



# Tecnologías a incorporar en los futuros cazas

ALBERTO GARCÍA PÉREZ  
*Fotografías: Boeing, DARPA, BAe, Boeing,  
Northrop-Grumman, EADS*

CASI TODOS LOS ANALISTAS COINCIDEN EN AFIRMAR QUE EL F-35 LIGHTNING II SERÁ, PROBABLEMENTE, EL ÚLTIMO AVIÓN DE COMBATE OCCIDENTAL TRIPULADO DE LA HISTORIA. LOS FUTUROS CAZAS SE CARACTERIZARÁN POR SER AÚN MÁS COMPLEJOS, ESPECIALMENTE EN EL ÁREA DE LA ELECTRÓNICA Y NO ESTARÁN EXENTOS DE PROBLEMAS, SOBRECOSTES Y RETRASOS, COMO YA HAN DEMOSTRADO CAZAS DE 5ª GENERACIÓN COMO EL PROPIO F-35 O EL F-22 RAPTOR

## INTRODUCCIÓN

**E**n julio de 2009, Boeing desveló los primeros estudios encaminados a desarrollar el primer caza de sexta generación con el fin de sustituir a la actual flota de F/A-18E/F a partir del 2025. La configuración elegida para el futuro F/A-XX es, de momento, la de ala volante. Algunos estudios teóricos de la ya extinta McDonnell-Douglas, absorbida por Boeing en 1997, sugerían que un ala vo-

lante hasta un 30% menos de consumo de combustible y un 15% menos de peso máximo al despegue que un avión convencional de sus mismas características, lo que proporcionaría mejores prestaciones en vuelo del F/A-XX. Si la configuración aerodinámica no ofrece dudas, todavía no se ha decidido si este futuro caza será tripulado o no.

Sin embargo, son muchos los analistas que coinciden en afirmar que el caza F-35 será, probablemente, el último

avión de combate tripulado de la historia. Eliminar al piloto de combate tiene, obviamente, ventajas e inconvenientes. La principal ventaja sea quizá que en caso de derribo no se producen pérdidas humanas ni captura de rehenes que puedan suponer una dura lucha diplomática y la cesión a potenciales chantajes. Permitirá también realizar misiones más arriesgadas que no son autorizadas hoy en día debido al alto riesgo de perder al piloto. Durante estas misiones, el piloto remoto podrá trabajar más relajado al encontrarse en un entorno cómodo sin estar sometido al estrés directo del combate o a las cargas en vuelo que se producen, por ejemplo, en el combate aire-aire. Este ambiente más sereno le permitirá tomar decisiones más adecuadas y aumentar, por tanto, su por-



*El exponencial avance de la aviónica exigirá procesadores que sean fáciles de actualizar en el futuro.*

centaje de éxito en la misión. El coste económico de formar a esta nueva generación de pilotos también será mucho menor, ya que toda su formación se podrá realizar únicamente en un simulador de vuelo sin necesidad de volar el avión real y sin estar sometido a restricciones meteorológicas.

La ausencia de piloto en los vehículos no tripulados de combate o UCAV ("Unmanned Combat Air Vehicle"), permitirá también eliminar equipos ahora innecesarios, como asientos eyectables, presurización de cabina, pantallas de indicación etc. lo que se traduce en aviones más pequeños

**«Sin embargo son muchos los analistas que coinciden en afirmar que el F-35 Lightning II será, probablemente, el último avión de combate tripulado de la historia»**

y ligeros con menos resistencia aerodinámica y, por tanto, mayor alcance y menor huella al radar. La ausencia de un piloto permite a su vez optimizar la posición del motor dentro del avión, lo que se traduce en un menor consumo de combustible, a la vez que permite una carlinga que limite la exposición de los elementos metálicos de cabina al radar enemigo, lo que de nuevo va en la dirección de reducir su detectabilidad. Sin las restricciones físicas que impone la supervivencia del piloto, los UCAV podrán diseñarse también para soportar cargas en vuelo de +/- 20 Gs, lo que permiti-



*El debate de los UCAVs se centra en el nivel de autonomía a proporcionar.*



Boeing trabaja con DARPA desde hace años en el UCAV X-45.

rá una mayor probabilidad de éxito para esquivar misiles.

Aunque técnicamente los nuevos aviones podrían ser completamente independientes en su misión una vez programados, es decir, el operador únicamente podría autorizar su despegue y dejar al propio avión que tome sus decisiones de ataque, es difícil que esta capacidad se llegue a poner en práctica. Existen hoy no pocas voces que se oponen a dejar a una máquina la capacidad de decidir si ataca un blanco o no sin que haya un humano detrás que analice si dicho blanco es realmente peligroso o se trata, por ejemplo, de un objetivo civil no hostil.

La tendencia del diseño de los UCAV parece seguir dos caminos bien diferenciados. El primero de ellos sería desarrollar versiones no tripuladas de aviones ya existentes, con el F-16 o el A-10 como principales candidatos. La segunda op-



El Eurofighter Typhoon es un avión de combate de Generación 4.5.

ción, a más largo plazo, es la crear un vehículo completamente nuevo. La NASA lleva ya varios años trabajando en el UCAV X-47B, corrigiendo el "software" de control de la aeronave para su posible aplicación militar. El segundo prototipo realizará en 2012 varios vuelos de prueba para validar el sistema de control que permitirá a este UCAV sincronizar su aterrizaje con las oscilaciones propias de un portaaviones, permitiendo de esta manera disminuir la carga estructural asociada al

**«El coste de I+D de un UCAV es similar al de un avión tripulado. El X-45 UCAV tuvo una fase de desarrollo de 35 meses con un coste de 103 millones de \$ hasta el primer vuelo»**

aterrizaje e incluso reducir el peso del tren de aterrizaje. La NASA también está trabajando con Boeing para aplicar el mismo "software" a un F/A-18 no tripulado.

El coste de la investigación y desarrollo de un UCAV es similar al de un avión tripulado. Por ejemplo, el X-45 UCAV tuvo una fase de desarrollo que se extendió durante 35 meses, con un coste de 103 millones de dólares gastados hasta el primer vuelo. El F-16 tuvo un coste de 102 millones de dólares, aunque con una fase de desarrollo

de tan sólo 23 meses. Sin embargo, el coste de operación es significativamente inferior. El X-45, por ejemplo, tiene un coste de 15 millones de dólares para 5.000 horas de vuelo, mientras que el F-35 JSF alcanzaron 40 millones de dólares para las mismas horas.

## AVIÓNICA

Mientras que los aviones apenas han modificado su apariencia en la última década, el campo de la aviónica ha experimentado cambios revolucionarios tanto en importancia como en complejidad. Como es sabido, los principales elementos de la aviónica son los siste-



*El F-35 ha sido el ganador del concurso japonés.*

El canal de comunicaciones entre la estación de control en tierra y el UCAV será uno de los aspectos más críticos a resolver. Buena parte del esfuerzo de I+D a realizar por las empresas fabricantes radica en aumentar el ancho de banda o el número de frecuencias sobre las que se enviarán los datos, incluyendo el uso de enlaces "datalink" por láser, que permitan comunicaciones vía satélite fiables, reduciendo la posibilidad de interferencias por parte del enemigo. Nuevas técnicas de compresión de datos, que permitan mandar la mayor información posible en el menor tiempo, también contribuirán a reducir la probabilidad de interferencias el enemigo. El UCAV debe también ser robusto para mantener la seguridad en vuelo en caso de fallos intermitentes, retrasos en las comunicaciones, baja calidad y/o resolución de las imágenes enviadas, visibilidad reducida etc, que pueden afectar significativa-

mas de comunicación y navegación, los sensores (radar, infrarrojos y de captación de emisiones electromagnéticas), ordenadores de a bordo, la barra de distribución de datos y la aviónica encargada de mostrar los datos al piloto de forma priorizada y resumida.

**«Mientras que los aviones apenas han modificado su apariencia en la última década, el campo de la aviónica ha experimentado cambios revolucionarios tanto en importancia como en complejidad»**



*El F-35 podría ser el último avión de combate tripulado.*



*El Taranis británico.*

*El X-47 experimental desarrollado por Northrop Grumman.*

mente al modo en el que el piloto remoto controlará el avión.

Existe, por tanto, una solución de compromiso entre la cantidad de “software” a desarrollar para tomar sus propias decisiones (Inteligencia Artificial) y el ancho de banda a emplear. Si el sistema se hace quasi-autónomo pero requiere el control del piloto en situaciones críticas, nos encontramos ante la peor de las dos opciones.

Los aviones de 5ª generación actuales también podrían sufrir modificaciones en el futuro para acomodarse a los futuros UCAV. De hecho, ya existe algún proyecto para que el F-35

pueda controlar aviones escolta no tripulados (UAV) que estén conectados a su entorno de red y a los que podrá encargarse de misiones de ataque o de investigación de algún objetivo por medio de una dirección IP como las que se emplean en internet.

La futura microelectrónica permitirá, por ejemplo, incorporar multitud de sensores a lo largo de toda la superficie del avión, incluso en zonas calientes o de gran radio de curvatura donde no es

posible instalarla hoy en día. De esta forma, el avión se comportará como un único gran multisensor. El radar tradicional, situado en la parte frontal del avión, podría desaparecer en favor de miles de antenas de radar de apertura sintética distribuidas a lo largo de toda la superficie del avión. Sin embargo, esta opción, aunque factible, debe ser evaluada desde todos los puntos de vista, ya que el mantenimiento de tantos

sensores puede hacer peligrar la disponibilidad del avión, algo que resultaría completamente inaceptable. Otra de las opciones que se barajan, independientemente de si se trata de un radar convencional o de uno distribuido, es que el UCAV tenga po-

tencia suficiente como para afectar a la electrónica de aviones hostiles, como parece ser el caso del radar AESA de barrido electrónico del F-22 Raptor.

Todos los sensores mandarían sus señales al ordenador central por medio

**«Ya existe algún proyecto para que el F-35 pueda controlar aviones de escolta no tripulados (UAV) que estén conectados a su entorno de red y a los que podrá encargarse de misiones de ataque»**



*El F-22 Raptor todavía no ha sido empleado en ningún conflicto militar.*

## GENERACIONES DE CAZAS/COMBATE DE REACCIÓN

### LAS DISTINTAS GENERACIONES

Los aviones tipo caza están diseñados fundamentalmente para el combate aéreo contra otra aeronave, con el fin de conseguir la superioridad en el espacio aéreo. Sin embargo, ésta es una definición básica ya que a lo largo de la historia han aparecido variantes de cazas con capacidades adicionales de ataque a tierra o combinando las prestaciones de caza y de avión bombardero en busca de una solución de compromiso para satisfacer ambas misiones.

■ La **primera generación** de cazas de reacción apareció al final de la Segunda Guerra Mundial y heredó los criterios de diseño de los cazas basados en motores alternativos y alas sin flecha. Sin embargo, pronto se comprobó que era necesario mejorar estos criterios, apareciendo el Mig-15 con alas en flecha y con capacidad de volar por encima de los 1000 Km/h. En el lado norteamericano, el caza más representativo de esta generación es el North American F-86 Sabre.

■ La **segunda generación** de cazas aparece a mediados de los años 50 e incorporan ya la experiencia ganada con el combate en Corea. Se introduce así un radar lo suficientemente pequeño como para ser instalado en el morro del avión, proporcionando capacidad de detección del enemigo más allá del alcance visual. Aparecen también nuevas armas como los misiles dirigidos por radar o por infrarrojos, pero todavía no son muy efectivos debido a la escasa fiabilidad y sensibilidad de la electrónica de los sensores instalados. Los aviones representativos de esta generación son el Mig-21, el Republic F-5 Thunderchief, el Lockheed F-104 Starfighter, el English Electric Lightning, el Sukhoi S-7, o el Dassault Mirage III.

■ La **tercera generación** de cazas aparece a mediados de los años 60 y tendría su principal campo de acción durante la guerra de Vietnam. Esta generación se caracteriza por tener mejores prestaciones en vuelo y la incorporación de electrónica analógica que permite introducir contramedidas electrónicas. Modelos representativos de esta generación son el Mirage F-1, Mig-23, Mig-25, McDonnell-Douglas F-4 Phantom, o el Northrop F-5 Freedom Fighter, que incorporan una mayor capacidad aire-suelo.

■ La **cuarta generación** de aviones de combate abarca fundamentalmente los aviones diseñados entre mediados de los años 70 y mediados de los años 90. Aparece el mando eléctrico para controlar el avión, la proyección frontal o "Head-Up Display", los mandos de potencia y control unificados (HOTAS – Hands On Throttle and Stick) que ayudan a reducir la carga del piloto, y aparecen las pantallas digitales multifunción, los radares Doppler, los misiles autónomos dotados de su propio radar y un largo etcétera. Modelos representativos de esta generación son el Panavia Tornado, el Grumman F-14 Tomcat, el McDonnell Douglas F-15, el General Dynamics F-16, Sukhoi Su-27, Sukhoi Su-30, los Mig-29 y Mig-31, o los aviones multicapacidad Dassault Mirage 2000 o el McDonnell Douglas F-18.

Existe en la actualidad una llamada generación 4.5 que abarca aviones que tienen diseños característicos de la cuarta generación pero con una aviónica más avanzada, como mando eléctrico digital ("digital fly-by-wire"), radar de barrido electrónico, armas guiadas por GPS, comunicaciones de datos de alta velocidad, capacidad de ataque más allá del alcance visual, o introducción de órdenes por medio de voz. A este selecto grupo pertenecen aviones como el Eurofighter Typhoon, el Dassault Rafale, el Saab Gripen, el Sukhoi Su-35 Flanker o el Boeing F/A-18E/F Super Hornet, todos ellos con una entrada en servicio posterior a 1990.

■ La **quinta generación** apenas se halla representada en la actualidad por el Boeing F-22 Raptor o el Lockheed Martin F-35 Lightning II, aunque existen proyectos en desarrollo tanto de Sukhoi (Su-50 Firefox) como de Mikoyan-Gurevich en Rusia o Shenyang en China (Shenyang J-14) que se incorporarán a partir de 2016 si se cumplen las planificaciones actuales. En la actualidad, los aviones de combate de generaciones anteriores reciben información en tiempo real de los satélites de observación tanto tácticos como meteorológicos. Sin embargo, esta información se transmite a través de estaciones de telecomunicaciones situadas en tierra. En los aviones de quinta generación, la información recopilada por otras unidades desplegadas, tanto en tierra como en el aire, se transmitirá directamente al avión en tiempo real y podrá ser utilizada en un entorno de combate sin necesidad de ningún organismo central que se la filtre o envíe. De esta forma, los nuevos aviones son capaces de compartir entre sí toda la información que disponen, adaptarla a su situación y ganar así máxima eficiencia en el combate. Para ello, poseen redes de comunicación resistentes a interferencias exteriores y con barra de distribución "bus" de datos de alta velocidad que permiten a los ordenadores de a bordo priorizar la enorme cantidad de información que reciben en tiempo real. De su análisis no sólo se espera una mayor tasa de éxito en el combate, sino también reducir los daños colaterales y el fuego enemigo ya que, en principio, el piloto recibirá información de todos los aliados que se encuentren en el campo de batalla, aunque pertenezcan a otros ejércitos.



El programa F-35 ya lleva 4 años de retraso respecto de la planificación inicial.



F-A-XX es el avión de sexta generación propuesto por Boeing.



Ya existen varios programas evaluando el uso del láser en la aviación.

de fibra óptica que, por su propia naturaleza, permitirá la transmisión de datos con un enorme ancho de banda y a distintas frecuencias y con un mínimo riesgo de ser interceptada o distorsionada. Aunque el uso de fibra óptica es ya posible, también se está investigando la opción de utilizar redes inalámbricas. Sin embargo, el principal problema de este nuevo concepto es la fiabilidad del sistema, ya que debería ser lo suficientemente robusto como para seguir funcionando en caso, por ejemplo, de caída de un rayo o evitar ser interferido por un agente externo. Estas redes inalámbricas harían posible la instalación de sensores de galgas en ciertas partes estructurales del avión,

que permitirían a su vez evaluar las cargas en vuelo y un mejor conocimiento de la fatiga que sufre el avión. De esta manera, se podrían aumentar los intervalos de mantenimiento en función del estado particular de cada avión, con el consecuente ahorro en costes.

Los sensores, como ya estamos viendo hoy en día, serán cada vez más sensibles y con más capacidad de discriminación, lo que permitirá localizar objetivos a distancias cada vez mayores. En un entorno de mayor indetectabilidad al radar, aparecerán nue-

vos sensores para localizar la presencia de aviones hostiles en el aire, como aquellos que detecten las variaciones de presión producidas por el propio vuelo o las ondas de choque producidas a números de Mach superiores a 1. Para ello, el campo de la aerodinámica ya ha empezado a trabajar para producir alas de flujo laminar que permitan reducir la resistencia aerodinámica y, por tanto, la detectabilidad por variaciones en los campos de presiones.

## AERODINÁMICA

La alta maniobrabilidad exigida a los UCAV junto con el requisito de disponer de alta eficiencia aerodinámica, hace que la configuración idónea de diseño sea la de "ala volante". Sin embargo, este tipo de ala no está exento de problemas, ya que son inherentemente inestables. La ausencia del empenaje de cola, por ejemplo, hace que el avión tienda a girar sobre su eje direccional, así que para conseguir una estabilidad aceptable, tanto direccional como lateralmente, es necesario diseñarlos con puntas de ala planas, ángulo de diedro mínimo pero con la mayor flecha posible.

Desde el punto de vista de la carga útil a transportar, esta configuración proporciona, como ventaja añadida, un mayor volumen interior, lo que permite reducir significativamente el peso estructural de la aero-

**«En el campo de los materiales, ya se está investigando la creación de algunos nuevos que permitan cambiar su forma, por ejemplo, al aplicarles una corriente eléctrica»**



*La configuración de ala volante será la elegida al ser la más óptima aerodinámicamente.*

nave, además de proporcionar más espacio para armamento, que se puede instalar así en el interior de la aeronave y ocultarlo al radar enemigo, lo que contribuye a reducir la detectabilidad del avión.

En el campo de los materiales, ya se está investigando la creación de nuevos materiales que permitan cambiar

su forma, por ejemplo, al aplicarles una corriente eléctrica. Algunas zonas del avión como las tomas de entrada al motor podrán así cambiar su geometría para conseguir la máxima eficiencia aerodinámica a todos los regímenes de vuelo: subsónico o supersónico, en lugar de buscar una solución de compromiso como en los cazas actuales.

## PROPULSIÓN

En el área de propulsión, los UCAV han venido utilizando motores ya existentes en el mercado, sin que se haya intentado optimizarlos al mismo nivel que se ha realizado en otras áreas como la aerodinámica o la aviónica. Así, por ejemplo, el motor Rolls-Royce Adour, desarrollado en 1992 y que equipa al entrenador BAe Hawk, se está empleando en el UCAV Taranis británico y Neuron francés. Sin embargo, los fabricantes de UCAV ya empiezan a darse cuenta de que la lucha en el mercado para la próxima década va a ser muy fuerte. En la actualidad, la estrategia pasa por adquirir la capacidad de desarrollar un UCAV sin que importe en exceso la optimización del producto, pero una vez ya adquirida la tecnología, el propio mercado se centrará en dar salida al mejor producto. Esto pasa por el hecho de optimizar también la planta motopropulsora.

La tecnología de los motores evolucionará hacia conceptos con baja firma infrarroja con el fin de reducir la detectabilidad de los UCAV, introduciendo para ello toberas rectangulares y muy alargadas. Esta geometría permite que la distancia entre el aire que rodea al motor y el centro de la tobera sea mínima y, por tanto, que la disipación del calor sea más rápida que con otras configuraciones como la circular, que es la empleada habitualmente en los cazas. En su caso, el timón de dirección, por su parte, también se suele inclinar para facilitar el apantallamiento del calor producido por los motores y reducir la firma al radar, devolviendo la señal en una dirección distinta de la de emisión.

El hecho de esconder la toma de aire del motor para evitar exponer el metal de su compresor al radar, buscando con ello reducir la firma al radar, presenta también problemas aerodinámicos. La fuerte curvatura que es necesario proporcionar a la corriente hace que se produzcan turbulencias que tienden a someter a inestabilidad al motor, especialmente durante las agresivas maniobras en vuelo que se esperan de este tipo de aviones.

Interesará también que los motores tengan una alta relación empuje/peso con el fin de aumentar las prestaciones en vuelo. Pero el factor que segu-



ramente afecte en mayor medida al diseño de los motores será la gran demanda de generación de energía eléctrica que necesitan las armas basadas en el láser o en emisiones de radiofrecuencias. Este requisito

impulsará el desarrollo de motores eléctricos dotados de rodamientos magnéticos y sensores distribuidos, como en el caso del avión.

El incremento de los requisitos de prestaciones de los nuevos motores también se ha traducido en un incremento en el nivel de esfuerzos mecánicos que sufren sus componentes, lo que ha dado lugar a un desarrollo de aleaciones de altas prestaciones y nuevas técnicas de fabricación. Sin embargo, la USAF ya ha comenzado a percibir fallos estructurales a las pocas horas de funcionamiento y que afectan tanto a la operación como al mantenimiento de los nuevos cazas. Así pues, los fabricantes de motores también se tendrán que enfrentar a estrategias más avanzadas de monitorización en servicio, acordes con sus cada vez más refinados diseños mecánicos para evitar la tendencia actual percibida por la USAF.

Aunque los motores sufrirán cambios significativos, no se espera que la tecnología de los combustibles sufra la misma revolución y se siga por tanto empleando el keroseno o sus derivados como fuentes de energía. Estados Unidos, por ejemplo, ya está desarrollando mezclas de keroseno con combustibles sintéticos o "synfuel", a base de gas natural y carbón. La razón de utilizar carbón, parece un poco extraña en un principio, pero se debe a que Estados Unidos tiene fuertes reservas de este combustible. Por otro lado, esta estrategia permitirá reducir, aunque sea en una mínima parte, la influencia que los dos grandes señores del petróleo (Venezuela e Irán) tienen sobre el mercado internacional.

## EL LÁSER COMO NUEVA ARMA

En el año 2003, la NASA demostró la capacidad de transmitir energía a una aeronave por medio de un rayo

**«El láser permitirá destruir un objetivo sin necesidad de emplear un proyectil y se basarán en la emisión de radiación electromagnética por medio de un haz de luz ordenado o láser»**

láser que directamente apuntaba a un dispositivo que transformaba la energía que recibía en energía eléctrica capaz de mover una hélice y, por tanto, eliminando de esta manera la necesidad de transportar combustible. El uso del láser en aviación no es, por tanto, nuevo y, de hecho, en el ámbito militar se llevan ya varios años investigando la capacidad de transmitir altas concentraciones de energía con el fin de atacar un potencial elemento hostil. Son las llamadas armas de energía dirigida.

Este nuevo tipo de armas permitirá destruir un objetivo sin necesidad de emplear un proyectil, y se basarán en la emisión de radiación electromagnética por medio de un haz de luz ordenado o láser.

La gran ventaja de este tipo de armas es que la radiación viaja a la velocidad de la luz, por lo que su efecto es inmediato, eliminando así los complejos sistemas de seguimiento y de evaluación de trayectoria actuales. Tampoco serán necesarios los cálculos actuales para evaluar el efecto de la gravedad, la velocidad del viento etc, cuando se trate de alcanzar objetivos muy distantes del avión. Por otra parte, el ataque será por definición siempre efectivo ya que el elemento hostil tampoco tendrá tiempo de reaccionar o de evadirlo. La precisión del láser es inigualable por los misiles actuales, ya que puede concentrar toda su energía en un punto, además de ser un arma en principio no agotable, pues mientras los motores del avión sean capaces de generar energía se podrán producir rayos láser.

A pesar de todas estas ventajas, los láseres actuales tienen todavía serios inconvenientes. Uno de los principales problemas es su elevado precio y la fragilidad de los espejos empleados. Por otra parte, la alta concentración de energía produce la descomposición del plasma, lo que da lugar a pérdida de energía hacia la atmósfera, que será más acentuada si existe lluvia, niebla, humo o polvo en suspensión. Otro efecto adverso de la descomposición del plasma es el desenfoque del haz

del láser, con la correspondiente pérdida de efectividad de concentrar toda la energía en un punto.

Para resolver estos inconvenientes existen varios programas de I+D que están centrando sus esfuerzos en mover su aplicación desde las plataformas gigantes empleadas en la actualidad, como el U.S. Airborne Laser instalado en un Boeing B747, e incorporarlas a aviones tipo caza. Para ello, será necesario desarrollar láseres químicos más avanzados, aunque parece que los de estado sólido o de fibra óptica pueden tener más futuro. En este sentido, Estados Unidos ya tiene en marcha varios proyectos de investigación como el JHPSSL (Joint High Power Solid State Laser) encargado de construir un arma láser de 100 kW en laboratorio, o el programa HELLADS (High Energy Liquid Laser Area Defense System) que busca ampliar dicha potencia hasta los 150 kW con el apoyo de la agencia de proyectos de defensa DARPA (U.S. Defense Advanced Research Projects Agency).

El otro gran programa de investigación es el RELI (Robust Electric Laser Initiative) que busca desarrollar un láser con una potencia de tan solo 25 kW pero de mayor calidad. En este proyecto se busca optimizar la calidad del rayo láser, en términos tanto de tamaño o enfoque como de número de fotones enviados, con el fin de aumentar su eficiencia del 20% actual hasta el 35%, a la vez que se simplifica su sistema de control térmico, lo que permitirá a su vez reducir su tamaño. El primer demostrador de esta tecnología estará disponible en 2014 con el apoyo de la USAF.

## CONCLUSIÓN

Aunque es siempre difícil aventurar la configuración de las aeronaves para dentro de 20 o 30 años, sí es seguro que los "cazas del futuro" serán productos extremadamente complejos. En este contexto, desaparecerá el concepto de "fin de desarrollo y entrada en servicio" y tendremos que acostumbrarnos a que los futuros aviones serán vehículos con un programa de desarrollo que abarque toda su vida operativa para resolver los problemas técnicos que sin dudas tendrán. Ejemplos anticipados de esta tendencia ya los vemos en los programas F-22 Raptor y F-35 Lightning II ■