

El concepto multimisión francés

El Omnirol Dassault *Rafale*

JAVIER SÁNCHEZ-HORNEROS PÉREZ
Ingeniero de análisis de ensayos en vuelo



LOS ORÍGENES

El 17 de julio de 1986, Guy Mi-taux-Maurouard, a los mandos del demostrador Rafale A en el que sería su sexto vuelo, metió gases a fondo. Como piloto de ensayos, era plenamente consciente de la responsabilidad que todo esto acarrearía al subirse minutos antes a su «oficina».

El programa había ido bien hasta entonces: ensayos en tierra, ensayos en vuelo a 23 grados de ángulo de ataque, reencendido de los motores en pleno

vuelo... todos ellos realizados y superados satisfactoriamente. En esta ocasión, se comprobaría la idoneidad del diseño de las toberas de admisión, siguiendo un perfil de vuelo que llevaría el avión hasta Mach 1.8 gracias a sendos reactores General Electric F404. Con el mando de gases a fondo y el postquemador de ambos motores funcionando a la perfección, tan solo 13 días después del primer vuelo llevado a cabo el 4 de julio de ese mismo año, Guy alcanzó la velocidad de Mach 1.8 a 42.000 pies.

Pero para llegar a este punto, antes tuvieron que solventarse no pocos escollos, tanto en lo que respectaba propiamente al avión en sí, como políticos, acaecidos estos últimos dada la relación inicial de Francia con el programa EFA. Así, los orígenes del Rafale se remontan a finales de la década de 1970, en la que Dassault acababa de presentar su último modelo de avión de combate: el Mirage 2000, basado en el exitoso Mirage III. Pese a ello, la siempre presente amenaza procedente del bloque soviético y los rápidos avances tecno-



Dos Rafale C durante el ejercicio Airpower 16 sobre Austria. (Autor: Bundesheer Photos)

lógicos aparecidos en el campo de la aeronáutica militar, hicieron que Francia solicitase un estudio/propuesta a Dassault sobre el desarrollo de un nuevo avión de combate de características no solo avanzadas (lo que hoy en día se conoce como *State of the art*), sino también capaz de desempeñar misiones aire-aire y aire-suelo, a diferencia del mencionado Mirage 2000, del cual surgieron diversas versiones conforme a la misión a desarrollar (por ejemplo, la C, de superioridad aérea, o la N, con capacidad nuclear). Así, y dado que otros

países europeos pretendían también el modernizar su flota, Francia en un principio se alió con la República Federal de Alemania y con el Reino Unido; las primeras diferencias y necesidades no tardaron en aparecer, la primera de ellas en lo que respectaba a la función del avión: mientras que Francia apostaba por un cazabombardero, tanto el Reino Unido como Alemania lo hacían por un interceptor puro, que sustituyese a la flota de F-4 Phantom que tenían en su arsenal. Lo cierto es que tras una reunión mantenida en Bruselas en 1979,

se llega a un acuerdo inicial, en el que se combinan las exigencias de los tres países: el futuro avión será un bimotor de ala en delta con planos *canard* y sistema de control de vuelo, capaz de alcanzar Mach 2.0 y un techo máximo de 15.000 metros.

En los primeros años de la década de 1980, el número de discrepancias entre los países participantes aumentaron, sin duda generadas por las diferentes necesidades operacionales de cada uno, hasta que finalmente en 1985 se produjo el abandono de Francia, que comenzó a

desarrollar el ACX (Avion de Combat eXpérimental), presentado ya en 1982 en forma de maqueta a escala real por su cuenta, bajo el nombre de «Rafale». A partir de este momento, el programa siguió adelante, llevándose a cabo ensayos en vuelo en el demostrador Rafale A de forma altamente satisfactoria, la superación de una posibilidad de cancelación de la versión naval tras la opción de compra de excedentes de F-18 (alternativa que finalmente no fue contemplada), la creación de versiones de prototipo sobre las que aplicar las lecciones aprendidas durante los vuelos del demostrador (el C01, monoplaza y el B01, biplaza, junto con dos versiones navales M01 y M02) y finalmente, su entrada en servicio en 2001, estando el programa actualmente en constante evolución y recibiendo nuevas mejoras.

EL RAFALE. ESTRUCTURA

El Rafale es un avión de combate bimotor, diseñado para alcanzar factores de carga de +9 Gs (+11 Gs en el caso de necesitarlo) y de -3,6 Gs, siendo su factor de carga último de 16,5 Gs. En la construcción del fuselaje cabe destacar la gran extensión del mismo en el que se han empleado materiales compuestos; además, en las zonas susceptibles de sufrir grandes esfuerzos y desgaste severo (tales como los bordes de ataque del ala y de los planos *canard*) se emplea titanio. El ala, de baja carga y en

configuración media, sin capacidad de plegado, es de tipo delta y dotada de un valor de flecha de 48°. Las superficies de control son del tipo *elevons* o *elevones*. Se complementa con otros dos elementos aerodinámicos de gran importancia: sendos *lerx* y dos planos *canard* en configuración *close-coupled* con el ala (por delante y en un plano superior, con un ángulo de incidencia menor al de esta). Gracias a esta configuración, se maximiza la maniobrabilidad y el control del avión en cualquier punto de la envolvente de vuelo (proporcionando unas excelentes cualidades de manejo durante el combate aéreo, especialmente al alcanzar la fase de baja energía) y se logra disminuir la velocidad en la toma, tanto convencional como en portaviones, hasta un valor estimado en 115 nudos. En este punto es necesario hacer un inciso, pues dos versiones son operadas por Francia, el Rafale C y B (monoplaza y biplaza respectivamente) y el M (empleado por la aviación naval, con refuerzos estructurales y tren secundario/gancho de dimensiones superiores a las variantes C/B además de una escalera de acceso incorporada, resultando en un incremento de peso de 500 kg). Así, la configuración adoptada es similar a la del Eurofighter, y por tanto, al igual que este, es aerodinámicamente inestable, diseñado explícitamente para subir el morro de forma instantánea y lograr apuntar el armamento en el menor tiempo posible. Por ello, se dispo-

ne de un sistema de control de vuelo digital (FBW o Fly-By-Wire, llamado en francés CDVO) diseñado e implementado por Dassault, que consta de tres canales digitales y uno analógico de emergencia, alimentados por diferentes buses eléctricos. El sistema ejerce el control de las superficies aerodinámicas a través de servos hidráulicos que funcionan a una presión de 345 bares.

Si bien el Rafale no es un avión *stealth*, se han tomado en su diseño diversas consideraciones para disminuir su sección transversal de radar. Entre ellas, la adopción de soluciones geométricas tanto en el fuselaje como de las toberas de admisión del motor (en este último caso, adoptando el conducto forma curvada o de «S») y aplicación de materiales RAM (Radar Absorbing Material) en puntos clave. En este sentido, el elemento que más impacta contra este concepto es la pértiga de repostaje, fija, que se ha concebido y mantenido en esta configuración por motivos de simplicidad mecánica.

EL REACTOR SNECMA M88

El M88-2 es un *turbofan* capaz de proporcionar un empuje en potencia militar de 50 kN y de 75 kN en post-combustión. Gracias al bajo índice de derivación (0,3), se obtienen dos ventajas: por una parte, al tratarse de un *turbofan*, ofrece un consumo específico menor que un turboreactor puro; por



El avión demostrador tecnológico original del Rafale. (Autor: Duch.seb)



El SNECMA M88-4E (Autor: Julian Herzog)

otra parte, y gracias al bajo índice de derivación, las características y actuaciones se acercan mucho a las de este tipo de motor a reacción. Su construcción y diseño es enteramente modular (21 módulos), constando de un compresor de nueve etapas (seis de alta HPC y tres de baja LPC), una cámara de combustión anular (única), y una turbina de dos etapas (una de alta presión HPT, y otra de baja presión LPT). El diseño del motor se corresponde con el State of the art actual, es decir, emplea la tecnología *blisk* (álabes y disco forman un único componente), cubiertas cerámicas para resistir condiciones de alta presión y temperatura, además de otras innovaciones. Todos los parámetros del motor están bajo la supervisión de un sistema FADEC. Además, está diseñado en vista a experimentar un potencial de crecimiento, llegando a poder producir un empuje de 90 kN a plena postcombustión y 60 kN en potencia militar.

El *standard* actual es el M88-4E. En esta revisión, se ha conseguido prolongar la vida operativa de elementos claves del motor, tales como las etapas de alta presión del compresor y de la turbina.

LA AVIÓNICA DEL RAFALE

La cabina del Rafale prescinde de sistemas e indicadores analógicos, simplificando la disposición e instrumentación de la misma al máximo (hay un total de 47 interruptores laterales) y presentando al piloto a través de un total de 7 pantallas LCD a color (tres

de ellas principales, de dimensiones 25,4x25,4 cm y una de 15x15 cm –las dos restantes, táctiles y encargadas de la presentación del sistema de armamento y de la navegación (SNA, *Système de Navigation et d'Attaque*) toda la información relevante del vuelo y que previamente ha sido recogida por la suite

Una de las primeras –y escasas– imágenes de la cabina del Rafale. A la derecha la palanca de control, con poco recorrido entre topes, similar a la del F-16 en funcionamiento. A la izquierda, el mando de gases, cuya forma se asemeja a otra palanca de control. El mando de gases controla ambos motores, pudiendo elegir el piloto entre uno u otro motor a través de un conmutador. A destacar el HUD de gran angular y las pantallas multifunción. (© Dassault Aviation - A. Paringaux)



de sensores y sistemas de los que está dotado el avión. Esta información, se complementa con la mostrada al piloto en su línea visual frontal a través del HUD de gran angular. La información mostrada depende de la configuración que decida el piloto, tanto a través de los menús de configuración de las propias pantallas como a través del HOTAS (Hands On Throttle And Stick, denominado en Francia 3M –Main sur Manche et Manette).

El piloto se sienta en un asiento eyec-table Martin-Baker Mk F16F de tipo cero/cero e inclinación de 29°, fabricado de forma conjunta entre Martin Baker y SEM-MB, a igualdad de participación industrial (al 50%). La respiración se lleva a cabo a través de un sistema OBOGS (On Board Oxygen Generator System). Además, es capaz de controlar mediante comandos vocales ciertas funciones del avión, de forma que no le sea necesario actuar sobre determinados interruptores en cabina, agilizando las acciones a realizar durante el pilotaje.

El Radar RBE2 equipado en el Rafale. (© Thales/Eric Raz - Regards - Erwan Barbey-Chariou - Frederico Send)



EL CONCEPTO SENSOR FUSION FRANCÉS: LA FUSIÓN DE DATOS (DATA FUSION)

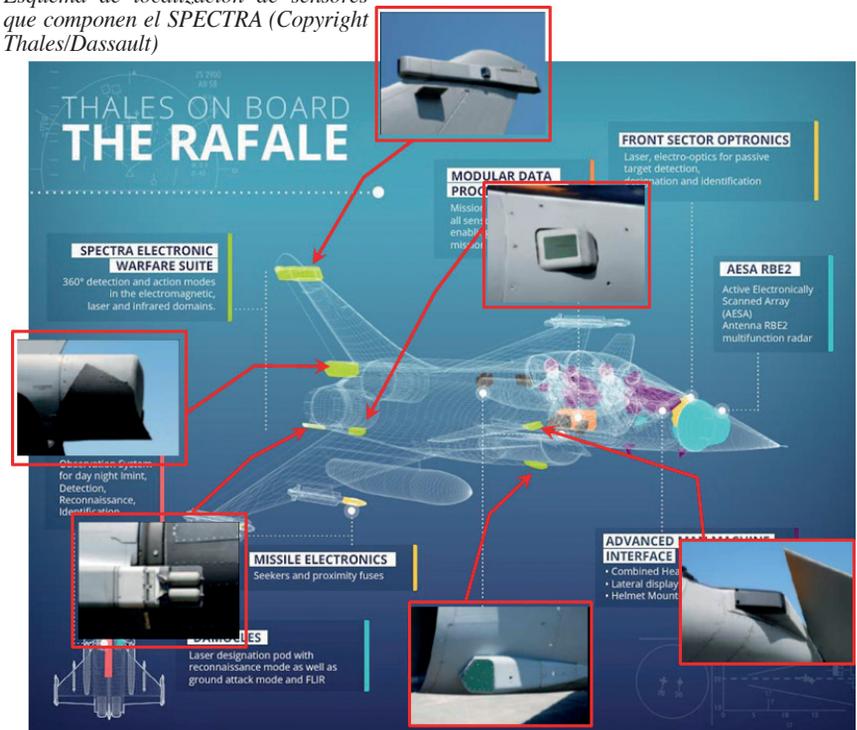
El Rafale, avión cuyas capacidades son definidas por Dassault como *omnirol*, hace uso del concepto *sensor fusion*, denominado por Dassault *data fusion*, de forma que el conjunto de sensores capta información según sus capacidades, pero comparten esa información con el resto, de forma que todos interactúan entre sí, presentando sus «conclusiones» al piloto a través del sistema EMTI (Ensemble Modulairre de Traitement de l'Information), el cual recibe tanto las instrucciones del propio piloto como de los diferentes sensores y elementos del avión, entre los que se incluye el datalink-16, cuya información, bajo el estándar Link 16, se produce en el módulo de aviónica llamado MIDS, completamente integrado con el resto de sistemas del avión, incluyendo el sistema de armamento y de autodefensa (recordemos el concepto de fusión de datos), de forma que el piloto siempre mantenga el estado más alto de conciencia situacional (*situational awareness*) posible.

RADAR RBE2

El radar RBE2 original del Rafale es un radar multimodo tipo PESA (Passive Electronic Scanning Array) con capacidad *look up/down*, *shoot up/down* y diseñado con vistas a crecimiento y

desarrollo. Es capaz de presentar en pantalla hasta 40 objetivos aire-aire, de los cuales puede priorizar ocho de ellos (*priority targets*) y proporcionar soluciones de disparo tanto para misiles BVR como WVR; los 32 restantes se continúan siguiendo en tiempo real durante todo el tiempo que estén a la vista del radar. Asimismo, se dispone de modos aire-suelo de alta complejidad y definición de presentación, como un modo de mapeado del terre-

Esquema de localización de sensores que componen el SPECTRA (Copyright Thales/Dassault)



no por apertura sintética, un modo de *terrain avoidance* que genera ante el piloto una cartografía en 3D, de forma que siempre sepa qué es lo que se va a encontrar al desarrollar un perfil de vuelo bajo y rápido.

Actualmente, el Rafale cuenta con la variante AESA, ya plenamente integrada y en servicio en el avión desde el año 2013.

EL SPECTRA (SELF-PROTECTION EQUIPMENT COUNTERING THREATS OF RAFALE AIRCRAFT)

El SPECTRA es un sistema de autoprotección de última generación, que integra o contempla en su definición tanto los dispensadores tradicionales de *chaff* y *flare* como el conjunto de sensores y emisores destinados a ejercer las funciones de guerra electrónica (EW), proporcionando al Rafale una cobertura de 360° de protección. El corazón del SPECTRA es el ordenador o computador GIC (Gestion de l'Interface et Compatibilité) que recibe e integra la información de todos los componentes repartidos por la estructura del avión:

- DEBEM (Détection et Brouillage Electromagnétique), compuesto por

dos subsistemas, el RWR/ECM. Dispone de librerías de amenazas programables y ejerce funciones ELINT/ SIGINT.

- DAR (Décteur d'Alert Radar) RWR/ESM (Radar Warning Receiver/Electronic Support Measures—alertador de radar y soporte de/para medidas electrónica), el conjunto de receptores digitales, compuesto por tres antenas principales con una cobertura en azimut de 120°, capaces de detectar emisiones hasta 250 km. Asimismo, gracias al concepto de fusión de datos, se utiliza también con el resto de sensores de búsqueda y seguimiento de objetivos para mejorar la puntería y precisión durante el guiado del armamento.

tanto por la parte frontal y trasera del SPECTRA.

- Dispensadores de señuelos, formado por cuatro dispensadores de bengalas y señuelos (*decoys*) y dos dispensadores de *chaff*.

De esta forma y con el conjunto de elementos que componen el sistema SPECTRA, se consiguen al menos dos cosas: una enorme capacidad de supervivencia en entorno hostil y un aumento en la capacidad de captación de datos del campo de batalla, que se integrarán y combinarán tanto por los procedentes de otros sensores del avión (fusión de datos) como por los procedentes de aviones aliados (data-link 16).

mite la identificación de objetivos aéreos hasta una distancia de 45 kilómetros, pudiendo realizar un seguimiento gracias al trabajo conjunto con el *rangefinder* hasta una distancia máxima de 33 kilómetros). Las capacidades de este sistema, que originalmente datan de la primera mitad de la década de 1990 y que ya por entonces se estimaban en un alcance comprendido de ente 38-43 millas náuticas bajo condiciones óptimas, se han visto totalmente incrementadas gracias a la integración de un nuevo sensorIRST con una sensibilidad comprendida entre las 3-5 micrones, complementándose con un segundo que opera entre las 8-12, pudiendo emplearse tanto con fines de



Vista frontal del Rafale durante un repostaje en vuelo, pudiéndose observar el FSO. (Joshua A. Hoskins, USAF)

- DECM (Digital Electronic Countermeasures, contramedidas electrónicas), que consta de tres antenas con capacidad omnidireccional, su perfil de funcionamiento puede ser ofensivo, defensivo y pasivo (furtividad).

- DDM (Décteur infrarouge de Départ de Missiles, detector infrarrojo de misiles, similar al MAW Missile Alert Warning), compuesto por dos sensores de onda media infrarroja, con una cobertura de 360° en azimut.

- DAL (Detecteur d'Alerte Laser, detector alerta laser, equivalente al LWR Lasser Warning Receiver). Compuesto por tres sensores distribuidos

EL OSF (OPTRONIC SECTEUR FRONTAL)

El OSF es el sensor de búsqueda y seguimiento de objetivos pasivo del Rafale. Consta de dos módulos diferentes, uno al lado del otro: el izquierdo (según dirección de vuelo) proporciona funciones de sistema de búsqueda y seguimiento por infrarrojos (IRST), FLIR con *rangefinder*, *surveillance*, seguimiento y *lock on* de objetivos. El derecho permite la identificación óptica de objetivos y el análisis de los mismos (cámara de TV, que ofrece un FOV, Field Of Vision de 60° y per-

búsqueda y seguimiento de aeronaves, como para detectar lanzamiento de misiles hasta una distancia comprendida entre 120-130 kilómetros.

LOS PODS EXTERNOS: EL DAMOCLES Y EL AREOS

El Damocles es el *pod* especializado de THALES, que montado en el Rafale, aumenta exponencialmente las capacidades otorgadas al avión por el FSO en misiones en las que la capacidad de lanzamiento de armamento guiado a grandes distancias y altitudes sea absolutamente necesaria.



Lanzamiento del METEOR. (Imagen: DGA)

El AREOS (Airborne REcognition and Observation System), por otra parte, es el pod de reconocimiento táctico del avión, capaz de conseguir imágenes a una alta resolución y definición tanto a grandes distancias y alturas como a nivel del suelo y transmitir las a especialistas y altos mandos en tiempo real.

LA SITUACIÓN ACTUAL DEL RAFALE. EL STANDARD F3

Todos los Rafale, tanto del Armée de l'Air como de la Marine Nationale (variantes B, C y M) han sido actualizados al Standard F3.4+. Actualmente, Dassault se encuentra cerrando el siguiente paso evolutivo del avión, definido como Standard F3R, que engloba la adopción de un gran número de sistemas, entre los que se encuentran el pod de designación Thales TALIOS (Targeting Long-range Identification Optronic System), el misil Meteor, un interrogador IFF (Identification Friend or Foe) Modo 5, transponder Modo S y *upgrades* a sistemas ya integrados, como en el radar AESA RBE2, en la *suite* del sistema de guerra electrónica y autodefensa Spectra y en el *data link*.

En este aspecto, las pruebas realizadas con el binomio AESA-Meteor han resultado prometedoras, realizando cinco lanzamientos efectivos; particularmente, el último de ellos, realizado el 6 de abril de 2017, en las cercanías de Cazaux, fue prometedor, en tanto el

misil fue lanzado contra un objetivo localizado a una distancia descrita como «extrema» (sin entrar en más detalles) y redirigido contra una amenaza emergente, logrando un impacto directo. El éxito de esta prueba fue aún mayor, considerando que parte de la cabeza explosiva fue reemplazada con equipo de telemetría lo que, siempre según el director del Programa Rafale en la DGA (Direction Générale de l'Armement) supone prueba indiscutible tanto de la precisión del guiado del misil proporcionado por el radar y el sistema de control de tiro del Rafale como de la precisión del arma. Los Rafale franceses llevarán dos misiles de este tipo, en los pilones de armamento trasero del fuselaje, aunque los destinados a la exportación podrían llevar hasta cuatro, según requisitos del cliente, empleando los pilones de las alas.

El desarrollo e integración del TALIOS es la consecuencia directa de las carencias operacionales demostradas por el pod actual del Rafale, el Damocles. Comparado con este, el TALIOS está equipado con un nuevo sensor infrarrojo y un sistema TV, subsanando así ciertas faltas detectadas durante el despliegue operacional del avión en teatros como Afganistán, Mali y el Oriente Medio. Nuevamente, la DGA se ha mostrado realmente optimista tras las correspondientes pruebas operacionales, llevadas a cabo durante la primera mitad del presente año, conllevando un aumento del número de unidades inicialmente pedidas, que

han pasado de 20 a 25, incluyendo una cierta cantidad de estas destinadas a reemplazar los *pods* Atlas de la Marina francés. La adopción de este nuevo *pod* no significa en absoluto la obsolescencia de los Damocles, en tanto sobre estos se han ejecutado mejoras en la unidad de procesamiento de imágenes. El punto de anclaje de los nuevos TALIOS es el mismo que el de los Damocles.

La cualificación, para el Standard F3R, se espera que se produzca a finales de 2018, con una entrada en servicio prevista a comienzos de 2019, sin retrasos previstos a día de hoy.

EL STANDARD F4

Desde el 20 de marzo del 2017, el Ministerio de Defensa francés y Dassault, se encuentran definiendo las mejoras a implementar en lo que se conoce como Standard F4. La mencionada definición del nuevo Standard se basa en cuatro pilares fundamentales: interconectividad, sensores/sistemas de búsqueda y seguimiento de objetivos, actualizaciones de armamento y disponibilidad del avión en despliegues operacionales. Mientras que el Standard F3R implica principalmente actualización de *software* (incluyendo la integración Rafale-*pod* TALIOS), la F4 involucra también la adopción y/o sustitución de nuevos equipos (*hardware*) aunque, dado esta, se dividirá en dos fases; dicha sustitución será de mayor o menor alcance dependiendo de la fase en la que se encuadre el avión destinado a sufrir la mejora. En efecto, los aviones en servicio más antiguos sufrirán la mejora 4.1, que evitará en la medida de lo posible realizar sustituciones complejas de equipos, mientras que la 4.2, destinada a aviones más actuales, recibirá el paquete completo de mejoras, que engloba a el radar y la *suite* tanto de guerra electrónica (SPECTRA) como de comunicaciones, el sistema optrónico (Front Sector Optronics) y la integración de un HMD (Helmet Mounted Display) actualizando elementos del *cockpit*. Bajo este nuevo *standard* se entregarán tanto los 28 aviones de la Tranche 4 pendientes (en algún momento entre 2021 y 2023, si bien 2021 es una fecha quizás demasiado prometedor) co-

mo a los englobados en un hipotético nuevo pedido de un número indeterminado de aviones (Tranche 5) que se produciría hacia 2020.

El radar AESA Thales RBE2 se beneficiará de la incorporación de dos nuevos modos aire suelo: el GMTI (Ground Moving Target Indicator) especializado en la detección y seguimiento de objetivos terrestres móviles y un nuevo modo de representación cartográfica del terreno destinado a un mayor aprovechamiento de las capacidades de las que es capaz el modo de apertura sintética (SAR), que reemplazará al actual modo HR (High Resolution), denominado UHR (Ultra High Resolution). Además, se prevén mejoras en la capacidad de entrelazar modos de funcionamiento, mejorando entre otros factores la *situational awareness* del piloto. Por su parte, el SPECTRA verá incrementada su capacidad de funcionamiento de dos formas, incrementando tanto la capacidad y distancia de detección de emisiones electromagnéticas (obteniendo una geolocalización

extremadamente precisa de esta y siguiéndola tridimensionalmente) como mejoras en los *jammers*, de forma que sea capaz de trabajar en un espectro de frecuencias más amplio. Ambas mejoras permitirán al SPECTRA una mayor capacidad tanto para hacer frente a tecnologías futuras como capacidad de respuesta contra objetivos emergentes (*pop up threats*). El tratar en este párrafo de forma conjunta tanto el radar como el sistema de guerra electrónica no es casual: tanto Thales como la DGA están trabajando conjunta y activamente para incorporar hacia 2025 en las antenas de ambos sistemas tecnología basada en el Nitruro de Galio (GaN). Esta adopción supondrá, en lo que respecta al radar, un mayor ancho de banda disponible, mayor capacidad

de radiación y velocidad de cambio de modo de funcionamiento, siendo especialmente interesante en tanto será posible que se ejecuten en este equipo ciertas funciones de guerra electrónica con plena efectividad. En el caso del SPECTRA, las mejoras esperadas en cuanto se incorporase esta tecnología son equivalentes; quizá más interesante sea que, una vez que esta tecnología se implemente en este sistema, se modificaran los modos de perturbación (*jamming modes*) disponibles. En lo que a esto respecta, no hay disponible mucha información, únicamente que



Maniobras de un Dassault Rafale.
(Autor: Bikash R Das)

se dispondrá de una funcionalidad que ellos definen simplemente como *smart jamming*, y que el conjunto de futuras capacidades serán incrementadas aún más gracias a la adopción de MFAs (-MultiFunction Arrays).

La *suite* de comunicaciones, por su parte, incluirá entre sus actualizaciones la integración en sus sistemas de radio del *software* CONTACT hacia 2018-2020 (más cerca de este último año), que proporcionará a sus operadores un entorno de comunicaciones en red 100 veces más rápido que el estándar actual por tierra, mar y aire. Este nuevo entorno asegura plena compatibilidad con las frecuencias de comunicación y características asociadas actuales. Asimismo, el Rafale integrará un nuevo *datalink* dedica-

do, destinado a complementar en funciones al Link 16, cuya característica principal es posibilitar un intercambio de datos restringidos a una patrulla de Rafale, empleando para ello un sistema de procesamiento de señales digital capaz de generar una forma de onda tridimensional, llamada FO3D (Forme d'Onde 3 Dimensions), cuya recepción/transmisión requiere de antenas dedicadas para cumplir con los requisitos de ancho de banda y flujo de datos demandados. Será por ello, necesario en el proceso de integración, modificar el propio equipo

de aviónica de forma que sea capaz de alojar ambos sistemas, sin que estos estén ligados en modo alguno. Precisamente, dado el exponencial crecimiento en el empleo efectivo de comunicaciones inalámbricas entre unidades aliadas, es necesario asegurar las mismas frente un posible ciberataque; a tal fin se ha lanzado el programa de investigación CAPOEIRA (Connectivité Améliorée Pour les Evololution du Rafale, o conectividad

mejorada para variantes futuras del Rafale), encargado de identificar y definir futuras amenazas y definir por su causa la arquitectura del sistema destinado a contrarrestarlas de forma que se asegure una correcta operación del Rafale. Por último, se está diseñando un futuro SATCOM (SATellite COMunications) que proporcione encriptación adecuada, capaz de proporcionar al Rafale comunicaciones bilaterales entre distintas unidades y el propio mando, llegado el caso.

Finalmente, el interfaz hombre-máquina (HMI) también sufrirá mejoras, encauzadas principalmente a la integración de un HMD compatible tanto con el *cockpit* como con el asiento eyectable Mk16F. Se espera también un incremento (mínimo) de dimen-

siones de las pantallas multifunción que proporcionen mayor facilidad de manejo e interacción al piloto.

Paralelamente, nuevas variantes de armamento ya empleado por el Rafale están siendo desarrolladas, y se integrarán de forma efectiva en el Rafale a través de actualizaciones de *software*. En efecto, entre ellas se encuentran actualizaciones no especificadas del misil crucero Scalp/Storm Shadow, actualización del Mica al nuevo estándar Mica NG (que contará con nuevos buscadores junto con otras mejoras tampoco especificadas) y la incorporación de nuevos modelos munición guiada Hammer, de forma que se minimice la dependencia de la adquisición de munición Paveway II/III y Enhanced Paveway a los Estados Unidos.

MÁS ALLÁ DEL STANDARD F4. EL FUTURO DEL RAFALE

Independientemente de los estándares definidos para la continua actualización del Rafale, este tiene previsto beneficiarse de los resultados de diversos programas de investigación militar lanzados por la DGA, entre ellos, el DEDIRA (Démonstrateur de Discretion du Rafale) encaminado a reducir la firma radar del avión o el AESA NG de próximo lanzamiento, destinado a complementar tanto al ya lanzado y en curso CARAA (Capacités Accrues pour le Radar RBE2 à Antenne Active, o mejora de capacidades para el radar activo RBE 2, que permitirá crear lóbulos de radar destinados a la cancelación de seña-

les procedentes de *jammers* enemigos en varias direcciones simultáneas, optimizados a tales fines gracias al empleo de técnicas de cálculo avanzadas) como al MELBAA (Modes es Exploitation Large Bande pour l'Antenne Active, o modos de operación en banda ancha para la matriz de elementos activa *-Array-*, destinado a obtener una mayor capacidad de detección y seguimiento frente a distintos tipos de blancos).

No son estas las únicas direcciones en las que se encaminan las perspectivas del Rafale, pues la propia DGA admite que está evaluando la opción de incrementar el número de decoys del avión, incluyendo la incorporación de un DIRCM (Directional Infra-Red Countermeasures).

Un piloto de caza francés descendiendo del Rafale tras una misión de entrenamiento llevada a cabo en el SERPENTEX 16. (Imagen US Department of Defense)



Especial atención merecen las declaraciones del director del programa M88, el motor a reacción del Rafale, quien admite que a diferencia de ciertas opiniones, las mejoras del M88 no serán en materia de aumento del empuje disponible (pese a que el motor cuenta con potencial de crecimiento en este sentido como se ha reseñado previamente) sino en el incremento de disponibilidad, durabilidad y fiabilidad, gracias a modificaciones en el sistema de gestión del mismo.

CONCLUSIONES

Diseñado desde su misma concepción como un avión multimisión capaz de acometer por sí mismo el espectro completo de misiones relacionadas con la

aviación militar de combate requeridas en la actualidad por una nación soberana con compromisos internacionales, el Rafale representa el *state of the art* actual francés en materia de aviación de combate, habiendo sido desplegado exitosamente en teatros de operaciones internacionales y demostrado su capacidad omnirol, término con el que se definen las extensas capacidades multimisión del avión pudiendo ejecutar el espectro completo de misiones aire-aire y aire-suelo con total garantía de éxito. La plena implicación gubernamental francesa permite (y permitirá, a tenor de las diversas declaraciones efectuadas por miembros de relevancia de la DGA) la constante y correcta evolución del avión no solo en lo que respecta a sí mismo a través de múltiples adiciones

y/o actualizaciones de la suite completa de los distintos sensores y sistemas de los que consta, sino también en lo que respecta a la panoplia de armamento disponible, así como en el incremento de capacidades operacionales mediante el uso de *pods* dedicados, que al igual que el avión, experimentan continuas actualizaciones y mejoras. •

BIBLIOGRAFÍA

- «Fox Three. Rafale International». Varios. Dassault Aviation. Varias fechas.
- «French MoD launches Rafale F4». Varios. AirForces Montly. May 2017
- «Future Rafale». Grolleau, Henri-Pierre. AirForces Montly. July 2017.
- «French Rafale Reaches Mach 1.8, Maneuvers at 8G in First Tests». Lenorovitz, Jeffrey M. Aviation Week&Space Technology. August 1986.
- «The sheer power of multisensor data fusion». Dassault Aviation. 22 May 2013.

