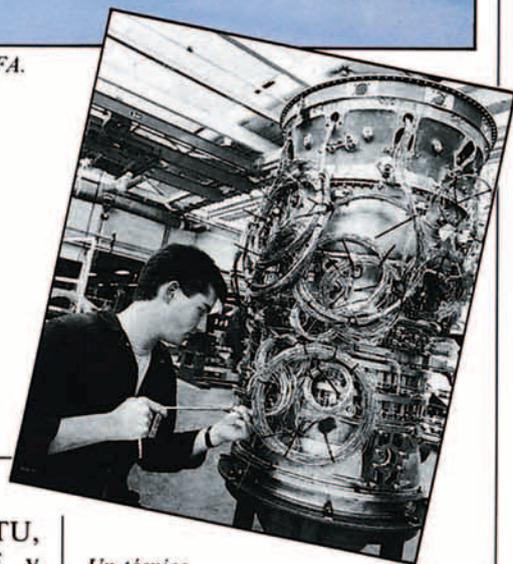


Ubicación de los motores EJ-200 que propulsarán el avión europeo EFA.

Algo sobre el motor EJ-200

JESUS LOBERA CRIADO
Tte. Coronel Ingeniero Aeronáutico



Un técnico de Rolls Royce Ple trabaja en el corazón del EJ-200.

El tipo de misiones que las cuatro naciones asociadas en el empeño del "avión de caza europeo" (EFA) han asignado a este avión condicionan las actuaciones de su motor, y los requerimientos asociados a su vida, impuestos por Alemania, España, Reino Unido, e Italia, completan los criterios para el diseño de este motor que ha venido a denominarse EJ-200. EJ por ser iniciales de la sociedad Euro-Jet, radicada en Munich, que lo diseña y desarrolla como consorcio

formado en 1986 entre MTU, SENER, ROLLS ROYCE y FIAT; y 200 quizá para continuar la numeración iniciada con el motor RB-199 que impulsa al avión TORNADO, nacido también del esfuerzo conjunto de tres naciones europeas con sus respectivas industrias, las mismas anteriores con excepción de España y SENER.

Así el motor debe tener un bajo coste de vida, ser fácil de mantener en servicio, muy fiable, sin limitaciones de mando para el pi-

loto, y con unas actuaciones que permitan al avión realizar con éxito misiones de perfil muy vario que van desde interceptaciones en tiempos mínimos hasta patrullas de larga duración. Además, la posibilidad de crecimiento del motor, dentro de sus límites dimensionales, debe permitir el aumento de la capacidad ope-

rativa del avión en el futuro. Estos requerimientos no suponen nada nuevo en sí. Pero se trata de maximizarlos hasta el límite, y ahí es donde radica la dificultad.

Con estas premisas se decidió dotar al avión EFA de dos motores que cumplieren los siguientes requisitos generales:

- Empuje máximo (con postcombustión): 9.000 kilos.

- Motor básico, es decir, sin fan ni postcombustión, sobredimensionado para hacer posible extraer más potencia y aire para atender las necesidades impuestas por el crecimiento del sistema de armas.

- Altas relaciones empuje/peso y empuje/volumen para conseguir grandes alcances y elevadas prestaciones en combate.

- Bajo consumo de combustible en cualquier régimen de motor para aumentar el radio de acción.

- Alabes de compresores y turbinas de larga duración para reducir el coste de vida del motor.

- Márgenes en flujos de aire y temperatura para futuras exigencias de empuje.

- Facilidad de mantenimiento y bajo índice de averías.

El estudio de estos requisitos condujo a la definición de los siguientes parámetros nominales que enmarcan el motor:

- Relación de compresión 25.
- Relación de derivación de flujos de aire 0,4.

- Empuje 9.000 kilos.
- Relación empuje/peso 10.

en la confianza de que la tecnología de hoy permitirá lograr este motor ambicioso concebido como un turbofan de baja relación de derivación con postcombustión.

Todos los parámetros del motor se han optimizado cuidando el funcionamiento armónico del motor dentro de su dominio de operación. Como comentario general diremos que:

- De la elevada relación de

compresión se obtendrá un bajo consumo de combustible operando sin postcombustión y una alta relación empuje/peso.

- La relación de derivación elegida permite el futuro crecimiento del motor y sistemas del avión manteniendo sus características de operación, y contribuye al mínimo peso del avión tanto en papeles de interceptación como de superioridad aérea.

- En el diseño de las turbinas se persigue aumentar la relación empuje/peso y su futuro crecimiento, paliando el efecto perjudicial que la temperatura tiene sobre su vida mediante la refrigeración interna de sus álabes con corrientes de aire forzado procedentes del compresor que la primera de las turbinas mueve.

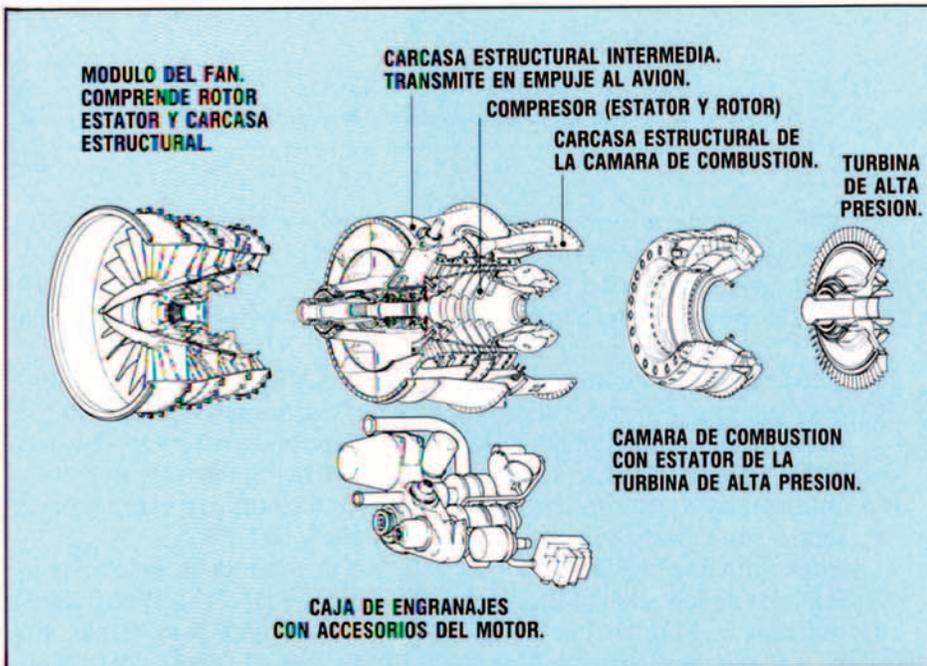
- De la relación de presiones del fan se intenta reducir el consumo de combustible en régimen de postcombustión, alta estabilidad, y bajo peso.

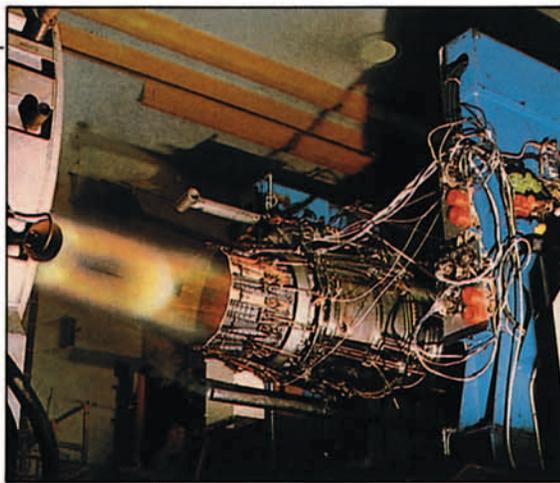
- La tobera convergente-divergente, variable, es una solución de compromiso pues con ella se consiguen mejores rendimientos en velocidades supersónicas, pagándose un pequeño tributo en velocidades más bajas respecto a

las toberas puramente convergentes. Pero no se puede tener todo a la vez. El peso es un factor de mucho peso en los aviones de combate.

Finalmente el motor ha quedado conformado por un fan pequeño y un compresor, de tres y cinco escalones respectivamente, movidos por sendas turbinas de un escalón a las que están acopladas por ejes concéntricos. Tendrá una cámara de combustión anular, postcombustión, y tobera convergente-divergente, y será construido de forma modular, tal como muestra la figura. Asociado a su sistema de control, incorporará un sistema de diagnosis y de comprobación y registro continuo de su funcionamiento que permitirá que su mantenimiento dependa más de su condición que de una programación. Bajo mantenimiento, bajo coste de ciclo de vida, alta fiabilidad y reducidas dimensiones han sido objetivos principales de su diseño.

Para alcanzar los objetivos fijados se ha recurrido a técnicas de cálculo y procesos de fabricación de vanguardia para, entre otros, diseñar álabes de gran





El diseño del EJ-200 ha estado dirigido por criterios de simplicidad y robustez.

cuerda y alto rendimiento tolerantes al daño, y compresores y turbinas transónicos de gran eficacia y ligereza. Incluso se están ampliando nuevas tecnologías orientándolas a aligerar algunos componentes sin disminuir su robustez, como es la sinterización de los discos de las turbinas a partir de polvos metálicos, o a integrar álabes en los discos donde van montados formando una sola pieza, caso de los escalones tercero del fan y primero del compresor, o a conseguir álabes monocristales de turbina. También el control del motor se ha digitalizado. En realidad este

control es un ordenador que dosifica el empuje del motor de acuerdo con la actuación del avión, las condiciones ambientales, las exigencias del piloto, y los límites establecidos para el motor. Se le refiere como "FADEC", iniciales de su función principal en idioma inglés: "Full Authority Digital Engine Control" o simplemente como "DECU": "Digital Engine Control Unit".

Fiabilidad y mantenibilidad son dos aspectos del motor que se han cuidado en su diseño y que se han basado en:

- Construcción simple y robusta: compresor y turbinas de po-

cos escalones, álabes mínimos en número y resistentes, rodamientos y sistema de engrase sencillos.

- Motor compuesto de módulos: permite la reparación rápida del motor en el taller y el acceso fácil a sus accesorios cuando está montado en el avión.

- Mantenimiento según el estado del motor basado en el control continuo de su funcionamiento. Accesos para inspección interna mediante endoscopios y tapones magnéticos en el circuito de aceite para detectar desgastes anómalos.

- Necesidades mínimas de herramientas y equipos de apoyo.

- Rapidez en el cambio de motor, del orden de 30 minutos.

El motor EJ-200 ya ha empezado a materializarse y uno de los motores en estado que podríamos calificar de embrionario ha funcionado ya con éxito. Se trata de ir comprobando la bondad del diseño a medida que se avanza en el desarrollo del motor, e introducir oportunamente las correcciones necesarias para lograr características del motor que se persiguen. En estos primeros motores embrionarios se evalúan los criterios estructurales y mecáni-

DESCOMPOSICION DEL MOTOR EJ-200 POR MODULOS

ESTATOR DE LA TURBINA DE BAJA PRESION.

SOPORTE DE LOS COJINETES.

CARCARA ESTRUCTURAL DE LAS TURBINAS.

TURBINA DE BAJA PRESION.

CARCARA ESTRUCTURAL QUE ENVUELVE CAMARA DE COMBUSTION Y TURBINAS Y QUE CANALIZA EL FLUJO DE AIRE SECUNDARIO.

EJE QUE UNE LA TURBINA DE BAJA PRESION AL FAN.

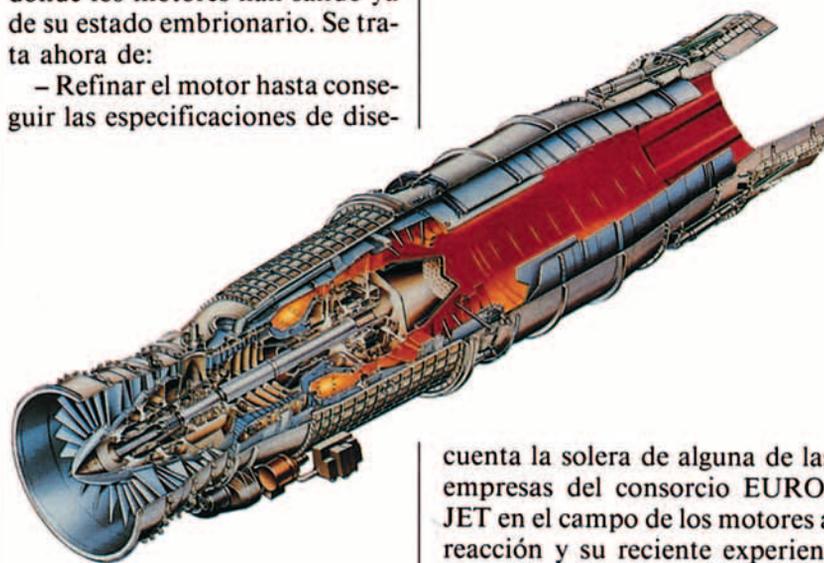
DIFUSOR DE SALIDA DE GASES.

SISTEMA DE POSTCOMBUSTION.

cos, se miden temperaturas e intensidad de vibraciones, se diagnostican y corrigen posibles limitaciones en el potencial de crecimiento del motor, se ponen de manifiesto su potencia, consumo, y rapidez de respuesta, y se obtiene información para la conjunción óptima de sus distintas partes e información sobre el comportamiento de los sistemas.

Solapándose con el final de la fase anterior, y beneficiándose de los resultados de ella, comenzará un nuevo periodo de pruebas donde los motores han salido ya de su estado embrionario. Se trata ahora de:

- Refinar el motor hasta conseguir las especificaciones de dise-



ño mediante el estudio y optimización de las actuaciones del motor, del funcionamiento de sus sistemas, de la distribución de temperaturas y dinámica de sus componentes.

- Demostrar que el motor (sus distintos componentes) resistirá la vida de servicio prevista, que su fiabilidad es también la esperada, y que los cambios de diseño efectuados en las fases de pruebas respetan las especificaciones sin introducir comportamientos anómalos en el motor.

- Determinar, aprobar, y certificar la aptitud del motor para el vuelo con pruebas que evidencien la conformación con las especificaciones.

- Confirmar el comportamien-

to correcto del motor en vuelo montado en el avión EFA. Previamente este comportamiento habrá sido ensayado en tierra en bancos que simulan las variaciones atmosféricas con la altura.

La etapa final consiste en investigar y paliar las interferencias aerodinámicas que el avión puede introducir en el motor durante las maniobras en vuelo.

El tiempo que mediará entre la concepción del motor EJ-200 y su producción en serie se aproximará a los 10 años. Si se tiene en

cuenta la solera de alguna de las empresas del consorcio EUROJET en el campo de los motores a reacción y su reciente experiencia en el desarrollo y fabricación del motor RB-199, el lector se dará cuenta de los muchos detalles que voluntaria o involuntariamente se han quedado en el tintero. No obstante, dado el enfoque divulgador que se ha dado a estas líneas, no debe evitarse el satisfacer esta pregunta curiosa que se hará algún lector: ¿Cómo es posible demostrar que los motores definitivos van a resistir algunas miles de horas de funcionamiento antes de que comience su producción en serie si no hay tiempo material para ello?

La demostración de la vida del motor se hará con una pequeña trampa piadosa: desestimando los tiempos en que se considera que el motor estará trabajando a ritmo descansado y consideran-

do sólo los tiempos estimados en que cualquiera de sus partes esté sometida a una exigencia. Veamos: cada país ha definido los perfiles de las misiones que piensa realizar y unos porcentajes de utilización. Para cada uno de estos perfiles se sacan los tiempos en que el motor estará exigido y la cuantía de la exigencia, y se amalgaman todos ellos en un solo perfil teniendo en cuenta el porcentaje de utilización de cada uno de ellos. Este perfil final, sin valor operativo, pero amalgama representativa de todos los perfiles operativos, será en duración inferior a ellos pero no permitirá descanso al motor. Así la vida del motor queda demostrada si resiste reiteradamente este perfil final durante un número de horas proporcional a la relación de tiempos perfil final/duración media ponderada de los perfiles operativos reales. A esta proporción hay que aplicar unos coeficientes correctores, según los componentes del motor, pues ni todos los componentes son sensibles al castigo por igual, ni todos reciben el castigo con igual intensidad. Con estas consideraciones la duración de la prueba de resistencia para cada una de las distintas partes del motor queda reducida entre la cuarta parte y la mitad de su vida real, que ya el lector habrá pensado que es distinta, por diseño, para cada una de ellas.

A pesar de esta serie de pruebas exhaustivas, aplicables a todos los motores a reacción, y a pesar de que los componentes del motor EJ-200 han tenido un tiempo de gestación en torno a los cuatro años, o incluso más, la experiencia con otros motores nos dice que, cuatro o cinco años más tarde, una vez el nuevo motor en servicio, saldrá a la luz alguna que otra pequeña deficiencia que habrá que corregir a posteriori. Pero esto sería completamente normal. ■