



# El F-35: una perspectiva general

JAVIER SÁNCHEZ-HORNEROS PÉREZ

EL ACTUAL F-35 NACE DE LA UNIÓN DE DOS PROGRAMAS DE ARMAMENTO INICIADOS EN LOS AÑOS 1990, EL JOINT ADVANCED STRIKE TECHNOLOGY Y EL COMMON AFFORDABLE LIGHTWEIGHT FIGHTER, DE NECESIDADES SIMILARES AL PROGRAMA ADVANCED TACTICAL FIGHTER (ATF) QUE DARÍA COMO RESULTADO EL ACTUAL F-22 RAPTOR, ESTO ES, UN AVIÓN DE COMBATE “STATE-OF-THE-ART” (TAMBIÉN LLAMADO DE 5ª GENERACIÓN) DE ALTA MANIOBRABILIDAD EN EL QUE SE CONCENTRAN LOS ÚLTIMOS AVANCES EN TECNOLOGÍA STEALTH Y LA INTEGRACIÓN DE SENSORES DE BÚSQUEDA Y SEGUIMIENTO DE OBJETIVOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN, COMPLEMENTADO CON UN REACTOR CAPAZ DE PROPORCIONARLE UNA ELEVADA CIFRA DE EMPUJE QUE LE PERMITIESE DESARROLLAR TANTO EL CONCEPTO DE SUPERIORIDAD AÉREA COMO –Y ESTA ERA LA PRINCIPAL DIFERENCIA RESPECTO AL ATF– DESARROLLAR CON UNA EFECTIVIDAD MÁXIMA MISIONES AIRE-SUELO.

## EL DESARROLLO DEL F-35

**A** sí, y con el objetivo de desarrollar un avión común a la USAF, USMC y US Navy, que reemplazase a aviones como el F-16, F/A-18 y AV-8B Harrier y con unas altas perspectivas de exportación futura, a semejanza de programas como el F-16, comenzó el desarrollo del *Joint Strike Fighter* (JSF), que pronto aunó a los subcontratistas de defensa esta-



dounidenses en dos grupos que construirían dos prototipos cada uno, uno de los cuales sería modificado para probar el requisito de sistema de armas común entre las tres variantes que se desarrollarían, la *Conventional Take-Off and Landing* (CTOL) para la USAF, la *Short Take-Off and Vertical Landing* (STOVL) para la USMC y la *Carrier Variant* (CV) para la USNavy. Boeing desarrollaría el X-32, mientras que Lockheed Martin haría lo propio con el X-35.

El 26 de octubre de 2001, Lockheed Martin fue seleccionada para el inicio de la fase de desarrollo y demostración del sistema, designándose cada una de las tres variantes del programa como F-35A (CTOL), F-35B (STOVL) y F-35C (CV) a las cuales se le añadiría una hipotética versión de guerra electrónica a petición del USMC denominada EF-35B. Para reducir costes de desarrollo, se planteó a los futuros clientes la posibilidad de involucrarse en el programa según su aportación al mismo. Así, aquellos que aportasen el 10% o más del capital serían englobados en el llamado Nivel 1 y los que aportasen el 5% entrarían dentro del Nivel 2, mientras que aquellos que aportasen entre el 1 y el 2% entrarían en el Nivel 3. Los dos primeros niveles permiten, en mayor o menor grado, recibir con-



**«Los costes por avión, que se estimaban similares al F-16, están más cercanos al del F-22, contratiempo al que se le añaden las dificultades en transferencia de tecnología impuesta por Estados Unidos»**

tratos de fabricación directos relacionados con el F-35, mientras que el Nivel 3 permite recibir también contratos de fabricación, pero esta vez, de los proveedores de nivel 1 y 2 y no directamente de Lockheed. Solo Reino Unido

es Nivel 1, mientras que Italia y los Países Bajos son Nivel 2. Los países integrantes del Nivel 3 son Australia, Canadá, Dinamarca, Noruega y Turquía. Finalmente, entre otros, Israel y Singapur pertenecen al denominado *Security Cooperation Participants* (SCP), el nivel más básico dispuesto por Lockheed en el que únicamente tienen derecho a recibir datos sobre el programa por aproximadamente 50 millones de dólares de aportación al mismo. En Febrero de 2014, se anunció que la ROKAF (Fuerza Aérea de la República de Corea) adquiriría 40 F-35A con opción a otros 20.

En marzo de 2011, habían volado un total de 11 aviones en fase de preproducción, más dos F-35A de producción inicial. En un principio, el programa contemplaba entregar los primeros aviones de producción con el llamado "Software Bloque 1", que les permitiría el empleo de JDAM y de los AMRAAM, aunque finalmente lo hicieron con el software Bloque 0.5, pensado inicialmente para el en-

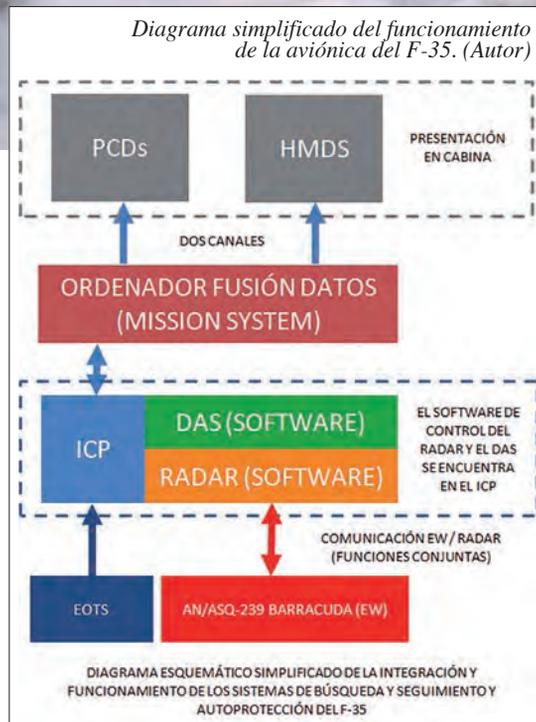
X-32. (USAF)



X-35C. (USAF)



Diagrama simplificado del funcionamiento de la aviónica del F-35. (Autor)



trenamiento y soporte de actividades de pruebas. El Bloque 2 añadió más capacidades, pero no fue hasta la adopción del Bloque 2B, precursor del 3, y la inclusión del ALIS, un sistema en red que monitoriza el estado de los componentes del avión en tiempo real, que el programa alcanzó el estándar de capacidad inicial operativa (IOC) el 31 de julio de 2015, en la variante F-35B, quedando pendientes la A y la C. Entretanto, se han llevado a cabo despegues/aterrizajes STOVL (F-35B) y pruebas de lanzamiento de armamento real aire-aire y aire-suelo (F-35A y F-35B).

Los costes por avión, que inicialmente se estimaban similares al F-16, están más cercanos al F-22, contratiempo al que se le añaden las dificultades en transferencia de tecnología impuestas por Estados Unidos, especialmente en lo referente a códigos fuente, lo que dificulta la posibilidad futu-

ra de mejoras propias del país usuario del avión.

### EL F-35

El diseño del F-35 contempla la aplicación del concepto *stealth* (furtivo) de última generación, con una RCS estimada de 0,0013 m<sup>2</sup> gracias a su geometría (que sigue el concepto *planform alignment* o alineación de forma en planta, técnica que reduce el retorno de las ondas radar), y en el que se han empleado materiales de fibra de última generación como el “*fiber mat*” capaces de absorber las ondas radar.

Exteriormente, las tres variantes son prácticamente iguales entre sí, excepto por las mayores dimensiones del ala del F-35C (con mecanismo de plegado), de 62,05 m<sup>2</sup> (42,73 m<sup>2</sup> en las versiones A y C). Asimismo, la versión C está dotada de un gancho de cola y tren de aterrizaje reforzado y al igual que la versión A, es capaz de de-

«Exteriormente, las tres variantes son prácticamente iguales entre sí, excepto por las mayores dimensiones del ala del F-35C (con mecanismo de plegado) de 62,05 m<sup>2</sup> (42,73 m<sup>2</sup> en las versiones A y C)»

sarrollar 7.5 G (7 en la versión B). Finalmente, la versión B ve mermada su capacidad tanto de combustible como de armamento interno, debido a la presencia del *fan* de sustentación. En todos los casos, la velocidad máxima del avión es de Mach 1.6 con capacidad de supercruceiro estimada de Mach 1.2 con aviónica y sensores semejantes. De igual forma, el sistema de control de vuelo, incluyendo tanto el *software* como las leyes de control de vuelo (FCL), es el mismo en los tres casos.

Una de las novedades incorporadas en este avión, es el llamado *Integrated Power Pack* (IPP), que aúna las funciones de APU, sistema de control ambiental (ECS) del avión y la unidad de potencia de emergencia o unidad de emergencia, un sistema que consta esencialmente de una turbina accionada por hidracina. El IPP elimina la necesidad de contar con estos tres sistemas individuales y los integra en uno solo,

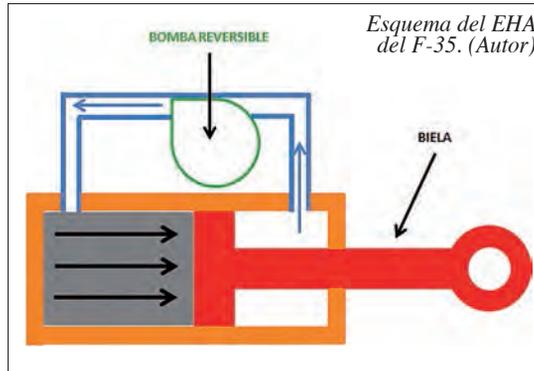
utilizándose durante el *start-up*, como sistema de control ambiental y en caso de necesidad, como unidad de emergencia en vuelo. La otra tiene que ver con los actuadores. Hasta el F-35, los actuadores de las superficies de control de todos los aviones, incluyendo los *Fly-By-Wire*, son hidráulicos. En el caso del F-35, se emplean actuadores EHA o *Electro Hidrostatic Actuator* para accionar las superficies de control. Un actuador EHA se basa en un sistema hidráulico compuesto por una

bomba eléctrica y un sistema de reserva que acciona un pistón. El sistema actúa únicamente cuando se le demanda; en caso contrario permanece en posición fijo y “desactivado”.

## LA CABINA

La tendencia en el diseño de cualquier avión actual, es reducir al máximo la carga de trabajo del piloto simplificando el manejo de los múltiples sistemas y sensores de los que consta.

Esta simplificación no solo afecta, a efectos prácticos, al número de interruptores e instrumentos del avión situados en la cabina, sino que los propios sistemas del avión están cada vez más automatizados con sistemas como el BIT y FADEC que supervisan en tiempo real el estado de los mismos, hasta el punto de que el concepto de sistema integrado y cabina de cristal están íntimamente ligados entre sí, formando un binomio al que se le suma el HO-





# JSF Family Of Aircraft

One Program -- Three Variants  
Meeting Service and International Needs

**Conventional Take-Off and Landing (CTOL)**

In-Flight Refueling Door (Boom)

Internal 25mm 4-Barrel Gattling Gun

**Carrier Variant (CV)**

Probe and Drogue Refueling (Basket)

Strengthened Landing Gear and Tailhook

Wingfold and Ailerons Added

Centerline Gun Pod with 25mm Gun

**Larger Wing and Horizontal Tail Area**

**Short Take-Off and Vertical Landing (STOVL)**

Probe and Drogue Refueling (Basket)

Lift Fan

Roll Posts

3-Bearing Swivel Nozzle

**All variants**

- 450-600 nm Range
- 1.6 Max Mach (Limit)
- Stealthy
- Same Weapons
- Similar Avionics
- Similar Flight Envelope
- Same Basic Engines

DISTRIBUTION STATEMENT A. Approved for public release; distribution is unlimited.

10

Diagrama esquemático de las tres variantes del JSF. (Lockheed Martin).

TAS (Hands on Throttle-And- Strick). Los aviones de última generación van un paso más allá del concepto de sistema integrado, en lo que se denomina fusión de sistemas, concepto en el que todos los sensores y sistemas del avión interactúan entre sí en tiempo real gracias a ordenadores y buses de comunicación de alta velocidad.

En la cabina del F-35, los tradicionales UFC y pantallas multifunción, junto con algún indicador analógico crítico, han dado paso a una única pantalla panorámica de control (PCD/Panoramic Cockpit Display) de 500 x 200 mm que se divide en 4 ventanas o secciones principales reprogramables (porta-

Otra innovación del F-35 es la ausencia de la proyección HUD (Head-Up Display): el piloto recibe toda la información en el casco, denominado *Helmet Mounted Display System* (HMDS), de peso inferior a dos kilogramos que proporciona información relativa a la navegación, armamento y posición de la cabeza al avión. Dispone de tres modos de operación: simbología diurna, simbología y capacidad de presentación de vídeo, tanto diurno como nocturno. La aplicación del concepto de

«Las pantallas multifunción y UFC de la cabina han dado paso a una única pantalla de control de 500 x 200 mm y que se divide en 4 ventanas reprogramables, con toda la información necesaria»

## EL RADAR

El AN/APG-81 AESA, diseñado por Northrop Grumman, es un radar de última generación con antena fija con treinta y dos modos de operación, desglosado en doce

modos aire-aire, doce modos aire-suelo, dos modos de búsqueda y seguimiento de objetivos navales, cuatro modos de guerra electrónica (tanto de ataque como de protección) dos modos de navegación y dos modos meteorológicos. Diseñado con arreglo a requisitos de baja probabilidad de interceptación (LPI) y de baja probabilidad de detección (LPD), cuenta con capacidad de autodiagnóstico. El conjunto de la matriz de módulos de transmisión/recepción (antena) está diseñada para una vida de 30 años, con una media estimada de 10.000 horas entre fallos, que se indican (incluyendo en qué línea de componentes se encuentra el que falla) en una pantalla accesible para el personal de tierra.

En el modo aire-aire, el radar se complementa con el resto de sensores del avión (fusión de sistemas), incluyendo el de guerra electrónica. En el modo aire-suelo, las capacidades de proceso de datos de apertura sintética del radar permiten obtener un mapeado en muy alta resolución, empleando algoritmos capaces de identificar objetivos de oportunidad. Esta capacidad de proceso permite asimismo obtener zonas de alto detalle del mapa inicial, sin necesidad de generar uno nuevo, en lo que Northrop Grumman denomina “Big SAR”.

## EL EOTS (AN/AAQ-40)

El F-35 cuenta con un sistema de puntería electroóptico EOTS (*Electro-Optical Targeting System*), que integra un FLIR convencional y un sistema de búsqueda y seguimiento por infrarrojos (IRST).

Situado cerca del radomo, el EOTS consiste en dos lentes (en el propio mecanismo, que proporcionan los datos de *azimuth* y elevación, este último encargado de dirigir la luz al grupo óptico) y siete prismas (los paneles vi-



Planta del F-35 en la que se puede observar el concepto planform alignment en los bordes de ataque y salida del ala. (Indicaciones del autor sobre una imagen de la USAF).

les), capaces de mostrar toda la información que el piloto necesite y con la posibilidad de poder cambiar el tamaño de las mismas. Los pocos interruptores presentes controlan las funciones más elementales del avión (motor, batería y demás). El resto de funciones se controlan a través de la pantalla táctil o por comandos de voz (DVI).

Debajo de la misma se sitúa la pantalla *standby flight display*, que dispone de un sistema de navegación inercial independiente del principal y que extrae la energía únicamente de la batería, no del generador. Si el reactor se apaga, tanto esta pantalla como la zona izquierda de la PCD permanecen encendidas, permitiendo al piloto volar el avión de forma segura.

“fusión de sistemas” permite priorizar automáticamente los objetivos que se le mostrarán al piloto en el casco. El casco está unido con el asiento eyectable, el US16E, el primero diseñado para pilotos de ambos sexos y que introduce el criterio de protección de daño en el cuello, *Neck Injury Criteria* (NIC).

El control de avión se efectúa de forma análoga al F-16 y F-22, con la palanca dispuesta en posición lateral. Sin embargo, la particularidad es que el mando de gases no controla las rpm del motor, sino la cantidad de empuje que este proporciona. Así, en *idle* el motor está desarrollando el 10% de su empuje máximo, mientras que en MIL, proporciona el 100% de su empuje en seco.

sibles en la estructura del avión) que en conjunto convergen en un sensor basado en una matriz de plano focal (detector), capaz de “fabricar” una imagen especular del blanco. La capacidad FLIR viene dada por un emisor laser localizado en el propio EOTS.

### EL AN/AAQ-37 (DAS)

El *Distributed Aperture System* (DAS) constituye un paso adelante a la hora de proporcionar al piloto una *situational awareness* o percepción de la situación en su entorno. Este revolucionario sistema consiste en 6 sensores infrarrojos de alta resolución capaces de proporcionar tanto imágenes al HMDS como información de blancos aire-aire, así como protección pasiva del avión en materia de detección de misiles, en ambos casos sin un límite máximo de objetivos, gracias a la capacidad de proceso del sistema.

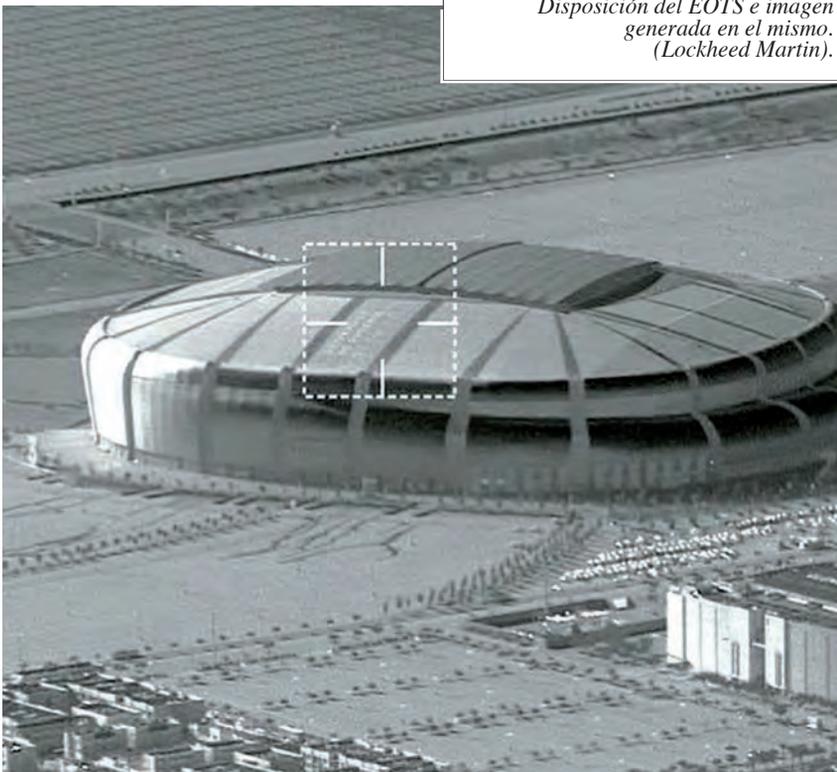
Los sensores, con una apertura de 95° cada uno, están dispuestos como sigue: dos en el radomo, uno delante de la cabina, uno delante del receptáculo de repostaje en vuelo y dos en la panza, proporcionando en total 570° de protección, una esfera cuyo centro mismo es el avión.



Esquema de Pratt & Whitney F135-PW-600. (Duch. Seb).



Disposición del EOTS e imagen generada en el mismo. (Lockheed Martin).



### EL SISTEMA DE GUERRA ELECTRÓNICA AN/ASQ-239 BARRACUDA

El sistema de guerra electrónica, evolución del AN/ALR-94 del F-22, actúa de forma conjunta con el resto de sistemas y sensores del avión. Dispone de un *Data Link* llamado *Multi-function Airborne Data Link* (MADL) capaz de interactuar con vehículos y estaciones tanto aéreos como terrestres, lo que permite operaciones de ataque y defensa conjuntas. Las capacidades del sistema se desarrollan gracias a 10 receptores dispuestos tanto en el ala (ocho en total) como en el estabilizador horizontal (dos).

El sistema puede funcionar como plataforma SIGINT (*Signals Intelligence*) capaz de recolectar datos referentes a características de señales del campo de batalla –incluyendo la capacidad de localización geográfica de radares–, característica acentuada por las capacidades stealth del avión, que le permiten acercarse al emisor con una baja probabilidad de detección. Finalmente, el sistema cuenta con contramedidas multispectro (radar e infrarrojas) y *jammers* o perturbadores basados en la tecnología *Active Deception*, que permite generar falsos ecos, al analizar y guardar en memoria la señal del radar que le está iluminando; la analiza y emite amplificada, para hacer creer al enemigo que el blanco está más cerca de lo que realmente está.

El AN/ASQ-239 interactúa conjuntamente con el radar en ciertos modos de funcionamiento, y permite a este realizar las funciones de *stand-off jammer* gracias a la matriz de elementos de los que consta la antena.

## EL CONCEPTO DE FUSIÓN DE SISTEMAS

De forma similar al Eurofighter, el F-35 aplica desde el inicio el concepto de fusión de sistemas que ya ha sido mencionado anteriormente, de forma que todos los sistemas enumerados anteriormente interactúan entre sí en tiempo real.

Para ello, el F-35 cuenta con un procesador principal llamado *Integrated Core Processor* (ICP) hacia donde son enviados los datos relativos a objetivos, vehículos, estaciones de radar procedentes de todos los sensores del avión, fusionándolos en el *Mission System* del avión proporcionando al piloto una percepción de la situación sin precedentes. Es en el ICP donde residen los programas operacionales de vuelo que controlan tanto el radar como el DAS.

Esta fusión de datos es fundamental en términos de precisión, ya que tanto el DAS como el *Data Link* (el MADL y el Link 16 del que también dispone) por sí mismos pueden proporcionar una primera idea del estado del campo de batalla y del entorno completo del avión, empleando el radar AESA para el enganche de objetivos y aumentando la precisión de los parámetros de seguimiento de los mismos gracias al EOTS, con una presentación coherente y simplificada al piloto.

### EL MOTOR DEL F-35: EL PRATT & WHITNEY F135-PW-100/-400/-600

El F135 proporciona 43.000 libras (191,27 kN) en postcombustión y 28.000 libras (124,55 kN) en empuje militar en las tres variantes, que se corresponden con las versiones A (-

100), B (-600) y C (-400) del avión, con una capacidad de crecimiento estimada de hasta 51.000 libras (226,86 kN). Consta de un *fan* o compresor de baja de tres etapas y de un compresor de alta de seis con *blisk*, cámara de combustión anular, una etapa de turbina de alta y dos etapas de turbina de baja, una de ellas que en el caso del -600 actúa sobre el eje del *LiftFan* del F-35B. Aunque no hay confirmación, posiblemente se emplee en la cámara de postcombustión una inyección de combustible múltiple en tres zonas, diseñando los vanos con una cierta curvatura que elimina los flame holders y los inyectores convencionales, geometría que reduce la firma radar. Cuenta con un sistema de monitorización y auto-diagnóstico digital llamado *Prognostic and Health Monitoring* (PHM).

Las variantes -100 y -400 son muy parecidas entre sí, diferenciándose principalmente en el empleo de materiales anticorrosión en el -400 (F-35C). Sin embargo, sin duda la variante más interesante es la -600, que se emplea en el F-35B y que ha resultado ser la más problemática. Esta emplea el *LiftFan* de Rolls Royce (compuesto de dos *fans* contrarrotatorios) y un sistema FADEC; la combinación de ambos sistemas permite que en el modo *hover* (estacionario), el motor desarrolle 39.400 libras (176 kN), muy cercano al valor de postcombustión. El *LiftFan* (capaz de proporcionar hasta 20.000 libras/124,55 kN de empuje) es accionado por la segunda etapa de la turbina de baja gracias a una caja de engranajes tipo bevel, que permite la transmisión de par, tras el acoplamiento mediante un embrague, de un sistema horizontal a otro vertical gracias al empleo de engranajes cónicos. La tobera de salida del *LiftFan* llamada *Variable Area Vane Box* (VAVB)

«De forma similar al Eurofighter, el F-35 aplica desde el inicio el concepto de fusión de sistemas, de forma que todos los sistemas interactúan entre sí en tiempo real»

tiene una apertura de entre 45 a 5° y permite el control del avión a través del FADEC. Complementando al *LiftFan*, se encuentra el *Three Bearing Swivel Module* (3BSM) (15.000 libras, 69,84 kN) consistente en la

división en tres secciones de la tobera de salida de titanio que enlazan con la principal cambiando entre posición vertical y horizontal en unos 2,5 segundos. Finalmente, a ambos lados se sitúan dos toberas de sección variable que permiten el control de alabeo (3.700 libras / 16,46 kN).

Con este sistema tan complejo, no es de extrañar que se hayan presentado diversos problemas relacionados con el sobrecalentamiento de los discos del embrague y con las toberas laterales, y haberse visto estando el *LiftFan* también afectado por las cuestiones termodinámicas, en tanto el eje se expande y contrae longitudinalmente varios milímetros; todos ellos solucionados mediante nuevos diseños, sensores de temperatura (incluyendo un aviso al piloto para subir a más de 10.000 pies de inmediato cuando se emplea el *LiftFan* y existe riesgo de sobrecalentamiento) y sistemas de refrigeración.

## CONCLUSIÓN

Si bien el programa del F-35 ha sufrido múltiples retrasos debido a la tecnología implícita en el avión, no es menos cierto que su entrada en servicio combinará en un mismo sistema de armas la última generación en materia de diseño, actuadores y mecanismos, sensores de búsqueda y seguimiento de objetivos y guerra electrónica, combinando estas características en un nuevo nivel del concepto “fusión de sistemas”, que en el Ejército del Aire fue inaugurado con la entrada en servicio del Eurofighter ■

## BIBLIOGRAFÍA

Kent, John. The New Front Office A Whole New View For Joint Strike Fighter Pilots. Code One Magazine. Junio 2006.

Dorr, Robert F. JSF Flies. Aircraft Illustrated. Febrero 2007.

Beesley, Jon. Hehs, Eric. Testing the Lightning II. Aircraft Illustrated. Enero 2008.

Majumdar, Dave. F-35C Bound for the UK. Air International. Diciembre 2010.

Ayton, Mark y otros. F-35 Lightning II Supplement. Air International. Mayo 2011.