

# El State of Art Ruso: *el Sukhoi T-50 PAK-FA*

JAVIER SÁNCHEZ-HORNEROS PÉREZ



**D**urante el transcurso de la guerra fría, no pocos analistas militares en el sector aeroespacial se han hecho acopio de una misma idea: el bloque occidental, liderado en materia de desarrollo de aviones tácticos por los Estados Unidos, siempre se ha caracterizado, con mayor o menor acierto, en el desarrollo y fabricación de aviones militares en donde ha primado la calidad de los mismos en todos los campos aplicables posibles, a la cantidad, impulsando el concepto state of art. Rusia en cambio se ha acogido más a este segundo principio hasta los años 1980, en el que nuevos aviones de combate como el MiG-29 o la familia Flanker han hecho aparición y con ellos, una gradual y progresiva aproximación e implementación a las corrientes de diseño occidentales, esto es, tanto una mejora en prestaciones globales del avión sin pérdida significativa de capacidades

de actuación en una u otra área así como una mayor automatización y reducción de carga de trabajo del piloto en forma de implementación de cabinas de cristal y de aviónica de última generación. Estos avances, si bien relativamente recientes en el tiempo –pero con excelentes resultados, como se viene demostrando–, no son sino unos pasos más hacia la obtención de un avión *state of art* de la llamada 5ª generación, esto es, un avión que combina e integra los últimos avances en materia de aerodinámica, motores a reacción y electrónica disponibles, junto con capacidad *stealth*.

## DEL SU-27 AL T-50

Nada más producirse la entrada en servicio del Su-27 Flanker B a principios de los años 1980, se comenzaron a realizar estudios sobre un posible sustituto del mismo. El enorme secre-

tismo que rodeaba a la Unión Soviética impidió obtener datos fiables, hasta que, en 1986, cuatro años antes de que el F-117 fuera desplegado en el Golfo Pérsico, el entonces director de la CIA William Casey, durante un *briefing* ante el Comité de Servicios Armados del Senado estadounidense advirtió que los soviéticos se estaban embarcando en la investigación y desarrollo de tecnología furtiva aplicada en aviación y misiles crucero. Esta aseveración fue ratificada en 1987 por el secretario de Defensa Caspar Weinberger, defendiendo la existencia de evidencias que demostraban los progresos soviéticos en desarrollo de aviones con una baja firma radar. Precisamente ese mismo año, la USAF comenzó a centrar sus esfuerzos en proyectos destinados a la mejora de radares de control de fuego capaces de superar las características *stealth* de posibles amenazas aéreas soviéticas.



Alex Vorvoshin

como Su-47). El MiG 1.44 MFI incorporaba una gran cantidad de elementos que incluso diez años atrás no se encontraban en diseños soviéticos, esto es principalmente, un diseño delta-canard similar en aproximación al Eurofighter bajo supervisión de un sistema de control de vuelo *fly by wire*, cabina de cristal con un alto grado de automatización y un radar PESA (*Passive Electronically Scanned Array*) ligado a un sistema de control de tiro. Dos motores Saturn Lyul'ka AL-41F con un empuje estimado muy superior a 30.000 libras serían capaces de propulsar al MiG a una velocidad superior a Mach 2.30 y de otorgarle la capacidad de supercruce, así como de empuje vectorial en los ejes de cabeceo y guiñada. Este programa nunca pasó de la fase de demostrador tecnológico por varios posibles motivos: la RCS era anormalmente alta para los requisitos pedidos, siendo considerado como no competitivo contra los YF-22 e YF-23, y el MiG entró en bancarrota, principalmente por el auge de ventas de su competidor en el momento, Sukhoi.

Por su parte, el Su-47 comparte (en presente, ya que el avión sigue activo como plataforma de ensayo tecnológico) muchas características con el MiG 1.44, exceptuando la, probablemente, más interesante y diferenciadora: el ala en flecha regresiva, cuyos resultados durante los vuelos de ensayos han demostrado unas mejores características de manejo en la entrada en pérdida y en barrena, mayor coeficiente resistencia-sustentación y una mayor maniobrabilidad, favorecida por el diseño del ala, el flujo de aire y la no pérdida de efectividad de los alerones a altos ángulos de ataque. El inconveniente de

este diseño de ala es que también presenta menor resistencia a la fatiga que una convencional, especialmente en lo que respecta a la torsión. Es importante hacer mención a un tercer avión demostrador construido en este periodo y que al igual que el Su-47, sigue en activo; el Su-37 "Super Flanker", que lleva el diseño básico del Flanker hasta el límite, introduciendo las primeras toberas de empuje vectorial, sistema cuádruple de vuelo digital, empleo de materiales compuestos en la estructura, cabina de cristal con palanca de control de vuelo sensitiva lateral (similar a la del F-16) y empleo de aviónica avanzada bajo el concepto "sistema integrado". Este conjunto de elementos que en la práctica generan una capacidad de maniobra superior a lo conocido ocasionaron que se comenzase a introducir el concepto de "agilidad/maniobrabilidad extrema", definida como un balance armónico entre control y maniobrabilidad extrema. Gran parte de estos avances están actualmente implementados en el Su-35S y en el Su-30MKI/MKM.

La existencia y ensayos realizados en estos tres demostradores tecnológicos es un factor fundamental para entender la génesis del T-50 PAK-FA, siendo este avión *state of art* el resultado de todo el compendio de datos y experiencias obtenidas a nivel de desarrollo tecnológico, implementación paulatina de los mismos y ensayos de vuelo realizados.

## EL T-50 PAK-FA. ESTRUCTURA Y AERODINÁMICA. LA ESTIMACIÓN DE LA RCS

A primera vista, el diseño presenta semejanzas con los F-22 e YF-23 en las secciones frontales y laterales, así

Desaparecida la Unión Soviética, sería Rusia, la que viera los resultados en la década de 1990 en la que dos aviones demostradores de los dos principales contratistas aeronáuticos de defensa vieron la luz: el MiG 1.44 MFI (*Mnogo-Funktsionniy Istrebitel* o caza multifunción) y el S-32 / S-37 Berkut (águila dorada, redesignado en 2002



De izquierda a derecha, MiG 1.44 y Su-47. (Imágenes de Hornet Driver y Dmitry Pichugin respectivamente).

como con la serie Flanker, siendo el objetivo la obtención de un bajo valor de RCS (*Radar Cross Section* o sección transversal del radar) y con ello lograr alcanzar el concepto VLO (*Very Low Observability*), haciéndolo un avión de 5ª generación, cuya principal característica es la aplicación del concepto *stealth*. A su vez, las semejanzas con la serie Flanker se concentran principalmente en la panza del avión, en la que se pueden ver tanto la forma y disposición de los vanos de los reactores como el túnel intermedio o *centroplane*, que es sin embargo más profundo/de mayor espesor que la serie Flanker, con el objeto de servir como bodega de armamento interna, en semejanza al F-22 y F-35, en la que se alojaría un total de seis a ocho misiles R-77 avanzados.

El avión consta de un total de catorce superficies aerodinámicas, diez de ellas tradicionales (elevadores, flaperones, alerones y slats así como timones de cola de tipo “completo” –sin estabilizador– y dos de ellas novedosas, en tanto son los LEX articulados o *Povorotnaya Chast Naplyva* (PChN), llamados LEVCONs (Leading Edge Vortex CONTrollers) en inglés; finalmente, las otras dos son las referentes a los TVC o *Thrust Vectoring Control*, control de empuje vectorial. Se estima que a bajas velocidades, el control en el alabeo se ejerce a través de los alerones, en tanto se usan los flaperones para generar sustentación, mientras que a altas velocidades, los flaperones y los timones de cola son los encargados de ello. La robustez del tren de aterrizaje es una característica compartida con la serie Flanker, otorgando la capacidad al T-50 de operar en pistas poco preparadas. El sistema de control es de tipo integrado (*Integrated Flight Control System*), la definición del Sukhoi de *Fly By Wire*, con cuádruple redundancia y con funciones de control de alto nivel, tanto las que hoy ya pueden calificarse de básicas (por ejemplo, compensación automática) como avanzadas (en las que se incluye la aplicación del concepto agilidad/maniobrabilidad extrema y el desarrollo límite de la envolvente de vuelo del avión).

Las capacidades *stealth* están implementadas tanto en la configuración del conjunto propulsor como en el diseño

geométrico del avión, bajo el concepto *planform alignment*, en el que determinadas secciones del avión presentan un cuidadoso diseño geométrico que ocasiona que las ondas radar incidentes se reflejen en direcciones del espacio distintas a las de su origen. Junto con este concepto, se estima se emplean materiales RAM (*Radar Absorbent Materials*) en aquellas zonas en las que la RCS sea superior a la deseada. La estimación de la RCS del avión ha sido objeto de estudio de analistas de defensa, así como de artículos más o menos públicos, uno de los cuales fue publicado por el analista y profesor universitario Carlo Koop en noviembre de 2012. En este estudio, el doctor Koop utilizó un *software* de análisis de RCS sobre un modelo empírico construido en base a la información pública conocida del T-50 a fecha del año 2010 (principalmente imágenes). El modelo fue “iluminado” a diferentes frecuencias de radar, basadas en las empleadas por las amenazas que habrá de enfrentar durante su vida operativa, y en todos los aspectos angulares posibles. Los resultados fueron sorprendentes: la RCS estimada del T-50, si bien ligeramente superior a la del F-22, presentaba



valores similares o inferiores a las del F-35, pudiendo disminuir si se aplicaban ciertas mejoras, principalmente en lo que respecta a la sección de los motores. Ahora bien, en la realización del



Imagen del T-50 (avión de ensayos 1). En esta imagen puede verse gran parte de las superficies aerodi

Panza del Sukhoi T-50 PAK-FA.  
(Sukhoi).



estudio dejaba claro que el mismo no debía ser en modo alguno concluyente, en tanto el modelo empírico tomaba una serie de licencias, tales como haber sido construido en base a imágenes fo-

tográficas, considerar la opacidad total de las antenas y protuberancias a las ondas radar (de forma similar a diseños occidentales, algo que no se ha implementado en los prototipos del T-50), considerar los conductos de las toberas de admisión y la tobera de escape como absorbedores eléctricos perfectos (PEA) y la cúpula de la cabina como un conductor eléctrico perfecto (de material oro o similar, algo que parece a día de hoy que sí es correcto).

### Los reactores Saturn AL-41F1 (117). La tobera de admisión

Los reactores incorporados en el T-50 son los AL-41F1 (117), una versión avanzada del modelo que actualmente monta el Su-35S. Las capacidades de empuje máximo no están claras; varían según la fuente consultada, aunque los datos de partida se sitúan en aproximadamente 33.000 libras. Para conseguir tal cantidad de empuje, este motor, derivado del AL-31F, presenta un rediseño en la sección del compresor, tanto de baja (cuatro secciones, con un diámetro del *fan* de 932 mm frente a los 905 mm del AL-31F) como de alta presión (nueve secciones), así como en las zonas de alta y baja de la turbina.

El rediseño trae consigo un aumento de empuje aproximado situado entre unas 5.000-6.000 libras, así como una reducción de peso de aproximadamente 150 kg respecto del AL-31F.

Para lograr un funcionamiento refinado al máximo en toda la envolvente de vuelo del avión y una monitorización en tiempo real de parámetros críticos de funcionamiento, el motor cuenta con un sistema de control digital FADEC (*Full Authority Digital Engine Control*). Asimismo, la vida media del motor se estima en unas 4.000 horas de vuelo y un tiempo TBO (*Time Between Overhaul*) de 1.000 horas (frente a las 1.500 y 500 del AL-31F respectivamente). El motor proporciona supermaniobrabilidad al T-50 gracias al TVC (*Thrust Vectoring Control*), sistema que se estima, tiene una vida media similar a la del propio reactor. No será éste sin embargo el motor definitivo del T-50, pues se espera que a partir de 2020, un nuevo motor denominado por el momento *izdeliye 30*, con un valor de empuje que, si bien algunas fuentes indican cercanas a 37.000 libras, podrían estarlo más a las 40.000, sustituya al 117 (motor del que India ha expresado dudas públicas sobre su fiabilidad), incrementando con ello el rendimiento del avión con unos cambios estructurales mínimos. En ambos casos, el motor cuenta con un sistema FADEC de monitorización y control electrónico de los mismos, como parte del concepto “fusión de sistemas/sensores” del que hace gala el T-50.

Las enormes cantidades de empuje mencionadas están asociadas, como no, al diseño del sistema de admisión del T-50, elemento clave desde la aparición del reactor como elemento de propulsión, sistema que se estima, independientemente del modelo de reactor que esté incorporado al T-50 en un momento dado, permanecerá en un principio sin cambios en el diseño. Las toberas de admisión presentan similitudes con el F-22 Raptor, de diseño también trapecoidal, adoptando posiblemente un diseño en el conducto interior en forma de S al igual que este, pero con dos diferencias importantes respecto al avión occidental: la primera está relacionada con la propia sección en S, que en el caso del T-50 sólo permite ocultar parcialmente la sección frontal del motor



námicas, como los timones de cola y la ausencia de estabilizador vertical, y los LEVCONs. (Sukhoi).

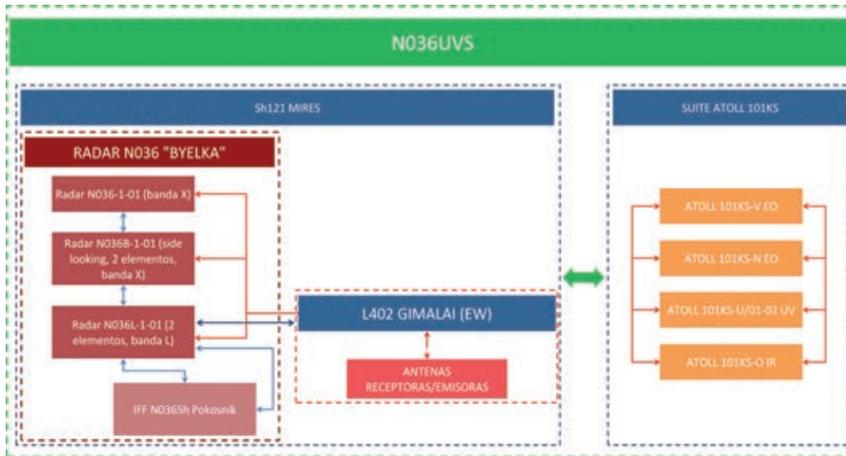


Diagrama simplificado del N036UVS, para mayor aclaración del lector; indicando el flujo de información en el propio sistema según información disponible. (Autor).

y además, aumentar el peso del avión; esta disposición hace necesaria aumentar la longitud del conducto de admisión. La segunda tiene que ver con la admisión de aire, en tanto no se realiza únicamente a través de la tobera, sino que dispone tanto de una geometría en la admisión de múltiples secciones, geoméricamente hablando, así como de compuertas de admisión auxiliares, característica ya presente en la familia Flanker. Hay que indicar que al igual que en otros aviones rusos, el conducto de admisión presenta paneles para evitar que se produzcan FODs (*Foreign Objects Damage*).

Esta configuración permite disminuir la RCS de la sección frontal, favoreciendo la entrada de aire al mismo, permitiendo un aumento en las condiciones de presión y temperatura del flujo de aire de entrada en cualquier punto de la envolvente de vuelo, incluyendo por supuesto la capacidad supercrucero y especialmente, la aplicación práctica del concepto de “agilidad extrema”, en el que la correcta admisión de combustible (oxígeno) es crucial para mantener los motores operativos.

### La cabina del T-50

La entrada en servicio del Su-35S supuso la llegada del concepto “cabina de cristal” en su concepto occidental a la familia Flanker, con pantallas multifunción a todo color y una disminución drástica de la instrumentación analógica presente hasta entonces, reduciendo la carga de trabajo del piloto al mando y aumentando la capacidad y claridad en la presentación de datos e imágenes

(llegado el caso) necesarios para cumplir con la misión.

Las imágenes que han trascendido hasta el momento muestran una semejanza a la aproximación llevada a cabo en el Su-35S. Dos enormes pantallas multifunción (MD, Multifunctional Display) que en cuanto a campo de visión bien pueden corresponderse con las del Su-35S (30° x 20°) a falta de datos fiables, con un total de 40 pulsadores cada una se sitúan levemente por debajo de la línea de visión del piloto y orientadas angularmente levemente hacia él; en una pantalla de menores dimensiones situada a la derecha se representa un horizonte artificial, lo que sugiere se trate de un sistema redundante en caso de fallo del procesador principal de representación de datos. A la izquierda y derecha, al comienzo de los paneles laterales respectivos, se sitúa otra pantalla multifunción (una por panel lateral), de menores dimensiones que las dos del panel frontal.

Los cambios o mejoras respecto al Su-35S se encuentran en los siguientes elementos: palanca de control y mando de gases, con diferente disposición de pulsadores (HOTAS en cualquier caso, de recorrido corto en el caso de la palanca de control), la geometría del HUD –de gran aspecto– y el panel de control multifunción (MCP), este último con disposición de pulsadores diferente al Su-35, aunque a tenor de las imágenes, la pantalla asociada podría presentar la información recibida mediante el estándar LINK-16 (el mismo utilizado por el MIDS del Eurofighter, por citar un ejemplo conocido, y el



A la izquierda, representación de la cabina del Su-35S (imagen procedente de un folleto de propaganda de Sukhoi) y la derecha, imágenes que

mismo estándar empleado por el Su-35S).

Funcionalmente y a grandes rasgos, por la distintas fuentes de información existentes y la filosofía rusa de implementación paulatina de sistemas, es de suponer que el T-50 hará gala del concepto IDACS o *Integrated Digital Aircraft Control System*, una definición que esconde un concepto similar al de fusión de sistemas o *Fusion System* aplicado en el Eurofighter, F-22 y similares. Este concepto IDACS no es sin embargo una novedad, sino que ya ha sido implementado en el Su-35S con gran éxito. Así, al igual que este, el IDACS profundiza en el concepto HMI (*Human Interface Machine*), proporcionando un soporte “inteligente” al piloto durante el vuelo, que es no sólo un elemento más, sino el elemento primordial del conjunto avión-piloto. Por ello, es de suponer que al igual que en el Su-35S se haga uso del concepto *dark cockpit*, que elimina el número de alertas innecesarias por malfuncionamiento de algún sistema: si un sistema de relativa importancia presenta un fallo, se enciende o aparece en el panel de alerta cuál es el afectado, permaneciendo en la mayoría de los casos encendido y generando un stress que, si es innecesario (por compensación gracias a sistemas redundantes, *software* etc...) lo único que hará será aumentar la carga de trabajo del piloto; el concepto *dark cockpit*, evita este hecho, evitando que se enciendan o aparezcan avisos innecesarios.

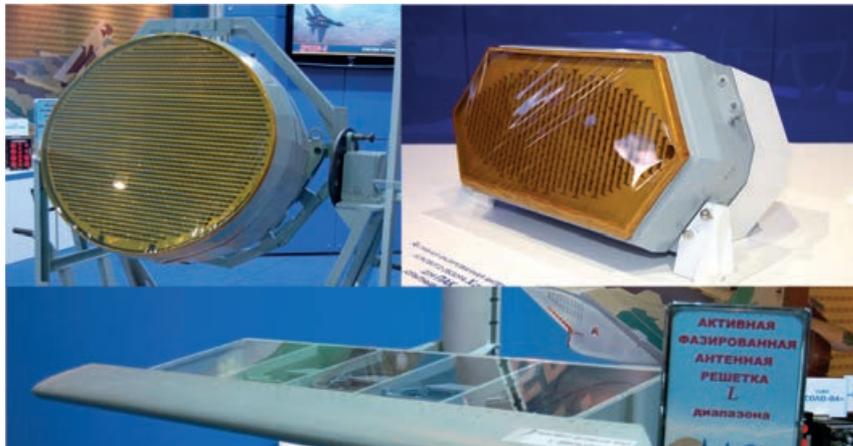
Al igual en que versiones anteriores de la familia Flanker, el avión cuenta



a día de hoy, muestran la cabina del T-50, tanto una imagen completa como del UFC (imagen de i-korotchenko.livejournal.com).

con un sistema de puntería basado en el casco, siendo este último el Geofizika-NV ZSh-10. La similitudes con respecto a las capacidades de las generaciones anteriores de este tipo de sistemas se acaban ahí: según algunas fuentes, el casco, de diseño modular y que interactúa con diversos sistemas de aviónica (principal pero no únicamente con los de búsqueda y seguimiento de objetivos), tendría capacidad de detección del movimiento de las pupilas del piloto; no sería esta la única innovación que presentase, también el empleo de la tecnología denominada “realidad aumentada”, que permitiría presentar a los ojos del piloto tanto datos del vuelo (velocidad, altura...) como puntos casi ciegos del avión (una visión completa de las seis, vista desde la perspectiva del piloto, por ejemplo).

Este último se sienta en un asiento eyectable NPP Zvezda K-36D-5, de tipo cero-cero, dotado con el sistema de soporte de vida SOZHE-50, que engloba el anti-G PPK-7 y el sistema generador de oxígeno, con un peso de 30 kg y una capacidad de generación ilimitada de oxígeno, de forma similar a aviones occidentales actuales como el Eurofighter y el F-22 y F-35. La combinación de ambos permite desarrollar 9Gs durante un máximo de 30 segundos. Con este factor de carga, la máscara proporciona oxígeno a una presión de 6-7 atmósferas, “hinchando” los pulmones durante las maniobras más agresivas. Si la misión exige su desarrollo a muy alta altitud (hasta 23 km), el piloto dispone del traje de presurización parcial VKK-



De izquierda a derecha y de arriba a abajo. N036-1-01 (imagen de Allocer), N036B-1-01B AESA (imagen de Vitaly V. Kuzmin) y N036L-1-01 AESA radar (imagen de Allocer).

17. Ambos trajes se conectan a una válvula de inflado AD-17.

### La aviónica. Sistemas de búsqueda y seguimiento de objetivos y guerra electrónica (EW)

Como se ha mencionado en el apartado anterior, se espera que el T-50 haga uso del concepto fusión de sistemas, siendo los dos sistemas de búsqueda y seguimiento de objetivos principales el Sh121 MIRES y el sistema electro-óptico 101KS Atoll. El Sh121 MIRES (*Multifunctional Integrated Radio Electronic System*) está siendo desarrollado por el NIIP y consiste en dos componentes principales: el radar N036 Byelka y el sistema de guerra electrónica L402 Gimalai. Todos interactúan entre sí, perfectamente “fusionados”, gracias al sistema de procesamiento N036UVS, cuyo núcleo lo forman ordenadores Solo-21. El N036 Byelka consta de los siguientes elementos:

– El primero es el radar AESA N036-1-01, una evolución del PESA N035 del Su-35, dotado de 1.552 módulos de recepción/transmisión (T/R) con un *tilt* o cabeceo positivo de 15° y con tecnología de nanoheteroestructura GaAs (tecnología que permite una enorme concentración de electrones en la banda prohibida) y que opera en la banda X. Está dotado de polarización vertical, característica que posibilita un campo de visión -FOV- de +/-60°. Se espera que en el futuro las posibles capacidades del radar aumenten al integrarle una antena en forma de pod capaz de operar en la banda Ka.

– El segundo componente está formado por dos radares AESA N036B-1-01 de búsqueda lateral (*side looking*), de 358 módulos T/R distribuidos en 36 filas verticales, disponiendo de espacio para la instalación de 40 módulos T/R adicionales, que operan en la banda X. Cada módulo de búsqueda lateral dispone de polarización horizontal, que si bien aumenta las capacidades de detección de objetivos terrestres, también permite iluminar objetivos aéreos, mejorando el seguimiento en el eje horizontal o *azimuth* del avión hasta un FOV de +/-135°.

– El tercer componente son dos radares N036L-1-01 ubicados en los bordes de ataque (uno por lado, operan en la banda L), que se emplean tanto para el sistema IFF como para propósitos de guerra electrónica (EW). Estos radares presentan una peculiaridad: están específicamente diseñados para detectar aviones con características *stealth* optimizadas para radares que operen en la banda X.

El sistema, que además proporciona y recibe datos por datalink, tiene la capacidad de detectar y clasificar aviones hostiles a una distancia de 400 kilómetros y se estima, sea capaz de seguir a 60 y atacar simultáneamente a 16, así como compaginar funciones aire-aire y aire-suelo.

– Finalmente, el cuarto componente es el sistema IFF N036Sh Pokosnik, que opera a través de los radares de banda L, N036L-1-01.

Finalmente, el L402 Gimalai o “Himalaya” es el sistema de guerra electrónica del avión. Poco se sabe a cien-

cia cierta de este ingenio: cuenta con sus propios módulos de transmisión/recepción dispuestos en zonas claves del fuselaje e interactúa con los del radar Byelka cuando es necesario operar en las mismas frecuencias de radar de éste, generando, gracias al uso a nivel *fusión system*, pulsos radar LPI que interfieren tanto sistemas de búsqueda y seguimiento enemigos como misiles aire-aire que hayan sido lanzados contra el T-50. El ordenador que controla este sistema es un Solo-21.402.

Por su parte, el sistema electro-óptico integrado 101KS O-E IOS Atoll (*Optiko-Elektronnyia Interirovannaya Sistema*). Especial mención a la palabra “integrado”, pues el Atoll comprende los siguientes elementos o subsistemas, cuyo posicionamiento físico ha ido variando en los distintos aviones de ensayos. Por ello, no puede asegurarse una posición determinada, nada más que emplear la lógica, teniendo en cuenta que la finalidad del sistema es tener una alta visibilidad del entorno que rodea al avión, para que la *situational awareness* sea máxima:

– 101KS-V EO (OLS-50M): subsistema destinado a la búsqueda y seguimiento de objetivos aéreos (la V es de *Vozdukh*, aire). Los alcances de detección máximos estimados son del orden de unas 50 millas si se produce a las 6 del aparato enemigo y de aproximadamente unas 25-30 millas si la detección es en rumbo *head to head*. Estos alcances de detección podrían incluso aumentar en el más que probable caso del uso de la tecnología *state of art* del momento, los detectores QWIP (*Quantum Well Imaging Photodetectors*, fotodetectores de imagen de pared cuántica), que eliminan las limitaciones en detección existentes hasta entonces, siendo capaces de detectar objetos “fríos” a una gran distancia, proporcionando además una alta resolución de la imagen especular creada, necesaria para la identificación y ataque de un objetivo. Este sistema está montado frente a la cabina, en configuración similar a los EOS de la familia Flanker.



AL-41F1 en el T-50-1 (Sukohi).

– 101KS-N EO (*Nazemnyl-ground*): subsistema avanzado de navegación y designación de objetivos terrestres del avión. Se espera que la tecnología empleada en el mismo sea similar a la utilizada en el subsistema 101KS-V.

– 101KS-U/01 (ó 02) UV (*ultraviolet*): subsistema encargado de la detección de misiles lanzados contra el T-50 (MAWS, *Missile Alert Warning System*). Hasta ahora, se han instalado a ambos lados de la cabina, y otros dos en las partes superior e inferior del fuselaje.

– 101KS-O IR (*InfraRed*): subsistema de contramedidas para misiles de búsqueda y seguimiento de objetivos por infrarrojos (IR). El funcionamiento se basa en “dirigir, saturar y/o cegar”, dirigiendo un rayo láser directamente al buscador infrarrojo, saturando a este o incluso cegándolo completamente, de forma que pierda el enganche/bloqueo del avión. Sin embargo, si bien esa información procede de fuentes oficiales, algunos analistas, como Pyotr Botowski, plantean que pueda tratarse de algún sistema de mira de búsqueda y seguimiento de objetivos por IR que complementa al resto de subsistemas del 101 KS.

No obstante, un punto hay que dejar claro: la disposición en el fuselaje de algunos de los elementos que conforman el sistema Atoll varía según el prototipo, por lo que no es posible delimitar con exactitud en este momento en qué posición final estará en los aviones de serie.

## CONSIDERACIONES FINALES

El desarrollo de la presente reseña se basa en un análisis de datos e informaciones que han trascendido a la opinión pública de un programa dinámico, en constante cambio y mejora, algo por otra parte lógico dado el carácter del programa T-50 y lo que puede suponer para Rusia y países clientes de fabricantes aeroespaciales rusos (como India, que además contará con una variante propia del T-50).

Así, teniendo en cuenta esta base, de la configuración actual del T-50 en materia de configuración aerodinámica, planta de empuje y aviónica conocida, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

– Aplicación del concepto de avión de muy baja observabilidad o VLO (*Very Low Observability*) en el diseño, necesario en un avión de 5ª generación y que aumenta la capacidad de supervivencia del mismo en un entorno hostil. Emplea para ello disposiciones de diseño comunes a las occidentales, como el llamado *planform alignment*, que maximiza la dispersión de las ondas radar del aparato o equipo emisor enemigo y minimiza y/o anula la cantidad de ellas que vuelven a este, aplicado en todo el diseño geométrico del T-50 y en el interior de los conductos de admisión, diseñados posiblemente en forma de S, lo que oculta los álabes del compresor y otros elementos susceptibles de reflejar las ondas radar al avión emisor y a la vez permiten obtener capacidad de supercrucero.

– Aplicación del concepto de “fuselaje integrado/ala integrada” o *blended-wing body*, maximizando de esta forma la superficie aerodinámica efectiva y obteniendo también una mayor capacidad de sustentación, disminuyendo asimismo el consumo de combustible al disminuir el valor del conjunto de resistencias generadas durante el vuelo.

– Aplicación del concepto de agilidad extrema. Para lograr esta característica, se recurre a tres elementos

novedosos en mayor o menor grado en un avión de combate, obviando incluir en esta descripción los ya clásicos elevadores completos: el primero es la tobera de empuje vectorial (TVC, *Thrust Vector Control*) de la que constan los dos motores, muy espaciados entre sí, de valores de empuje estimados en las versiones de serie cercanos a las 40.000 libras por motor y con el eje longitudinal de los mismos desplazados hacia afuera respecto del eje del avión, lo que a su vez ayuda a mantener la estabilidad direccional disminuyendo las características de empuje asimétrico en el caso de un fallo de alguno de los motores; el segundo es la disposición de los novedosos LEX articulados (LEVCONs), capaces de movimiento en el eje de cabeceo que no solo optimizan el flujo de aire por toda la estructura del avión a altos ángulos de ataque, sino que también se estima, sirven de ayuda en el *recovery* en caso de fallo de la TVC; el tercero, es referido a los timones de cola, de acusada inclinación y de tipo completo –aletas o *fins* según el concepto anglosajón– al igual que los elevadores y carentes de un estabilizador; finalmente, el cuarto factor es el inherente al sistema de control de vuelo, muy depurado a lo largo del tiempo y que ha sido depurado en diversas variantes mejoradas del Flanker, siendo la versión operativa del mismo más actual la del mencionado Su-35S. Esta combinación de factores no es fruto del azar, sino de un estudio de décadas de duración sobre la obtención de generación de mayores momentos de fuerza aerodinámica mediante una cuidada disposición y geometría de las superficies de control.

Así, la combinación de estos factores permite realizar maniobras con tasas de giro en los tres ejes extremas, pero controlables por el piloto.

– Alta persistencia y capacidad de supervivencia en combate, gracias a la carga de combustible interno (estimada en unas 25.000 libras), aerodinámica, aplicación del concepto *stealth* y sistemas de aviónica, tanto los de búsqueda y seguimiento de objetivos de tipo activo (radar) como pasivos (sistema electro-óptico, antenas receptoras del sistema de guerra electrónica gimalai y datalink). Esta combinación, junto con la carga de misiles BVR (*Beyond Visual Range*) y WVR (*Within Visual Range*) así como el diseño aerodinámico de “agilidad extrema” del T-50 y un HMI, permitiría al piloto colocarse en posición de disparo en cualquier situación y sobrevivir tanto en el combate BVR como tras realizarse el *merge*.

## NOTA

Por razones prácticas, se ha obviado en el presente artículo la versión que adoptará la Fuerza Aérea india (IAF), que colabora con su industria nacional (Hindustan Aeronautics Limited, HAL) en el desarrollo del T-50 al 25%, y cuyo modelo de T-50 se denominará FGFA/PMF (*Fifth Generation Fighter Aircraft/Perspective Multi-role Fighter*) y a día de hoy, ofrece sólo dos características diferenciadoras respecto a la versión rusa: la primera es que será biplaza, siendo la segunda cabina la destinada a un oficial de armas (WSO, *Weapons System Officer*); la segunda, la posibilidad de que aviónica y sistemas sean de proveedores propios y/o externos, adoptando asimismo armamento autóctono, como el futuro ASTRA (BVR). Es posible asimismo que se apliquen unas cuarenta y tres mejoras respecto del T-50, aunque el alcance de estas, su efectividad y la propia posibilidad de implementación no pueden ser cuantificadas actualmente al tratarse de declaraciones efectuadas en el pasado, en las primeras fases de los vuelos de ensayo.

## BIBLIOGRAFÍA

- “A Preliminary Assessment of Spectral Radar Cross Section Performance in the Sukhoi T-50 Prototype”. Koop, Carlo. Air Power Australia Analysis. March 2012.
- “Assessing the Sukhoi PAK-FA”. Koop, Carlo. Air Power Australia Analysis. January 2010.
- “India’s Version of Sukhoi T-50 Delayed by Two Years”. Mathews, Neelam. AINOnline. May 2012.
- JSC V.Tikhomirov Scientific Research Institute of Instrument Design (JSC V.Tikhomirov NIIP, Zhukovsky). Instituto NIIP.
- “Maxing Out at MAKs”. Butowski,

- Piotr. Air International. October 2013.
- “Patent analysis shows how PAK-FA differs from F-22 in air combat philosophy”. Simha, Rakesh Krishnan. Russia&India Report. January 2014.
- “Standstill or repite”. Butowski, Piotr. Air International. June 2015.
- “The pilots of T-50 fighters received new anti-G equipment - Russian Aviation”. RuAviation.com. 9 July 2013.
- Página web Deaguel.com (Guide to Military Equipment and Civil Aviation).
- Página web de Defencetalk
- Página web de mundosputnik
- Página web de Sukhoi (imágenes varias).

*Lateral del T-50-5 (avión de ensayos número 5). Se puede ver la posición del 101KS-V EO, justo enfrente de la cabina. (Sukhoi).*

