

Avión EF-18
instrumentado para ensayos
de flameo.



Integración del misil Taurus en el avión EF-18

ÁNGEL ALONSO MENÉNDEZ
Teniente Coronel Ingeniero Aeronáutico

El pasado mes de mayo se realizaron con resultado satisfactorio, en Sudáfrica, los ensayos en vuelo para completar la integración del misil Taurus KEPD-350, en el avión EF-18 modernizado del Ejército del Aire.

Se van a exponer a continuación las actividades más reseñables realizadas por el Centro Logístico de Armamento y Experimentación (CLAEX) para conseguir esta integración.

ANTECEDENTES

Durante los años 80 se inició el programa OTAN MSOW (MODULAR STAND OFF WEAPON) para disponer de un arma aire-suelo de hasta 120 Km de alcance, y de bajo coste, pero este programa fue cancelado en el año 1986.

En el año 1998 se consolidan los requisitos del Programa ALAD (Arma Lanzada a Distancia) por parte del Estado Mayor para dotar al Ejército del Aire español de un arma todo tiempo, de baja detectabilidad y gran alcance. En aquel momento, se preveía que esta nueva arma sería integrada en los aviones EF-18 y EF-2000.

En el año 2005, el Ejército del Aire español establece con la empresa SENER un contrato de adquisición de 43 misiles Taurus KEPD-350.

MISIL TAURUS

El misil TAURUS KEPD 350 (Kinetic Energy Penetration Destroyer) es un arma guiada STAND-OFF todo tiempo, desarrollada por un consorcio de empresas alemana (TSG), y sueca (LFK), dotado de un mo-

tor turboreactor Williams WJ 38-15 que funciona con combustible JP-8; tiene un peso total de 1.400 Kg, una longitud total de 5,1 m, un alcance mayor de 350 km que puede recorrer a una velocidad de crucero entre mach 0.8 y 0.9. Está dotado de un sistema de navegación triple mediante la interconexión de datos de sensores de navegación por imágenes (IBN), Navegación por referencia del terreno (TRN) y sistema GPS. Dispone de sistema autónomo inercial, GPS, radioaltímetro y buscador infrarrojo. Todas las funciones del misil KEPD 350 están controladas por un programa instalado en el computador principal, denominado software de misión, que gestiona las comunicaciones externas e internas, la navegación, los chequeos internos, además de gobernar tanto el motor como las superficies aerodinámicas de control. El misil dispone de un sistema de planeamiento de misión con el que se programa la ruta de vuelo hasta alcanzar el objetivo, una vez ha sido lanzado desde el avión portador. En la figura 1 se muestran, de forma esquemática, los elementos más representativos del misil Taurus KEPD-350. Hay que indicar que la Fuerza Aérea alemana declaró el misil Taurus operativo, después de completar su integración en el avión Tornado, en el año 2005.

Para poder realizar los distintos tipos de ensayos con el EF-18 fue necesario utilizar distintos tipos de misil Taurus, las variantes posibles se indican en la figura 2.

ACTIVIDADES DE INTEGRACIÓN

Para poder volar con seguridad un avión con un misil instalado, y que el misil pueda ser lanzado y alcance su objetivo, es necesario integrar el misil en el avión.

Figura 2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES MODELOS MISIL TAURUS

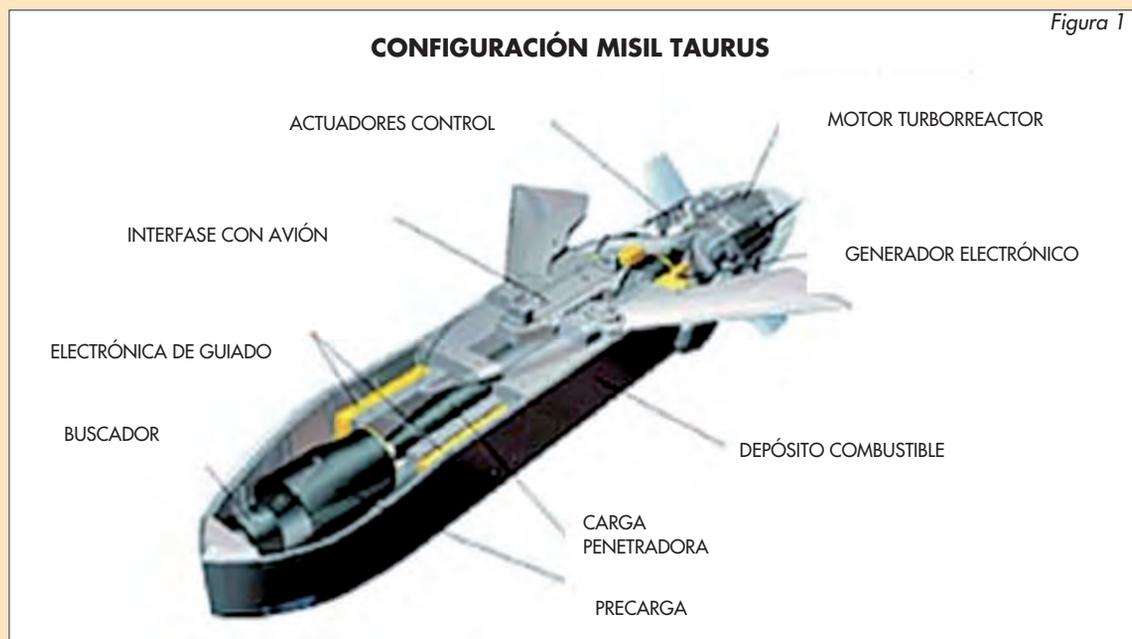
Misil Operativo (OM, Operational Missile). Misil Taurus real.

Misil Cautivo Instrumentado (MOM, Measurement Operational Missile) . El misil TAURUS MOM se construye eliminando en un misil OM todos los dispositivos "vivos". En particular, se inertizan los siguientes elementos: desbloqueo de aletas, eyección de las carcasas de la toma dinámica, arranque de motor, batería térmica, cabeza de guerra y precarga. Incluye un kit de instrumentación (MMS-kit Measurement Missile System,) que está constituido por una parte de su sistema de telemetría estándar, que permite la monitorización y transmisión en tiempo real mediante telemetría de parámetros internos del misil. Misil inerte para ensayos, vuelo transporte de validación y verificación de software.

Misil Operativo con cabeza Telemétrica (TOM, Telemetry Operational Missile). El misil TAURUS TOM se construye a partir de los misiles MOM y su configuración es como la de un misil OM al que se elimina la cabeza de guerra penetradora y se instala un kit de instrumentación con dos grandes funcionalidades: Monitorización y transmisión en tiempo real mediante telemetría de parámetros internos del misil y posibilidad de destrucción del misil mediante un sistema de terminación (FTTS, Flight Test Termination System). Misil sin carga letal para ensayos en vuelo de separación y de validación y verificación de software.

Se considera integración de un arma o sistema en un avión el proceso en el que se consigue la plena compatibilidad y comunicación entre el sistema, misil Taurus en este caso, y el avión EF-18 modernizado, dentro de unas condiciones de empleo definidas.

El objetivo de los ensayos de integración ha sido determinar la envolvente de vuelo para transporte, maniobra y lanzamiento de configuraciones de



avión EF-18 con misiles TAURUS KEPD-350 instalados en las estaciones bajo plano.

Es práctica habitual iniciar los estudios de viabilidad de integración de un armamento nuevo o sistema aéreo en el avión EF-18; comprobando la posible similitud con otras cargas ya integradas en el avión, pero en el caso del misil Taurus no se pudo aplicar este criterio de similitud por las notorias diferencias geométricas, máxicas, aerodinámicas, estructurales e incluso funcionales con otro tipo de armamento integrado anteriormente. Por ello, ha sido necesario realizar el proceso completo de integración. Para éste, se ha recopilado y estudiado documentación, se han realizado cálculos teóricos, se han realizado pruebas de compatibilidad y se ha verificado, mediante pruebas en tierra y ensayos en vuelo, que se cumplían los requisitos establecidos por las normas. Estas normas recogen los requisitos basados en la experiencia y que permiten mitigar

mediante los conectores correspondientes la energía eléctrica y datos necesarios a través de interfases MIL-STD. 1760 y 1553 para su correcto funcionamiento. Hay que resaltar que fue durante el año 1997 cuando se realizaron las primeras pruebas en tierra de compatibilidad geométrica con el misil Taurus y el EF-18.

Después se comprobó la compatibilidad estructural. Este aspecto, tiene dos componentes: el misil no debe limitar las características de los esfuerzos y vibraciones que aparecen en el EF-18, y el avión no debe producir acciones sobre el misil que impidan su funcionamiento. Se consideró esta compatibilidad no sólo en condiciones de vuelo de transporte incluyendo la realización de maniobras, sino también durante el proceso de lanzamiento del misil, ya que en esta fase se producen reacciones que repercuten en las fuerzas que siente el avión por su flexibilidad.

Figura 3.
Ensayo de vibración en tierra EF-18 con misil Taurus.



riesgos potenciales para conseguir asegurar el éxito del proceso, o al menos, minimizar las consecuencias de esos riesgos que pueden aparecer durante los ensayos en vuelo de integración.

Hay que hacer especial mención a que se han tenido que realizar los cálculos teóricos considerando los diferentes pesos del misil, las diferencias geométricas, las posibilidades de instalación del misil en el EF-18; así como la problemática de la separación en cuanto el misil Taurus hay que considerarlo como un avión pequeño no tripulado.

Primero se realizaron los estudios y pruebas de compatibilidad geométrica, con los que se comprobó que el misil Taurus instalado en el avión EF-18 no interfiere con ninguna superficie móvil del avión, que se puede instalar de forma segura en los pilones de ala que lo transportan, y que recibe del avión

También se comprobaron las características de controlabilidad del EF-18 con el misil Taurus instalado, en todas las condiciones de vuelo de maniobra y configuraciones, prestando especial atención a las características de separación y a las características de asimetría de avión.

El misil Taurus se puede considerar que es un arma 'inteligente', por lo que se comprobó que es inmune a las señales electromagnéticas externas bien sean producidas por el propio avión, o que estén presentes en el entorno. También se comprobó que los sistemas electrónicos del misil no afectan al avión.

Las tareas indicadas corresponden a lo que se denomina integración física, o integración 'hardware', pero para comprobar que el misil recibe los datos necesarios del EF-18, es necesario modificar el soft-

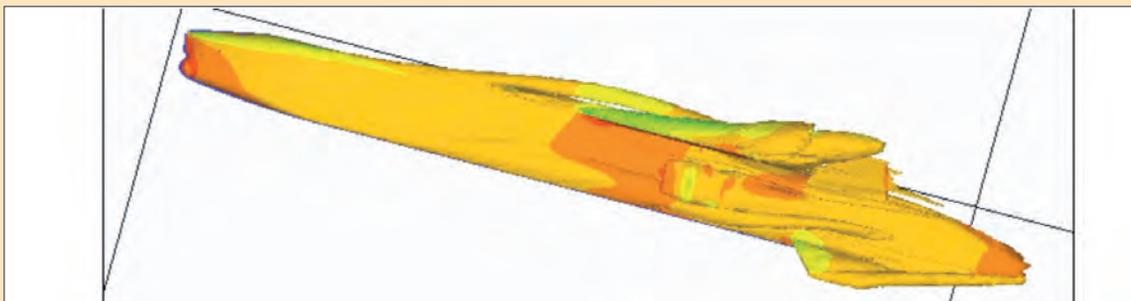


Figura 4
Modelo
aerodinámico
misil Taurus.

ware del avión para activar la intercomunicación misil-avión, y también para actualizar la información que el piloto tiene en cabina. Esta fase, que se suele realizar en último lugar, se denomina compatibilidad funcional, permite asegurar que un misil Taurus sea correctamente lanzado con seguridad desde el avión y alcance el objetivo programado.

Para verificar cada una de las áreas indicadas, se realizaron los ensayos en tierra y en vuelo que se describen a continuación.

ENSAYOS EN TIERRA

Múltiples cálculos teóricos de flameo, cargas de transporte y separación se realizaron antes de redactar el Plan de Ensayos, documento base en el que se definen las condiciones de vuelo y configuraciones de avión que se prevén ensayar. De todas las configuraciones posibles, hay que elegir las más representativas, y descartar las que son inviables porque penalizan en exceso la estructura del avión o son incompatibles con él. Asimismo, se consideraron distintos pesos para el misil, teniendo en cuenta que el misil Taurus (MOM) vacío de combustible pesa 1080 Kg, y el misil totalmente equipado (TOM y OM) 1.400 kg.

Los cálculos teóricos de flameo predicen cuales son las configuraciones de avión EF-18 con misiles Taurus más críticas, es decir, qué configuraciones son las que imponen mayor restricción en cuanto a velocidad máxima de transporte.

Para evaluar la calidad de los cálculos teóricos de flameo se realizaron ensayos de vibración en tierra. Con ellos, se determinaron las características es-

tructurales del avión, modos propios y frecuencias que son como la 'huella digital' de la configuración del avión. Esos modos propios y frecuencias son las que posteriormente se supervisaron en vuelo.

En la figura 3 se presenta una imagen de una de las configuraciones de avión ensayadas, y que también sirvió para comprobar el buen estado de la estructura del avión instrumentado.

Al objeto de analizar la posible interacción entre misil Taurus bajo plano con configuraciones de avión EF-18 con misiles aire-aire instalados, se realizó un rodaje a alta velocidad, para confirmar que el sistema de mandos de vuelo del avión no se ve afectado por la instalación del misil Taurus en la fase de despegue. Hay que destacar que el sistema de mandos de vuelo del avión EF-18 es digital 'fly-by-wire' y puede verse influido por señales de vibración estructurales.

Previo a los ensayos de separación, se realizaron ensayos de lanzamiento en foso para comprobar las características de separación del misil, con una doble finalidad, primero identificar la secuencia de lanzamiento y segundo, validar el modelo de separación utilizado para realizar los cálculos teóricos (ver figuras 4 y 5).

También se realizaron ensayos en tierra de compatibilidad electromagnética, y de verificación de estiba en avión y carga de misión, ver figura 6.

En base a la documentación disponible de los sistemas que equipan al misil Taurus, se elaboró el Documento de Control de Interfase (ICD) para asegurar la compatibilidad software con el EF-18 modernizado, y previamente a los ensayos en vuelo realizar los ensayos pertinentes en banco.

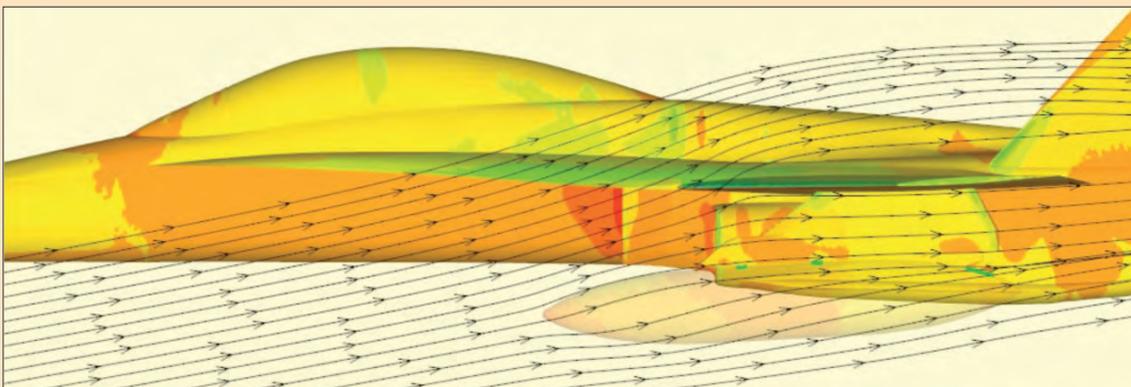


Figura 5
Modelo
aerodinámico
de separación
avión EF-18.

ENSAYOS EN VUELO

Una vez completadas con éxito las tareas en tierra, se procedió a la realización de los ensayos en vuelo correspondientes. Todos se realizaron con aviones instrumentados apropiados al objeto de cada ensayo.

Para determinar la envolvente de transporte de las configuraciones de avión EF-18 propuestas, se realizaron dos fases, la primera en condiciones subsónicas (≤ 0.95 IMN), y durante la segunda se realizaron ensayos en vuelo supersónicos de flameo. Estos ensayos contaron con la ventaja de disponer reabastecimiento en vuelo para aumentar el tiempo de vuelo de obtención de datos.

Posteriormente, se realizaron vuelos de ensayos para evaluar las cualidades de vuelo del avión dedicando especial atención a las posiciones de centro de gravedad más retrasado y máxima asimetría. También se realizaron ensayos en vuelo de actuaciones para determinar el índice de resistencia del misil Taurus. Incluso se han evaluado las cualidades de vuelo del avión durante la maniobra de reabastecimiento en vuelo con diferentes configuraciones.

Adicionalmente, se han realizado enganches de barrera en condiciones de máxima asimetría de aterrizaje, tanto para comprobar las características de controlabilidad del avión en tierra, como de esfuerzos y dinámica en la estructura del avión.

Una vez determinada la envolvente de velocidad de transporte para las configuraciones de interés, se realizaron vuelos de cargas de transporte para verificar que no se superan los esfuerzos máximos permitidos en la estructura del avión. Previos a los ensayos de separación, se realizaron ensayos en vuelo para comprobar las acciones aerodinámicas que actuaban en el misil Taurus en base a las cargas de transporte que aparecían en el pilón del avión, y ajustar así el modelo teórico de separación.

Establecida la envolvente de transporte, se realizaron los ensayos de separación con lanzamientos en vuelo de misiles Taurus inertes. Y por último, para completar los ensayos de validación y verificación del OFP-06E, se realizaron en Sudáfrica, durante la operación Cruz del Sur, ensayos de separación de dos misiles Taurus reales (figura 7).

Estos últimos han supuesto el colofón de todas las actividades descritas, y han proporcionado eviden-

Figura 6
Ensayo
compatibilidad
en tierra.



cias para asegurar la plena funcionalidad del avión EF-18 modernizado con el misil Taurus. Arma y avión se hablan y se entienden, y el proceso completo desde la separación del misil desde el EF-18 hasta llegar al objetivo ha sido satisfactorio.

En resumen, desde el mes de enero de 2007 hasta el mes de mayo de 2009, se han realizado más de 50 vuelos de ensayos con siete configuraciones diferentes de avión EF-18 y misiles Taurus instalados.

APOYOS

Para completar las complejas actividades anteriormente descritas, se han empleado una gran variedad de recursos, y requerido apoyos por parte de diferentes organismos e instituciones. Primero, hay que resaltar el apoyo obtenido del Ministerio de Defensa alemán, cediendo para los ensayos de integración física en el EF-18 tres misiles Taurus inertes, así como asesoramiento basado en su experiencia del misil en el avión Tornado. El apoyo se ha efectuado, tanto en las instalaciones del CLAEX como en Sudáfrica, utilizando su equipo de recepción



*Figura 7
Lanzamiento
de misil
Taurus desde
EF-18.*

de telemetría que equipaba los misiles Taurus y que finalmente fueron lanzados en Sudáfrica.

El INTA ha apoyado la realización de ensayos en tierra y los ensayos en vuelo que se han realizado en las instalaciones de El Arenosillo (Huelva).

La Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos ha colaborado con el CLAEX en la preparación del modelo de separación del EF-18.

Para la preparación de los ensayos de lanzamiento reales, se analizaron distintas posibilidades, en cuanto a los requisitos de seguridad, espacio disponible, y seguimiento de los ensayos. Con objeto de verificar la infraestructura y conocer las capacidades del polígono de Overberg, utilizado frecuentemente por el Ejército del Aire alemán para ensayar las capacidades del misil Taurus con el avión Tornado, el Mando de Apoyo Logístico nombró una comisión integrada por representantes de MALOG, MACOM, EMA, ALA 12 y CLAEX, acompañados por un representante de SENER. Todos ellos realizaron una visita a las instalaciones ('site survey') durante el mes de mayo de 2008 y llegaron a la conclusión que el polígono de Overberg presentaba características suficientes y disponía de instalaciones idóneas para este tipo de ensayos.

La excelente coordinación entre los distintos mandos y unidades del Ejército del Aire ha permitido que la exhaustiva preparación de los ensayos realizados, haya tenido como resultado un rotundo éxito.

CONCLUSIONES

La integración del misil Taurus en el avión EF-18 modernizado ha supuesto un gran reto para el Ejército del Aire. Aunque el trabajo no ha sido sencillo, y durante este tiempo ha habido que solucionar numerosos avatares, la enorme dedicación y esfuerzo realizados por el personal participante, en estos años, han proporcionado un resultado satisfactorio.

Con la experiencia acumulada durante la integración del misil Taurus en el avión EF-18 modernizado, el CLAEX estaría en disposición de acometer otras integraciones de complejidad similar, como podría ser la integración del misil Taurus en el EF-2000. •

