

# Algunas innovaciones tecnológicas del año 1986

MARTIN CUESTA ALVAREZ,  
Ingeniero Aeronáutico

## Aviones militares

### EL EFA (EUROPEAN FIGHTER AIRCRAFT)

Desde que en agosto de 1985 quedaron definidos los parámetros básicos de este avión por los Estados Mayores de los cuatro países participantes en el proyecto, ha habido una destacada actividad para su desarrollo. La definición total quedó concluida en septiembre de 1986 por las cuatro Compañías del Consorcio Eurofighter, con los si-

guientes porcentajes de participación.

MBB (Messerschmit Bolkow Blohm) .....	33%
BAE (British Aerospace de Gran Bretaña) .....	33%
AIT (Aeritalia de Italia) .....	21%
CASA (Construcciones Aeronáuticas de España) .....	13%

El EFA incorporará mejoras derivadas de los resultados experimentales en los aviones Rafale A y AEP.

El desarrollo del programa comenzará mediado 1987, y se espera la entrada en servicio hacia 1995.

### EL ACX "RAFALE" A

Dassault Breguet ha fabricado este avión demostrador cuyos resul-

tados serán incorporados al futuro avión de combate europeo EFA.

Efectuó su primer vuelo el 4 de julio de 1986, en que alcanzó 1.3 de Mach y posteriormente hasta Mach 2. Ha realizado exhibiciones en Farnborough 86.

El "Rafale" B será un avión más pequeño y ligero que el demostrador "Rafale" A.

### EL EAP DE BRITISH AEROSPACE

El EAP (Experimental Aircraft Program) es un avión demostrador que, como el ACX, servirá como ensayo de potenciales innovaciones a incluir en el EFA.

Voló el 8 de agosto de 1986 y fue



Maqueta del EFA en Farnborough-86

presentado en vuelo en Farnborough 86. Las mayores innovaciones están en el ala, en la que no hay remache alguno en la zona de los largueros.

Con plano "canard", al igual que el "Rafale", en el caso del EAP está situado delante del "cockpit", pues se piensa que la mayor parte de los ataques pueden proceder del hemisferio de visión posterior.

#### LOS TORNADO IDS Y ADV

De acuerdo con las manifestaciones de Panavia Aircraft GmbH, compañía tridimensional formada por BAE, de Gran Bretaña; MBB, de Alemania Federal, y Aeritalia, de Italia, el número de pedidos del Tornado hasta Farnborough 86, por los tres países del consorcio, alcanzaba la cifra de 809, de los cuales 644 son de la versión IDS (Interdictor Strike) y 165 de la versión ADV (Air Defence Variant).

Además la Arabia Saudita tiene pedidos 24 aviones Tornado de la versión ADV.

#### EL T 45 "GOSHAWK"

Esta versión avanzada del avión Hawk, reactor de entrenamiento y ataque al suelo que fabrica la División de Aviones Militares de BAE, está previsto que efectúe su primer vuelo a finales de 1987 para entrar en servicio con el Mando Estratégico Naval de Gran Bretaña en octubre de 1990.

#### EL BELL/BOEING V 22 "OSPREY"

En Le Bourget 85 hacía unas demostraciones impresionantes de su capacidad de actuación como helicóptero, y como avión turbohélice, un Bell XV-15. En mayo de 1986 Bell y Boeing Vertol firmaban un contrato con el Ejército americano para desarrollar una versión mayor del XV-15 designado como V22 "Osprey".

El contrato es para fabricación de seis prototipos, con un primer vuelo en junio de 1988, seguido de seis meses de vuelos de prueba en los que se acumularán 4.000 horas.

El V22 será el primer avión del mundo de rotores basculantes, aun cuando la idea se concibiera en 1950.

El V22 opera eficientemente en vuelo vertical y horizontal porque los rotores son optimizados para ambas direcciones; las palas pueden girar hasta 45°.



Panavia Tornado



El Bell/Boeing V-22 "Osprey"

La estructura del avión pesa 13.000 libras, de las cuales 6.000 son de "composites" a base de fibra de carbono y resina epoxi.

Si las pruebas resultaran satisfactorias, los Estados Unidos harán un pedido inicial de 1.213 aviones,

cada uno de los cuales podrá transportar 24 soldados equipados más dos cañones.

El radio de acción, que, lógicamente, depende de la carga, podrá alcanzar normalmente hasta 100 millas náuticas.

## Aviones comerciales

### EL A-320

De este avión, que tiene previsto su primer vuelo para marzo de 1987 y entrar en servicio en 1988, han sido vendidas más de 250 unidades.

Los primeros A-320 de producción serán de la serie 100, con 66 toneladas de peso máximo al despegue, 164 pasajeros, 1.750 NM de radio de acción y propulsado por motores GE/Snecma CFM 56-5.

Los A-320-200 tendrán 72 Tm, 152 pasajeros, 3.200 NM de radio de acción y serán propulsados por motores V2500 del consorcio IAE (International Aero Engines).

### EL MD 11

Mc Donnell Douglas manifestaba en Farnborough 86 que llevaría adelante este programa cuando se alcanzara un pedido global de 20 unidades, y que esa cantidad esperaban alcanzarla próximamente, aun cuando no especificara aún el nombre de los compradores.

El MD 11 es una versión avanzada del DC 10 con un consumo de combustible del 10% menos que el DC 10-30 en etapas normales, y que



El británico ATP está previsto que entre en servicio en septiembre de este año.

referido por asiento, es del 24,5% menos que el de este avión.

Los motores podrían ser de uno de los dos tipos de turbo reactores más modernos: el CF6-80 C 2 o el PW4000.

Los cambios más visibles son mejoras aerodinámicas, cola más pequeña y ligera, mayor capacidad de combustible y control computerizado de la variación del centro de gravedad.

La cabina es para dos tripulantes, con instrumentación totalmente digital.

### EL ATP DE BAE

En agosto del 86 voló por primera vez el ATP (Advanced Turboprop) de BAE diseñado con características comerciales entre el BAE 148, de 49/52 asientos, y el BAE 146, de 80/120 asientos. El ATP tiene 64/72 asientos.

Propulsado por dos turbohélices PW 124 A o 125 A, de 2.570 HP de tracción equivalente, está prevista su entrada en servicio para septiembre de 1987.



Montaje fotográfico del MD-11, versión avanzada del DC 10.



Fokker F-100 con capacidad para 100 pasajeros propulsado por dos motores Rolls Royce Tay, de 13.500 libras de empuje máximo cada uno, que fueron certificados en julio de 1986.

El prototipo efectuó su primer vuelo el 30 de noviembre de 1986 y está considerado como uno de los aviones comerciales más modernos en la actualidad.

## Motores

### NUEVOS MOTORES PW PARA LOS F-15 y F-16

- El motor F 100-PW-220 ha completado el programa de vuelos de prueba en el F-15 "Eagle" de McDonnell Douglas y en el F-16 "Fighting Falcon" de General Dynamics.

El primer F-15 propulsado por un motor de producción entró en operación en las Fuerzas Aéreas USA en julio de 1986.

El F 100-PW-220 tiene 24.000 lbs de empuje e incorpora tecnología avanzada en la sección caliente, lo que permite doblar sus inspecciones a intervalos de 4.000 ciclos, equivalentes a nueve años de operación.

- El motor F 100-PW-229 de 29.000 lbs de empuje, derivado del F 100-PW-220, comenzó su programa de pruebas a finales de 1986.

Diseñado para propulsar las más avanzadas versiones del F-15 y F-16 sin modificaciones en la estructura del avión.

Este motor 229 también es conocido como el F-100 IPE (Increase Performance Engine).

El programa de pruebas se completará a finales de 1988, y habrá motores de producción en 1989.

### NUEVOS MOTORES PW PARA LOS F-4 PHANTOM

El PW1120 de 20.000 lbs de empuje, motor derivado del F-100 de

PW, completó sus pruebas de calificación para producción a finales de 1986 y comenzará a entregarse en 1987 tras las pruebas en vuelo que se harán hasta mediados de este año.

Este motor está previsto para remotorizar los F-4 con un aumento grande de sus actuaciones, pues conseguirá un 27% más de aceleración, un 13% más de capacidad de giro y un 31% más de régimen ascensional.

El PW 1120 incorpora parte de la tecnología de los nuevos motores PW-220 para los F-15 y F-16.

### PROPFAN Y UDF, MOTORES CANDIDATOS PARA EL BOEING 7J7

El nuevo avión B 7J7, de avanzada tecnología, para transporte comercial de 150 pasajeros, será el competidor americano del A-320. El 7J7 está planificado para volar en 1991, y será certificado para entrar en servicio en 1992.

Tiene al menos dos tipos de motores como candidatos: el Propfan de Allison modelo 578, con hélices contrarrotatorias de Hamilton Standard, y el UDF de General Electric.

Ambos tipos de motores serán ensayados en vuelo sobre un B 727-100.

### PROPFAN Y UDF PARA AVIONES DOUGLAS

De forma similar a Boeing, McDonnell Douglas probará el modelo

578 Propfan de Allison y el UDF de General Electric sobre un MD-80, y de sus resultados podrían derivarse ofertas de remotorización a los aviones ahora existentes y a propulsar los futuros.

### LOS "CONTRA-FAN" DE ROLLS ROYCE

Rolls Royce sigue manteniendo la controversia técnica frente a los Propfan y Unductedfan (UDF), que ya expusiera *Revista de Aeronáutica y Astronáutica* en febrero de 1986 al presentar la reseña de Le Bourget 85, y está prosiguiendo el desarrollo de motores UBF (Ultra Bypass Fan), ahora ya con índices de derivación de doble flujo entre 15/1 y 16/1 (téngase en cuenta que los valores normales están ahora entre 5/1 y 6/1 y menores) y de doble configuración de "fans" contrarrotatorios.

RR espera obtener un 25% menos de consumo específico que los más avanzados turbo reactores actuales.

### EL "SUPERFAN" DE IAE

IAE (International Aero Engines), formada por MTU/FIAT/RR/PW USA y JAEC, tiene el propósito de desarrollar un turbofan derivado del V 2500 (motor para el A 320) y que con un índice de derivación de 20/1 generaría entre 28.000 y 32.000 lbs de empuje. La configuración global sería similar a los PW's. Podría tener potenciales aplicaciones al A 340 y a las versiones avanzadas del A 320, así como a futuros desarrollos de aviones Douglas.

### EL PROGRAMA NASP Y SUS MOTORES

El Programa NASP (National Aerospace Program), que tiene principalmente objetivos militares y espaciales, tiene también "frontera" de aplicación al campo aeronáutico civil.

Aun cuando el avión espacial del programa NASP necesita velocidades de 25 Mach hasta insertarse en órbita, los aviones comerciales, por razones obvias de transporte de pasajeros, solamente podrían alcanzar hasta Mach 5 que es el objetivo del "Orient Express" (*Revista de Aeronáutica y Astronáutica*, noviembre de 1986, "La Tecnología Espacial en Farnborough 86"). De aquí que uno de los principales problemas sea la propulsión de este avión. Un turbo reactor comercial puede funcionar hasta velocidades de 3.5 Mach y, por tanto, para velocidades



Configuración de futuros aviones Boeing, propulsados por motores UDF.

mayores se necesita otro tipo de motores.

PW y GE han firmado contratos de investigación por valor de 175 millones de dólares cada una, en tanto que cinco compañías fabricantes de aviones (Mc Donnell Douglas, Boeing, General Dynamics, Lockheed y Rockwell) han recibido cada una para investigación del desarrollo de la célula.

Para 1995 se habrán invertido en investigación 3.000 millones de dólares en el programa NASP.

## Sistemas y componentes

### LA ELECTROLUMINISCENCIA

En Farnborough 86 se ha expuesto por la Casa Lucas Aerospace la alta versatilidad de este sistema y sus características.

Como es sabido, la electroluminiscencia es la generación de iluminación, originada al incidir una corriente alterna sobre una capa de fósforo.

El sistema está formado por unas capas de dieléctricos conteniendo partículas de fósforo abarcadas por dos electrodos, uno de los cuales es transparente.

La primera vez que se aplicó la

electroluminiscencia de forma generalizada fue en el Concorde; hoy está extendiéndose su utilización a la mayor parte de aviones militares y civiles.

El sistema está garantizado, virtualmente, sin mantenimiento, para un periodo superior a las 15.000 horas de vuelo sin que el descenso de brillo alcance más allá del 60% de su efectividad original, siendo esa degradación muy lenta, en contraste con los fallos súbitos de las lámparas incandescentes.

- Proporciona suficiente luminosidad para leer mapas y gráficos.
- Es muy útil para el repostado de combustible de noche, por la referencia visual que puede proporcionar a los pilotos.
- Con una pequesimísima batería y un inversor, también muy pequeño, es idónea su utilización en paracaídas para evitar colisiones en los descensos.

### PROTECCION CONTRA EL HIELO

Lucas Aerospace ha difundido en Farnborough 86 las características de un sistema de protección contra el hielo, basado en un producto denominado "Spraymat", que es una fibra de cristal reforzado con resina Exposit laminada, que incorpora además un metal "polvoreado" conductor de electricidad y, por tanto, generador de calor.

Es un sistema muy indicado para los bordes de ataque de alas y estabilizadores, además de los carenados de admisión de aire al motor y bordes de ataque de los perfiles de las hélices y palas de helicópteros, como zonas más críticas susceptibles de formación de hielo.

La capa de "Spraymat" es fácilmente adaptable y adhesible a las diversas formas del elemento a proteger, tiene muy baja resistencia aerodinámica y el calor a generar puede graduarse por la tripulación.

El "Spraymat" tiene alta resistencia al choque y puede formar circuito con detectores de hielo, controles térmicos y unidades de acción cíclica.

La utilización del sistema está generalizándose, tanto en aviones militares como civiles, así como en helicópteros.

### COMPONENTES DEL "FLY BY WIRE"

En Farnborough 86 se ha presentado relevantemente esta nueva tecnología, siendo de destacar las muestras de componentes del Panavia Tornado y del A-320. El primero es ya una realidad, y del segundo se ha hecho una demostración en vuelo del sistema con un Aerobús de la primera generación, un A-300 B2, único avión de Airbus presente en el Salón, para exponer las cuali-

dades del vuelo por cable que llevará el A-320 cuando entre en servicio a principios de 1988.

- El Tornado es el primer avión de producción, totalmente accionado eléctricamente mediante el control de dos computadores: uno para control de alabeo y dirección y otro para profundidad-altura.

La configuración de flecha óptima del ala y ajuste de flaps actúan de forma automática en función del número de Mach y del ángulo de ataque.

- En el A-320 las pruebas con el demostrador A-300 B2 están poniendo de manifiesto su efectividad, y cuando aquél realice su primer vuelo en marzo de 1987, será el primer avión comercial con accionamiento eléctrico de los mandos de vuelo, a excepción del timón de dirección y el movimiento de compensación del estabilizador horizontal.

En el A-320 ya no están la palanca volante tradicionales para el control de mandos. Ha sido sustituida por dos pequeñas palancas, una para cada puesto de pilotaje, a modo de pulsadores abarcados por la mano, para todos los mandos. Estas palancas admiten un giro elíptico-cónico hacia adelante y atrás con recorrido de  $\pm 16^\circ$  y hacia los lados de  $\pm 20^\circ$ .

## INNOVACIONES EN GIROSCOPOS

En Farnborough 86 han destacado las innovaciones en los giróscopos de tipo láser de gran precisión con dos pares de haces contrarrotatorios, que sustituyen al par único de los primeros giróscopos de esta tecnología. Es de destacar un diseño de British Aerospace, de un dispositivo denominado LINS (Lasser Gyroscope Inertial Navigation System), para aviones militares de alta maniobrabilidad y que se montará sobre el helicóptero anglo-italiano EH 101.

## ACELEROMETROS PIEZOELECTRICOS

En Farnborough 86 se ha mostrado un diseño muy avanzado de acelerómetros piezoeléctricos, de la Casa Endevco de Royston, Inglaterra.

El acelerómetro se denomina Isoshear y permite captar vibraciones inferiores a 0.1 Hz, con severos ambientes de temperatura. Acelerómetros Isoshear se están utilizando ya en el programa de la "Space Shuttle" de la NASA.



A300 con sistema "Fly by wire" en el festival aéreo de Farnborough.

Como es sabido, los acelerómetros piezoeléctricos utilizan el sistema formado por una masa y un muelle para generar una fuerza proporcional a la amplitud y frecuencia de la vibración. No requiere fuente de energía externa. Cristales como el cuarzo y materiales ferroeléctricos, mejor éstos por su mayor sensibilidad, constituyen el elemento sensible captador del efecto de la fuerza. La gama normal de medida de los acelerómetros piezoeléctricos es de 2 a 5 Hz.

## ACELEROMETROS PIEZORRESISTIVOS

En el campo de este tipo de acelerómetros, en Farnborough 86 se ha presentado una gran diversificación, destacando principalmente su operación satisfactoria en una amplia gama de temperaturas (de  $-50^\circ\text{C}$  a  $+120^\circ\text{C}$ ).

Los acelerómetros piezorresistivos tienen como elemento base sensible a la fuerza aplicada, resistencias de silicón que cambian su valor según el esfuerzo mecánico al que están sometidas. Conectado el elemento sensible a una rama de un puente de Wheastone, se genera una señal proporcional a la vibración del movimiento.

# Materiales

## EL TITANIO Y SUS ALEACIONES

El año 1986 ha destacado por la aceleración en el lanzamiento del

titanio y sus aleaciones, por la Industria Aeronáutica, siendo especialmente reseñables:

- Las aleaciones denominadas "Beta", que con base de titanio y elementos adicionales entre el 15% y el 30% del peso total de la aleación, proporcionan una alta resistencia hasta temperaturas de  $350^\circ\text{C}$ , con costes bajos de fabricación.

- Próximas generaciones de titanio extra puro permitirán que sea utilizado para mayores resistencias y en estructuras aeronáuticas muy eficientes.

- También, ya en la actualidad, se están obteniendo aleaciones de titanio con matriz de tipo "composites", obteniéndose así altos valores de carga de rotura y módulos de elasticidad.

- Recientemente, los aluminuros de titanio están permitiendo la utilización hasta temperaturas de  $760^\circ\text{C}$  y así poder competir con superaleaciones de mayor peso.

Los aluminuros están hechos a base de compuestos de  $\text{TiAl}_3$  y  $\text{TiAl}$  y permite albergarse la esperanza de que sean la base de componentes no rotatorios a utilizar en aviones militares en los comienzos de la década de los años 90.

Se está intensificando la producción de aleaciones de titanio superplástico obtenidas por difusión en otras aleaciones de titanio ya conocidas y obtener así un comportamiento de alargamiento unitario. Se obtendrán ahorros de peso hasta del 10% y los costes se reducirán más del 40% con procesos de forja isotérmica.

## LAS NUEVAS ALEACIONES ALUMINIO-LITIO

Recientemente está ganando terreno la utilización por la Industria Aeronáutica de las aleaciones aluminio-litio, siendo de destacar la difusión de las características de estas aleaciones en Farnborough 86 por las Casas Alcoa y Alcan.

La empresa Alcoa, de Inglaterra, denomina a estas aleaciones de litio "Alithalite", y la Casa Alcan, también inglesa, las denomina "Lital".

La "Alithalite" y el "Lital" vienen a ser de precio entre dos y tres veces el de las aleaciones de aluminio y tienen respecto de la aleación 7075 "standard" un 10% más de carga de rotura, un 11% más de módulo elástico, con un 86% del peso de esta aleación.

Estas aleaciones pueden sustituir en algunos casos con ventaja a los "compositores", especialmente en el precio.

Recientemente han sido probados en vuelo componentes estructurales del F-15, contruidos de Al-Li. El recubrimiento del ala en los nuevos F-15 resulta un 5% más resistente y un 9% menos pesado que con las aleaciones de aluminio a las que sustituye. Estas aleaciones Al-Li representan en el fuselaje del F-15, transformado, el 51% de su peso.

#### **PROBLEMAS CON LOS "COMPOSITES"**

De las múltiples propiedades a evaluar en los materiales para uso en aviación, los "composites" responden satisfactoriamente a un alto porcentaje, y tan sólo en cuanto a durabilidad están clasificados como regular.

Un aspecto a tener en cuenta es que las estructuras de los "composites" son difíciles de diseñar para posteriormente ser inspeccionadas visualmente. Los daños interiores son raramente perceptibles desde el exterior. La incidencia de la humedad y de los impactos por rayos en

una tormenta pueden causar una delaminación que, no obstante, puede ser detectada por rayos X.

Boeing está estudiando el comportamiento de la fibra de carbón para ser incorporada o no a la estructura primaria del B-737; la decisión va a tomarse de forma inmediata.

Algunos componentes del B-757 y B-767 fabricados por Kevlar han sido deteriorados por la humedad, y Boeing ha vuelto a cambiarlos por metal. Ello no significa un cambio de actitud frente a los materiales compuestos, pues se ahorra con ello peso y dinero, tienen buenas propiedades mecánicas y se está analizando la solución.

En la actualidad está estudiándose el comportamiento a largo plazo de estos materiales; comportamiento cuyas mejoras han sido objeto recientemente de una conferencia celebrada en Estados Unidos, organizada por el Ejército, que han analizado los efectos de la humedad y temperatura en sus características mecánicas y emisión acústica, así como el diferente comportamiento de los cristal-epoxi y grafito-epoxi, que pueden quedar relegados ante las alegaciones aluminio litio.

El precio de los "composites", que es su inconveniente principal, está disminuyendo debido a la fuerte demanda y a la competitividad con las aleaciones de aluminio, especialmente las de aluminio-litio.

#### **MATERIALES TRANSPARENTES**

En Farnborough 86 se ha presentado por la Casa PPG de Birmingham una materia a base de cristal que cumple los requisitos de tener que soportar durante largos periodos de tiempo temperaturas próximas a los 150°C y que exigen los fabricantes de aviones para las cabinas de las tripulaciones.

El material se denomina Hercule II y es un cristal reforzado químicamente que puede ser fabricado en pequeños espesores.

Como es sabido, la mayor parte de los plásticos se degradan por efecto aerotérmico cuando se vuela a velocidades superiores a 2 Mach. Solamente hay un material transparente capaz de resistir tales temperaturas: es el cristal, que además tiene una excelente calidad óptica. Reforzado ahora con siliconas, se obtienen aquellos resultados, además de una alta resistencia al choque. ■



#### **TECNICAS Y SISTEMAS DE FIJACION**

##### **CAMLOC/TRIDAIR:**

Cierres de 1/4 de vuelta y de palanca (Studs & Latches)  
Insertos Coilthread/Keenserts/Rosan

##### **HUCK:**

Remaches estructurales ciegos s/norma NAS Y MS  
dos piezas (Lockbolts)  
Composite applications:

##### **A.H.G.:**

Remaches sólidos (Universales) s/normas LN, MS, NSA, BAC, & NATO

##### **TITEFLEX:**

Mangueras de teflón con protección en Nomex y Acero Inox.

##### **ZEPHYR:**

Herramientas de precisión para taladrado, fresado, embutición.  
Pinzas de montaje, puntas de atornillar, adaptadores, etc.

##### **A.P.T.:**

Remachadoras de compresión (C-Yoke & Alligator Jaw Types)  
Martinetes (Hammers). Taladradoras de ángulo.  
Aprieta tuercas standard/Hi-Lok.

##### **HYDRAFLOW:**

Conectores flexibles para conductos.

LINNEO, 9 -1.º puerta 5  
TELS. 265 72 01-02 Telex 49.021 ARETE  
28005 MADRID