

Impacto industrial y tecnológico del programa EF 2000

JOSÉ MANUEL BUERGO VILLANUEVA
Ingeniero Aeronáutico

INTRODUCCION

Este artículo pretende dar una visión del impacto que tendrá en los próximos años la participación española en el Programa EF2000 en la industria de nuestro país, describiéndose el contenido de la participación y la carga de trabajo de las empresas de avión, motor, equipos y accesorios en las fases de Inversiones para la producción, Producción en serie y Apoyo logístico, lanzadas oficialmente hace un año.

Asimismo se refleja el número de empresas españolas que intervienen en calidad de subcontratistas, y finalmente se tratan los aspectos tecnológicos del Programa.

España participa a nivel industrial en todas las áreas del Programa: Avión, Motor, Equipos de avión y Accesorios de motor. La Tabla 1 muestra las empresas participantes en las fases de Inversiones para la producción y Producción en serie, agrupadas por sectores de actividad industrial. Tabla 1.

VALORACION DE LA PARTICIPACION INDUSTRIAL ESPAÑOLA

El Programa EF2000, el mayor proyecto militar de colaboración que jamás haya existido en Europa, ha hecho posible que nuestra industria aeronáutica, electrónica y de accesorios participe por primera vez como socios en el diseño y desarrollo de un proyecto de la más alta tecnología junto con las empresas de los países más avanzados en el campo aeronáutico, con la excepción de Francia.

Este Programa es, por tanto, beneficioso para nuestro país tanto desde el punto de vista industrial y tecnológico como de seguridad y defensa. Representa una oportunidad única para obtener un avión totalmente europeo y altamente competitivo en actuaciones, operatividad, apoyo logístico y costes de operación, y única también para que las 17 empresas españolas que participan directamente en el Programa consoliden el salto cualitativo técnico y tecnológico que ha supuesto su participación en este proyecto hasta la fecha.

El resultado de la aportación de nuestra industria, once años después de haber comenzado la fase de Desarrollo y habiéndose alcanzado la madurez del

diseño que permite acometer la Producción con garantías, es altamente satisfactorio en todas las áreas del Programa, y excede con creces las previsiones iniciales.

Se pueden considerar los beneficios obtenidos por la participación en el Programa EF2000 desde tres puntos de vista:

Beneficios desde el punto de vista industrial

- Creación de nuevas empresas como respuesta a las necesidades concretas del Programa, tales como la Industria de Turbo Propulsores (ITP) para el desarrollo y la fabricación del motor EJ200, y la Compañía Española de Sistemas Aeronáuticos (CESA) en el campo de la industria aeronáutica auxiliar (equipos mecánico-hidráulicos, válvulas, actuadores, etc.).

- Ampliación y construcción de nuevas instalaciones en empresas ya existentes (CASA, Indra Sistemas, Draeger Hispania, etc.).

- Inversiones realizadas por las empresas a raíz de la obtención de contratos del Programa, que ayudan a establecer líneas de actividad o áreas de

Tabla 1
DISTRIBUCION SECTORIAL DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL PROGRAMA

SECTOR INDUSTRIAL	EMPRESAS
AEROSPAZIAL	CONSTRUCCIONES AERONAUTICAS INDUSTRIA DE TURBOPROPULSORES CESA INTA
ELECTRONICA E INFORMATICA	INDRA SISTEMAS ENOSA TECNOBIT PAGE SAINSEL
ARMAMENTO Y MUNICIONAMIENTO	SANTA BARBARA GAMESA PARAFLY
REFRIGERACION	MITCHELL
AUXILIAR	DRAEGER HISPANIA



negocio para el futuro. En la fase de Inversiones para la producción, las empresas se van a dotar de la infraestructura industrial necesaria para hacer frente a la producción en serie con el ritmo de entregas requerido.

- El contrato de Producción va a dar estabilidad a las empresas al asegurar un volumen de trabajo y facturación importante tanto en cantidad como en calidad (tecnología) en los próximos 17 años, contribuyendo a su consolidación en el mercado de Defensa.

- Internacionalización de nuestra industria, al integrarse las empresas españolas en consorcios para la realización de los contratos de desarrollo y de producción, lo cual permi-

te el conocimiento de las capacidades de las empresas europeas y contribuye al posicionamiento estratégico de cada compañía española dentro de los diferentes sectores del mercado europeo, y a conocer mejor su situación relativa actual.

- Esta relación directa entre empresas, que quedará consolidada por el trabajo conjunto durante más de tres décadas a lo largo de todas las fases del Programa EF2000, será el embrión de futuras colaboraciones, participación en nuevos programas

tanto militares como civiles, formación de joint ventures, etc., y será un factor decisivo de cara a la futura integración de los diferentes sectores industriales de Defensa (aeronáutico, electrónico, etc.) a nivel europeo.



Tabla 2
CARGA DE TRABAJO DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA EN LA FASE DE P.I.

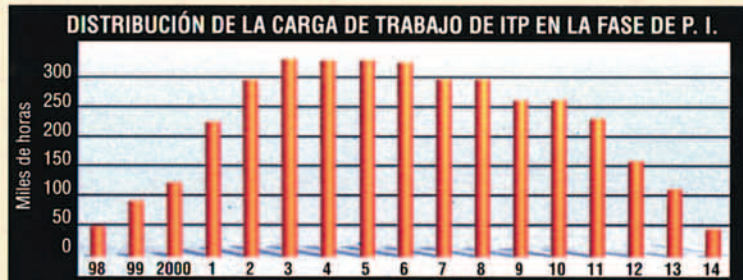
DISTRIBUCION POR EMPRESAS

	CASA	ITP	Empresas de Equipos/Acces	TOTAL
Carga de trabajo directa	6.878.094 horas	1.949.832 horas	936.661 horas	9.764.587 horas
Personas equivalentes	4.299 personas	1.219 personas	585 personas	6.103 personas

Beneficios desde el punto de vista tecnológico

- Adopción por la industria española de las metodologías y procedimientos de trabajo, de técnicas de gestión de grandes proyectos, planificación y documentación, procesos y métodos de producción, normativa de calidad y de seguridad industrial más avanzadas que se utilizan en Europa.

- Involucración desde el comienzo en todas las actividades del Programa, que van desde la evaluación de los requerimientos técnicos y operativos, los estudios de Viabilidad y Definición del Sistema hasta el diseño de detalle, integración de sistemas, fabricación de prototipos de avión, motor y equipos, y la realización del programa de ensayos en vuelo, y más recientemente la preparación para la producción, crean-



do un conocimiento (know-how) en nuestras empresas que de ninguna otra forma se podría haber obtenido.

- Desarrollo de tecnología punta con aplicación directa en el sector civil. El Programa EF2000 con-

tribuye a la independencia de la industria europea.

- Adquisición de tecnología: las empresas poseen la tecnología generada por ellas en su participación en el Programa, y el acceso a la tecnología generada por las demás empresas dentro de cada consorcio.

- Asignación real de trabajo a la industria tanto en cantidad como en calidad. La experiencia y el conocimiento que se derivan de la calidad del trabajo (tecnología) solamente se puede obtener al participar como socio en un programa de colaboración desde sus fases iniciales, y sin embargo, no es posible adquirirlo

Tabla 3
PARTICIPACION DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE EQUIPOS SIGUIENDO EL ESQUEMA SISTEMA - SUBSISTEMA - EQUIPO

Sistema	Subsistema	Empresas/Equipos
AVIONICA	Ataque e Identificación	Enosa: Radar ECR90, IFF Interrogator, IFF Transponder Tecnobit: FLIR/IRST (Infra Red Search & Track). INTA: Nose Radome.
	Guerra Electrónica	Indra: Defensive Aids Sub-System (DASS). Gamesa: Chaff & Flare Dispenser.
	Comunicaciones Transceiver.	Enosa: Communications Audio Mgmt Unit, MIDS Interface Unit, V/UHF
	Navegación	Enosa: GPS, Inertial Navigation System. Tecnobit/Enosa: Digital Map Generator
	Control de Armamento	Enosa: Safety Critical Armament Controller, NSCAC, Station Units: FSU, WPSU, ITSU. Santa Bárbara: Linkless Ammunition Box, Gun Barrel & GCJC.
	Displays & Controls IMRS	Sainsel: Warnings Panel Tecnobit: Bulk Storage Device.
FLIGHT CONTROL SYSTEM	FCS	Enosa: Flight Control Computer, Inertial Measurement Unit. Tecnobit: Air Data Transducer. CESA: Foreplane Actuator, Leading Edge Actuator System.
	Refrigeración y Control Ambiental (ECS)	CESA: LBP Valve, Ejector SOV, LR, Flapper Type Control Valve. Mitchell: Precooler, Air Cooled Fuel Cooler.
	Generación de Potencia Eléctrica	Page: DC Generator & GCU. Page/Enosa: Constant Frequency Generator & GCU.
	Windscreen Anti-Misting Combustible	Tecnobit: Windscreen Heater Control Unit. CESA: AC DE Boost Pump, External Tank Pressure Regulator Valve. CASA: 1000 L. Fuel Tank.
SISTEMAS GENERALES	Utilities Control System	Enosa: Front Computer, SPS Computer, Maintenance Data Panel & PDMS.
	Generación de Potencia (SPS) Life Support	CESA: APU, AMAD Gearbox. Draeger Hispania: MSOGS, Auxiliary Oxygen Bottle. CESA: Aircrew Services Package.
	Tren de Aterrizaje	CESA: Main Landing Gear, Nose Landing Gear, Main Wheel&Brake, Nose Wheel, Brake & Skid Control, Arrestor Hook Up-Lock Unit, Door Parachute Lock Unit, Landing Gear Selector Valve Manifold.
	Instalación de Armamento	CESA: MRAAM Eject Launcher, AHDERU, ALDERU, TEU, Multifunction Rail Launcher.
	Equipamiento de la Tripulación (AEA)	Paraffly: Flight Jacket, Lightweight Coverall, Full Coverage Anti-G Trousers, Thermal & Immersion Protection Garment, Liquid Conditioning Garment.

mediante programas de adquisición directa, contratos de compensación o de fabricación bajo licencia (diseño terminado, aspectos de seguridad, de derechos de propiedad industrial, etc.).

- Consolidación y potenciación, como consecuencia de todo lo anteriormente expuesto, de la industria española aeronáutica, electrónica y auxiliar, y por extensión, de la industria aeroespacial, sector tradicionalmente exportador, que posee mayoría de capital español.

Beneficios desde el punto de vista económico

- Generación de empleo. El número de horas directas que va a representar la participación de las empresas españolas en la fase de Desarrollo es aproximadamente de 13,6 millones, desglosándose de la forma siguiente: 6,1 millones para el avión, 4,4 millones para el motor, y 3.1 millones para equipos y accesorios.
- Estas horas corresponden en un porcentaje muy elevado a personal de alta cualificación, fundamentalmente en las áreas de ingeniería de diseño e ingeniería de fabricación.
- Importante retorno al Estado de la inversión realizada (Impuestos, licencias, ventas al exterior).

FASE DE INVERSIONES PARA LA PRODUCCION

La fase de Producción definida en la metodología L-PAPS de la OTAN se ha segregado en dos en el Programa EF2000: la fase de Inversiones para la Producción (P.I.), y la fase de Producción en Serie. De esta manera se da entidad en sí misma a la fase de P.I., y se pone de manifiesto su importancia, cuya finalidad es:

- Preparación y capacitación de la industria de avión, motor, equipos y accesorios para la producción, mediante la obtención de la infraestructura industrial necesaria para acometer la fabricación en serie con la cadencia de entregas requerida: Utillaje, Líneas de montaje de la producción, Equipos y bancos de prueba para verificación del producto de producción, etc.

Industrialización del diseño. Establecimiento del

**Tabla 4
PARTICIPACION DE EMPRESAS ESPAÑOLAS EN ACCESORIOS DE MOTOR**

Empresa	Accesorios
Enosa	DECU: Digital Engine Control Unit EMU: Engine Health Monitoring Unit
CESA	AFCS: Air Flow Control System

standard de producción como adaptación u optimización del standard final de desarrollo para la serie.

DESCRIPCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN EN LA FASE DE P.I.

Participación de CASA

Las actividades de CASA en la fase de Inversiones para la producción son:

- Gestión de Programa.
- Ingeniería de Fabricación, Ingeniería de Procesos y Métodos de optimización de la producción.
- Plan de Gestión de adquisiciones y de suministradores
- Diseño y fabricación del Utillaje de Producción, y de la Línea de Montaje de los aviones.
- Equipamiento para la realización de pruebas: Ensayos estructurales; Ensayos en banco de equipos y sistemas de Aviónica/Armamento, y de Sistemas Generales; Ensayos en Vuelo de los Aviones de producción instrumentados (IPAs).
- Retrofit al standard definitivo de los aviones del primer lote de producción.

Participación de ITP

Las actividades que se van a llevar a cabo en la fase de P.I. por parte de ITP son:

- Gestión de Programa.
- Apoyo de Ingeniería a la Producción: Documentación de producción, Ingeniería de fabricación, Gestión de configuración, Ingeniería de valor, etc.
- Utillaje para la Producción, para el montaje, inspección y pruebas de los módulos de motor, y para el montaje y pruebas del motor completo.
- Planificación de la Producción y de las Entregas. Plan de Calidad y Procedimientos de fabricación, montaje y pruebas.
- Apoyo a las Líneas de montaje de aviones (Eurofighter).
- Suministro de motores a los Aviones de producción instrumentados (IPAs).
- Otros: Sistemas de información (HW/SW), Transporte, etc.

**Tabla 5
CARGA DE TRABAJO DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA EN PRODUCCION**

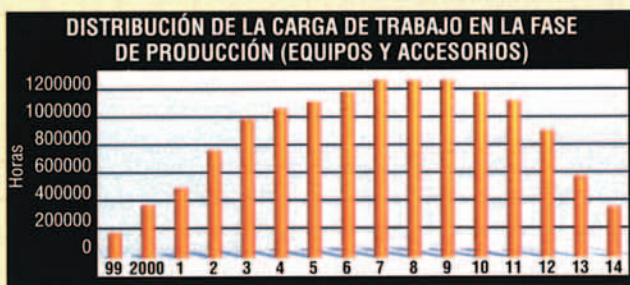
DISTRIBUCION POR EMPRESAS

	CASA	ITP	Empresas de Equipos/Acces	TOTAL
Carga de trabajo directa	11.777.000 horas	3.741.845 horas	13.906.565 horas	29.425.410 horas
Personas equivalentes	7.361 personas	2.339 personas	8.692 personas	18.391 personas

Participación de las Empresas de Equipos y Accesorios

Las actividades que el conjunto de las empresas de equipos y accesorios van a realizar dentro de la fase de Inversiones para la producción son:

- Gestión de Programa
- Ingeniería de Producción, incluyendo modificaciones o rediseños requeridos por Eurofighter o el Cliente y en su caso, recalificación.
- Ingeniería de Procesos y Métodos de producción.
- Gestión de adquisición de materiales y Gestión de suministradores.
- Plan de Gestión de la Obsolescencia (equipos de aviónica).
- Equipos y Bancos de prueba.



PREVISIÓN DE CARGA DE TRABAJO EN LA FASE DE P.I.

La carga de trabajo global prevista para la industria española participante en la fase de Inversiones para la Producción (P.I.) es de 9.764.587 horas, distribuida de manera no uniforme para CASA e ITP entre 1998 y 2014. Para la industria de equipos y accesorios, las actividades en esta fase se concentran fundamentalmente en los 4 primeros años.

En la Tabla 3.2 se muestra el nivel de la carga de trabajo directa que representa la participación de nuestra industria en la fase de P.I. del Programa, definida en los puntos 3.1.1, 3.1.2 y 3.1.3. En ella se apre-

cia que CASA absorbe el 70% de las horas presupuestadas de P.I., ITP el 20%, y las empresas de equipos y accesorios el 10%. Tabla 2.

PRODUCCION EN SERIE

La situación actual de la participación industrial española en la fase de Producción, en el conjunto de las áreas de Avión, Motor, Equipos y accesorios, es del 13,7 % del total. Esta participación se corresponde íntegramente con la aportación económica que nuestro país realiza al Programa de Producción.

DESCRIPCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN EN PRODUCCIÓN

Participación de CASA

Paquetes de trabajo de CASA en la fase de Producción:

- Fabricación: Alas derechas del avión y Slats de las alas derechas e izquierdas.
- Montaje final de los 87 aviones españoles.
- Pruebas finales de aceptación en vuelo de los aviones de producción (P.F.A.T.).
- Apoyo a la Producción: Gestión de fabricación, Ingeniería de procesos, etc.
- Retrofit al standard definitivo de los aviones del primer lote de Producción.
- Responsable de la gestión y suministro de 49 equipos de avión

Participación de ITP

Paquetes de trabajo que le corresponderán a ITP en Producción:

- Fabricación, montaje y pruebas de tres módulos del motor EJ200: Módulo Tobera Convergente-Divergente, Módulo Front Jet Pipe (FJP), y Sistemas de tuberías: Sistema hidráulico, de combustible, de aire, y de aceite.
- Montaje de los motores instalados y de repuesto para los aviones españoles.

Tabla 6
EMPRESAS SP INCLUIDAS EN LA PSL DEL AGE

ASTA	GSS	GTA							LCSS				
SSS	MSS	ESS	GLU	DTT/C	WLT	CESST	MST	GPATE	FCFB	GPU	GCU	CAL	ETE
INDRA	ESPELSA	ESPELSA	INDRA	ELCO	SENER	SENER	ELCO	INDRA	EINSA	EINSA	DRAGER	SAVILO	SETROSON
SENER	INDRA	CRISA	ESPELSA	SIC	INDRA	INDRA	SIC	SENER	CESA	SPA			
UNITEC	CRISA	TECNO-	CRISA	SENER	SPA	SPA	SENER	UNITEC	SETRO-				
ERITEL	BDE	BIT	SENER	BDE			BDE	ERITEL	SON				
TEC-	SENER		TECNO-	INDRA			INDRA	INDRA	TECNO-	SPA			
NOBIT	SAINSEL		BIT	CASA			CASA	BIT					
			SAINSEL	SPA			SPA						
				SIDO-			SIDO-						
				COR			COR						

NOTA 1: Las empresas en negrita han presentado ofertas a los respectivos concursos.

NOTA 2: Las empresas subrayadas lideran consorcios seleccionados por EF como ganadores de los respectivos concursos de ofertas.

- Pruebas en banco de aceptación (Pass-off Tests) de los motores españoles instalados y de repuesto.

- Retrofit del primer lote de motores al standard FOC.

- Transporte de los motores a la Línea de Montaje de CASA.

- Responsable de la gestión y suministro de 4 accesorios de motor.

Participación de las Empresas de Equipos y accesorios

Con el objetivo de optimizar la producción en serie de los equipos y reducir costes, se ha realizado un ejercicio de racionalización de la producción de equipos y accesorios mediante la concentración de trabajos (robust workshare) respecto al reparto que se había hecho en la fase de Desarrollo.

En esta línea, ENOSA ha sido una de las empresas del Programa EFA que más resultados ha obtenido con este proceso, pasando su participación de 35 equipos en Desarrollo a concentrarse en 19 equipos en Producción. Este proceso se ha realizado mediante el intercambio de paquetes de trabajo con otras empresas, fundamentalmente GEC Marconi y Alenia GFSA, y manteniendo el montante total de trabajo y de facturación establecido inicialmente para el contrato de Producción.

Análogamente, de los 4 accesorios de motor en que participaba CESA en Desarrollo, pasará a concentrarse en el Air Flow Control System (AFCS) en Producción, sin reducir su carga de trabajo global.

Las empresas Enosa, CESA, Tecnobit y Page lideran algunos consorcios o son suministradores únicos al Programa. Tabla 3.

PREVISIÓN DE CARGA DE TRABAJO

La carga de trabajo total prevista para la industria española en la fase de Producción es de 29.425.410 horas, distribuida desde 1998 hasta 2014.

En la Tabla 5 se muestra el volumen de la carga de trabajo directa que representa la participación de nuestra industria de avión, motor y equipos/accesorios en la fase de Producción del Programa. Se aprecia en la tabla que CASA absorbe el 40% de las horas previstas de Producción, ITP el 13%, y las empresas de equipos

Tabla 7
NÚMERO DE EMPRESAS SUBCONTRATISTAS/SUMINISTRADORES ESPAÑOLES

CASA	148 empresas	Indra	22 empresas	Tecnobit	3 empresas
ITP	42 empresas	Draeger Hisp	8 empresas	Sto Bárbara	1 empresa
Enosa	36 empresas	Page	7 empresas	INTA	1 empresa
CESA	33 empresas	Gamesa	3 empresas		

y accesorios el 47%. (Tabla 5).

APOYO LOGÍSTICO. EQUIPOS DE APOYO EN TIERRA

El área de los Equipos de Apoyo en Tierra

(Aerospace Ground Equipment, AGE) abre muchas posibilidades de participación a la industria española. Se han definido unos 1.500 AGERDs de avión (EF), y 250 de motor (EJ) en el Programa.

En la Tabla 6 se muestra como están situándose las empresas españolas respecto a una serie de equipos AGE de importancia. Además de las empresas incluidas en la tabla, las empresas ICSA, ITP, LANGA, RAMEM y TURBAIR son candidatas a concursar en otros equipos AGE, con lo que el número total de empresas españolas en AGE asciende a 24. (Tabla 6).

EMPRESAS SUBCONTRATISTAS

La participación de las empresas españolas titulares de contratos directos en el Programa ha posibilitado la consolidación de una base industrial en España con un número importante de subcontratistas y de suministradores (en torno a 300 empresas) directamente relacionados con la actividad del desarrollo del Eurofighter. (Tabla 7).

ASPECTOS TECNOLÓGICOS DE LA PARTICIPACION INDUSTRIAL

Características tecnológicas del avión

Se describen las áreas del Programa EF2000 que representan una innovación tecnológica en el diseño y fabricación de aviones militares, o bien un paso adelante significativo en el estado del arte de la tecnología existente en Europa antes de acometer este proyecto.

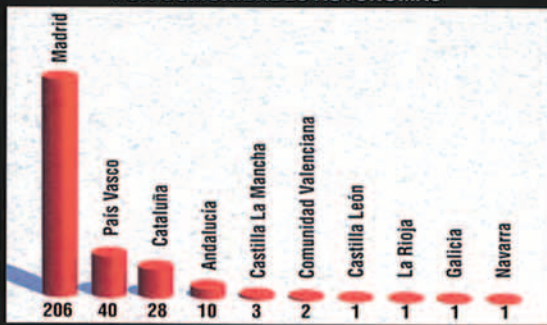
- Sistema de Control de Vuelo (FCS) 'fly-by-wire quadruplex digital'.

- El sensor primario del avión Radar ECR90, el

Sistema de Guerra Electrónica DASS totalmente integrado internamente, y el FLIR/IRST, sensor IR con capacidad Search & Track de blancos. El EF2000 será el primer sistema de armas en el mundo que incorporará este sensor, que aumenta drásticamente su efectividad en combate.

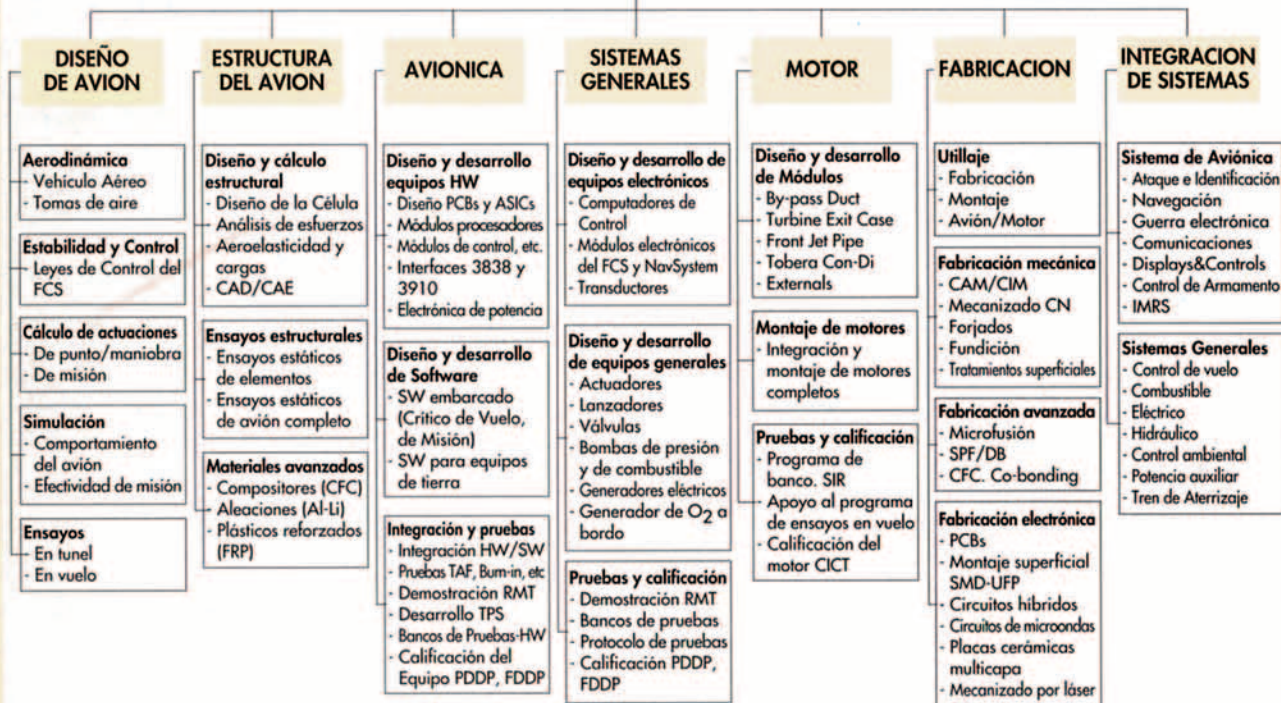
- Integración de sistemas. Sensor fusion: To-

DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS SUBCONTRATISTAS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS



AREAS TECNOLOGICAS

Tabla 7



dos los sistemas del avión están gobernados por ordenador y están integrados entre sí, de manera que la información obtenida por los sensores del sistema de armas (Radar, FLIR/IRST, DASS, etc.) se globaliza y procesa de manera conjunta.

- **Interface piloto-avión(MMI):** Priorización de la información (sensor fusion), con objeto de poner a disposición del piloto el mejor conocimiento de la situación en tiempo real, a la vez que se reduce su carga de trabajo.

- **Capacidad de autocomprobación:** los equipos del avión poseen una capacidad de autocomprobación de su estado de funcionamiento, tanto en tierra como en vuelo. En caso de malfuncionamiento se indica la repercusión del fallo producido en la seguridad del avión (crítico de vuelo), en la misión (crítico de misión), etc.

- **Implantación del concepto de Apoyo Logístico Integrado.**

- **Software:** El avión tendrá inicialmente una capacidad de 5 millones de líneas de código en su software de a bordo, que se podrá duplicar sin hacer cambios en el hardware, asegurando la capacidad de crecimiento del avión. A efectos comparativos, el Tornado IDS tenía una capacidad de 100.000 líneas, y el Tornado ADV, en 1985, de 200.000 líneas.

Adicionalmente, el Sistema EF2000 tendrá más de un millón de líneas en el software de apoyo en tierra (ASTA, GSS, GPATE, Radar-ATE, DASS-ATE, GTA, etc.)

Áreas tecnológicas

Las tecnologías utilizadas por la industria española en su participación en el Programa se pueden agrupar en las siete áreas tecnológicas siguientes:

Ingeniería de diseño del avión, Estructura del avión, Aviónica, Sistemas generales, Integración de sistemas, Ingeniería de diseño y pruebas del motor, y Fabricación.

CONCLUSION

Se puede afirmar con satisfacción que la decisión de España de incorporarse como socio al proyecto EF2000 para el desarrollo y producción del avión de combate europeo, establece un antes y un después para la industria española.

- La valiosa experiencia industrial, en sus vertientes técnico-tecnológica y de gestión de grandes proyectos de colaboración internacional, adquirida en la participación en las fases de viabilidad, definición y desarrollo del Programa, se va a completar con la producción y el apoyo logístico en los próximos 17 años, lo que permitirá consolidar un núcleo industrial aeronáutico y de electrónica de defensa español, estable y competitivo.

- Viendo el Programa EF2000 en su conjunto, estas empresas estarán ligadas al Programa EF2000 a lo largo de las diferentes fases del ciclo de vida del sistema durante más de 40 años. ■