

El Lockheed Martin X-59

**JOSÉ ANTONIO
MARTÍNEZ CABEZA**
Ingeniero aeronáutico

La búsqueda de soluciones para minimizar el estampido sónico ligado a cualquier aeronave en vuelo supersónico es tema de investigación ya desde los días en que el Concorde inició su andadura. El Lockheed Martin X-59, auspiciado por la NASA y protagonista de este artículo, cuya presentación oficial tuvo lugar a mediados de enero, promete ser un avance cualitativo muy importante en ese terreno.





El fiasco económico del Concorde, un avión que nació antes de tiempo, y la evolución del transporte aéreo, dejaron el grueso de la investigación sobre los aviones comerciales supersónicos en manos de la NASA. A nivel industrial se creyó durante un tiempo que habría mercado para un SSBJ, Supersonic Business Jet, cuyo estampido sónico fuera socialmente aceptable.

De hecho la propia NASA patrocinó ocho estudios de SSBJ entre 1977 y 1986. A mediados de los ochenta McDonnell Douglas, Lockheed, Fairchild y British Aerospace examinaron las posibilidades de un SSBJ que sería lanzado por una sociedad conjunta. En el Salón de París de 1989 Sukhoi y Gulfstream Aerospace acordaron desarrollar un

SSBJ de mach 2 y 4000 millas náuticas de alcance, que abandonaron en 1992. También Dassault exploró la factibilidad de un Falcon supersónico. En la década de los noventa Lockheed -fusionada con Martin Marietta en marzo de 1995 para formar Lockheed Martin- estudió expresamente sistemas para reducir o evitar el estampido sónico, y en 1998 acordó con Gulfstream investigar acerca de un SSBJ. Todos esos proyectos sin excepción fueron abandonados, pero al menos este último tuvo consecuencias a posteriori.

EL F-5 SSBD

En febrero de 2000 Lockheed Martin y Gulfstream acudieron con su SSBJ a la DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency, y consiguieron que esta solicitara financiación con cargo al presupuesto del año fiscal 2001 para un proyecto denominado «Reducción de ruido de los aviones supersónicos». Aprobado bajo el epígrafe de Quiet Supersonic Platform, QSP, y establecido como un programa en dos fases, recibió una asignación del Departamento





Por sus líneas externas el F-5 SSBD fue apodado «Pelicano» (2 de agosto de 2003).
(Imagen: NASA)

de Defensa de Estados Unidos de 35 millones de dólares en dos años. El objetivo final era construir un avión experimental SSBD, Shaped Sonic Boom Demonstration, que permitiría evaluar el efecto de su forma externa en la configuración del estampido sónico perceptible en el suelo.

Como parte del programa, en julio de 2001 Northrop Grumman recibió un contrato según el cual se modificaría un F-5E añadiéndole un morro extendido, cuya forma y dimensiones serían definidas para conseguir que la onda de choque asociada a su vuelo supersónico produjera en el suelo una huella reducida. Nació así el F-5 SSBD. Posteriormente, el programa completo pasó a ser el SSBE, Shaped Sonic Boom Experiment.

La previsión inicial de Northrop Grumman era que el F-5 SSBD podría estar en vuelo en el verano de 2002, y que 18 vuelos serían suficientes para recopilar toda la información que se consideraba relevante. El F-5E de partida había sido adquirido en 1974, y estaba entonces asignado al US Marine Corps con base en Yuma (Arizona). Tenía pendiente una revisión importante, pero se juzgó que podría volar cincuenta horas más porque los ensayos previstos no

implicaban la aplicación de cargas elevadas a su estructura. Debería ser devuelto a su configuración original una vez que el programa de ensayos fuera concluido.

La modificación del avión se realizó en St. Augustine (Florida) en la segunda mitad de enero de 2003. El morro extendido fue construido en El Segundo (California). El día 24 de julio realizó su vuelo inaugural pilotado por Roy Martin desde el aeródromo de St. Johns County (Florida). El día 28, tras haber sumado allí tres vuelos con menos de una hora de duración puso rumbo a Palmdale (California) con cuatro escalas intermedias, donde llegó el día 29.

El programa de ensayos propiamente dicho estuvo constituido por veintiún vuelos realizados entre el 12 y el 22 de enero de 2004. Todos ellos fueron pilotados por Roy Martin, alcanzándose velocidades de mach 1,35 a mach 1,45. La altitud de vuelo fue en todos los casos salvo dos de 32.000 ft (9.754 m). El 23 de enero el F-5 SSBD retornó a St. Augustine, donde aterrizó el día 27 siguiente. Inicialmente la U.S. Navy tenía prevista su canibalización para repuestos, pero enseguida se reconoció su importancia para la investigación

científica, y fue donado en agosto de 2004 al Valiant Air Combat Museum de Titusville (Florida), donde se restauró para ser expuesto al público.

QUIET SPIKE

En julio de 2005 la NASA dio a conocer el Sonic Boom Mitigation Project, y con cargo a él concedió contratos de cinco meses de duración a Boeing, Raytheon Aircraft, Northrop Grumman/Gulfstream Aerospace y Lockheed Martin/Cessna. Su objetivo era estudiar la factibilidad de crear otro avión demostrador, bien partiendo de un avión existente, bien creando un nuevo prototipo. El proyecto fue cancelado antes de que agosto de 2005 concluyera. Sin embargo, produjo un inesperado fruto proveniente de Gulfstream Aerospace, que había patentado en 2004 una técnica para la reducción del estampido sónico. Consistía en emplear una pértiga de longitud ajustable según la velocidad de vuelo que se extendería a partir del morro del avión; fue denominada Quiet Spike - pértiga silenciosa en traducción más o

Imagen: Lockheed Martin



menos libre-. Este concepto acabó siendo ensayado a bordo del F-15B n.º 836 de la NASA. La idea era generar con ella ondas de choque por delante del F-15 para interactuar con las propias de este, y evaluar su eficacia.

La Quiet Spike pesaba 470 lb (213 kg); en posición retraída medía 14,15 ft (4,3 m), y en posición totalmente extendida 24,31 ft (7,4 m). Una vez instalada a bordo del F-15B n.º 836 se efectuaron treinta y dos vuelos entre el 10 de agosto de 2006 y el 15 de febrero de 2007, y fue el 19 de enero cuando se alcanzó la velocidad máxima, mach 1,8. Se concluyó que si bien la huella sónica del F-15 no se veía prácticamente alterada, la integración de una pértiga equivalente en un avión supersónico comercial pequeño – un SSBJ– sí podría tener efectos positivos importantes.

Hasta ese momento las actividades de la NASA con el F-5 SSBD y la Quiet Spike se habían ceñido a las ondas de choque generadas en la parte anterior de los aviones. Pero existían también los efectos de su parte posterior e incluso la influen-



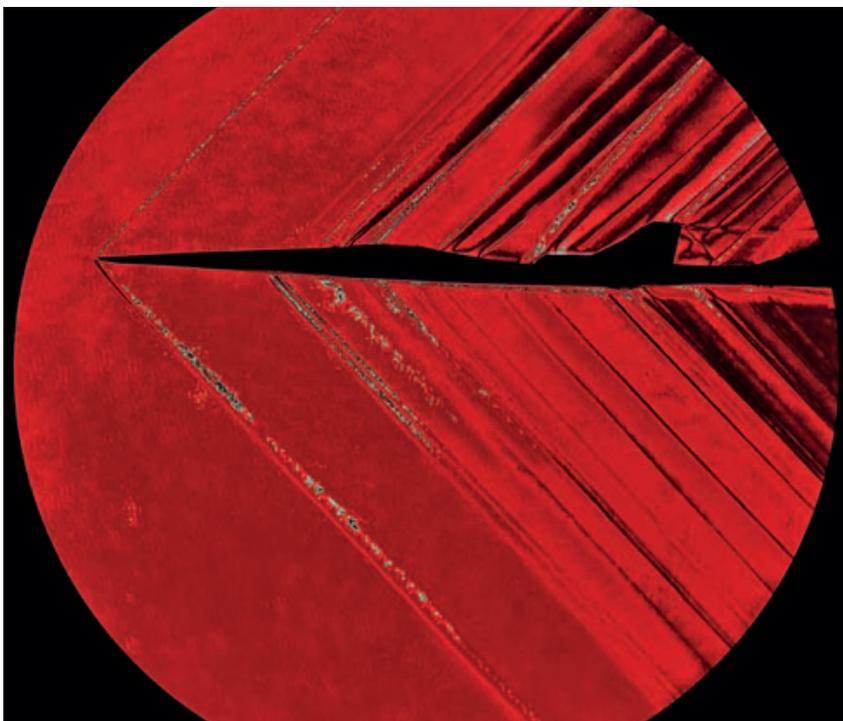
El F-15B equipado con la Quiet Spike (3 de octubre de 2006). (Imagen: NASA)

cia del chorro de los motores. Una de las razones era la extrema dificultad de analizarlos. En 2008 se puso en marcha el programa LaNCETS, Lift and Nozzle Change Effects on Tail Shocks. El avión empleado sería esta vez el F-15B n.º 837 de la NASA, que había participado esporádicamente junto al F-15B n.º 836 en la experimentación de la Quiet

Spike. Entre noviembre de 2008 y enero de 2009 se hicieron con él quince vuelos.

En 2011 la NASA propuso un nuevo paso adelante en colaboración con Gulfstream Aerospace. Se trataba de diseñar y construir un avión experimental LBEV, Low Boom Experimental Vehicle, que podría volar a finales del año fiscal 2018, y cuyo





Las ondas de choque producidas por el X-59 en una fotografía schlieren tomada durante los ensayos en el túnel supersónico del Glenn Research Center (25 de enero de 2022). (Imagen: NASA)

propósito era validar en condiciones reales los conocimientos acumulados hasta entonces sobre la reducción del estampido sónico. Años de propaganda contra los aviones supersónicos de transporte, y contra el Concorde en particular, habían dejado una huella negativa permanente en la opinión pública, y el estampido sónico ostentaba el dudoso honor de ser el argumento estrella.

El LBEV habría sido el Gulfstream X-54A, pero nunca vio la luz porque no fue posible conseguir que se le asignara financiación, a pesar de que a principios de 2012 un estudio del National Research Council recomendó mayores inversiones en la experimentación aeronáutica con aviones «X».

X-59 LBFD, LOW BOOM FLIGHT DEMONSTRATOR

El aumento de la asignación a la NASA en los presupuestos del año fiscal 2013 permitió resucitar la idea del X-54A debidamente actualizada, e hizo posible el programa High

Speed Project. Mucho se debatió sobre sus objetivos, aunque la opinión más generalizada era que el producto final debería ser un LBFD, Low Boom Flight Demonstrator, heredero directo del LBEV y hacía allí se dirigieron los siguientes pasos de la NASA. La misión prevista para el LBFD evolucionó y quedó establecida en la evaluación de la respuesta social ante los estampidos sónicos de intensidad reducida. Los datos obtenidos serían usados en el establecimiento de normas para el vuelo supersónico sobre zonas habitadas, lo que a su vez definiría los siguientes pasos en caso de que la evolución del transporte aéreo lo aconsejara.

Lockheed y Boeing habían recibido en 2009 contratos de la NASA para que elaboraran sendos conceptos preliminares de aviones supersónicos de transporte, que presentaron en 2010 y llegaron a ser ensayados en túnel aerodinámico en 2012 y 2013. Ambas consiguieron más ade-

lante contratos para la definición de sendas propuestas LBFD basadas en esos conceptos. El proyecto de Lockheed Martin mostraba un coste más ventajoso pues proponía emplear algunos elementos de aviones en servicio. Probablemente por esta razón la NASA le contrató en febrero de 2016 el diseño preliminar del LBFD, que superó la preceptiva revisión con éxito el 26 de junio de 2017.

Así pues el 3 de abril de 2018 la NASA concedió a Lockheed Martin la fabricación del LBFD en 247,5 millones de dólares. Su primer vuelo debería tener lugar en el verano de 2021, y entre 2023 y 2025 sería empleado en un programa experimental cuyo objeto exclusivo sería valorar si su estampido sónico sería admisible. El 26 de junio siguiente la USAF le asignó la designación X-59 y el apodo Quesst, Quiet Supersonic Technology.

¿CÓMO ES EL X-59?

De acuerdo con las actuaciones estipuladas por la NASA, el X-59 tendría una velocidad de crucero de 940 mph (1512 km/h) a 55000 ft (16674 m) de altitud (mach 1,42 en atmósfera estándar). Según Lockheed Martin, el estampido sónico

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL X-59

ENVERGADURA:

9 metros

LONGITUD:

30,35 metros

ALTURA:

4,27 metros

VÍA DEL TREN PRINCIPAL:

2,39 metros

DISTANCIA ENTRE EJES DEL TREN:

5,33 metros

MOTOR:

GE Aviation F414-GE-100 con poscombustión

EMPUJE:

9980 kilogramos

PESO MÁXIMO:

11 340 kilogramos

PESO VACÍO:

6800 kilogramos

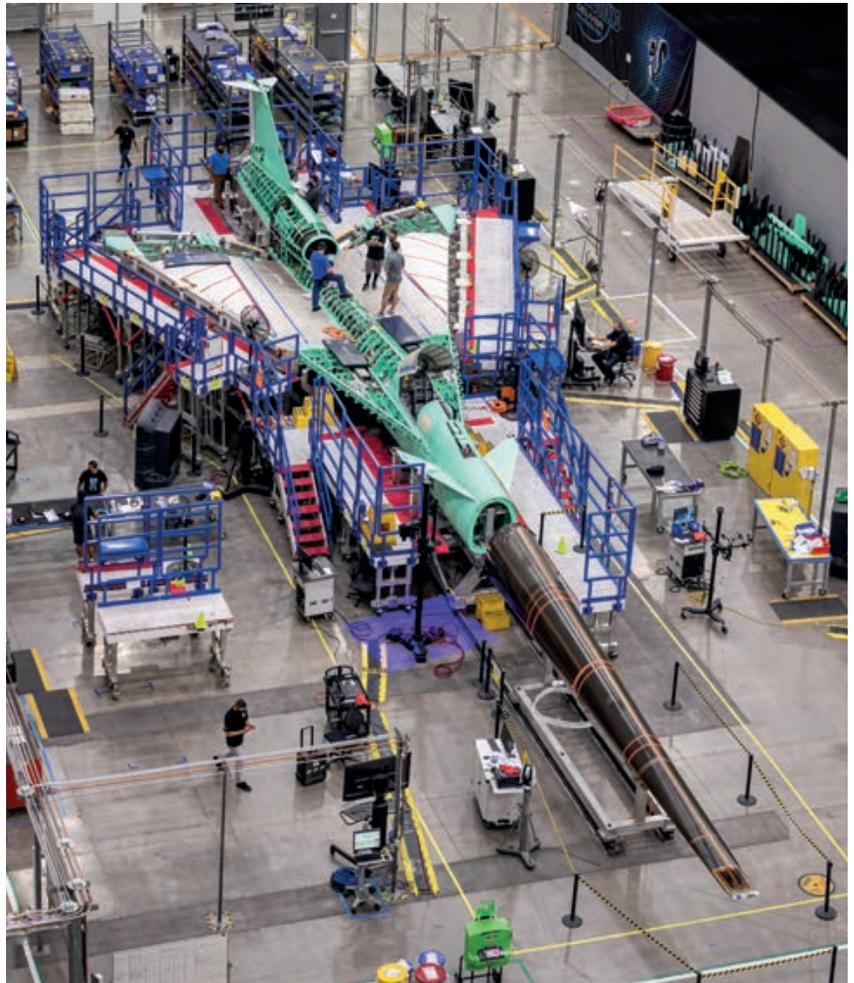
audible en el suelo en esas condiciones sería equivalente «al ruido del cierre de la puerta de un coche a 6 m de distancia».

El desarrollo del X-59 fue confiado al departamento de proyectos avanzados de Lockheed Martin, Skunk Works, sito en Palmdale (California). La fabricación de piezas comenzó el 16 de noviembre de 2018, y en junio de 2019 se desveló su configuración, cuya revisión crítica de diseño tuvo lugar en septiembre siguiente.

La idoneidad de la configuración se ratificó con múltiples pruebas, fundamentalmente con las realizadas en ese mismo túnel supersónico en los meses finales de 2021 y comienzos de 2022.

Como antes se ha dicho, el X-59, es un programa establecido sobre la base de un bajo coste, destinado a una experimentación muy específica y limitada, y por ello se ha acudido a tecnologías avanzadas exclusivamente allá donde ha sido indispensable. El X-59 lleva un sistema de visión sintética para el piloto, puesto que el afilado morro del avión y el hecho de que la cabina de vuelo no pueda sobresalir sobre el fuselaje, impide la visión directa hacia delante; nótese que la distancia desde el extremo anterior del fuselaje a la posición del piloto es de unos 15 m. Se recordará que en el Concorde ese problema se resolvió mediante un morro articulado que era bajado en tierra, despegue y aterrizaje.

El sistema de visión sintética del X-59, designado XVS, External Vision System, cuenta con una cámara de vídeo de resolución 4K montada sobre el fuselaje por delante de la cabina de vuelo, y con una pantalla UHD, Ultra High Definition, de 24 pulgadas (60 cm) ubicada dentro de ella encima del panel de instrumentos. Comquiera que la imagen recogida por la cámara no puede ver por debajo del morro, esa zona se visualizará en la pantalla mediante una imagen infrarroja generada por un FVS, Forward



Estado de montaje del X-59 en Palmdale (18 de agosto de 2021). (Imagen: Lockheed Martin)

Vision System, replegable montado bajo el fuselaje, que será utilizado en despegue, aproximación y aterrizaje. Durante el vuelo normal aparecerá en su lugar una imagen generada por un SVS, Synthetic Vision System. La NASA seleccionó este sistema de visión inferior debido a que se especificó para el X-59 la capacidad de aterrizajes en Categoría I.

Como es sabido, el estampido sónico es el efecto audible en el suelo producido por las ondas de choque asociadas a un avión mientras vuela a velocidad supersónica. Las generadas por debajo de él interactúan entre sí y llegan al suelo fusionadas produciendo un fuerte salto de presión cuya representación gráfica se asemeja a una «N», que produce dos

detonaciones separadas del orden de medio segundo. Su intensidad depende fundamentalmente del número de mach y de la altitud de vuelo, de las condiciones atmosféricas reinantes y de la forma externa del avión.

La configuración del X-59 está fundamentada en la Quiet Spike citada con anterioridad, integrada en el diseño general para interactuar con el sistema de ondas de choque y lograr que alcance el suelo con una intensidad muy atenuada y sin el característico salto de presión «N».

El ala es del tipo delta ligeramente ojival, con flechas en el borde de ataque de 76.º en la zona anterior y 68,6.º en la zona posterior. En su borde de salida hay unos flaps de 1,15 m² y unos alerones de 1,2 m². El

X-59 cuenta con un estabilizador horizontal y un canard, ambos con una flecha en el borde de ataque de 63.º. El estabilizador vertical tiene una flecha ligeramente inferior en su borde de ataque, 59.º, está situado sobre el motor, cuenta con un mando de dirección de 0,79 m² de superficie y se complementa con un pequeño estabilizador en su extremo superior, cuya finalidad es al parecer reducir la intensidad de las ondas de choque generadas en el extremo posterior del avión.

La aplicación de criterios de bajo coste, fundamental en su día para la selección del LBFD de Lockheed, ha supuesto como se ha dicho antes el empleo en el X-59 de partes de otras aeronaves. El motor F414-GE-100 es la versión inicial de la -400 montada en los Boeing F/A-18E/F; dos unidades de ese motor fueron entregadas a la NASA en agosto de 2020, con el fin de disponer de un motor de repuesto. La

cúpula transparente y el asiento eyec-table de la cabina de vuelo son del Northrop T-38, mientras que el tren de aterrizaje y otros sistemas pertenecen al Lockheed Martin F-16.

RETRASOS, PRESENTACIÓN Y PLAN DE ENSAYOS

El calendario del programa X-59 establecido en su día por Lockheed Martin y la NASA ha acumulado un importante retraso sobre la previsión inicial de un primer vuelo en el verano de 2021. En los últimos días de diciembre de ese año el X-59 parcialmente construido partió de Palmdale por carretera en un transporte especial con destino a las instalaciones de Lockheed Martin de Fort Worth (Texas), donde llegó el 5 de enero de 2022 para ser sometido a ensayos. A diferencia del caso de cualquier avión que luego será producido en serie, los ensayos del X-59 fue-



Distribución de las pantallas de la cabina de vuelo del X-59. (Imagen: NASA)



Estabilizadores y zona del motor del X-59. (Imagen: L

ron no destructivos puesto que no se trata de un prototipo, es un ejemplar único y eso supuso una dificultad añadida. A finales de ese enero alrededor del 80% de los ensayos estructurales habían sido ya efectuados; una vez concluidos se procedió a las pruebas del sistema de combustible. El X-59 estuvo de vuelta en Palmdale el 18 de abril de 2022 para continuar su fabricación.

El 19 de junio de 2023 tuvo lugar lo que bien se pudo considerar una fallida salida de fábrica, pues en esa fecha fue trasladado hasta la línea de vuelo de Skunk Works, donde debía tener lugar una ronda final de pruebas que verificarían el funcionamiento de las superficies aerodinámicas de control de vuelo, a las que se-



(Lockheed Martin)

guirían los ensayos de vibración. Sin embargo, a finales de agosto esos ensayos revelaron la existencia de un problema con el sistema de mandos de vuelo, atribuido a «las interacciones entre la estructura, los mandos y las fuerzas aerodinámicas». Se drenó todo el combustible y el X-59 retornó a la factoría. Todavía se confiaba en que el primer vuelo podría tener lugar antes de que el año concluyera.

Pero el 12 de octubre, la NASA anunció un nuevo retraso: debido a la extensión de los trabajos de integración de sus sistemas, el X-59 no podría volar hasta 2024. El 14 de noviembre fue llevado a la nave de pintura donde recibió su librea NASA; el 12 de diciembre se sometió a una sesión fotográfica en el exterior, y fue por fin el 12 de enero de 2024 cuando tuvo

lugar en Palmdale la presentación oficial del X-59 en un acto conjunto de Lockheed Martin y la NASA, momento en el cual se difundieron las fotografías tomadas entonces.

El programa X-59 está organizado en tres fases. La fase 1, actualmente en curso, concluirá cuando finalicen los vuelos que realizará Lockheed Martin para explorar su comportamiento en toda la envolvente operativa, cuya duración estimada será de unos nueve meses en los que se harán unas sesenta salidas. Será entonces cuando el X-59 pasará a la NASA para comenzar la fase 2. En el curso de ella se realizarán vuelos sobre una zona de ensayos dispuesta en la base Edwards para analizar exhaustivamente sus ondas de choque y su huella en el suelo. Además se evaluará la

integración del X-59 en el sistema de tráfico aéreo civil de Estados Unidos.

Este último apartado es indispensable, puesto que la fase 3 consistirá en volar el X-59 sobre una serie de ciudades de Estados Unidos aún no seleccionadas, para recoger datos de la percepción de su estampido sónico minimizado entre sus habitantes, en definitiva la razón de su existencia. Una vez concluida y analizada adecuadamente, la información recogida se presentará a la Federal Aviation Administration, FAA, y a la Organización de la Aviación Civil Internacional, OACI, para ayudar en el establecimiento de unas normas internacionales, que permitirían suprimir –o al menos distender– la prohibición de vuelo supersónico de aviones civiles sobre zonas habitadas. ■



