electroerosión. Todo ello ha dado lugar al diseño y producción de máquinas herramienta especiales y de muy alta calidad, mercado en el que la industria de Euskadi ha sido y sigue siendo pionera. Sin duda es este un campo a cuidar en el futuro.

Otra técnica que se ha incorporado en fechas relativamente recientes a la fabricación aeronáutica es la de los *materiales compuestos*. Si tal como hemos mencionado anteriormente, en los elementos de los motores sometidos a altas temperaturas son los de matriz cerámica o metálica los que encuentran aplicación, en los elementos de la célula, son los de matriz orgánica los que se utilizan — si bien en aviación comercial, todavía para aplicaciones no estructurales. También en materiales compuestos de matriz orgánica, la industria de Euskadi está presente desde hace bastante tiempo siendo ésta una línea tecnológica de gran futuro.

Si hasta ahora la mayor parte de las aplicaciones estructurales de una aeronave se resolvían en base a aleaciones de aluminio, es el campo de las nuevas aleaciones lige-

ras una línea de investigación que centrará bastante la atención de las unidades de I+D de materiales de aplicación aeronáutica.

En lo relativo a *sistemas*, si bien todos los del avión — hidráulico, eléctrico, etc. — serán objeto de desarrollo, son posiblemente el *sistema de combustible* y la *aviónica* — electrónica de vuelo — los candidatos a mayor esfuerzo de desarrollo. Si pensamos que en un avión el riesgo mayor es el de incendio, se comprende fácilmente que haya que dedicar un esfuerzo importante a desarrollar sistemas de combustible que reduzcan dicho riesgo.

La aviónica es como acabamos de indicar, otro de los sistemas que posiblemente experimente un avance mayor en los próximos años. En el panel de instrumentos hay una clara tendencia a la integración de la presentación de datos, en pantallas planas multifunción, de cristal líquido. Es de destacar la importancia de las pantallas multifunción, puesto que se consigue presentar en un espacio físico necesariamente limitado, una cantidad de información mucho mayor y de una forma más ergonómica. Todo ello posibilita la tendencia actual a reducir a dos el número de tripulantes en las aeronaves modernas, frente a cuatro en los antiguos aviones transoceánicos. Otra tendencia es a la presentación de los datos esenciales de vuelo en el campo de visión exterior (*Head-up Display - HUD*), si bien la utilización de este sistema en aviones comerciales no parece justificada.

Pero quizá el avance mayor en aviónica puede basarse en la computarización del control de la aeronave (*fly-by-wire*). El término inglés *fly-by-wire* alude a que la transmisión de movimiento a las superficies de control se realiza, en lugar de por cables mecánicos como era la práctica habitual, por medio de señales eléctricas y accionadores locales. No obstante, no es ese el aspecto más importante del *fly-by-wire*; el aspecto fundamental consiste en la utilización del ordenador no sólo para automatizar el control de la aeronave, sino también para efectuar una *comprobación de datos y maniobras* en modalidad manual, de tal manera que en caso de petición de una maniobra fuera de procedimiento, esta se vea restringida, o cuando menos se produzcan las correspondientes verificaciones para prevenir errores. Uno de los problemas de este sistema es el peligro de interferencias electromagnéticas que pudieran enmascarar o falsear las órdenes del ordenador o del piloto. Este es un aspecto al que habrá que dedicar un gran esfuerzo de desarrollo.

En parte para paliar el problema de interferencias electromagnéticas y en parte para reducir la complejidad del rutado de cables en la aeronave, se dedicará muy probablemente atención a la transmisión de señales por *fibra óptica*. Si bien esta es una técnica no exclusiva de la aeronáutica — se investigará posiblemente también en esta técnica, en otros campos: automóvil, ferrocarril, etc. — sí lo son los requisitos de seguridad y fiabilidad que se impongan para una aplicación aeronáutica.

Otro campo que probablemente experimentará grandes modificaciones es el de la *navegación aérea*. Hoy en día la navegación aérea se basa, o bien en radioayudas instaladas en tierra, o bien en sistemas inerciales de la propia aeronave. Dos son entre otros, los aspectos que probablemente deben evolucionar. Por un lado, el espacio aéreo sobre las zonas muy pobladas — por ejemplo Europa — está saturado y el incremento de capacidad de transporte se hace difícil. Por otro, el mantenimiento del gran número

de radioayudas necesarias en tierra, sobre todo en las zonas de gran densidad de aerovías, se hace muy costoso.

Es necesario por una parte, mejorar las técnicas de *control y gestión del espacio aéreo* — por ejemplo se tiende a la unificación del espacio aéreo europeo — para conseguir de esta forma un mejor aprovechamiento del mismo. Pero muy probablemente, el gran cambio en la navegación aérea se produzca en base a las técnicas de *navegación por satélite*. Está en las primeras fases de desarrollo un sistema basado en el GPS (*Global Positioning System*) mediante el cual, el avión recibe señales de radio de varios de los satélites de una constelación establecida al efecto; en base a esas señales y mediante un algoritmo apropiado, determina su posición en el espacio. Si bien el sistema GPS como tal ya es operativo, dado que es un sistema desarrollado para Defensa, se trata de desarrollar un sistema dedicado a la navegación aérea comercial.

Otro desarrollo basado en el GPS será posiblemente el *GPS Diferencial*. Al objeto de añadir precisión en áreas muy concretas, por ejemplo en zonas de aproximación y aterrizaje de aeropuertos, se complementa con una estación fija en tierra, que por comparación entre los datos elaborados mediante las señales recibidas de los satélites y los datos geográficos reales, es capaz de transmitir al avión las correcciones de posición pertinentes.

La aviónica en general, es un segmento de la aeronáutica que implica unas barreras fuertes de entrada, dado que existen empresas muy especializadas y de larga tradición en dicha tecnología. Sin embargo la navegación aérea basada en GPS es uno de los posibles *nichos de mercado* a los que la industria de Euskadi podría acceder, buscando los socios de proyecto adecuados, dado que se trata de un campo novedoso y en el que todo el mundo es todavía recién llegado.

Hemos visto cómo los satélites serán probablemente un soporte de la máxima importancia para la navegación aérea. Pero no termina ahí el soporte que éstos pueden proporcionar. Están también llamados los satélites, a desempeñar un papel relevante en el *control de tráfico aéreo* y en las *comunicaciones* que lo soportan. Existe de hecho un grupo de trabajo de CNS (*Communication, Navigation and Surveillance*) estudiando la utilización de los satélites. En control de tránsito complementarán estos la información proporcionada por los radares, mejorando de esta manera la cobertura de determinadas zonas y en cuanto a comunicaciones, permitirán aumentar el alcance de las mismas, hoy en día casi limitado a la línea de visión, así como solventar la escasez de canales disponibles en frecuencias de VHF, también existe una tendencia clara a sustituir determinados canales de voz de la comunicación tierra-aire por *canales de datos*, sobre todo en zonas de menor tránsito sobre Europa.

Probablemente el *radar* no sea ajeno a esta tendencia renovadora. Se constata una utilización cada vez mayor de la *apertura sintética*, para conseguir un aumento de la resolución de radares embarcados y también del *barrido electrónico* en lugar del barrido mecánico, con lo que comporta de sencillez de diseño y sobre todo de mantenimiento.

Por último, tal como hemos indicado al principio, no sería lógico terminar estas reflexiones, sobre las tendencias

tecnológicas en aeronáutica, sin hacer algunas consideraciones sobre las *técnicas aeroportuarias*. Son varios los retos a los que se enfrentan no sólo los aeropuertos de nuevo diseño, sino también los existentes en la actualidad, que tendrán que seguir adaptándose a las *nuevas necesidades del tráfico aéreo*.

En primer lugar está la *creciente demanda* de capacidad de tráfico de pasajeros y de mercancías. Sería antieconómico basar el incremento de capacidad de un aeropuerto solamente en el sobredimensionamiento de sus instalaciones. Hay primeramente que mejorar estas, desde un punto de vista técnico y funcional, para con la misma dimensión *aumentar el número de aeronaves servidas*. Esto además tiene un *efecto rentabilizador de la flota de aviones*, pues permite disminuir el tiempo de permanencia en tierra (*turn-around time*). Para ello es necesario por un lado, facilitar el embarque y desembarque de pasajeros y por otro agilizar el servicio al avión — combustible, avituallamiento, limpieza, agua, etc.

Para conseguir este objetivo, un elemento fundamental del aeropuerto es la *pasarela de embarque* (coloquialmente conocida como *finger*), que además cumple otro fin más importante todavía, como es la seguridad y comodidad de los pasajeros. Es previsible que en los próximos años el mercado mundial de pasarelas de embarque crezca espectacularmente, no sólo debido a aeropuertos nuevos, sino a remodelación y modernización de los existentes. Merecen especial atención las pasarelas de embarque, puesto que siendo un elemento que todavía no se fabrica en Euskadi, sin embargo nuestra industria — ferrocarril, ingeniería, bienes de equipo, etc. — está muy adecuadamente dotada desde un punto de vista tecnológico para acceder a ese mercado.

Además la pasarela de embarque es un elemento que previsiblemente deberá experimentar una *evolución técnica* importante en los próximos años. No podrá sustraerse a la tendencia creciente de *automatización* de su funcionamiento. Su *ergonomía* debe mejorar sustancialmente. Por otro lado, se intentará canalizar cada vez más servicios a través de la pasarela — suministro de agua potable, energía eléctrica al avión en tierra, aire acondicionado e incluso cabría pensar en el propio avituallamiento y carga/descarga de equipajes. Todo ello, junto con el suministro de combustible a la aeronave desde hidrantes en la propia plataforma de aparcamiento, tendría también como objetivo la reducción al mínimo de los vehículos de servicio que operan alrededor del avión, que son una de las causas importantes de accidentes y averías para este en tierra.

Deberíamos indicar por tanto y a modo de conclusión, que el sector aeronáutico es uno de los que previsiblemente pueda experimentar un avance tecnológico importante a corto y medio plazo; que es un sector muy demandante de I+D y posterior proceso productivo en áreas en las que la industria de Euskadi puede dar una respuesta muy adecuada — ingeniería, mecanización de precisión, tecnología de nuevos materiales, equipamiento, etc. Podríamos pues terminar diciendo como resumen, que el aeronáutico es un sector muy apropiado para diversificar nuestra industria, que está necesitada de actualización.