

# D

## el COMBAT GRANDE al SACTA.

Un proceso fructífero de innovación  
tecnológica

Vicente Ortega





# **DEL COMBAT GRANDE AL SACTA**

Un proceso fructífero  
de innovación tecnológica

Vicente Ortega Castro

Primera edición: octubre 2014

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico o por fotocopias.

**Edita:**

Fundación Rogelio Segovia para el  
Desarrollo de las Telecomunicaciones  
Ciudad Universitaria, s/n  
28040-Madrid

**Imprime:**

Servicio Publicaciones  
E.T.S.I. Telecomunicación  
Universidad Politécnica de Madrid  
Ciudad Universitaria, s/n  
28040-Madrid

Diseño de cubierta y maquetación:  
Rocio Ortega

ISBN (13): 978-84-7402-403-6  
Depósito Legal: M-27622-2014

# Índice

---

<b>PRÓLOGO</b>	7
<b>PRIMERA PARTE: Crónica histórica</b>	9
Introducción y explicación	11
El entorno tecnológico e industrial de la defensa posterior a la Guerra Civil	18
El Convenio de Cooperación para la defensa mutua entre España y Estados Unidos	25
El proyecto SAGE	27
Nace la “Red de Alerta y Control”	30
El programa COMBAT GRANDE	33
Los programas pre-SACTA	41
Las políticas gubernamentales de ciencia y tecnología	46
Ministerio de Industria: Plan Electrónico e Informático Nacional (PEIN)	46
La política del Ministerio de Defensa relativa a la innovación tecnológica	52
La política de Ciencia y Tecnología	57
La colaboración Universidad-Empresa	60
Problemas con los programas	64
El programa SIMCA	69
RADAR LANZA: Historia del proceso de innovación	79
El Plan SACTA (Sistema Automatizado de Control de Tránsito Aéreo)	93
<b>SEGUNDA PARTE: Anexos descriptivos</b>	105
Anexos descriptivos	107
Anexo 1: Programa COMBAT GRANDE	109
Anexo 2: Programa SIMCA: Radar LANZA. El sistema de defensa aérea/Sistema de mando y control aéreo	131
Anexo 3: Radar 3D	141
Anexo 4: El Sistema Automatizado de Control de Tránsito Aéreo (SACTA)	153
Anexo 5: Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y empresas	183



## PRÓLOGO

La inversión en investigación, desarrollo e innovación resulta altamente rentable a la luz de los resultados obtenidos con desarrollos y productos operativos eficientes, al mismo tiempo que dicho esfuerzo conduce a elevar el nivel tecnológico nacional. Es el caso de los logros tecnológicos realizados en la investigación de las comunicaciones y la electrónica lo que ha propiciado el desarrollo del actual Sistema Integrado de Mando y Control Aéreo.

La monografía comienza realizando un recorrido por el entorno tecnológico e industrial de la Defensa en España desde los años sesenta hasta la actualidad, continúa relatando las líneas de la política nacional de investigación en ciencia y tecnología a partir de los años 70, sin olvidar la colaboración entre universidad y empresa en proyectos relacionados con el control de tráfico aéreo. Finalmente, se centra en detallar las claves de la evolución y la génesis del actual sistema de defensa aéreo español.

Fruto de esta evolución llevada a cabo desde los años 70 se ha llegado a lo que se conoce como tecnologías duales, es decir, al servicio civil y militar. Lo que comenzó con tecnología adquirida a otros países, la Red de Alerta y Control del Ejército del Aire, ha culminado con el programa SIMCA (Sistema Integrado de Mando y Control Aéreo) en el plano militar y el programa SACTA (Sistema Automatizado de Control y Tráfico Aéreo) en el plano civil.

Especial relevancia toma este cuaderno de la Cátedra ISDEFE-UPM, porque al hablar de este caso de éxito en el que han colaborado a lo largo de su periplo instituciones, empresas y universidades españolas, estamos hablando de ISDEFE, como empresa de ingeniería y consultoría que ha participado desde el principio en ambos programas.

Hoy, estas tecnologías desarrolladas en un entorno innovador impulsado por el esfuerzo de todos, se sitúan con la capacidad de competir en el difícil mercado global.

Vicente Ortega, Director de la Cátedra ISDEFE-UPM ha sido el relator de este caso de éxito en investigación, desarrollo e innovación que nos muestra que la continuidad, la colaboración y la confianza en nuestras capacidades son la punta de lanza del desarrollo futuro.

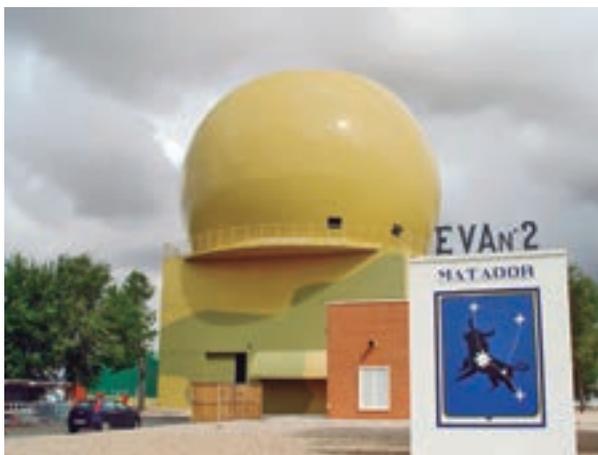
Francisco Quereda  
Consejero Delegado de Isdefe

PRIMERA PARTE:  
**CRÓNICA HISTÓRICA**



## INTRODUCCIÓN Y EXPLICACIÓN

El 12 de diciembre de 2013, un medio de comunicación publicaba un reportaje titulado *Desconexión, apagado del último radar de la ayuda americana*. Fue en el Escuadrón de Vigilancia Aérea (EVA) nº 2 *Matador*, situado en Villatobas (Toledo). Se cerraba así un ciclo histórico que empezó en 1958 cuando comenzaron a instalarse sistemas de radar por toda la geografía española desplegándose la Red de Alerta y Control del Ejército del Aire, que ha continuado ampliándose y modernizándose con programas como los COMBAT GRANDE I y II -en la década de los 70- y el programa SIMCA (Sistema Integrado de Mando y Control Aéreo), a partir de los años 80 y actualmente en vigor.



EVA nº 2, en Villatobas.  
(Foto: Ejército del Aire)

Los primeros programas se implantan como consecuencia de una de las líneas prioritarias del Convenio de ayuda para la mutua defensa entre los Estados Unidos y España, firmado en septiembre de 1953. Este convenio fue actualizado en sucesivas firmas -en los años 1970, 1976, 1982, 1989 y 2003-, y tuvo mucha importancia para el desarrollo económico de España, sobre todo en el área de la defensa.

Se apagaba un radar pero se encendía otro. Hasta bien entrados los años 80, todos los radares instalados eran de procedencia estadounidense, fabricados e instalados por empresas de Estados Unidos y, al principio, operados por la USAF (*United States Air Force*). Posteriormente,

militares del Ejército del Aire e ingenieros de empresas españolas fueron colaborando en la instalación, operación y fabricación de partes.

Pues bien, a partir de los años 80 se va estableciendo un proceso de nacionalización de las tecnologías, de manera que surgen nuevas empresas españolas que van desarrollando equipos y sistemas de control de tráfico aéreo. Primero, militares; y luego, civiles y militares que se instalan en dependencias españolas gubernamentales, que gozan de calidad contrastada y que son posteriormente exportadas a muchos países del mundo, incluso a algunos con un estatus tecnológico general superior al español.

Se trata, pues, de un largo proceso -desde los años 50 hasta nuestros días-, que puede ser estudiado desde varios puntos de vista, y ya lo ha sido desde la faceta de la organización, estrategia y medios de la Red de Alerta y Control del Ejército del Aire (programa SIMCA) o del Sistema Automatizado de Control del Tráfico Aéreo Civil (programa SACTA). Ambos programas proceden de los programas estrictamente militares -los ya citados COMBAT GRANDE I y II- y son la continuación de un proceso de innovación tecnológica en España de raíz militar, luego también civil, que con sus luces y sus sombras ha colocado las tecnologías asociadas a estos programas en un lugar destacado dentro del panorama mundial, tecnologías e innovaciones desarrolladas por instituciones, empresas y universidades españolas.

El punto de vista que este Cuaderno desarrolla es el estudio de un caso de éxito de innovación tecnológica. Desde que J.A. Schumpeter describiera y definiera, en los años siguientes a la Segunda Guerra Mundial, la importancia de la innovación como condición esencial para el desarrollo económico, numerosos e importantes economistas han seguido estas doctrinas publicando muchos tratados en torno a la misma, a su gestión, al apoyo a políticas de innovación por parte de los poderes públicos, a la generación de emprendedores (empresarios innovadores) y a otros muchos aspectos, de modo que, desde los años 90 hasta nuestros días, las palabras “innovación” y “emprendedor” se han convertido en iconos referentes del lenguaje asociado a las economías modernas y al desarrollo tecnológico.

En Europa, en el año 1995, se publica el *Libro Verde de la Innovación*, que venía precedido por el *Libro Blanco sobre Crecimiento, Competitividad y Empleo* de 1994. Se pone en circulación la llamada “paradoja europea”, que llamaba la atención sobre la buena, a veces excelente, situación de los resultados de la I+D, expresados en publicaciones científicas relevantes y, por el contrario, la menor tasa de patentes de producción empresarial, y de presencia en los mercados de productos nuevos y competitivos. O, dicho de otro modo, se señalaba que los países de la Unión Europea figuraban en la vanguardia mundial de la producción científica, pero estaban atrasados en la transferencia de tecnología hacia el mundo industrial, lo que producía una pérdida de competitividad en un entorno cada vez más globalizado.

Resultado de estas llamadas de atención fue la importancia que cobraron las políticas de innovación. Como ejemplo cercano, en España, las tres primeras ediciones (1988-91; 1992-95 y 1996-99) del Plan Nacional se denominaron de I+D (Investigación y Desarrollo), y en las tres siguientes (2000-03; 2004-07 y 2008-11) pasó a denominarse Plan Nacional de I+D+i (Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica). Así pues, la cultura de la innovación también llegó a España y se implantó en las dos últimas décadas.

A su vez, dentro de las muchas y grandes áreas de actividad humana en que pueden producirse las innovaciones, una de las que despertó más atención fue la relacionada con la tecnología y, dentro de este ámbito, cobraron mucha importancia las tecnologías de los sistemas de armas, las tecnologías para la Seguridad y la Defensa. Esta importancia deriva de la enorme influencia sobre las políticas de ciencia y tecnología de los Estados Unidos de América en las innovaciones de tipo militar, durante y después de la Segunda Guerra Mundial, de lo cual es buena muestra el célebre informe de Vannevar Bush: “Ciencia, la frontera sin fin” (*Science, the Endless Frontier*).



Vannevar Bush fue portada de la revista Time en abril de 1944.  
(Portada: Ernest Hamlin Baker)

Quienes deseen conocer con más detalle estas políticas, que luego fueron exportadas a Europa, pueden leer el Cuaderno nº 8 de la Cátedra *La innovación en Seguridad y Defensa: aplicaciones duales de las tecnologías*. En este Cuaderno podrán encontrar definiciones y clasificaciones de las innovaciones y el desplazamiento que se ha producido últimamente hacia lo que ha dado en llamarse impropia­mente “tecnologías duales”, para enfatizar el hecho de que son las aplicaciones de las tecnologías las que pueden orientarse hacia lo militar o hacia lo civil y que, actualmente, el predominio de la innovación tecnológica está en el lado civil y se trasvasa en gran medida al mundo militar<sup>1</sup>.

Puesto que hablamos de tecnología, convendrá que expliquemos qué conceptos encierra esta palabra ya que, como todo lo que en una época alcanza gran prestigio e importancia, su utilización es muy diversa, muy interesada y muchas veces incorrecta o limitada. También sobre el significado de la palabra tecnología se ha escrito mucho, pero casi siempre se limita su campo al de la ingeniería y su vinculación

---

<sup>1</sup> *La innovación en Seguridad y Defensa: aplicaciones duales de las tecnologías*. V. Ortega, M. Gamella, J. Molas, C. Martí. Edita: Fundetel. Julio 2011. M-28048-2011.

con la ciencia, por un lado, y con la economía, por otro. De todas las definiciones que he encontrado, y que explico a mis alumnos en clase, la más completa y moderna, y que mejor explica el fenómeno de la innovación, es la contenida en el libro *The Culture of Technology*<sup>2</sup> que define la tecnología como *la aplicación del conocimiento científico y de los procedimientos técnicos a la realización de tareas prácticas por medio de sistemas organizados que comprenden personas y organizaciones, seres vivos y máquinas.*

La tecnología, en su sentido más amplio, comprende tres ámbitos, tal como se ilustra en la figura.



Concepto amplio de tecnología

Para que haya innovación tecnológica es necesario que confluyan partes de los tres ámbitos. Quien haya estudiado la historia de la tecnología podrá reconocer, en momentos determinados y en países concretos, cómo las culturas de la creatividad y el riesgo, la formación científico-técnica y las políticas económicas se realimentan y dan lugar a periodos de innovación tecnológica.

<sup>2</sup> *The Culture of Technology*. Arnol J. Pacey. MIT Press edition. 1983.

Con frecuencia se tiende a considerar que el ámbito científico-técnico es el más importante en el fenómeno de la innovación, y a veces el único, y se olvida que tiene que haber personas que crean en la innovación, que emprendan acciones creativas, que arriesguen capitales y esfuerzos, y que haya políticas de los gobiernos y de las instituciones que promuevan y apoyen la investigación, el desarrollo y la innovación.

Hay multitud de casos estudiados en la literatura de países como Estados Unidos y el Reino Unido sobre historias de innovaciones. En España, hasta donde conozco, apenas existen estudios de este tipo. Sí existen, en cambio, estudios, publicaciones, seminarios, cursos y actividades sobre los conceptos de innovación, emprendimiento, gestión y organización de estas actividades, pero muy poco sobre descripción de casos de éxito o de fracasos. Ciertamente, en nuestro país se ha desarrollado menos tecnología que en los países antes citados, pero se han hecho muchas cosas y se han hecho bien, y de aquí la idea de estudiar algunos casos para sacar conclusiones que ayuden a orientar futuras políticas de innovación tecnológica y he empezado por un caso relacionado con las políticas de Seguridad y Defensa, por un gran programa que fue el COMBAT GRANDE, de naturaleza militar, que en la década de los 80 del pasado siglo XX propició un salto en la innovación tecnológica en España, en un sector que ha tenido posteriormente una repercusión positiva, tanto en el mundo militar, con el programa SIMCA (Sistema Integrado de Mando y Control Aéreo), como en el ámbito civil, con el programa SACTA (Sistema Automatizado de Control del Tránsito Aéreo), programas ambos en los que ha participado Isdefe desde su comienzo y en sus diversas fases, que continúan actualmente.

Este Cuaderno tiene dos partes diferenciadas. La primera y principal es el relato de un proceso largo y complejo. Partiendo del estado de la tecnología y de las industrias en el sector de la defensa en el periodo posterior a la Guerra Civil, se describen, a grandes rasgos, las políticas, los hechos relevantes, y algunas de las personas y empresas intervinientes en los programas descritos. Posteriormente, en forma de Anexos, se incluyen publicaciones más detalladas sobre algunos de los programas realizados, en su momento, por especialistas y protagonistas de dichos programas. Agradezco a los directivos de las revistas del

Ejército del Aire citadas y a Aena su autorización para publicar sus artículos y documentos.

Siempre que en un libro o artículo se citan instituciones o personas, cabe decir aquello de “son todos los que están pero no están todos los que son”. Sin duda hay una lista más larga de gentes que, desde diversas funciones, han contribuido a este proceso de innovación. Por otra parte, no resulta fácil obtener datos e informaciones de otras instituciones y personas. En todo caso, el lector interesado puede buscar informaciones adicionales, y completar y ampliar este estudio.

Finalmente, señalaré que hay otros casos de éxito de procesos de innovación tecnológica, tanto en el sector militar como en el civil, y sería bueno irlos describiendo para poder conocer, apreciar e imitar estos casos en que podemos sentirnos orgullosos de contribuir al desarrollo tecnológico.

## EL ENTORNO TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL DE LA DEFENSA POSTERIOR A LA GUERRA CIVIL

En España hubo siempre una notable industria de armas. No olvidemos que en los siglos XVI y XVII España era un imperio en guerra con países europeos y conquistando un continente. Sin duda, parte del éxito en las batallas y en la conquista se debió a la superioridad en la fabricación de armas, pólvoras y municiones, y al desarrollo de las artes de navegar. No es éste el lugar ni el momento para describir la tecnología de las armas en aquellos años, pero el lector interesado puede consultar los libros reseñados a pie de página<sup>3</sup>.



Vista de Sevilla, centro de partida de las flotas de Indias, a finales del siglo XVI. (Obra pictórica atribuida a Alonso Sánchez Coello. Museo de América. Madrid).

Dando un salto y colocándonos en el periodo denominado de la autarquía (1938-1958), la situación, a grandes rasgos, era la siguiente:

---

<sup>3</sup>*Técnica e ingeniería en España. El Renacimiento*. M. Silva Suárez, editor. Real Academia de Ingeniería. 2004. // *Historia de la tecnología en España*. Salvat Editores // *Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Volúmenes 14 y 34. Akal editores.

- a) En explosivos y armas de fuego convencionales, había un conjunto de Empresas Nacionales (E.N.) -es decir, de titularidad y control del Estado-, que estaban distribuidas por todo el país junto con otras empresas privadas radicadas principalmente en el País Vasco. Las empresas nacionales y su año de creación son las siguientes: E.N. Explosivos de Granada (finales del siglo XV); E.N. Sevilla (1560); E.N. Pol Explosivos Murcia (1633); E.N. Toledo (1761); E.N. Trubia (1794); E.N. Oviedo (1794); E.N. Palencia (1936); E.N. Coruña (1936); E.N. CETME (1949); y E.N. Valladolid (1949)<sup>4</sup>. La dispersión geográfica, la redundancia en los productos fabricados, la dimensión de las empresas y su falta de cultura de competitividad hacían que el conjunto fuera ineficiente.
- b) En el sector aeronáutico, España tuvo, en los comienzos del siglo XX, una actividad industrial y militar notable. Ya en 1911, la empresa “Hispano Suiza” y otros talleres militares fabricaban motores y aviones, que fueron empleados en 1913 en la guerra de Marruecos. En 1923 se fundó “Construcciones Aeronáuticas, S.A.” (CASA). Estas empresas, junto con otras como “Elizalde”, fabricaban aviones y componentes con tecnologías propias, y suministraban al Ejército español y exportaban a ejércitos de otros países europeos. El control de CASA fue transferido al INI (Instituto Nacional de Industria) en el año 1943; y “Elizalde” fue nacionalizada en 1951, pasando a denominarse ENMASA (Empresa Nacional de Motores de Aviación).
- c) En el sector naval, España había sido una potencia científica y tecnológica en los siglos XV y XVI, y en el XVIII quedó establecida la estructura industrial y militar con los arsenales de Cádiz, Cartagena y Ferrol, cuya gestión fue nacionalizada por el INI en 1947 y creada la nueva empresa E.N. Bazán<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup>Estos datos están tomados del libro *Military Production and Innovation in Spain*, Jordi Molas Gallart, Harwood Academic Publishers, 1992. (Quien desee conocer con mayor detalle la situación industrial puede consultar este libro).

<sup>5</sup>La Casa de la Contratación de Sevilla fue *La primera institución gubernamental para el progreso de la tecnología*. (*Cosmographers and Pilots of the Spanish Maritime Empire*. Ursula Lamb. Arizona University). Por otra parte, Manuel Silva, en el libro *Técnica e Ingeniería en España, I: El Renacimiento*, señala cómo Europa aprendió a navegar en libros españoles).



Trabajos en el arsenal de Cartagena, siglo XVIII. (Imagen: Región de Murcia digital)

- d) Poco puede decirse del sector de automática y electrónica de la defensa. El INI tomó la mayoría del capital de EISA (Experiencias Industriales, S.A.) en 1947 y creó ENOSA (Empresa Nacional de Óptica, S.A.) para producir material óptico.

El panorama científico y tecnológico había quedado bastante destruido como consecuencia de la Guerra Civil. Numerosos profesores e investigadores marcharon al exilio de modo que en el sector civil apenas existía capacidad potencial de innovación.

Sin embargo, fue el estamento militar el que adoptó varias iniciativas en el sector industrial y tecnológico -que podrían enmarcarse en lo que actualmente se denominan políticas de innovación tecnológica- que, a grandes rasgos, son las siguientes:

- a) Creación del INI en septiembre de 1941. Su primer presidente fue Juan Antonio Suances, almirante-ingeniero de la Armada. Entre los objetivos principales de este Instituto estaban:
- 1) La necesidad de poner en marcha un esfuerzo de industrialización que permitiera el despegue económico del país y el lanzamiento de una economía potente;
  - 2) el reconocimiento de la incapacidad de la iniciativa privada para asumir el esfuerzo inversor y la asunción de la carencia endémica de empresarios;

- 3) la asociación entre la industrialización y la defensa nacional; y
- 4) la aceptación de que no existían instituciones de crédito apropiadas para financiar los programas de industrialización<sup>6</sup>.



Instituto Nacional de Industria

Como se verá posteriormente, esta institución tendría un papel importante en la reestructuración del sector industrial de la defensa. Y resulta curioso comprobar cómo algunas de las debilidades señaladas sobre la industrialización siguen teniendo actualidad.

- b) Creación del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), en 1942, como organismo autónomo del Ministerio del Aire -creado en 1939-, bajo el impulso decisivo del entonces ministro del Ejército del Aire Juan Vigón Suero-Díaz, teniente general ingeniero. Los objetivos eran recuperar e impulsar las industrias y tecnologías de la aviación especialmente en el sector militar pero también en el apoyo al sector civil<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup>Un estudio detallado de la influencia del estamento militar en la política industrial y tecnológica de la posguerra española puede estudiarse en *Estado, ciencia y tecnología en España: 1939-1997*, de Luis Sanz Menéndez, Alianza Universidad.

<sup>7</sup>Un tratamiento más detallado de la historia del INTA y de las industrias y tecnologías aeronáuticas puede encontrarse en el capítulo *Aeronáutica, tecnología, ciencia y política en las dos primeras décadas de la historia del INTA* de J.M. Sánchez Ron, en el libro *LXXV años de la industria aeronáutica española*, Fundación Aena, 1999.



Estación espacial de seguimiento del INTA en Robledo de Chavela (Madrid), que forma parte de la Red de Espacio Profundo de la NASA estadounidense

- c) Creación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en septiembre de 1939. La parte dedicada al desarrollo industrial y tecnológico recayó en el Patronato Juan de la Cierva (PJC), cuyo primer presidente fue el citado Juan Antonio Suances. Esta institución estuvo muy ligada a la política del INI con una actividad importante en el sector industrial y militar. Varios miembros del Comité Ejecutivo del patronato eran militares, como por ejemplo el general de Artillería Joaquín Planell -quien también fue vicepresidente del INI (1945-51) y ministro de Industria (1951-62)- o el contralmirante-ingeniero de la Armada José María Otero Navascués, que fue director del Instituto de Óptica Daza de Valdés y, posteriormente, presidente de la Junta de Energía Nuclear (1958-1974)<sup>8</sup>.
- d) Creación de la Junta de Energía Nuclear, en 1951, con objetivos claramente militares y cuyos cuatro primeros presidentes fueron destacados militares, tales como el ya citado Juan Vigón Suero-Díaz, teniente general-ingeniero (1951-55), Eduardo Hernández Vidal, general de división-ingeniero (1955-58), el citado Otero

---

<sup>8</sup>El lector interesado en conocer las actividades del PJC puede consultar el documento El Patronato Juan de la Cierva, 1946-1960. Entre la unidad de la ciencia y el interés nacional. Santiago López García. Fundación Empresa-Pública.

Navascués (1958-1974), y Jesús Olivares Baqué, teniente general (1974-81). Actualmente, este centro es el Centro de Investigaciones Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

- e) Además de estos grandes centros e instituciones, el Ejército de Tierra y la Armada mantenían o creaban una serie de centros de ensayos y pruebas que, en algunos casos, realizaban tareas de innovación, y de Investigación y Desarrollo, para el apoyo a las necesidades de las Fuerzas Armadas y a las industrias de defensa.
  
- f) Estos centros eran: la Fábrica Nacional de La Marañosa (FNM), creada en 1923, donde se realizaban experimentos y ensayos con pólvoras, municiones y, en etapas más recientes, investigaciones en el área de NBQR (Nuclear, Biológica, Química, Radiológica); el Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada (CIDA), procedente del Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (LTIEMA) creado en el año 1944 para el estudio y desarrollo de problemas de mecánica de precisión, radioelectricidad, medios acústicos y ópticos, y direcciones de tiro y que, posteriormente, se ampliaría a las áreas de la electrónica y la fotónica; el Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería (TPYCEA), fundado en 1898 para prestar servicios de metrología a las fábricas y centros del Cuerpo de Artillería y, posteriormente, a diseño y prueba de radares, guiado de misiles, electrónica y otros; el Laboratorio Químico Central de Armamento (LQCA), creado en 1939 por la reunión de laboratorios de Artillería, Ingenieros e Intendencia para la realización de pruebas con materias explosivas y propulsantes; el Polígono de Experiencias de Carabanchel (PEC), fundado en 1939 para la elaboración de tablas de tiro para la artillería, labor que se venía haciendo desde 1880 en ECT (Escuela Central de Tiro), y que posteriormente haría trabajos de simulación; y, por último, el Centro de Ensayos Torregorda (CET), de creación jurídica en 1999 pero que funcionalmente procede de la Academia Teórica de Artillería de Cádiz (1751) y de la Escuela de Matemáticas para la Artillería de Cádiz (1685), que realiza experimentos con disparos de artillería y misiles, estudio de trayectorias, pruebas con radares y otras.

Actualmente, todos estos centros están integrados en el Instituto Tecnológico de La Marañosa (ITM). Además de estos centros, en el año 1928 fue creado el CEHIPAR (Canal de Experiencias Hidrodinámicas del Pardo) donde se llevan a cabo investigaciones y ensayos en el sector naval<sup>9</sup>.

Este panorama, expuesto a grandes rasgos, pone de manifiesto la gran importancia que tuvo el estamento militar en la política industrial y tecnológica de España, tanto en la militar como en la civil. No fue fruto de la casualidad. Sin duda, el poder militar después de la Guerra Civil era muy grande y contaba con una estructura fuertemente jerarquizada, idónea en periodos de reconstrucción.

Pero no puede olvidarse la herencia de las denominadas comisiones de movilización que, compuestas por militares con formación técnica procedentes de los cuerpos de Ingenieros y de Artillería, se formaron en España después de la Primera Guerra Mundial y, además de formarse técnicamente, estudiaron las posibilidades tecnológicas e industriales de España y se preocuparon de establecer planes para coordinar las industrias con actividades en sistemas de armas con la política militar. A estas comisiones de movilización pertenecían la mayoría de las personas citadas y otras muchas que constituyeron lo que hoy podríamos llamar “complejo militar -industrial-académico” vía Gobierno-INI-PJC<sup>10</sup>.

Como señala Jordi Molas, “a pesar del triunfalismo del nuevo régimen y de los cambios en la estructuras de la propiedad, la industria militar se encontró con enormes dificultades durante los años cuarenta. Dificultades de financiación, de suministros de materiales, componentes y equipos dificultaban los esfuerzos para reconstruir y modernizar

---

<sup>9</sup>Para más detalles, puede consultar el libro *Investigación, Desarrollo e Innovación: I+D+i en el sector de la defensa, análisis de la situación (1995-2005)*. V. Ortega, M. Gamella, R. Coomonte, A. Quiñones. Cuaderno nº 2, Cátedra Isdefe-UPM. 2007. Accesible en formato pdf en el apartado “documentos” de la web <http://catedraisdefe.etsit.upm.es/>

<sup>10</sup>Este tema está tratado con más extensión en el documento *Política tecnológica versus política científica durante el franquismo* de Luis Sanz Menéndez y Santiago López García. Doc. nº 97-01, Instituto de Estudios Sociales Avanzados (CSIC), además de en los artículos de estos autores citados anteriormente.

la base industrial militar. La derrota de las potencias del Eje, y el bloqueo político y económico internacional a España, ahondaban estos problemas y hacían muy difícil el acceso a tecnologías extranjeras”.

## **EL CONVENIO DE COOPERACIÓN PARA LA DEFENSA MUTUA ENTRE ESPAÑA Y ESTADOS UNIDOS**

En septiembre de 1953 se firmaron, por parte de España y Estados Unidos, tres convenios muy relacionados entre sí:

- Convenio de Ayuda para la Mutua Defensa, que facilitaría ayuda militar a España.
- Convenio de Ayuda Económica, para la adquisición de bienes y servicios en Estados Unidos.
- Convenio Defensivo, por el cual, y tal como señalaba el capítulo 2 del convenio, EE.UU. facilitaría material y equipos militares para la modernización de los sistemas de defensa de España entre los cuales se encontraba la instalación y operación de una red de alerta y control aéreo por parte de EE.UU. y la utilización conjunta de una serie de bases aéreas y navales. Estos convenios, además de las importantes consecuencias de tipo político, económico y social, tendrían posteriormente mucha influencia en la modernización de los sistemas de armas y en el nacimiento y despegue de industrias españolas que es el aspecto que nos interesa en este estudio sobre todo en las sucesivas prórrogas del convenio en los años 1970, 1976, 1982, 1989 y 2003.

La necesidad de estos convenios nace de la preocupación en EE.UU. por extender el sistema defensivo occidental, incorporando a España a dicho sistema, dada la situación geoestratégica de España y su declarado anticomunismo que tanto preocupaba a los estadounidenses en plena guerra fría. La Segunda Guerra Mundial había demostrado que, si bien todos los sistemas de armas y los ejércitos son importantes, el papel jugado en dicha guerra por la tecnología en general, y por el arma aérea en particular, fue importantísimo.

Entre las misiones de la defensa de un país está la de proteger a la nación, su territorio y sus ciudadanos de una invasión extranjera, para lo cual era necesario, además de fuerzas terrestres y marítimas, disponer de unas fuerzas aéreas con aviones capaces de impedir la invasión y, previo a ello, un sistema de alerta y control del espacio aéreo que permita avisar con tiempo de la invasión, y preparar la interceptación y defensa. Bueno será recordar la importancia que tuvo el Radar en la batalla de Inglaterra, lo que llevó a Churchill a afirmar que había sido el radar el artífice de la victoria: *Radar won the Battle of Britain*.

La necesidad es, pues, percibida por los Estados Unidos de América en el ambiente imperante de la guerra fría, y busca la extensión de su sistema defensivo a Europa y, en particular, a España. Por lo que respecta a nuestro país, la necesidad es más bien de tipo político, pues era necesario el reconocimiento internacional de la mano de la primera potencia mundial, a la vez que se obtenían sistemas de armas modernos y, como se verá, tecnologías nuevas. La llegada de un general a la presidencia de EE.UU., el general Eisenhower, facilitó las relaciones internacionales en un momento en que se necesitaban en España.

La firma de estos convenios tuvo una gran repercusión en España, como demuestra la página del diario ABC cuya copia se incluye.



El 27 de septiembre de 1953, el diario ABC se hizo eco de los convenios de ayuda para la mutua defensa firmados entre España y Estados Unidos

## EL PROYECTO SAGE

En realidad, en EE.UU. se estaba desarrollando el proyecto SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*), que, por su importancia en las relaciones del desarrollo tecnológico con la defensa, las relaciones entre universidades y fuerzas armadas, y ser un precedente del programa COMBAT GRANDE español, creo oportuno dedicar unas líneas a este programa que fue impulsado y financiado por la USAF (*United States Air Force*).

Después de la primera experiencia soviética con la bomba atómica en 1949, en Estados Unidos surgió una preocupación por la vulnerabilidad de la nación ante un ataque aéreo por parte de la URSS. Como sucede en estos casos, en EE.UU. se constituyó un comité, en diciembre de 1949, denominado ADSEC (*Air Defence Systems Engineering Committee*) para estudiar la situación y proponer medidas.



Interior del Centro de Combate del SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*), en Hancock Field, Nueva York. (Foto: *US Air Force*)

El comité llevó a cabo una serie de consultas con los laboratorios de la Fuerza Aérea, con las empresas del sector y con el RLE (*Research Laboratory of Electronics*) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), institución que tenía una fuerte vinculación con el Departamento de Defensa (DoD). La guerra de Corea (1950-1953) aumentó esta preocupación y se llegó pronto a la conclusión de que era necesario establecer “una red nacional integrada de defensa aérea basada en radares y armas antiaéreas unidas por computadoras digitales”.

Finalmente se llegó a un acuerdo con el Lincoln Laboratory del MIT y, en 1951, comenzó el programa de I+D del SAGE, en lo que se ha considerado como el proyecto militar de I+D más grande de EE.UU. después del proyecto Manhattan, de modo que el presupuesto durante la década siguiente ascendió a ocho billones de dólares<sup>11</sup>.



Operador del SAGE frente a una consola del sistema, con una pistola de luz. (Foto: IBM)

El cerebro de la red era el computador, que debería procesar gran cantidad de datos en tiempo real. Afortunadamente, en el propio MIT, en laboratorios próximos al Lincoln, se estaba desarrollando otro proyecto militar, en este caso financiado por la ONR (*Office of Naval*

---

<sup>11</sup>Estas consideraciones en torno al SAGE están tomadas del libro *The cold war and american science: the military-industrial-academic complex at MIT and Stanford*. Stuart W. Leslie, Columbia University Press, New York, 1993.

*Research*), que era el desarrollo del computador digital Whirlwind, que pronto pasó a formar parte del Proyecto SAGE.

Los logros tecnológicos del proyecto fueron muchos y muy importantes, y muy pronto tendrían su repercusión también en aplicaciones civiles. Particularmente resulta conocido el hecho de que IBM utilizó las patentes y conocimientos del MIT para producir, en los años cincuenta, una segunda generación de computadores basados en Whirlwind, que llevó a que “el proceso de datos en tiempo real se inició en 1958 con el ordenador SAGE, fabricado por IBM para el sistema de defensa aérea de los Estados Unidos. Este ordenador fue el primero que incorporó memoria de núcleos magnéticos de ferrita, tecnología básica de memorias de ordenador hasta finales de los años setenta”<sup>12</sup>. Asimismo, el sistema de reservas de billetes en líneas aéreas, puesto en servicio en los años sesenta y denominado *Semiautomatic Business-Research Environment*, claramente, hasta en el nombre, deriva del proyecto SAGE<sup>13</sup>.

Otra consecuencia del proyecto SAGE fue la creación de un *spin-off* de los laboratorios Lincoln, una empresa de ingeniería de sistemas denominada MITRE (MIT *Research*), empresa sin ánimo de lucro dependiente del DoD encargada de dar soporte técnico a las empresas fabricantes de los sistemas de armas para la defensa. Pasar del laboratorio a la cadena de producción es algo que la universidad no hace bien y puede generar problemas. De ahí que en el año 1958 se llevara a cabo esta división, que luego sería repetida en otros lugares de Estados Unidos y en países europeos. El fenómeno de las empresas

---

<sup>12</sup> *Senderos, caminos y autopistas de información*. José Morales Barroso. L&M Data Communications, S.A. 1999.

<sup>13</sup> Resulta interesante llamar la atención a otro fenómeno derivado del Programa SAGE y del procesamiento en tiempo real de datos que fue el comienzo de la transmisión de datos entre ordenadores que llevó a cabo la AT&T a petición de IBM. En España, la entonces CTNE (Compañía Telefónica Nacional de España), respondiendo a una petición de la USAF, tuvo que instalar cuatro circuitos entre la Base de la Rota y Washington para transmitir datos a 2400/4800 bps. Esto fue en los primeros años 60 y Telefónica se adelantaba a otras empresas en las técnicas de comunicación de datos. También por esta época IBM-España pidió a la CTNE que le suministrara líneas para enlazar sus ordenadores modelo 1001. Estos datos están tomados del libro *100 años de Informática y Telecomunicaciones, España Siglo XX*, de Luis Arroyo Galán. Editado por Fundetel, Madrid 2005.

*spin-off*, que llegó a las universidades españolas en la década de los noventa, tuvo, pues, su origen en el MIT, y la mayoría de 60 empresas salidas del Instituto lo fueron con contratos del Departamento de Defensa. Conviene recordar que en España la creación de Isdefe estuvo inspirada, en parte, por el modelo MITRE<sup>14</sup>.

## **NACE LA “RED DE ALERTA Y CONTROL”**

El primer sistema de defensa aérea español, la Red de Alerta y Control, comienza a planificarse e implantarse poco después de la firma del convenio entre España y Estados Unidos, y como consecuencia del mismo. Entre 1953 y 1960 se crearon siete Escuadrones de Alerta y Control (EAC), posteriormente denominados EVA (Escuadrón de Vigilancia Aérea), distribuidos por toda España. Estos fueron los siguientes:

- Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 1, en Calatayud, Zaragoza. 1955-1959.
- Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 2, en Villatobas, Toledo. 1953-1958.
- Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 3, en Constantina, Sevilla. 1957.
- Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 4, en Rosas, Gerona. 1959.
- Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 5, en Sierra Aitana, Alcoy, Alicante. 1957-1960
- Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 7, en Soller, Baleares. 1953-1959.
- Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 9, en Motril, Granada. 1953-1971.



Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 9 y acuartelamiento aéreo de Motril.  
(Foto: Ejército del Aire)

---

<sup>14</sup>Véase el libro *Isdefe, 25 años*. Edita: Isdefe, Beatriz de Bobadilla, 3, Madrid. 2010.

Un ejemplo importante fue el EVA N° 2, emplazado en Villatobas (Toledo), desde el cual se realizó la primera interceptación controlada de aeronaves en el espacio aéreo español en julio de 1958. Los radares que se instalaban en las estaciones eran de diseño y fabricación norteamericana y la operación de la red la llevaba a cabo la USAF (Fuerza Aérea de Estados Unidos) en colaboración con el Ejército del Aire español. El puesto de mando central de la red estaba situado en la base de Torrejón de Ardoz.



Foto: Ejército del Aire

En el año 1960 ya había una red de alerta y control constituida por las siete estaciones anteriormente señaladas, que daban una cobertura a la España peninsular. En esta época, el sistema era manual, dibujándose en un panel las trazas captadas por los radares en sus pantallas. A la vista de la situación reflejada en el panel, el jefe del Mando Aéreo del sector decidía las medidas a tomar y enviaba la información al centro de control central de Torrejón vía telefónica. Todavía las tecnologías de transmisión de datos y de procesado de los mismos en los computadores apenas estaban desarrolladas.

Los equipos de radares instalados en estas primeras estaciones eran los AN/FPS-100 de vigilancia aérea y barrido horizontal mecánico de 360°, con un alcance de 400 km y los AN/FPS-60, radar de altura con el movimiento de cabeceo, y un radar secundario TPX-42 como medio

de identificación amigo/enemigo (IFF). Todos estos equipos eran fabricados por la empresa estadounidense *Hughes Aircraft Company* y operados por personal de la USAF, y en diciembre del año 1964 el Ejército del Aire español asumió el mando operativo de la red<sup>15</sup>.

En la década de los sesenta, se siguió operando esa red inicial, formada por los siete EAC, al tiempo que personal del Ejército del Aire se entrenaba en bases estadounidenses en Alemania y EE.UU., en operación y entrenamiento de estos sistemas.

Desde el punto de vista del desarrollo tecnológico en España, poco puede decirse de este periodo de instalación y operación de la Red de Alerta y Control. Prácticamente todo estaba hecho por empresas estadounidenses y operado por la USAF. Lo mismo ocurría con otro equipamiento militar, como por ejemplo con los aviones de combate tipo F-104 o los cazas F-5 que, a partir de 1965, fueron adquiridos por España. Todo se compraba. No obstante, a finales de la década de los sesenta el Ejército del Aire había adquirido alguna experiencia en la operación de los sistemas, y numeroso personal español fue enviado a las bases estadounidenses en Alemania y EE.UU. para entrenamiento y operación de los sistemas de armas.

Resulta interesante observar que durante la década de los sesenta, al mismo tiempo que los sistemas militares, también se instalan y operan, en colaboración con la NASA y con la ESA (Agencia Espacial Europea), las estaciones de seguimiento de satélites en Maspalomas, Robledo de Chavela y Villafranca del Castillo, y la de comunicaciones de Telefónica en Buitrago. El conocimiento, entrenamiento y operación de todos estos sistemas provocaron que hubiera un esfuerzo por parte de profesionales de la ingeniería para actualizarse y modernizar las enseñanzas en escuelas y universidades. Durante la segunda década de los sesenta, numerosos recién titulados de las universidades comenzaron a salir a Europa y EE.UU. para realizar estudios de posgrado y doctorado.

---

<sup>15</sup>Información más detallada sobre cada uno de estos escuadrones se puede encontrar en la página web del Ejército del Aire ([www.ejercitodelaire.mde.es](http://www.ejercitodelaire.mde.es)), en el apartado *Unidades, Mando Aéreo de Combate*.

Por otra parte, las industrias aeronáutica, de electrónica y de telecomunicaciones habían evolucionado mucho, sobre todo por la generalización del empleo de computadores cada vez más potentes y rápidos en las áreas de mando y control. Todo ello lleva a una preocupación por parte del Ejército del Aire y de empresas españolas por acometer una segunda fase de modernización y automatización de la Red de Alerta y Control. De aquí que en agosto de 1970, en la renovación del Convenio de Amistad y Cooperación, se incluía de manera explícita la mejora y modernización del entonces Sistema Manual de Defensa Aérea de España.

## **EL PROGRAMA COMBAT GRANDE**

Una consecuencia de todo ello, y para dar cumplimiento a los artículos 31<sup>16</sup> y 37 del Capítulo VIII del Acuerdo, se procedió a la definición y diseño de un programa de actuación, al que se denominó COMBAT GRANDE, para la modernización de los radares instalados en los Escuadrones de Vigilancia Aérea; para la instalación de nuevas estaciones de radares primarios y secundarios; y para el establecimiento de una red de radioenlaces de microondas para comunicar y para llevar todos los datos entre las estaciones de la red y los centros de control.



Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 5 (EVA 5) y Acuartelamiento Aéreo de Aitana (Alicante). (Foto: Ejército del Aire)

---

<sup>16</sup>El artículo 31 establecía que “el Gobierno de Estados Unidos conviene en apoyar el esfuerzo defensivo español en la forma que sea necesaria y oportuna, contribuyendo a la actualización de las industrias españolas, así como otorgando ayuda militar a España, en consecuencia con los acuerdos aplicables”.

El desarrollo del programa, que comenzó a primeros del año 1972, fue sacado a concurso entre empresas estadounidenses y españolas, y finalmente llevado a cabo por el consorcio COMCO ELECTRONICS Corp., formado, a partes iguales, por la Hughes Aircraft Company (EE.UU.) y la española CECSA (Compañía Española de Electrónica y Comunicaciones), consorcio que ganó el concurso del Ministerio del Aire. Las empresas españolas empezaban a colaborar más activamente.

El programa incluía la modernización de los radares de varios EVA's y una red propia de radioenlaces de microondas para enlazar las estaciones radar con el centro de operaciones en Torrejón de Ardoz, en el que se realizaba el procesamiento de los datos. Los equipos y la tecnología eran de Estados Unidos, y las instalaciones, la operación y el mantenimiento eran españoles. La asesoría general técnica y de ingeniería de sistemas la llevó a cabo la corporación MITRE, a la que ya nos encontramos en el programa SAGE. De este modo, en el año 1977 se logró implantar y operar con éxito el Sistema semiAutomático de Defensa Aérea (SADA)<sup>17</sup>.

En una conferencia de prensa del presidente de COMCO ELECTRONICS, director de la compañía Hughes Aircraft, se dijo lo siguiente:

COMCO y sus compañías propietarias (Hughes Aircraft Company, Ground Systems Group de Fullerton, California, y la Compañía Electrónica y de Comunicaciones de España, CECSA) han estado activamente comprometidas en la evolución del programa COMBAT GRANDE durante un periodo de más de siete años, y es una gran satisfacción comprobar hoy los resultados del trabajo de cientos, si no de miles, de personas, pertenecientes al Ejército del Aire Español, Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, COMCO, Hughes, CECSA y las numerosas empresas subcontratistas. Se puede afirmar ahora, sin lugar a dudas, que España tiene un Sistema de Defensa Aérea de primera magnitud.

---

<sup>17</sup>Una descripción más detallada del programa COMBAT GRANDE puede encontrarse en la *Revista de Aeronáutica y Astronáutica* número 465, de septiembre de 1979, y en el Anexo I.

CECSA era una empresa radicada en Cataluña y fundada y dirigida por Enrique Masó Vázquez, empresario que se había formado y pasado parte de su vida profesional en Estados Unidos. Enrique Masó fue lo que con lenguaje actual llamaríamos un gran emprendedor. Ingeniero, empresario y político (fue alcalde de Barcelona entre 1973 y 1975) fundó, a su vuelta a España en el año 1954, una serie de empresas de electrónica de consumo, receptores de radio y televisores que acabarían siendo CECSA, y estableció en el año 1971 una división de sistemas electrónicos en Madrid, que posteriormente daría lugar a CESELSA, para participar en los programas del sistema de defensa aérea. El autor de este libro tuvo la ocasión de conocerle y colaborar con él en la comisión que elaboró el PEIN (Plan de Electrónica e Informática Nacional) en el año 1981<sup>18</sup>.

Durante el periodo de desarrollo del COMBAT GRANDE I (1972-1977) se incorporaron a la División de Sistemas Electrónicos de CECSA un grupo de ingenieros recién graduados, que fueron los que prepararon la oferta para el concurso al que aludimos anteriormente -y del que la empresa resultaría ganadora-, y que fueron los actores principales de la puesta en servicio de los sistemas de radares y estaciones de control. La participación en un programa tan complejo, junto con ingenieros estadounidenses, permitió un aprendizaje y un trasvase de conocimientos y tecnologías, factor que, unido a la ilusión del grupo de ingenieros jóvenes por hacer tecnología nacional, tendría una importancia decisiva en el futuro próximo<sup>19</sup>.

## EL COMBAT GRANDE II

En el año 1976 se renueva el Tratado de Amistad y Cooperación entre España y Estados Unidos y, al amparo del mismo, se decide continuar con la modernización del sistema de defensa aérea. Al tiempo en que

---

<sup>18</sup> Una biografía más extensa puede encontrarse en [revistaefemerides.blogspot.com/2009](http://revistaefemerides.blogspot.com/2009)

<sup>19</sup> Entre los ingenieros que se incorporaron a CECSA destacaremos a Francisco Escartí, Pedro García Vega y Antonino Martínez Sarandeses, todos ellos ingenieros aeronáuticos que tendrían un papel relevante en el desarrollo empresarial y tecnológico español. Puede consultarse en *LXXV años de la industria aeronáutica española*, en el capítulo *La industria de sistemas electrónicos aeronáuticos*, escrito por A.M. Sarandeses

se acababa el programa COMBAT GRANDE I y se operaba el Sistema Semiautomático de Defensa Aérea (SADA), en julio de 1977 se producía también un cambio importante en las políticas militar y de defensa con la creación del Ministerio de Defensa, que integraba los tres ministerios militares; y la política de la aviación civil, hasta entonces dependiente del Ministerio del Aire, pasaba al Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



Ello dio lugar a una reestructuración de las políticas del Ejército del Aire que, en lo que afecta a este estudio, decidió seguir con una segunda fase de modernización del SADA y la selección de un Futuro Avión de Combate y Ataque (FACA). Lo primero dio lugar al programa COMBAT GRANDE II, que tuvo su importancia en el desarrollo de tecnologías nacionales, como veremos a continuación; y lo segundo daría lugar, unos años más tarde, al mayor contrato de compra de sistemas de armas, los aviones F-18, y de las compensaciones (*offsets*) que acompañaron a dicha compra y que también tuvo una gran importancia en la innovación tecnológica de los sectores aeronáuticos y electrónicos.



En el marco del programa FACA, España decidió adquirir los aviones F-18 estadounidenses.  
(Foto: Pepe Díaz / mde.es)

Por otra parte, desde la Subsecretaría de Aviación Civil, ahora en el Ministerio de Transportes, empezaron a tomarse decisiones distintas -y a veces con cierto nivel de discrepancia- de las tomadas por el Ejército del Aire en la planificación, concursos e instalación de los sistemas de control del tránsito aéreo civil, lo cual también influyó en el nacimiento y consolidación de empresas pioneras en el desarrollo de tecnologías nacionales avanzadas.

En mayo de 1978 se aprueba el Plan Director del programa COMBAT GRANDE II y, en octubre de ese mismo año, el Gobierno español, siguiendo los procedimientos del COMBAT GRANDE I y de acuerdo con el Convenio recientemente firmado con EE.UU., adjudica a las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos (USAF) el desarrollo del programa, que a su vez sería fabricado e instalado por la *Hughes Aircraft Corporation*, igual que la fase anterior.

El programa incluía una serie de objetivos ambiciosos que podrían dividirse en dos grandes subprogramas: la ampliación, mejora y apoyo al Sistema de Defensa Aérea (SADA); y la adquisición de un sistema semiautomatizado de control de tráfico aéreo civil en ruta, al que se denominó sistema MADAC (*Madrid Air Defence Automated Center*). Los dos proyectos deberían estar coordinados, ya que se utilizarían los recursos existentes y el nuevo centro de Madrid serviría de reserva

para el de Torrejón, al tiempo que se planificaba la creación de cuatro centros para áreas terminales de tráfico aéreo civil en Madrid, Sevilla, Barcelona y Palma de Mallorca. En este programa se incluían planes para la capacitación del personal militar y civil, y se buscaba la participación mayor de empresas españolas en la fabricación, la operación y el mantenimiento de los equipos y sistemas.

Resulta interesante traer ahora algunas de las predicciones que el entonces teniente coronel del Arma de Aviación, Benjamín Michavila, hacia respecto a algunos de los equipos y sistemas para la defensa. Decía así:

Los equipos radar actualmente en servicio requerirán, en el plazo de unos años, una fuerte modificación o su total sustitución. Por dos razones: una, porque estarán viejos y parte de sus piezas no se fabricarán, es decir, fallará su apoyo logístico; la otra, para mejorar su capacidad de detección en un ambiente de guerra electrónica más sofisticado que el actual. La renovación de equipos debe seguir la corriente de la tecnología en este campo. Es decir, equipos de estado sólido con un grado de mantenimiento en las unidades muy sencillo y reducido, permitiendo así disminuir las necesidades de personal de mantenimiento en los Escuadrones de Vigilancia Aérea. La tendencia parece ser la incorporación de radares tridimensionales con antena de lóbulos múltiples y barrido electrónico, con grandes posibilidades de lucha contra las medidas electrónicas.

También se hacían predicciones sobre las redes de comunicaciones por microondas y sobre otros aspectos de las futuras tecnologías.

La adjudicación del sistema civil a *Hughes* produjo un fuerte malestar en el sector empresarial español y en algunos departamentos ministeriales, que no veían con buenos ojos la mezcla de objetivos militares y civiles, algo que la propia Agencia Federal de Aviación (FAA) de Estados Unidos no había autorizado. El asunto saltó, incluso a la prensa diaria, como puede comprobarse en el diario *El País* de 16 de agosto de 1980 que, bajo el titular *España podría cancelar a la USAF el contrato para el sistema de control aéreo*, seguía escribiendo:

La adjudicación que el Gobierno español hizo en 1977 a las fuerzas aéreas de Estados Unidos (USAF) para dotar a nuestro país de un nuevo sistema

de control de tráfico aéreo podría ser cancelada en fecha próxima, según ha podido saber El País en fuentes solventes. El contrato para la construcción de este sistema fue adjudicado sin ningún tipo de concurrencia. Fuertes presiones, tanto nacionales como extranjeras, podrían provocar la revocación definitiva de aquel contrato, lo que abriría las puertas a la convocatoria de un concurso restringido por parte del Ministerio de Transportes para la realización de este proyecto, cuyo coste se estima podría alcanzar los 10.000 millones de pesetas. La razón por la que ha sido cuestionado este contrato, que la USAF subcontrató a su vez a la empresa norteamericana Hughes Corporation, residiría, al parecer, no sólo en las insistentes presiones de otros posibles adjudicatarios, sino, además, en la existencia de informes negativos, procedentes de Estados Unidos, que fueron recabados recientemente por las autoridades aeronáuticas españolas. En medios industriales privados se considera que el contrato para la instalación del control de tráfico aéreo es contrario a los intereses nacionales, además de suponer una yuxtaposición del control militar y civil, que ni las propias autoridades norteamericanas han permitido realizar en su propio país y que apenas tiene precedentes en los países desarrollados.

Las dudas y las presiones determinaron que, poco después, en octubre del mismo año, desde el Ministerio de Transportes y Comunicaciones se cancelara el programa MADAC con *Hughes* y se iniciara una nueva vía que, como se verá posteriormente, tuvo su importancia para el desarrollo de la tecnología nacional. Este hecho quedó recogido, tres años más tarde, en una noticia del diario El País, de 26 de junio de 1983, que titulaba así: *La cancelación de un contrato con Hughes ha permitido a España desarrollar en tres años una avanzada tecnología de control aéreo.*

La finalización del programa COMBAT GRANDE I, en 1978, estuvo a punto de producir la desaparición de la división de sistemas electrónicos de CECSA, que ya incorporaba una treintena de ingenieros que habían aprendido mucho y con una gran ilusión por desarrollar equipos y sistemas con tecnología nacional. Afortunadamente, en 1977 se había incorporado a la división, como director de la misma, José Antonio Pérez-Nievas, recién fichado por Masó y proveniente de EE.UU. donde había desarrollado una etapa profesional importante y había completado un nuevo Máster en dirección de negocios en la Universidad de Harvard.



El COMBAT GRANDE I finalizó en 1978. (Foto: Ejército del Aire)

J.A. Pérez-Nievas, ingeniero industrial formado en Barcelona, con ampliación de estudios en Europa y EE.UU., y con experiencia profesional en el extranjero, tenía a la sazón 41 años y una fe enorme en que se podía y se debía investigar y desarrollar tecnología nacional en empresas nacionales en sectores de futuro. Ante la posibilidad de cierre de la empresa, Pérez-Nievas, junto con otros ingenieros, peleó fuertemente con los sindicatos y con el Consejo de Administración para conseguir que la empresa no cerrara y, con un capital social de 500 millones de pesetas, desarrollar una estrategia basada en productos con tecnología propia que formularan una alternativa española frente a la inevitable oferta multinacional o la colaboración española con licencia extranjera.

La tenacidad de Pérez-Nievas y su fe en el futuro de la empresa se impusieron a la oposición de los sindicatos, que por aquella época tenían actitudes muy corporativas y reaccionarias respecto al desarrollo tecnológico. Sobre esta actitud y sus consecuencias escribiría José María García-Hoz en el diario Expansión del 12 de enero de 2013.

De prevalecer la opinión de los sindicatos nunca se habría producido el primer milagro tecnológico español: la CECSA que en 1979 no tenía trabajo

ni apenas 100 trabajadores, se había convertido diez años después en CESELSA, una empresa con facturación de 20.000 millones que empleaba a 1.300 personas, de las que 750 eran ingenieros, con tecnología propia en productos de control de tráfico aéreo, radar, simulación en aviones civiles y militares y guerra electrónica, que vendían a todo el mundo.

Cita, sin duda, algo exagerada pero que es un buen testimonio de cómo nació, en 1979, CECSA-Sistemas Electrónicos, radicada en Madrid, como empresa separada e independiente de CECSA, radicada en Barcelona y dedicada a la fabricación de equipos de electrónica de consumo. En el año 1984 se decidió cambiar el nombre, pasando a denominarse CESELSA (Compañía Española de Sistemas Electrónicos, Sociedad Anónima) para evitar problemas con CECSA, que por entonces pasaba por dificultades que finalmente llevarían a su cierre, mientras que CESELSA crecía y tenía éxito en los sectores de su actividad, fundamentalmente en Sistemas Electrónicos para la Defensa y en Control de Tráfico Aéreo como veremos posteriormente.

## **LOS PROGRAMAS PRE-SACTA**

La apuesta de la futura CESELSA tuvo su premio pronto. Desde la subsecretaría de Aviación Civil, ahora en el Ministerio de Transporte, se había venido observando que había dificultades en la integración y en el funcionamiento de los equipos procedentes de la red de alerta y control de defensa cuando se empleaban en el control del tráfico civil, como sucedía en el Centro de Control de Canarias, que no tenía información radar de ruta porque el radar de la estación militar del EVA nº 22, en Lanzarote, interrogaba en los modos militares 1 y 2, y era necesario desarrollar un intercalador de modos civiles 3/A y C.

El entonces ingeniero de la Dirección de Aviación Civil, Pedro Tena, adjudica en 1978 un contrato de 35 millones de pesetas a la futura CESELSA para el desarrollo de equipos de sistemas radar con tecnología nacional. Por esa época también se había desarrollado un prototipo de radar IFF para la Artillería Antiaérea del Ejército de Tierra, además de otros equipos de comunicaciones militares. Es decir, a finales de la década de los 70, la ingeniería de CESELSA había pasado de la etapa de

aprendizaje y colaboración, a la de desarrollos propios. Así lo manifestó J.A. Pérez-Nievas al diario El País de 14 de enero de 1981: "Nacimos con vocación de independencia tecnológica y, ahora, después de trabajar durante años en colaboración con los norteamericanos y asumir su tecnología, estamos en disposición de suministrar diseños propios de radar, pantallas de radar y sistemas de control para las necesidades de nuestro país, e incluso para exportación".

De todos modos, el despegue importante tiene lugar a partir del año 1980. Tal como vimos anteriormente, en 1980 se cancela el contrato con *Hughes* para el desarrollo del programa civil y se decide apostar por sacar a concurso varios de los proyectos para los Centros de Control previstos. El primero de ellos es el sistema PARSE (Proceso Automático de Radar de Sevilla), de procesado y presentación de la información de los radares militares de los EVA's nº 3 y nº 9, de Constantina y Motril, al que concursaron CESELSA, Page Ibérica con una empresa norteamericana y EESA (Equipos Electrónicos, S.A.), empresa del INI que trabajaba con licencia de la francesa Thompson. La adjudicación fue para CESELSA que desarrolló el sistema a plena satisfacción y comenzó su operación en 1982, estando operativo hasta 1992, año en que fue sustituido por el SACTA (Sistema Automatizado de Control del Tránsito Aéreo).

La adjudicación del programa tuvo una notable y desusada repercusión en la prensa, tanto en el diario El País, ya citado, como en el ABC del 14 de enero de 1981. Ambos medios destacaron la importancia de que, por primera vez, se hubiera encomendado a la industria española el desarrollo tecnológico en el ámbito del tráfico aéreo, así como la colaboración, que ha sido permanente, a partir de aquel momento, del Gobierno con la industria del sector. Tal como señala Francisco Cal, "el hecho de que INDRA sea hoy (2014) una de las tres primeras empresas del mundo en el Control de Tráfico Aéreo no es ajeno a esta colaboración como tampoco lo es la decisión de haber adjudicado a CECSA, Sistemas Electrónicos el proyecto PARSE".

En la adjudicación del concurso había riesgos. Para la Administración, por optar por una empresa española joven que desarrollaría su propia tecnología frente a unas tecnologías ya probadas de empresas

extranjeras con notable experiencia. Para la empresa, puesto que se lanzaban a un salto sin red, aunque con la experiencia adquirida en el COMBAT GRANDE I. En la Subsecretaría de Aviación Civil había personas como Francisco Cal Calvo, director general de Navegación Aérea, que eran decididos partidarios de desarrollar las tecnologías nacionales y conocía bien aparte de los ingenieros que estaban en la empresa. Como señala A. Martínez Sarandeses en su libro *Antonino Martínez Sarandeses: Ingeniero Aeronáutico*: “Éste fue el primer sistema de control de tránsito aéreo fabricado en España que, a la larga, cerró la puerta a posteriores importaciones y, simultáneamente, las abrió para que los productos españoles se vendieran por todo el mundo.”<sup>20</sup>



No es muy frecuente en nuestro país que la prensa diaria preste atención a la tecnología y a sus realizaciones, pero en este caso sorprende la importancia que le dio al suceso de la inauguración del sistema PARSE el diario ABC, en su edición de Sevilla del 26 de octubre de 1982. La noticia (como se puede ver en la imagen) se titulaba así: *El centro de control aéreo de Sevilla cuenta ya con un proceso automático de Radar*, y en el subtítulo se precisaba que *Se han realizado diversas obras de modernización que suponen una inversión de quinientos millones de pesetas*. En la información figuraba lo siguiente:

<sup>20</sup> *Antonino Martínez Sarandeses: Ingeniero Aeronáutico*. A. M.S. Edita Galaxia Consultores y Asesores S. L. ISBN: 84-611-4289-6. Madrid, diciembre 2006.

Ayer fue presentado e inaugurado oficialmente el nuevo Centro y Control del Tráfico Aéreo de Sevilla. Este centro incorpora el sistema PARSE (Proceso Automático de Radar de Sevilla) considerado como uno de los más avanzados de Europa y que proporciona una selección de la información de los distintos radares, proceso automático de esta información y visualización en consolas automáticas. Con la presencia del subsecretario de Aviación Civil, Fernando Piña; gobernador civil de Sevilla, Ignacio López del Hierro; director general de Navegación Aérea, Francisco Cal Pardo; consejero delegado de CECSA, Pérez-Nievas; director general de Transporte Aéreo, general Diego Íñiguez; jefe de las Fuerzas del Servicio Aéreo de la Base Naval de la Rota y diversas autoridades civiles y militares, se inauguró ayer, oficialmente el sistema semiautomático de tratamiento y presentación de los datos radar en el Centro de Control y Circulación Aérea de Sevilla. (La noticia completa ocupaba dos páginas del diario).

Mientras el programa COMBAT GRANDE II seguía con la ampliación de los EVA's y la modernización del SADA, Aviación Civil por su parte continuaba con la modernización de centros de control en España, siempre en coordinación con el programa militar. En 1982 se adjudicó a la futura CESELSA el nuevo sistema de proceso y presentación de datos del radar AMBAR y el sistema de planes de vuelo TIMBAL, ambos para el centro de control de Barcelona, que estuvieron operativos a partir del año 1984 hasta el año 1992, en que operó el SACTA. Esto significaba dar un espaldarazo a CESELSA que emergía como una de las empresas innovadoras con tecnologías propias en el campo de la electrónica, aviónica y sistemas de control de tráfico tanto en el mundo militar como en el civil.

En paralelo con los programas llevados a cabo por CESELSA, Aviación Civil adjudicó otros proyectos a INISEL, empresa pública del grupo INI entre los cuales están: TARMAD, Centro de Control en ruta en Paracuellos del Jarama para el aeropuerto de Madrid; TRAVAL, sistema de proceso y presentación de datos radar para aproximación para el aeropuerto de Valencia; TRAPAC, para proceso de información y aproximación de ruta para el Centro de Control de Canarias; y TRAPAM, similar a los anteriores para el aeropuerto de Palma de Mallorca. Todos ellos comenzaron su desarrollo entre los años 1982 y 1984, y luego estuvieron operativos hasta los años 1992 o 1994, en que fueron integrados en el programa SACTA.



Torre de control de la Base Aérea de Armilla, dotada con un puesto integrado en el SACTA. (Foto: Ejército del Aire)

En el periodo 1980-1985 se produce, pues, una ruptura en la determinación de las políticas tecnológicas e industriales de varios departamentos de la Administración española, en el sentido de confiar y apoyar a las empresas españolas en el desarrollo tecnológico futuro. Por otra parte, lo que hasta entonces era un programa del Ministerio de Defensa para sistemas de alerta y control militar del espacio aéreo español, el programa COMBAT GRANDE, se bifurca en dos futuros programas, uno de naturaleza militar, el programa SIMCA (que absorbe las fases III y IV del COMBAT GRANDE) y el otro, de naturaleza civil, el programa SACTA, llevado a cabo por el Ministerio de Transportes. Ambos debían estar coordinados, ya que la información radar de los centros de control aéreo civiles dependían de los datos de las estaciones de los EVA's. Sobre estos programas volveremos posteriormente, pero conviene que ahora estudiemos cuáles eran los entornos de las políticas de defensa, de industria y de investigación y desarrollo (I+D), que por entonces estaban cambiando y que influyeron notablemente en que las innovaciones tecnológicas que estamos analizando pudieran fructificar, describiendo previamente otra parte importante del sistema empresarial de la electrónica de la defensa ligado al INI, del cual ya se hizo mención en el comienzo de esta historia y que ahora vuelve a la actualidad.

## **LAS POLÍTICAS GUBERNAMENTALES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Decíamos en las páginas de introducción que la innovación tecnológica es un proceso complejo en el que intervienen e influyen muchos factores, y definíamos la tecnología en un sentido muy amplio que abarcara esta complejidad. Uno de los factores más importantes es la política tecnológica de los gobiernos, de las administraciones públicas, especialmente en casos como los que nos ocupan, en los que no puede hablarse de mercados abiertos sino de clientes únicos.

Conviene, pues, que detengamos la descripción histórica de los programas en los primeros años 80 del pasado siglo, para analizar los cambios importantes de las políticas de los gobiernos españoles en temas de ciencia y tecnología a partir de los años 80, políticas que habrían de influir notablemente en este caso de innovación tecnológica. Se analizarán las políticas de los ministerios de Defensa, de Industria y de Educación y Ciencia.

### **Ministerio de Industria: Plan Electrónico e Informático Nacional (PEIN)**

En la década de los setenta, era obvio que la importancia de la electrónica en los sistemas de armas era muy grande, de modo que, dependiendo del tipo de plataforma o armamento, el coste de los equipos electrónicos, informáticos y ópticos de un sistema de armas moderno podía suponer entre el 40% y el 90% del total, aparte del valor estratégico de las telecomunicaciones. Este hecho inspiró buena parte de la política del Ministerio de Industria que, en lo relativo a la electrónica, tuvo su plasmación principal en el Plan Electrónico e Informático Nacional (PEIN), cuyas líneas principales se describen a continuación.

En el año 1981, el entonces presidente del Gobierno, Leopoldo Calvo Sotelo, encarga a una comisión heterogénea que preparase un marco de directrices para luego determinar un plan para el desarrollo de las tecnologías relacionadas con el mundo de la electrónica y la informática<sup>21</sup>. Esta comisión entregó, en mayo de 1983, el estudio realizado al director general de Electrónica e Informática del Ministerio

de Industria, Joan Majó Cruzate, que lo convertiría, un año más tarde, en el primer PEIN<sup>22</sup>.



La importancia de la electrónica incorporada a los sistemas de armas ya era, en la década de los 50, muy importante. Un bombardero B-59, por ejemplo, llevaba del orden de 1.000 tubos de vacío y electrónica asociada

Como la mayoría de los planes de fomento y desarrollo, el PEIN contiene cifras de inversión, y proyecciones de medio y largo plazo para la producción, la exportación y la importación, cifras que comentaremos posteriormente. Pero su importancia radica en la toma de conciencia de la importancia del sector y del apoyo que, desde el Gobierno, se va a dar a las innovaciones en varios sectores importantes y refleja, una vez más, el cambio que se estaba produciendo en la sociedad. El plan pretende “ser un elemento de ruptura. Intenta introducir un cambio fundamental en la línea inercial de evolución del sector electrónico en

---

<sup>21</sup>La comisión estaba formada por J. Ángel Sánchez Asiaín (presidente del Banco de Bilbao) que presidía la comisión; J. Vicente Cebrián Echarri (director general de Electrónica e Informática, de reciente creación en el Ministerio de Industria); Alejandro Nieto García (presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas); Gabriel Ferraté Pascual (rector de la Universidad Politécnica de Cataluña); Antonio Rodríguez Rodríguez (director de la División de Electrónica del INI); Pedro Higuera Delgado (director general de ANIEL -Asociación Nacional de Industrias Electrónicas-); Diego Martínez Boudes (consejero delegado de CTNE -Compañía Telefónica Nacional de España-); M. Ángel Eced Sánchez (director general de Correos y Telecomunicaciones); Enrique Masó Vázquez (anterior presidente de CECSA); y Vicente Ortega Castro (director de la Escuela de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid).

<sup>22</sup>*Plan Electrónico e Informático Nacional*. Ministerio de Industria y Energía. Enero de 1984. Documento editado por el propio ministerio.

España. Apunta hacia una dinamización de los esfuerzos que confluyen en esta parcela de nuestra sociedad y que pueden, si se dirigen todos en el mismo sentido, acelerar adecuadamente nuestro progreso económico y social. Este plan es a la vez una apuesta para el futuro, un compromiso del Gobierno y una llamada a la responsabilidad social. Pretende suscitar compromisos y esfuerzos”.

El Plan enuncia unas acciones generales y luego pasa al estudio de ocho áreas, entre las cuales se encuentra el Plan de Electrónica para la Defensa. Esta inclusión -junto a áreas tradicionales como Telecomunicaciones, Electrónica Industrial, Electrónica de Consumo, Informática y otras- es importante pues se reconoce no sólo la importancia de la electrónica en los sistemas de armas, sino el fuerte poder de compra y demanda planificada del Gobierno vía Ministerio de Defensa. Como mejor se reconoce la importancia de una acción es con la financiación prevista para su desarrollo.

El compromiso de inversión y financiación pública para los ocho subsectores en los años 1984, 1985 y 1986 era de 31.291 millones de pesetas, de los cuales 9.823 millones eran para la Electrónica para la Defensa, es decir, el 31% del total, muy por encima de otros sectores tradicionalmente más destacados. Esto es también así porque se reconoce que la producción nacional de equipos y sistemas electrónicos, en el área de Defensa-Navegación, es muy baja comparada con otros subsectores. Así, en el año 1982 la producción era de 5.000 millones de pesetas y se hacía una proyección de 15.000 millones de pesetas para el año 1987, es decir, se tenía que triplicar.

En el subsector de Telecomunicaciones, la producción en 1982 era de 73.000 millones de pesetas y la proyección en el 1987 era de 108.000 millones. En el subsector de Electrónica Industrial la producción era de 20.300 millones de pesetas en el año 1982, y el objetivo para el año 1987 se fijaba en 55.400 millones. Con estas cifras sólo se pretende demostrar la debilidad de la producción nacional en el subsector de la defensa, que contrasta con las cifras manejadas para la importación, que eran las más altas de todos los subsectores.

A grandes rasgos, los objetivos que se fijaban eran:

- Impulsar la demanda y consumo de productos electrónicos e informáticos, principalmente aquellos capaces de inducir un mayor efecto en la modernización del resto de la economía.
- Aumentar comparativamente el valor de la producción interior para mejorar el índice de cobertura de nuestro mercado.
- Incrementar las exportaciones, aun cuando ello significase mantener en cierta medida el volumen de las importaciones.
- Disminuir los niveles de dependencia tecnológica de las empresas españolas desarrollando un gran esfuerzo de investigación.

Naturalmente, no es el propósito de este estudio detallar ningún plan, sino sólo destacar la influencia del entorno y de las políticas gubernamentales en la innovación tecnológica, y no cabe duda de que el PEIN habla de esfuerzo en investigación, aumentar la producción propia, disminuir las importaciones, invertir y financiar programas, y empresas, etc., es decir, innovar en unas tecnologías nuevas y rupturistas.

Al tiempo que se elaboraba el marco de directrices del PEIN, el INI, entre cuyos objetivos estaba favorecer el tejido industrial en general, y el de la defensa en particular, reestructura un sector de la defensa y reordena el sector industrial electrónico e informático como antes había hecho con los sectores terrestre, naval y aeronáutico.

Acabamos de ver cómo una empresa, CESELSA, surge como consecuencia de unos programas de las administraciones públicas, primero defensa y luego, en paralelo, Transportes y Comunicaciones. Y acabamos de ver, también, cómo había otras empresas que también trabajaban en los sistemas de armas y en control de tráfico aéreo. Antes de seguir la pista directa que conduce a este proceso de innovación conviene que repasemos, siquiera sea brevemente, la situación de las empresas de electrónica de España y, en particular, las más dedicadas a los temas que nos ocupan.

Las principales empresas de equipos y sistemas electrónicos estaban, desde los años 20 del siglo XX, ligadas al sector de las Telecomunicaciones, cuyo principal mercado lo constituía la entonces Compañía Telefónica Nacional de España, y las instalaciones y los mercados de radiodifusión y, posteriormente, de televisión. Su actividad en el sector de la defensa o de la aviación civil era muy pequeña. Únicamente en equipos de radiotelefonía y establecimiento de redes de telecomunicaciones había alguna actividad notable por parte de empresas como Marconi ITT, Amper, Page Ibérica y algunas otras. La mayor parte de los equipos eran importados o fabricados con licencias extranjeras.

Así, en la década de los setenta existían las siguientes empresas: EISA (Experiencias Industriales, S. A.), empresa creada en 1921 que trabajaba en equipos de automatización y direcciones de tiro principalmente para el Ejército de Tierra; ENOSA (Empresa Nacional de Óptica, S.A.), fundada en 1951, fabricante de equipos para educación y sistemas ópticos para la Armada; EESA (Equipos Electrónicos, S. A.), creada en 1971 para trabajar en el área de radares y equipamiento electrónico para buques, aviónica y sistemas de armas; en 1973 se crea ERIA para aplicaciones informáticas de *software* de los ejércitos. Junto con otras empresas existentes, en el año 1981 se procede a la estructuración de la División de Electrónica e Informática del INI, que engloba a las anteriores empresas más ERDISA, ISEL, PESA y TELESINCRO. El primer director de esta división fué Antonio Rodríguez que, algunos años después, jugaría un papel importante en el desarrollo de las tecnologías para la defensa, como gerente responsable de la oficina de compensaciones (*offsets*), luego de cooperación industrial, del Ministerio de Defensa.



dirigido por Manuel Castell y publicado en 1985 por Alianza Editorial, se proporcionan los siguientes datos referidos a las industrias de defensa:

EMPRESAS	EMPLEADOS	% DE DEFENSA
Fábricas militares (DGAM)	2.300	100
División de Defensa del INI	28.0000	100
División de Electrónica e Informática	2.400	60
Otras Divisiones del INI	10.000	Variable
Industrias privadas de Defensa	3.300	100
Otras industrias privadas	20.000	Variable

Resulta interesante considerar el interés que desde la Presidencia del Gobierno se mostró por conocer la situación española en las tecnologías y, dentro de éstas, las comprendidas en el sector específico de la defensa. A este sector es al que más atención se le dedica en el estudio, lo que muestra que algo estaba cambiando en las políticas tecnológicas y de defensa. El estudio no sólo describe la situación de las industrias de defensa en los primeros años ochenta, sino que da pautas para el futuro desarrollo de las mismas y destaca la importancia de las tecnologías electrónicas, informáticas y de telecomunicaciones.

### **La política del Ministerio de Defensa relativa a la innovación tecnológica**

Ya vimos cómo, a partir de los sucesivos convenios de cooperación hispano-estadounidenses y de las necesidades del Ejército del Aire, comienza a instalarse la Red de Alerta y Control, se lleva a cabo el programa COMBAT GRANDE y comienza una etapa de desarrollo de tecnologías nacionales en el área de la defensa, que luego pasarían al sector civil en torno a los primeros años ochenta. Conviene que volvamos un poco atrás para analizar la influencia de las políticas del Ministerio de Defensa en los años ochenta, para comprender las etapas de innovación que vendrían después.

El cambio de régimen político y el arranque de la democracia en el año 1977 tuvieron consecuencias importantes en las políticas de defensa y, entre ellas, las concernientes al equipamiento y modernización de las Fuerzas Armadas y a la política industrial del sector. En julio de 1977, los tres Ministerios existentes -Ejército, Marina y Aire- se refunden en uno solo: el Ministerio de Defensa. Dentro de él, y dependiendo de una Secretaría de Estado para la Defensa, se crea la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), entre cuyas funciones principales figuraban el proponer, coordinar y ejecutar la política de armamento y material de los tres cuarteles generales, siendo uno de los fines primordiales la normalización, unificación y nacionalización al máximo de los distintos tipos de armas y materiales de los tres ejércitos, inscribiendo su acción en el marco de una política científica, tecnológica e industrial de la nación.



Superada la etapa de la transición a la democracia, y superados los graves problemas políticos y económicos, llegó el momento de ocuparse de la política industrial en general y, dentro de ella y coordinada con la misma, la política de I+D y la política para las industrias de la defensa. Así, la Ley de Dotaciones Presupuestarias para Inversiones y Sostenimiento de las Fuerzas Armadas de 1982, última del gobierno centrista, mantenida y modificada posteriormente por el nuevo gobierno socialista, era un intento serio de programación de objetivos y compromisos presupuestarios a medio plazo que habían de servir de orientación a las industrias nacionales, que, con frecuencia, se lamentaban de la falta de planificación y anticipación de las compras de las Fuerzas Armadas.

En la citada ley se fijaba un incremento anual acumulativo para las inversiones del 4,43%. Pero, tanto o más importante que el compromiso presupuestario, eran los objetivos que se fijaban en relación a la política industrial de la nación, que eran:

### Proceso de adquisición de sistemas de armas

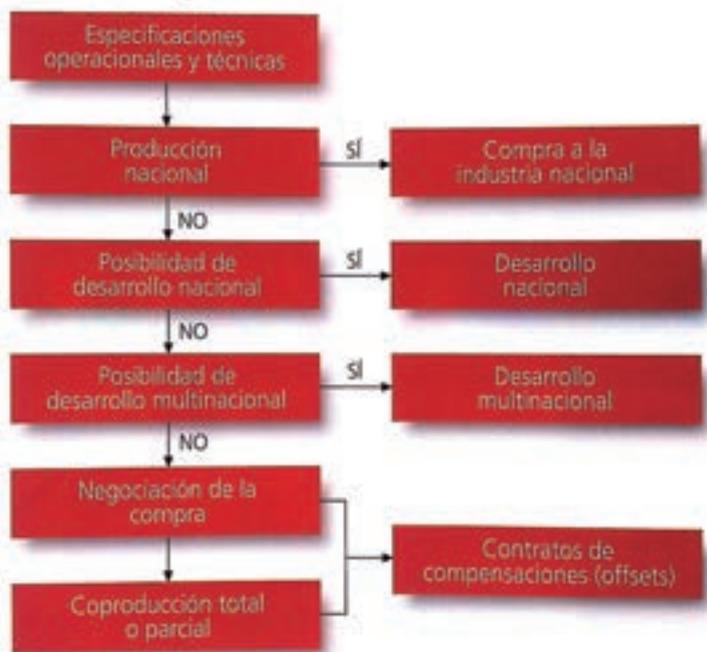


Figura extraída del libro de Jordi Molas Gallart *From Offsets to Industrial Cooperation: Spain's Changing Strategies as an Arms Importer*, Cap. 11. *The Economics offset: Defence procurement and Countertrade*. Harwood Academic Publisher. 1996

- Favorecimiento del desarrollo y utilización de tecnología e industrias propias en el mayor número de medios a adquirir por las Fuerzas Armadas.
- Adecuación de los programas de adquisiciones a las posibilidades de fabricación de la industria nacional.
- Elaboración de planes integrados de investigación, desarrollo y fabricación para la industria nacional de armamento.

- Cuando no sea viable la obtención de medios por la industria propia, se adquirirán en el extranjero, pero mediante acuerdos de coproducción que supongan transferencia de tecnología y compensaciones industriales adecuadas.

En el apartado anterior que describía el PEIN, se marcaban unos objetivos generales para toda la industria que coinciden bastante con los de esta ley de dotaciones. Podemos añadir ahora los objetivos concretos del PEIN en el capítulo de la Electrónica de Defensa, que son estos:

- Centralización de todas las decisiones relevantes en cuanto a la adquisición de equipos y sistemas en la DGAM.
- Creación, en el seno de la DGAM, de un organismo planificador de las necesidades a medio plazo, y de las características y tecnologías aplicadas.
- Establecimiento de un sistema que permita que las Fuerzas Armadas realicen contratos de prototipos y primeras series a empresas españolas, mediante aportación financiera de los organismos oficiales dedicados a promover las innovaciones.
- Reforzamiento de la presencia industrial en las negociaciones de compensaciones para compras en el exterior.
- Estimular a las Fuerzas Armadas para que utilicen los servicios de empresas españolas de ingeniería de sistemas, estudios de planificación y proyectos informáticos.

Vemos, pues, cómo los objetivos de las políticas de los Ministerios de Industria y de Defensa iban en la misma dirección de desarrollar la innovación -aunque esta palabra no era entonces de uso tan corriente como ahora- y las tecnologías nacionales.

Debemos recordar, llegados a este punto, que en mayo de 1982 España había ingresado en la OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) y que en julio de ese mismo año se firmó el nuevo Convenio de Cooperación y Amistad entre España y los Estados Unidos de América, el cual incluía un Convenio complementario 4 de Cooperación Industrial para la Defensa, que difería bastante respecto al primero, firmado en el año 1953.



### Firmado el nuevo Convenio entre España y Estados Unidos

El ministro español de Asuntos Exteriores, don José Pedro Pérez-Llorca, y el embajador norteamericano en Madrid, Terence A. Todman, firman ayer tarde el nuevo Convenio de Amistad, Defensa y Cooperación entre el Reino de España y los Estados Unidos de América. Este Convenio sustituye al Tratado de Amistad entre ambos países, cuyo prórroga expira el pasado 27 de mayo.

El diario ABC reflejó, el 3 de julio de 1982, el nuevo Convenio de Cooperación y Amistad entre España y EE.UU

En dicho convenio se “establecen las directrices que regulan la cooperación mutua en cuanto a investigación y desarrollo, producción, suministro y apoyo logístico de equipos convencionales para la defensa”, y se acuerda que “ambos gobiernos se esforzarán al máximo en facilitar la cooperación en la investigación y desarrollo en materia de defensa, la coproducción de equipos de defensa y las oportunidades de competir en el suministro de artículos y servicios para la defensa, con inclusión de sistemas, subsistemas, componentes y piezas de repuesto a cualquier nivel tecnológico”.

Se creó también un Comité Conjunto Hispano-Norteamericano de Cooperación Industrial para la Defensa. El subsecretario de Defensa para Investigación e Ingeniería era la autoridad responsable en el DoD de Estados Unidos para el desarrollo de los procedimientos de ejecución del convenio, y el director general de Armamento y Material del Ministerio de Defensa de España lo era por parte española. Se habló de la conveniencia de buscar un equilibrio equitativo de la balanza comercial en materia de defensa y de la participación, cada vez mayor, de las empresas españolas en la producción de los sistemas de armas y

la cooperación en I+D. Obviamente los tiempos estaban cambiando. De los tiempos de la pura compra de sistemas de armas de la década de los 50 y 60 se pasa a la cooperación en la investigación, el desarrollo y la producción.

### **La política de Ciencia y Tecnología**

Hasta bien entrados los años sesenta, las actividades de investigación, desarrollo e innovación eran muy escasas o inexistentes en casi todos los ámbitos y, por lo tanto, también el sector de la defensa. Sin embargo, ya vimos cómo la experiencia de los comités de movilización y la importancia del estamento militar en la industrialización de España después de la Guerra Civil hicieron que, en las empresas ligadas al INI, hubiera algo de estudios e investigaciones entre las que se pueden citar las de CETME (Centro de Estudios Técnicos de Materiales Especiales), creada en 1949, y las del INTA.

En las universidades, la investigación era casi inexistente con carácter general. Las universidades eran instituciones docentes y sólo a través de la colaboración con algún instituto del CSIC (Centro Superior de Investigaciones Científicas) se podía hacer algo. De hecho, la poca investigación y desarrollo que se llevaba a cabo era en los llamados OPI's: CSIC, JEN, INTA, INIA, IGM, IEO y CARLOS III, como señalamos en la introducción.

En un informe de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) en los años 60 sobre la situación económica en España, se llama la atención sobre la debilidad de la I+D industrial y el exceso de pagos por transferencia de tecnología al exterior, en relación con el esfuerzo nacional de I+D<sup>23</sup>.

Asimismo, se señalaba que el 85% de I+D se canalizaba a través de los OPI's existentes. Aunque se había creado la CAICTY (Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica) en el año 1958, con la misión de

---

<sup>23</sup> *Country Report n the Organization of Scientific Research: Spain*. Paris, 1964.

asesorar en la programación y desarrollo de los planes de investigación científico-técnica de interés nacional, ni había planes, ni había recursos, ni medios propios con lo cual esta comisión fue muy poco operativa, tal como señala también el informe aludido.

Como dice el refrán, una cosa es predicar y otra dar trigo. Las cifras del esfuerzo presupuestario dedicado a la I+D en España en el año 1964 hablan por sí solas, cuando se las compara con las de varios países de nuestro entorno. Así, España dedicaba un 0,2% de su PIB (no muy grande, por lo demás) a I+D, mientras que Alemania dedicaba un 1,4%; Francia un 1,6%; Italia un 0,6%; Reino Unido un 2,3%; y Estados Unidos un 3,3%<sup>24</sup>.

No obstante, algo se iba moviendo como resultado de las recomendaciones de la OCDE. En 1964 se crea el Fondo Nacional para la Investigación Científica, en el cual se introducen acciones tales como subvencionar becas en el extranjero y contratar a científicos extranjeros. En el año 1969 se introducen los Planes Concertados, nueva herramienta que trataba de establecer una colaboración entre el mundo empresarial y las universidades y centros de investigación, promocionando el desarrollo tecnológico frente al científico, lo cual era consecuente con la política de los sucesivos planes de desarrollo.

Sin embargo, tal como señala Luis Sanz, “a pesar de los mejores deseos, la situación de la investigación y el desarrollo tecnológico durante el periodo 1967-1975 no varió sustancialmente, dado que el esfuerzo español en I+D quedó situado en torno al 0,3% del PIB, uno de los más bajos de la OCDE, llamando la atención el excepcional déficit tecnológico, especialmente en relación con los gastos de I+D”.

No puede decirse que durante el periodo de la transición (1975-1982) las políticas de I+D, sobre todo las presupuestarias, fueran muy importantes. Había otros problemas más graves y más urgentes que solucionar. No obstante, se produjo un hecho que tendría su importancia en los años siguientes. Para impulsar y promocionar el desarrollo tecnológico de

---

<sup>24</sup> Luis Sanz Menéndez, *Las políticas de ciencia y tecnología en España*, Alianza Editorial, Madrid, pág. 139

las industrias españolas se creó, en agosto de 1977, el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial) que, auspiciado y financiado inicialmente por el Banco Mundial, nació para desarrollar proyectos de investigación orientada a proyectos industriales, concediendo ayudas a las empresas que presentaran proyectos innovadores.

Por otra parte, a finales del año 1979 se reorganizó la CAICYT, dando entrada por primera vez al Ministerio de Defensa en el Comité Interministerial de Programación a nivel de vicepresidencia que ocupaba el subsecretario de Defensa, junto con el de Industria. Los dos hechos tendrían su importancia en el futuro, pues el CDTI ha sido un buen colaborador de Defensa en proyectos de I+D, y Defensa ha figurado en los posteriores planes de I+D nacionales, al tiempo que se colaboraba con el Ministerio de Industria. En todo caso, el esfuerzo en la financiación de la I+D, aunque había crecido un poco respecto al del año 1964, apenas alcanzaba el 0,41% del PIB, siendo la participación empresarial ligeramente inferior al 50% del total.

Anotemos también otra innovación legislativa y social que habría de tener su importancia en las innovaciones tecnológicas en España, en general, y en el sector de la defensa, que aquí analizamos, en particular. También tuvo lugar en 1983, año que ya ha aparecido en varias ocasiones. Me refiero a la Ley Orgánica para la Reforma de la Universidad, la famosa LRU, y, dentro de ella, a su no menos famoso -en la tarea que nos ocupa- artículo 11, que establecía: “Los Departamentos y los Institutos Universitarios y su profesorado a través de los mismos, podrán contratar con entidades públicas y privadas, o con personas físicas, la realización de trabajos de carácter científico, técnico o artístico, así como la realización de cursos de especialización. Los Estatutos de las Universidades establecerán el procedimiento para la autorización de dichos contratos y los criterios para la afectación de los bienes e ingresos obtenidos.”

Por fin se hacía legal algo que empezaba a ser normal, como se verá a continuación, cuando la sociedad civil iba un poco por delante de la política, y se propiciaba la colaboración del mundo universitario con la sociedad, en general, y con las empresas en particular.

La política comenzada con la LRU en los aspectos de la investigación continuó con la promulgación en abril de 1986 de la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, cuyo título es suficientemente descriptivo de los objetivos de la ley. Se modifica la CAYCIT que pasa a denominarse CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología). El cambio de la palabra “asesora” por “interministerial” era algo más que un cambio semántico e indicaba unos propósitos de programación, ordenación y coordinación de las actividades de I+D, dotándose de un instrumento que sería el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (Plan de I+D), el primero de los cuales fue el del periodo 1988-1991 y que, con algunos cambios derivados de la nueva ley de 2011, continúa actualmente con el séptimo en el periodo 2013-2016.

Entre los objetivos de interés general que se establecían en la citada ley figuran en el artículo 2 los siguientes: “g) el fortalecimiento de la defensa nacional”, y entre las atribuciones de la CICYT figura: “e) coordinar con el Plan Nacional las transferencias tecnológicas que se deriven del programa de adquisiciones del Ministerio de Defensa y de cualquier otro departamento ministerial”. Asimismo, en la disposición final octava de la ley se establece: “El Ministerio de Defensa podrá adaptar al Plan Nacional y, en su caso, integrar en él, proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico en materias que afecten a la Defensa Nacional, para su financiación, en todo o en parte, con cargo a dicho Plan, así como financiar proyectos integrados en los mismos”. Se observa, pues, que la política de I+D de la nación concedía, al final de la década de los ochenta del pasado siglo, una gran importancia a la política del Ministerio de Defensa.

## **LA COLABORACIÓN UNIVERSIDAD-EMPRESA**

No todo iban a ser políticas gubernamentales. La sociedad civil también se movía y así, en el año 1973, la Cámara de Comercio e Industria de Madrid, con el impulso de su presidente, Íñigo de Oriol, junto con las, entonces, cuatro universidades públicas de Madrid -Alcalá, Autónoma, Complutense y Politécnica- constituyeron la Fundación Universidad-Empresa, con un objetivo claro: promover las relaciones entre el mundo

empresarial y los profesores e investigadores de las universidades, proporcionando herramientas de colaboración, gestión y administración que hicieran posible la contratación de proyectos de I+D, tratando así de hacer frente a otro de los déficits de la innovación tecnológica en España que era la prácticamente nula colaboración entre el mundo industrial y las universidades.



A través de la recién creada Fundación Universidad-Empresa se firmaron, en los años 70, los primeros contratos entre las empresas participantes y grupos de investigadores de Universidad Politécnica de Madrid en proyectos relacionados, por ejemplo, con el control del tráfico aéreo. (Foto: controladoresaereos.org)

Figura clave en este proceso fue Antonio Sáenz de Miera, que había estudiado en Estados Unidos y observado la intensa relación que existía allí entre el mundo empresarial y las universidades y trató con éxito de abrir caminos y de hacer cosas juntos como explica en su libro: *La fábrica del saber: 25 años de relaciones universidad-empresa*.

Este hecho tendría su importancia posteriormente pues veremos que en proyectos relacionados con el control de tráfico aéreo, con simuladores y radares, los primeros contratos que se firmaron entre las empresas participantes y grupos de investigadores de las Escuelas de

Aeronáuticos y de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Madrid lo fueron a través de esta Fundación, abriendo así un camino que posteriormente sería elevado a rango de Ley y promocionado por los poderes públicos.

Yo mismo tuve la suerte de ser uno de los colaboradores de la Fundación en muchos seminarios y reuniones donde se discutían y planteaban las líneas futuras de la colaboración entre empresas y los nacientes grupos de investigadores en las universidades. Una de estas líneas fue el crear asociaciones especializadas en campos de interés para el fomento de estas relaciones, tales como el entonces denominado Círculo de Electrónica Militar, creado en el año 1983, por la iniciativa de la Fundación con la participación del Colegio de Ingenieros de Armamento y Construcción, de la rama del IIIE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), la Universidad Politécnica de Madrid -a través de su Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación-, y el fuerte y entusiasta apoyo del Ministerio de Defensa y, sobre todo, de su entonces subsecretario, Eduardo Serra Rexach.



Recordaré que uno de los primeros directores del Círculo fui yo mismo, y recordaré también que este retoño de la Fundación iría creciendo y se convertiría, al cabo del tiempo, en la Fundación Círculo de Tecnologías para la Seguridad y la Defensa, ejemplo claro de un proceso de éxito

en las relaciones Administraciones Públicas-Empresas y Universidades en el ámbito especializado de la defensa y la seguridad. De esta Fundación forman parte como socios cuatro Ministerios: Defensa, Interior, Industria y Economía, y Competitividad, este último por haber asumido las competencias ligadas a la Innovación, a la Ciencia y a la Tecnología; más de sesenta empresas vinculadas a los sectores descritos y varias universidades. El antiguo Círculo, hoy Fundación, es uno de los ejemplos importantes de los procesos de innovación social y tecnológica en el ámbito especializado del que este cuaderno trata.

Por fin, algo que llevaba ya algún tiempo promoviéndose desde la sociedad civil, uno de cuyos promotores era la Fundación Universidad-Empresa, se hace legal ya que real era pues ya se hacían algunos contratos que eran tolerados aunque fueran alegales. Así, desde el año 1978 la Fundación había empezado a firmar contratos como entre las empresas y profesores de las universidades actuando como institución intermediadora.

Para tener una idea aproximada de la actividad de colaboración a que nos estamos refiriendo señalaré que entre los años 1978 y 1986 en la Fundación Universidad-Empresa se tramitaron 558 contratos con muchos departamentos y cátedras de muchas universidades, destacando la Universidad Politécnica de Madrid y, dentro de ella, las Escuelas de Ingenieros Aeronáuticos y de Telecomunicación y, como se detalla posteriormente, entre la empresas que fueron más activas en la colaboración con universidades están precisamente las que tuvieron que ver con los programas COMBAT GRANDE, SADA, SACTA, y otros, tales como CESELSA, ENSA, INISEL y otras y, además, en la clasificación por grandes sectores de actividad lo que hoy llamamos TIC's, es decir, tecnologías en torno a la Electrónica, la Informática y las Telecomunicaciones, ocupaba, con gran diferencia, el primer lugar en el número de contratos<sup>25</sup>.

Curiosa conjunción que muestra que en los procesos de innovación deben coincidir varios aspectos legislativos, empresariales, sociales

---

<sup>25</sup>*Contratos de investigación Universidad-Empresa (1978-1986)*. Edita la Fundación Universidad-Empresa. 1987.

y científicos para que se produzcan resultados importantes. En el Anexo V se listan algunos de los proyectos de colaboración universidad-empresa relacionados con los proyectos anteriores y con el desarrollo del radar LANZA que se describirá posteriormente.

Sin duda, si se examinan detalladamente algunos datos de estas relaciones entre las empresas y las universidades, se podrá comprobar que el número de contratos y la financiación correspondiente eran bastante pequeños. Incluso hoy en día todavía sigue siendo baja si se compara con otros países de la OCDE y especialmente con Estados Unidos, pero no podemos ni debemos dejar de señalar aquellos casos en que se produce para que sirva de estímulo para que dicha actividad aumente.

## **PROBLEMAS CON LOS PROGRAMAS**

Cuando se toman decisiones que cambian las costumbres y los modos de hacer, suelen producirse problemas entre las personas o las instituciones involucradas en los mismos. Hemos visto cómo se fueron adoptando decisiones que cambiaban paulatinamente la compra directa de sistemas de armas a empresas y países extranjeros, a la cooperación industrial y a la nacionalización de las tecnologías y el apoyo a las empresas españolas.

En muchos casos, también en las Fuerzas Armadas, las corporaciones que son clientes de los productos o sistemas prefieren no arriesgar y comprar bajo catálogo, en lugar de desarrollar e innovar, pues sucede que es normal que en los procesos de investigación y desarrollo se cometan errores, se incumplan plazos, se gaste más de lo presupuestado, etc. cosa que sucede en todos los países, incluso en EE.UU., el más avanzado en tecnologías para la defensa. Basta estudiar algunos de los desarrollos que tuvieron lugar después de la Segunda Guerra Mundial para comprobarlo.

Con el desarrollo y evolución de los programas COMBAT GRANDE y los pre-SACTA hubo problemas. Ya vimos cómo el programa MADAC fue cancelado, en parte por la presión de determinadas corporaciones

y en parte porque había problemas técnicos de compatibilidad entre los radares de los EVA's y los procesadores de los centros de control de los aeropuertos civiles. Por su trascendencia en el tráfico aéreo civil, algunos de estos problemas saltaron a la opinión pública.

En el diario ABC del viernes 24 de enero de 1986, con motivo de una huelga de controladores aéreos por cuestiones salariales, se aprovecha la ocasión para señalar deficiencias en la seguridad del control de tráfico. En el reportaje se incluyen los siguientes párrafos:

La disputa se complica ante la falta de un programa único de control que permita, de acuerdo con las especificaciones de la Organización de Aviación Civil, la uniformidad en la organización de los procedimientos. Actualmente, cada zona de control se sirve de un equipo propio que, para mayor confusión, recibe datos, o los procesa, de programas, radares y emisoras también distintos. Así, en Madrid funcionan los sistemas INTERMAD, PIDP, TAPLAN y TRAPAC; en Barcelona los llamados TIMBAL y AMBAR; en Sevilla el PARSE y TAPLAN y todos ellos se superponen y coordinan. La Administración lleva intentando la reestructuración del servicio, según un programa común, desde 1975. En los últimos diez años se han sucedido, con su rosario de estudios, proyectos e inversiones, los programas MADAC (para control civil y militar), INTERMAD, SACTA I y SACTA II. El último debía entrar en servicio en 1987, pero ya se anuncian retrasos de hasta dos años.

La preocupación llegó hasta el Congreso de los Diputados. En el diario de sesiones del día 23 de octubre de 1985 se incluyen las preguntas y respuestas del diputado Jorge Vestrynge Rojas al ministro de Defensa, Narcís Serra i Serra. Se transcribe, a continuación, lo sustancial de ese debate.

**Pregunta el Sr. Verstrynge:** ¿Cuál ha sido el coste del programa Combat I y II?.

**Responde el Sr. Ministro:** El Combat Grande I que se desarrolló entre los años 1970 y 1978 costó, casi exactamente, 58 millones de dólares. El Combat Grande II, que se ha desarrollado entre los años 1978 y 1983, ha costado, casi con exactitud, 101 millones de dólares.

**Toma de nuevo la palabra el Sr. Verstrynge, que dice:** Sr. Ministro, a la vista de los resultados no nos podemos creer que el importe del programa sea tan elevado. A una pregunta escrita que formulé al ministro sobre el cambio de fechas de las últimas maniobras aéreas realizadas con el Reino de Marruecos, se me respondió el pasado 24 de septiembre que las maniobras citadas no se realizaron en la fecha prevista a causa de una avería técnica en un equipo de alerta y control que redujo la capacidad del sistema semiautomático de control. Existe un equipo alternativo que no podía utilizarse a rendimiento pleno porque el mismo estaba funcionando en periodo de prueba con un nuevo componente de la unidad de memoria, que, cuando esté aceptado operativamente mejorará el rendimiento de la misma. Haber realizado las maniobras en esas circunstancias hubiera supuesto una sobrecarga excesiva a las posibilidades del sistema y, sobre todo, no se habrían obtenido las conclusiones adecuadas de las mismas, pues los resultados hubieran sido muy diferentes de los que deberían conseguirse en circunstancias normales.



Escuadrón de Vigilancia Aérea de Villatobas. (Foto: Ejército del Aire)

Continúa el Sr. Verstrynge, aludiendo a un informe que tuvo entrada en la Cámara el 25 de junio de 1985 procedente del director general de Aviación Civil sobre la fiabilidad de los radares de los Escuadrones de Vigilancia Aérea de Villatobas (nº 2), Inoges (nº 1) y Barbanza (nº 10). El informe es muy completo y dice así:

Radar de Villatobas: Existe una gran profusión de información falsa, lo que obliga a que el controlador tenga que estar descontando esta información. Puede ocurrir que, en ocasiones, este tráfico descontado como falso sea en realidad tráfico auténtico, lo que produciría situaciones peligrosas en la operación de tráfico.

Radar de Inoges: Puede ocurrir que las presentaciones falsas (ecos radar) se presenten en un sector distinto al de la posición real de tráfico. En este caso el controlador que recibe la presentación falsa tendría que actuar con el resto de su tráfico en función de esta imaginada presentación. Con este fenómeno, el controlador puede incurrir en informaciones de tráfico y acciones evasivas falsas sobre un tráfico inexistente. En contrapartida, se puede incurrir en suposiciones de tráfico falso, haciendo caso omiso de él, pudiendo resultar tráfico auténtico y por cualquier causa, desconocido al controlador.

Radar de Barbanza: La presentación de ecos y símbolos falsos en lugares muy diferenciados se produce con bastante profusión y dispersión geográfica. Las pérdidas de datos de este radar son de similar cuantía a las detectadas en las dos anteriores.



Por último, el **Sr. Ministro de Defensa contesta:**

El Sr. Verstrynge no ha planteado un problema de costes del sistema COMBAT GRANDE sino de eficacia, utilizando un documento de Aviación Civil. Al Sr. Verstrynge le contestaré que nunca son intercambiables para usos de tráfico civil y para necesidades de la defensa los sistemas radar. Esto es lo primero que le contestaré. En segundo lugar, que si estas fueran las anomalías de los radares, que están vistas desde un enfoque de detección del tráfico civil y no de intrusión en nuestro sistema de defensa aérea, el problema no sería de relación eficacia-coste, sino de solución de los defectos que estos radares tienen.

Por descontado, el primer tema que me ha mencionado, que son las averías en el sistema de Torrejón, es menor que el promedio de otros países y el mantenimiento está dentro de los costes que le he indicado del COMBAT GRANDE I y II. Tenemos en previsión el COMBAT GRANDE III, que mejorará sustancialmente las capacidades actuales y, sobre todo, las posibles penetraciones a baja cota. Las posibilidades presupuestarias son limitadas y está en estudio cómo podríamos escalonar la introducción del COMBAT GRANDE III en este momento.

En cualquier caso, lo que sí le ofrezco al Sr. Verstrynge es una discusión en otro lugar y no en el espacio de dos minutos y medio, sobre las características técnicas de los radares. En dos minutos y medio de respuesta, y sobre todo con la preparación que un ministro puede tener cuando los problemas que se le avanzan en una pregunta son de costes, es muy difícil que le dé una cumplida respuesta. El Sr. Verstrynge sabe que en cualquier momento puede venir al Ministerio y con el Ejército del Aire estudiar, en la medida que podamos, los problemas técnicos y operativos que ha planteado.

Este diálogo pone de manifiesto que había problemas de compatibilidad entre los radares de los EVA's y los procesos de los centros de control, aspecto éste que era conocido por los ingenieros de las empresas y por los técnicos de Defensa y de Aviación Civil, lo cual llevaba a continuos procesos de mejora y sustitución, sin que llegaran a producirse graves accidentes. Resulta muy interesante constatar cómo unos programas importantes de innovación tecnológica nacional merecen la atención del Congreso de los Diputados, algo que no era frecuente en épocas pasadas.

## EL PROGRAMA SIMCA



Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 5 de Aitana (Alicante)

En los primeros años de la década de los 80 se había cancelado el programa MADAC -parte civil del COMBAT GRANDE II-, y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones desarrollaba los programas pre-SACTA de control del tráfico aéreo, que estaban coordinados con los radares de los EVA's (Escuadrones de Vigilancia Aérea) de la Red de Alerta y Control del Ejército del Aire.

Para seguir con el programa de modernización y mejora, comprendido en el COMBAT GRANDE II, se comienza a estudiar, en el Ministerio de Defensa, un nuevo programa que, a su vez, tuviera en cuenta los futuros requisitos operativos del Ejército del Aire como consecuencia de la entrada de España en la OTAN. Así, en el año 1982 se comienza el estudio y planeamiento de un nuevo programa -el SIMCA (Sistema Integrado de Mando y Control Aéreo)-, mientras seguían las fases II, III y IV del COMBAT GRANDE.

Este nuevo programa era mucho más ambicioso que los anteriores, pues pretendía construir un sistema integrado para facilitar para todo el espacio aéreo español la toma de decisiones en la conducción de todo tipo de operaciones militares, modernizando el sistema de mando y control aéreo para dotarlo de la capacidad operativa que permitiese

el planeamiento, dirección y ejecución de todo tipo de operaciones aéreas convergiendo, a su vez, con el programa ACCS (*Air Command and Control System*) de la OTAN.

Recordemos que en 1982, además del ingreso de España en la OTAN, se produce también la renovación del Convenio de Cooperación entre España y Estados Unidos, en el cual se incluye un Convenio complementario 4 de *Cooperación Industrial para la Defensa*, en el que se establecen las directrices “que regulan la cooperación mutua en cuanto a investigación y desarrollo, producción, suministro y apoyo logístico de equipos convencionales para la defensa”, al tiempo que se declara que “ambos gobiernos se esforzarán al máximo en facilitar la cooperación en la investigación y desarrollo en materia de defensa, la coproducción de equipos de defensa y las oportunidades de competir en el suministro de artículos y servicios para la defensa, con inclusión de sistemas, subsistemas, componentes y piezas de repuestos de cualquier nivel tecnológico”.

Se crea un Comité Conjunto Hispano-Norteamericano de Cooperación Industrial para la Defensa, en el cual el director general de Armamento y Material del Ministerio de Defensa de España es la autoridad responsable del Gobierno de España para el desarrollo de los procedimientos de ejecución del convenio<sup>26</sup>.



El programa SIMCA se integró en el ACCS de la OTAN. (Foto: OTAN)

---

<sup>26</sup> Este Convenio complementario 4 es bastante prolijo y el lector interesado en el mismo puede consultarlo en <http://www.defensa.gob.es/politica/armamento-material/politica-armamento-material/cooperacion-internacional/#sub2>

En cualquier caso, lo que interesa destacar, independientemente de su desarrollo y cumplimiento concretos, es el cambio de políticas y de orientación que se va produciendo etapa por etapa, si lo comparamos con los convenios de 1953, 1970 y 1976. Las palabras investigación y desarrollo aparecen por primera vez en estos tratados y la palabra cooperación se torna más importante que las de transferencia y compensación. Sin duda, estos nuevos aires contribuyeron al planteamiento de nuevos programas de sistemas de armas entre los cuales se encuentra el SIMCA.

Acabada la fase de estudio, que comenzó en mayo de 1982, puede considerarse que es en el año 1986 cuando comienza la activación del programa cuando, desde la Jefatura del Estado Mayor del Aire (JEMA), se envía al ministro de Defensa el estudio y la propuesta de desarrollo del programa, que implicaba la sustitución paulatina de las fases III y IV del COMBAT GRANDE y la ampliación de los objetivos de dicho programa, así como el desarrollo conjunto con el ACCS de la OTAN y la coordinación con el organismo autónomo Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (Aena), de los cuales dependen los centros de circulación aérea del tráfico civil.

El proyecto era complejo, ambicioso y difícil de implementar, pues debe tenerse en cuenta que el control del espacio aéreo, tanto militar como civil, debe funcionar todos los días, 24 horas al día, sin interrupción y, por lo tanto, los procesos de sustitución o ampliación de los equipos y sistemas en funcionamiento deben hacerse sin interrupción del servicio, lo cual hace que la logística y la gestión del proyecto sea difícil y complicada.

El programa, a muy grandes rasgos, comprendía tres grandes áreas de actuación o subprogramas que eran:

- Subsistema de Centros de Mando y Control, con la instalación de varios centros entre los cuales estaba un nuevo Centro de Operaciones de Combate (COC) en Torrejón, dotando a estos centros de enlaces de comunicaciones e intercambio de información con sistemas externos y con los mandos operativos de las Jefaturas de Estados Mayores, así como lograr la interoperatividad entre los distintos sistemas, especialmente con los previstos en el ACCS.

- Subsistema de Vigilancia, basado fundamentalmente en la adquisición de 14 radares 3D que, con el requisito OTAN Clase 1, cambiaron una primera especificación de radares fijos y acabaron siendo transportables para ir sustituyendo a los instalados en los Escuadrones de Vigilancia Aérea (EVA's) de los programas COMBAT GRANDE. Habría cuatro radares RAT-31 de Alenia para los EVA's nº 5, nº 12, nº 22 y Clotra (Centro Logístico de Transmisiones), y 10 radares "Lanza" para los restantes EVA's existentes y previstos. Destaquemos ahora que los radares LANZA serían desarrollados y construidos con tecnología nacional y empresas españolas y su breve historia será tratada posteriormente. Dentro de este subprograma estaba también la construcción de nuevas infraestructuras para albergar los nuevos radares, así como la integración de los nuevos sistemas radar con los del Ejército de Tierra y con los de la Dirección General de Aviación Civil.



Radar LANZA.  
(Foto: INDRA)

- Subsistema de Comunicaciones, que comprendía dos áreas básicas:
  - 1) Comunicaciones Tierra-Tierra, digitalizando y ampliando la red de radioenlaces de microondas del Ejército del Aire, adquisición de estaciones de comunicaciones vía satélite para disponer de una cierta redundancia, y enlaces con misiones en el exterior al tiempo que se pudieran emplear recursos de la Compañía Telefónica Nacional de España ante la pérdida o fallo de recursos propios militares; y
  - 2) Comunicaciones Tierra-Aire-Tierra (TaT) con estaciones de radio transportables y fijas, capaces de establecer contacto con los

sistemas de guerra electrónica de los aviones de guerra y con los buques de la Armada con un nuevo concepto de comunicaciones seguras.

De la importancia de este programa da buena prueba el que quedara recogido con bastante extensión en la prensa diaria, en el diario El País de 4 de julio de 1991, del cual transcribimos el titular y algunos párrafos. Dice así el titular: *El Ejército del Aire instalará su centro de mando en un gran bunker subterráneo en la base de Torrejón*, y desarrollaba el artículo en los siguientes términos:

En el subsuelo de Torrejón estará el cerebro del futuro sistema de mando y control aéreo español (SIMCA o ACCS-E), en conexión con el Air Command and Control System (ACCS) de la OTAN, diseñado para centralizar y coordinar la defensa aérea aliada en Europa. La base madrileña jugará un papel estratégico central tras la retirada de los 72 cazas F-16 norteamericanos, que se inició el 1 de julio y culminará el 1 de abril. En dicho centro se recibirán en tiempo real los datos obtenidos a través de los sensores de vigilancia, fijos o móviles, distribuidos por toda la geografía nacional, además de los facilitados a través de la red OTAN; y, a la vista de los mismos, se impartirán las órdenes correspondientes a las unidades operativas de la Fuerza Aérea para misiones defensivas, ofensivas o de apoyo. Además, deberá coordinarse con los sistemas antiaéreos del Ejército de Tierra y con los buques de la Armada que naveguen por aguas costeras (...) España expresó en 1988 su voluntad de participar en el programa ACCS de la OTAN y el Cuartel General del Aire envió a varios expertos a Bruselas donde se incorporaron a los trabajos de elaboración del denominado Plan Director del ACCS, concluido en 1989, que dedica a España uno de sus diez anexos regionales... España decidió poner en marcha su propio sistema de mando y control, en el que se integran anteriores programas del Ejército del Aire como el Combat Grande III y IV aunque ateniéndose a las especificaciones técnicas del ACCS para garantizar la interoperatividad con la OTAN. El ACCS español (programa SIMCA), cuyo coste asciende a unos 75.000 millones de pesetas, incluye, entre otros muchos programas de electrónica, informática y comunicaciones, el acabado y producción del radar tridimensional 'LANZA' de CESELSA.

Para llevar a cabo un programa tan complejo, se aprobó una normativa en el Ministerio de Defensa y el jefe del Estado Mayor del Ejército del Aire dio luz verde al planeamiento, programación y seguimiento del programa en el año 1993. Se estableció una oficina del programa que englobaba las diversas áreas del proyecto y se firmó un acuerdo con Isdefe para que prestara asistencia técnica a la oficina del programa, participando en los grupos de trabajo y comités implicados, tanto nacionales como internacionales, en el control de los contratos, en la gestión del programa y en el apoyo en la definición de requisitos técnicos de sistemas y subsistemas. Recordemos aquí que, en las primeras fases del COMBAT GRANDE, estas funciones o parecidas eran ejercidas por MITRE, cuyo modelo inspiró en parte la creación de Isdefe, con la cual colaboró en sus primeros años de andadura.

No es el propósito de este análisis comprobar los resultados de todo el programa y ver su nivel de cumplimiento. Solamente nos fijaremos en uno de los subprogramas, el relativo al subsistema de vigilancia o de sistemas radáricos que fueron, en su origen, la parte principal de la Red de Alerta y Control, y que ha dado lugar, entre otras innovaciones importantes, al radar LANZA que será descrito posteriormente.

En este sentido podríamos haber titulado el cuaderno algo así como “De los radares AN/TPS de *Hughes* de la ayuda norteamericana a los radares ‘Lanza’ de la empresa española Indra”, en un largo proceso que va desde mediados de los años 50 del pasado siglo hasta el momento actual, en que el programa SIMCA continúa.

Hemos visto cómo, cuando se comienza la ejecución del programa, el objetivo principal del subsistema de vigilancia era la instalación de 14 radares tridimensionales en otros tantos EVA´s, sustituyendo a los del tipo AN/FPS que, en sus distintas versiones, se habían ido instalando desde el año 1955. De los 14 sistemas, cuatro serían de Marconi-Alenia (de fabricación italiana); y los 10 restantes, del tipo “LANZA”, de fabricación española. Se hizo esta distribución para mayor seguridad y diversificación y porque convenía que hubiera unos radares trabajando en banda S (los de Alenia) y otros en banda L (los de INDRA), además de llegar a un acuerdo por el cual, en una primera fase, partes de los LANZA serían de Alenia.

Demos un salto en el tiempo y describamos el proceso de modernización e implantación de los radares previstos en el programa SIMCA en las EVA´s, proceso concluido en el año 2013 tal como lo recoge una noticia de la revista Atenea Digital del 24 de octubre de ese año y que copiamos en parte:

España apaga el último radar americano de un escuadrón de vigilancia aérea. El radar estadounidense del Escuadrón de Vigilancia Aérea nº 2, en Villatobas, Toledo, dejará de estar operativo el próximo lunes cuando será sustituido por el radar RAT-31 fabricado por Alenia y que ya está en servicio en los escuadrones de vigilancia aérea que el Ejército del Aire tiene en Aitana (Alicante), Motril (Granada), Espinosa de los Monteros (Burgos) y Peñas del Chache (Lanzarote). El Jefe del Mando Aéreo de Combate, el general Eugenio Ferrer Pérez, será el encargado de apagar el radar, un hecho histórico para el Sistema de Mando y Control del Ejército del Aire. Hasta ahora, en el EVA de Villatobas operaba el radar AN/FPS-113, que fue instalado en 1973 en sustitución del AN/FPS-100. La instalación de Villatobas ha funcionado ininterrumpidamente desde 1957 con radares estadounidenses que fueron utilizados para la creación del sistema de vigilancia, mando y control del Ejército del Aire español gracias a los acuerdos con Estados Unidos de 1953. La mayoría de los radares estadounidenses se han sustituido por radares LANZA 3D, fabricados por INDRA, aunque en algunas instalaciones se ha optado, como en Villatobas, por el de Alenia. El alcance de los dos radares es de unos 450 kilómetros.



EVA nº 2 de Villatobas.  
(Foto: Ayto. de Villatobas)

En el periodo 1955-1971 se instalan los siete primeros Escuadrones de Alerta y Control (EAC's) con equipos americanos AN/FSP-20 y AN/FSP-6. En la década de los setenta, con el desarrollo del programa COMBAT GRANDE I, tiene lugar la fase de modernización de los equipos y el paso a un Sistema Semiautomático de Defensa Aérea (SADA) que culmina en el año 1978.

En la década de los 80 se crean nuevas Estaciones de Vigilancia Aérea (EVA's) y se mejoran las instalaciones y los equipos de las Islas Canarias con el programa ALERCAM y el EVA nº 22 de Lanzarote. También se van instalando nuevos radares americanos tipo AN/FSP-113 y AN/FSP-90 como desarrollo del COMBAT GRANDE II y se comienza el planeamiento del programa SIMCA y el desarrollo del prototipo del radar LANZA.



Personal del Escuadrón de Vigilancia Aérea (EVA) nº 5 de Aitana (Alicante) ante las pantallas de radar, en el transcurso de una misión de vigilancia del espacio aéreo español. (Pepe Díaz/RED).

Entre los años 1991 y 1993 se desarrolla el programa PROVIDA, que permite alargar la vida operativa de los equipos americanos hasta su sustitución por los radares LANZA de fabricación nacional, cuyo desarrollo y fabricación había sufrido un retraso respecto a las previsiones iniciales, y los radares RAT-31 SL/T de Alenia de fabricación italiana.

A partir del año 2000 comienza la instalación de los radares LANZA y Alenia de modo que, finalmente, en octubre de 2013, las Estaciones de Vigilancia Aérea de la Red de Alerta y Control quedan del modo siguiente<sup>27</sup>:

- EVA nº 1. El Frasno, Calatayud (Zaragoza). En febrero de 2005 se opera el radar LANZA de INDRA, sustituyendo definitivamente a los equipos americanos de Hughes.
- EVA nº 2. Villatobas (Toledo). Se instala un radar Alenia RAT-31 SL/T en el año 2007 y es completamente operativo en octubre de 2013.
- EVA nº 3. Constantina (Sevilla). Se instala y opera un radar LANZA en el año 2004, sustituyendo a los anteriores.
- EVA nº 4. Rosas (Gerona). Se instala un radar LANZA en enero de 2005, vendiendo el equipo americano a Argentina por el precio simbólico de 1 euro.
- EVA nº 5. Aitana (Alicante). Se instala un radar Alenia RAT-31 SL/T cuyo funcionamiento comenzó en el año 2000.
- EVA nº 7. Puig Mayor, Soller (Mallorca). Se instala el radar LANZA en mayo del año 2002, sustituyendo a los antiguos AN/FPS-113 y AN/FPS-90.
- EVA nº 9. Motril (Granada). Instalación y operación del radar LANZA en el año 2005.
- EVA nº 10. Barbanza (La Coruña). Creada en el año 1980 con el programa COMBAT GRANDE II, en julio de 2003 se instaló el radar LANZA.
- EVA nº 11. Alcalá de los Gazules (Cádiz). Creada en el año 2000 es una de las nuevas instalaciones del programa SIMCA y comenzó su operación con el radar LANZA en diciembre de 2002.
- EVA nº 12. Espinosa de los Monteros (Burgos). Creada en el año 1997 y en el año 2001 quedó operativo el radar Alenia RAT-31 SL/T.

---

<sup>27</sup> Los datos de las diversas fuentes consultadas no siempre coinciden. Se han consultado fuentes de Defensa <https://www.fuerzas-armadas.es/foro> y <https://www.facebook.com/Defensacordobaweb/post> y se han contrastado con Jesús Santos y José Blanco, ingenieros de INDRA.

- EVA nº 13. Sierra de Espuña (Murcia). Creada en 1994, en el año 2000 comenzó la instalación del primer radar LANZA, que sería operativo en el año 2001<sup>28</sup>.
- EVA Nº 21. Pozo de las Nieves (Gran Canaria). Creada en el año 1996 dentro del programa PROVIDA, se instaló un radar LANZA en el año 2004, sustituyendo a los antiguos equipos americanos.
- EVA nº 22. Peñas del Chache (Lanzarote). Creada en el año 1982 dentro del programa ALERCAN, en el año 2000 se instala el radar Alenia RAT-31 SL/T y se desmontan los antiguos equipos.

Así pues, desde el año 1958 en que empiezan a instalarse los primeros radares AN/FPS-100 y AN/FSP-60 -sustituídos poco a poco por las versiones más modernas AN/FPS-113AM y AN/FPS-90M- hasta el año 2013, en que las Estaciones de Vigilancia Aérea quedan equipadas con radares tridimensionales, casi todos diseñados, desarrollados, fabricados y operados con tecnología nacional, hay un largo periodo que pasa por la compra directa, primero, por la colaboración, después, y finalmente por la propia producción de equipos y sistemas complejos de tecnologías avanzadas.

Cuatro fases del programa COMBAT GRANDE, desde el año 1972 al 1986, que continúa con el programa SIMCA en el campo militar, y el programa SACTA en el ámbito civil, han supuesto un vuelco total en un campo importante de la tecnología. Puede preguntarse si no ha sido demasiado tiempo, si no pudo hacerse de manera más rápida. Probablemente sí, pero hay que tener en cuenta que el desarrollo tecnológico no es sólo una cuestión de ingeniería y de empresa, sino también de programas políticos y políticas presupuestarias en temas delicados desde el punto de vista de la percepción social, que modifican o retrasan decisiones tomadas o compromisos adquiridos. Pero el resultado a la larga es positivo, pues no sólo se cumple un programa sino que, en paralelo al mismo y gracias al conocimiento y a las tecnologías desarrolladas en estos programas, se han producido otras innovaciones importantes en otras áreas de los sistemas de armas y de la aeronáutica.

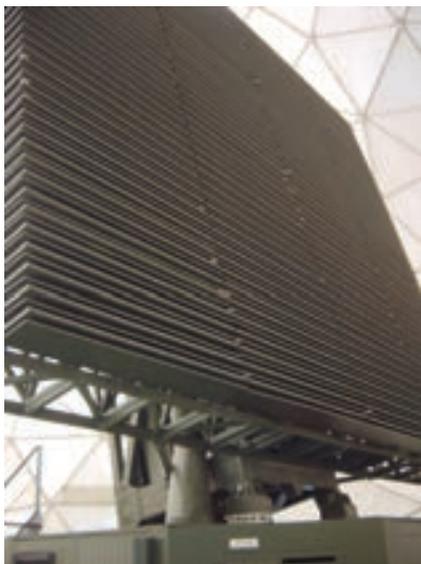
---

<sup>28</sup> Una descripción más detallada de la EVA nº 13 y de la instalación del radar LANZA puede encontrarse en la Revista de *Aeronáutica y Astronáutica* número 706, septiembre de 2001. Ejército del Aire.

## RADAR LANZA: HISTORIA DEL PROCESO DE INNOVACIÓN

Acabamos de ver cómo uno de los objetivos principales del programa SIMCA era la sustitución de los antiguos radares americanos de las EVA´s por 10 radares 3D tipo LANZA de desarrollo y fabricación nacional, y otros cuatro del mismo tipo pero de fabricación italiana tipo Alenia. Con ello se empezaba a hacer realidad lo que en el número 465 de la *Revista Aeronáutica y Astronáutica* escribía B. Michavila en el año 1979 y que reproducimos al tratar el programa COMBAT GRANDE<sup>29</sup>.

El proceso de desarrollo del radar LANZA comienza a finales del año 1986 cuando se firma un convenio de cooperación entre en Ministerio de Defensa, el Ministerio de Industria y la empresa CESELSA, con un importe estimado de 3.577 millones de pesetas, para el desarrollo de tecnología, a través de un modelo de laboratorio, que permitiese comprobar la viabilidad técnica de las soluciones estudiadas. Este convenio estaba financiado al 25% (Defensa), 41% (Industria) y 34% (CESELSA).



Prototipo del radar LANZA.  
(Foto: INDRA)

<sup>29</sup> La información sobre el radar LANZA se ha obtenido de diversas fuentes entre las que están: 1) "Estudio técnico sobre el Sistema de Ciencia, Tecnología, Industria, Servicios y Mercado para el Plan Nacional de Telecomunicaciones". Fundesco, Madrid, diciembre 1983. 2) "CESELSA, el Radar 3D de Vigilancia Aérea". IESE, Universidad de Navarra, noviembre 1991. 3) "ABC/Economía: INDRA desarrolla para la Defensa la nueva red de control del espacio aérea. 25 de octubre de 2001. 4) Revista de Aeronáutica y Astronáutica, nº 706, septiembre 2001. 5) Entrevistas a ingenieros de INDRA e Isdefe, y material de hemerotecas.

A este convenio se llegó tras pasar por una serie de estudios previos por parte del Ejército del Aire, como era habitual en estos proyectos. En el caso de este radar 3D, en el año 1984, se preparó por el Ala de Alerta y Control un primer borrador que incluía los requisitos primarios del nuevo radar necesario para sustituir los radares existentes en la Red de Alerta y Control. Las especificaciones pedían un radar con alcance máximo de 450 km en tres dimensiones, de gran fiabilidad y se pedía también que se procurara incentivar la investigación y el desarrollo nacional para reducir la dependencia tecnológica del extranjero.

Este documento fue mejorado por el Mando Aéreo de Combate y finalmente por el Cuartel General del Ejército del Aire. Después de una serie de reuniones y consultas con los Cuarteles Generales y con la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), el Ministerio de Defensa convocó un concurso para realizar el proyecto, invitando a las empresas CESELSA, INISEL y Marconi a estudiar el documento de requisitos y presentar una oferta de realización del desarrollo de un demostrador tecnológico o modelo de laboratorio. Después de las evaluaciones de las ofertas presentadas por CESELSA e Inisel el Ministerio de Defensa adjudicó el desarrollo a CESELSA, al obtener una puntuación superior en las distintas fases de la evaluación.

CESELSA, entonces Cecsa-Sistemas Electrónicos, a partir del año 1982 había empezado a trabajar en sistemas de radares y procesamiento de señales, habiendo diseñado varios radares secundarios para su uso civil en el Control de Tráfico Aéreo (*Secondary Surveillance Radar, SSR*) y IFF (*Identification Friend or Foe*) en el campo militar y había comenzado una amplia y fructífera colaboración con grupos de Investigación y Desarrollo (I+D) de varias universidades, como veremos más adelante. Había adquirido, pues, experiencia en el desarrollo y producción de este tipo de sistemas que estaban funcionando adecuadamente en sus instalaciones.

Pero no era solamente CESELSA la empresa que participó en el proyecto LANZA. Esta empresa era lo que hoy llamamos empresa *sistemista*, principal contratista de un gran proyecto en el cual colaboran otras empresas en el desarrollo de partes del sistema. Entre las empresas que colaboraron en el proyecto estuvieron Electrónica Ensa, o bien

ENSA, y Aeronáutica Industrial Sociedad Anónima (AISA) ambas pertenecientes al grupo CESELSA; Radiación y Microondas Sociedad Anónima (RYMSA) y Mier Allende Comunicaciones:

- ENSA era una empresa fundada en el año 1966 dedicada a la fabricación de radioteléfonos en las bandas de VHF y UHF para las Fuerzas Armadas y Fuerzas y Cuerpos de Seguridad. Poseía, pues, experiencia en circuitos de alta frecuencia. En 1982 fue comprada por CESELSA, dedicándose principalmente a proyectos de guerra electrónica, de equipos transmisores de estado sólido para radares, y alertadores de radar de helicópteros y aviones Mirage III y en sistemas ELINT, COMINT, y SIGINT para uso de la Armada, Ejército de Tierra y Ejército del Aire. La empresa cerró en 1998 integrándose en INDRA. En este proyecto, ENSA contribuyó en el desarrollo de los equipos de transmisión y recepción de radiofrecuencia asociados al radar con una dedicación de 11 ingenieros.
- AISA era una empresa creada en 1923 dedicada a la fabricación de aeronaves y a su mantenimiento y con experiencia en tecnología mecánica para aplicaciones militares. Se incorporó al grupo CESELSA en 1986 para cubrir las tecnologías mecánicas asociadas a los helicópteros y preparar vehículos blindados tipo *Shelter* para los equipos de radares y aviónica. Posteriormente esta empresa fue comprada por el grupo CASA y más tarde por EUROCOPTER. Contribuyó al proyecto realizando el diseño mecánico de las estructuras asociadas al radar con una dedicación de tres ingenieros y tres proyectistas.
- RYMSA fue fundada en el año 1974 dedicándose al diseño y fabricación de antenas profesionales tanto para televisión y radio como para el espacio y defensa. Realizó los prototipos de los elementos pasivos de la antena empleando a tres ingenieros.
- Mier Allende Comunicaciones es una empresa dedicada en un principio (1952) a la producción de equipos de radiodifusión y televisión que, posteriormente, pasó al campo de equipos y antenas de radiofrecuencia para aplicaciones espaciales. Colaboró en el proyecto con el diseño de los equipos de recepción de la cadena de FI.

Esta participación de varias empresas, coordinadas por CESELSA, da una idea de la magnitud, complejidad e importancia del proyecto, lo que se comprenderá mejor cuando se describa brevemente el sistema más adelante.

Hacia finales del año 1989 se realizaron las pruebas preliminares de emisión-recepción y, a mitad de 1990, ingenieros del Ministerio de Defensa y de CESELSA realizaron pruebas sobre blancos reales, comprobándose la funcionalidad del modelo o prototipo de laboratorio y los resultados satisfactorios de acuerdo con las especificaciones iniciales.

Así pues, desde el enfoque del resultado concreto del modelo de laboratorio, el proyecto puede considerarse un éxito. Pero, desde un punto de vista más general, el proyecto llevó a la investigación, desarrollo e innovación en varias áreas de tecnologías muy avanzadas, que darían sus frutos posteriormente en otros equipos y sistemas en los cuales la empresa actual INDRA, resultado de la fusión de CESELSA e INISEL en 1992, es líder internacional en algunos de los productos.

Además, la colaboración con los grupos de I+D de las universidades permitió que éstas avanzaran en el conocimiento, y consolidaran sus estructuras y sus equipamientos, organizaran nuevas enseñanzas basadas en la experiencia real y aumentaran su grado de participación en proyectos nacionales e internacionales de colaboración con empresas y agencias.

Cuando un programa o proyecto acaba, la pregunta es la siguiente: ¿cuál es la siguiente fase?; ¿debe conseguirse un prototipo operativo que dé luego lugar a unos sistemas que se fabriquen y que se usen? Realmente, la fase final de todo proceso de innovación debe acabar en el mercado, en la utilización del sistema o producto, en este caso, en unos radares que fueran utilizados por el Ejército del Aire en su Sistema Integrado de Mando y Control Aéreo.



Otra imagen del prototipo del radar LANZA. (Foto: INDRA)

La situación no fue exactamente así, al menos en esos momentos. CESELSA sí estaba interesada en seguir con un desarrollo más comercial que pudiera concursar a los radares con los que el Ministerio de Defensa pensaba ir equipando las EVA´s. Recordemos que desde 1986 estaba operativo el programa SIMCA, que preveía la instalación de 14 radares dentro del subsistema de vigilancia del programa. Por ello, la empresa aumentó su financiación al proyecto, que finalmente quedó en 5.343 millones de pesetas distribuidos del siguiente modo: Ministerio de Industria, 631,5 Mptas.; Ministerio de Defensa, 802 Mptas., y CESELSA, 3.909,5 Mptas., asumiendo la empresa un coste extra de 2.693 Mptas. respecto a lo inicialmente previsto. Esta apuesta quedó parcialmente compensada cuando, en diciembre de 1991, el Ministerio de Defensa firmó un nuevo contrato con CESELSA por un importe de 1.960 Mptas. en cuatro anualidades para la adquisición del prototipo de laboratorio, su conversión a prototipo de campo y la instalación, evaluación y pruebas. Con este contrato se paliaba en parte el coste extra asumido y aportado por CESELSA.

Como vimos anteriormente al describir el programa SIMCA, a mediados de 1989 se había producido un documento de la OTAN en el que se recomendaba la instalación de radares transportables y de

características algo distintas al desarrollado por CESELSA, para que los sistemas fueran compatibles en un futuro con el sistema ACCS de la OTAN. A la vista de la situación, desde el Ministerio de Defensa se presentaron tres alternativas para el desarrollo del programa:

- Finalizar con el programa de CESELSA con las especificaciones iniciales.
- Rediseñar el radar, principalmente su antena, asumiendo la transportabilidad.
- Cancelar el proyecto de colaboración.

Se decidió la segunda opción, pero el proyecto sufrió un parón debido, entre otras causas, a que en el periodo entre 1989 y 1992 se estaba procediendo a una reestructuración de las empresas del sector de la electrónica de la defensa que trabajaban en los sistemas de alerta y control, proceso que no fue nada fácil y que pretendía, y consiguió, la fusión de los grupos de empresas de CESELSA e INISEL para crear una empresa con dimensión europea que pudiera competir en los mercados internacionales.

No fue fácil, ya que chocaban dos culturas distintas de hacer las cosas, las empresas públicas y las empresas privadas, las procedentes del antiguo INI con las nuevas creadas por emprendedores. No era fácil porque en ambas empresas había empresarios líderes con fuertes personalidades que no querían perder lo que con mucho esfuerzo habían construido. Si evaluamos el resultado del proceso hemos de convenir que fue satisfactorio pues del mismo nació la empresa INDRA en el año 1992, que habría de jugar un papel importante en los desarrollos de los sistemas de armas de defensa y en el control de tráfico aéreo civil con una gran capacidad de innovación tecnológica y éxitos en la exportación de tecnología avanzada al resto del mundo.

Sea como fuere, tras este paréntesis, en el año 1993 se adjudicó a INDRA el suministro de 10 radares tipo LANZA D transportables en banda L con la misión de proporcionar la vigilancia y alerta temprana que requería el Ejército del Aire español. Estos radares incorporarían antenas transportables de Marconi (Reino Unido) y equipos de presentación y procesado de INDRA. Siete años más tarde empezaron a instalarse las

primeras estaciones de vigilancia aérea con radares LANZA, proceso que acaba de concluir en el año 2013 aunque el programa de la red de alerta y control sigue.



Sala de Operaciones del Grupo Central de Mando y Control del Ejército del Aire en 1995. (Foto: Ejército del Aire)

El 25 de octubre de 2001 el diario ABC en su sección de Economía publicaba en titulares: *INDRA desarrolla para Defensa la nueva red de control del espacio aéreo* y continuaba:

INDRA ha iniciado ya la entrega al Ejército del Aire de las primeras unidades de los doce radares LANZA 3D de largo alcance que constituirán la nueva red de control del espacio aéreo español, algo de vital importancia tras los atentados ocurridos en Estados Unidos el pasado 11 de septiembre. El contrato por el suministro de los radares asciende a 32.000 millones de pesetas dividido en diez años, de los que ya están ejecutados aproximadamente la mitad, y prevé el suministro de los doce sistemas de vigilancia con software operativo de formación y entrenamiento. Esta nueva red de radares cubrirá todo el territorio nacional y permitirá la alerta temprana y control del espacio aéreo español, enviando a los centros de mando la información de las aeronaves militares que están en su radio de acción. La información de los aviones civiles se enviará y coordinará con Aviación Civil. Este tipo de radares resultará vital para un mejor control del espacio aéreo, sobre todo después de los trágicos

acontecimientos ocurridos el pasado 11 de septiembre en Estados Unidos. El LANZA 3D es transportable e integra tecnología de última generación para procesar rápidamente grandes volúmenes de datos y transmitir la información en tiempo real. Entre sus principales novedades figura que su funcionamiento está controlado totalmente por software y que incorpora sistemas de detección tridimensional –que calcula las tres coordenadas espaciales de los objetos aéreos-, siendo capaz de combatir las posibles medidas o interferencias para cegarlos. Asimismo, el sistema incorpora una arquitectura con una elevadísima capacidad de proceso en paralelo, lo que garantiza la fiabilidad del sistema y la posibilidad de incorporar nuevos avances tecnológicos que puedan surgir en el futuro. El haz de radiación, en forma de pincel muy estrecho que barre las elevaciones por desfase electrónico, le permite determinar con gran precisión la altura y distancia de todos los blancos aéreos en 360 grados y a una altitud de hasta 100.000 pies. El sistema de conexión entre antena y procesador permite desplazar el equipo rápidamente y con facilidad de una ubicación a otra.

Hasta aquí la noticia, de la que destacaremos la relevancia que se le presta a este hecho de gran importancia para la defensa aérea, pero también para el desarrollo tecnológico. Es destacable, también, la claridad con que se exponen las principales características del radar.

### **El Radar Naval o LANZA-N**



Buque de Proyección Estratégica “Juan Carlos I” con el radar tridimensional LANZA-N. (Foto: Armada Española)

En el año 2001 se instaló el primer radar LANZA en el EVA nº 13 en Sierra Espuña. Luego fueron instalándose otros hasta llegar a los 10 previstos en el programa SIMCA. Pero no acabó aquí el despliegue de estos radares. Su probado buen funcionamiento llevó a que, en diciembre de 2004, la DGAM otorgara a INDRA un contrato de I+D para la “navalización” del radar LANZA (proyecto LANZA-N), es decir, una versión algo distinta para la Armada, para su posterior instalación en algunos de sus buques.

El radar LANZA-N es un radar de exploración aérea tipo 3D multipropósito para proporcionar vigilancia aérea con modos de funcionamiento seleccionables por el operador, y adaptados al tipo de amenaza o misión. Para ello, combina diversos regímenes de giro, alcances y procesos. Los modos típicos son los siguientes:

- Control de tráfico aéreo de largo alcance hasta 180 millas náuticas (MN).
- Alerta y control de medio alcance hasta 90 MN. Compromiso entre cobertura y velocidad de reacción.
- Alerta próxima de corto alcance hasta 32 MN con rápida reacción en la detección y caracterización de amenazas.
- Dispone de estabilización electrónica del haz de barrido para compensar los movimientos de cabeceo y balance del buque y está diseñado para integrar un sistema de identificación IFF<sup>30</sup>.

El programa de I+D concluyó en el año 2009 y, después de ser probado y evaluado, el prototipo en el CEAR (Centro de Evaluación y Análisis Radioeléctrico) se instaló en el Buque de Proyección Estratégica “Juan Carlos I” -cuya denominación OTAN es LHD (*Landing Helicopter Dock*)-, encontrándose plenamente operativo en el año 2011.

---

<sup>30</sup> Una descripción más extensa puede encontrarse en el Boletín nº 6, 1er trimestre 2005, de la Subdirección de Tecnología e innovación del la DGAM, Ministerio de Defensa.



El "Juan Carlos I" con el radar LANZA

Resulta interesante reproducir lo que se escribió en el Boletín de Observación Tecnológica de Defensa nº 33, cuarto trimestre de 2011. Dice así:

El desarrollo de este programa ha permitido consolidar a la industria nacional como proveedora de radares de alerta temprana, con compensación electrónica de los movimientos del buque. Como conclusión, se ha de destacar que el programa ha supuesto una oportunidad de capacitación e investigación tanto para la universidad como para la empresa, dentro de un área de alto contenido tecnológico y que va a servir para continuar progresando en las áreas tecnológicas recogidas en la Estrategia de Tecnología e Innovación para Defensa (ETID). En esta línea, los avances y el conocimiento generado dentro de programas como este, servirán de soporte para los nuevos retos que el Ministerio de Defensa asumirá durante los próximos años.

Pero no fue sólo en las Fuerzas Armadas españolas donde se instalaron radares LANZA. En el año 2003 este radar fue elegido en competición internacional para dotar al Ejército del Aire de Portugal de un radar de largo alcance bajo requisitos OTAN y, posteriormente, se ha dotado de un sistema a la Fuerza Aérea de Uruguay, y a otros ocho países de Iberoamérica y Centroáfrica. La tecnología española compite pues internacionalmente validados sus productos por la OTAN.

### **Breve descripción del sistema<sup>31</sup>**

El LANZA es un sistema de radar tridimensional (3D) de vigilancia aérea para detectar y localizar aviones hasta una distancia de 470 km. El radar transmite sus señales en banda L (1,2- 1,4 Ghz) con el fin de situar al objeto en tres dimensiones: ángulo azimutal, distancia y elevación sobre el horizonte. En elevación la cobertura llega hasta unos 30 km con un margen angular de 20°.

La localización 3D exige hallar tres magnitudes relativas al blanco con respecto a la posición del radar: azimut (ángulo que forma el meridiano de la posición radar con el meridiano que pasa por el punto donde se encuentra el blanco), distancia entre el radar y el blanco y la elevación o altura angular sobre el horizonte. Para conocer el azimut y la distancia la antena gira sobre si misma 5 veces por minuto con el fin de explorar 360° alrededor de ella. Para conocer la elevación (no calculada en los radares convencionales 2D) se realiza una exploración vertical por barrido electrónico de forma que permita diferenciar dos o más ecos quizás recibidos desde una misma posición azimutal de la antena y a una misma distancia. No es necesario, pues, el barrido por cabeceo mecánico de la antena, de poca precisión, gran complejidad mecánica y baja rapidez (5 a 6 cabeceos por minuto).

Este conjunto de la antena es un array plano de grandes dimensiones (9x8 m), permitiéndose por medio de desfasadores electrónicos el apuntamiento del haz en elevación.

El barrido electrónico se basa en realizar una antena multielementos controlables en amplitud y fase. Con la variación adecuada de las fases y amplitudes individuales, es fácilmente demostrable que la dirección de la exploración puede ser controlada de una forma rápida y precisa.

Lógicamente, cada elemento de antena está asociado a un elemento transmisor y a otro receptor. Las señales recibidas por cada receptor individual son enviadas a los procesadores de señal encargados de analizar los ecos con el fin de, finalmente, detectar los blancos.

---

<sup>31</sup> Una descripción más amplia del sistema puede encontrarse en el Anexo III.

El procesador de señal es una combinación de ordenadores los cuales realizan diferentes algoritmos de tratamiento de la señal, incluidos aquellos destinados contra las perturbaciones.

Con sus diversos modos de exploración, el sistema radar puede adaptarse a diversos entornos, optimizando sus prestaciones. Se particiona el volumen de cobertura transmitiendo diversas formas de onda en cada región. Para ángulos bajos de elevación se utilizan formas de onda óptimas para el filtrado anticlutter, mapas de clutter, etc. Para las distancias más lejanas y por encima del horizonte, se utilizan pulsos de mayor duración mientras que para las regiones elevadas se emplean pulsos más cortos. El procesador radar controla el sistema radar en su conjunto, las consolas de presentación y realiza una supervisión constante del funcionamiento de cada unidad con el fin de detectar anomalías.

#### **El conjunto del sistema radar se divide en los siguientes subsistemas:**

- Antena activa, Equipos de Radiofrecuencia, Subsistema de Procesamiento de Señales, Subsistema de Control y Equipos de Presentación y desde el punto de vista del desarrollo del proyecto se organizaron cinco grupos básicos de trabajo.
- Grupo de Ingeniería de Sistemas, que generó las especificaciones técnicas de alto nivel, definió las líneas de investigación a realizar así como la definición y coordinación de los trabajos de montaje, integración y pruebas del sistema. Lo integraban seis ingenieros de CESELSA.
- Grupo de Radiofrecuencia y Antenas, que redactó las especificaciones concretas, realizó estudios a nivel de subsistema y equipos así como la definición del campo de medidas de antenas. Grupo muy numeroso en que participaron las empresas anteriormente mencionadas y grupos universitarios estimándose en unos cuarenta profesionales que intervinieron en las diversas áreas.
- Grupo de Análisis Radar, que realizó los estudios y análisis de los algoritmos de procesamiento de las señales y en la adaptación de las formas de ondas del radar a entornos cambiantes. En este grupo trabajaron ocho ingenieros de CESELSA y profesores de las universidades.

- Grupo de Diseño Digital, que definió la arquitectura básica del procesador de señal y desarrolló la arquitectura distribuida del subsistema de control en el que se contaba con 80 procesadores distribuidos por el sistema. Este grupo estaba formado por treinta ingenieros de diseño digital y software.
- Grupo de presentación, que adaptó la tecnología de consolas y sistemas gráficos de presentación ya existentes en CESELSA a las necesidades concretas del radar 3D.

Esta descripción, a muy grandes rasgos, del desarrollo del proyecto, trata de dar una idea de la magnitud y complejidad del mismo, de modo que en los momentos de máxima dedicación pudieron estar involucrados en el mismo más de 200 ingenieros. Otra característica muy significativa de este proyecto, que en sí misma supuso una innovación, fue la extensa e intensa colaboración con grupos de I+D de varias universidades, entre ella la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Politécnica de Cataluña. Esta colaboración Universidad-Empresa abarcó 14 contratos, 7 de cada universidad y se estima que trabajaron más de treinta profesores, investigadores y doctorandos en estos proyectos.

### **A modo de valoración y comentarios**

¿Qué valoración merece el proceso de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) relacionado con el radar LANZA? Actualmente, cuando hay instalados y operando correctamente muchos de estos equipos en España y otros países extranjeros, la valoración es positiva. Pero conviene retroceder al periodo que va desde la segunda mitad de la década de los ochenta hasta la segunda mitad de los noventa del pasado siglo XX, periodo en el que se tomaron decisiones importantes para comentar lo que se hizo y la importancia que tuvo y el éxito que, finalmente, se alcanzó.

En primer lugar, destaquemos que el cliente final, el Ejército del Aire del Ministerio de Defensa, se implica desde el principio en el proyecto, decide apoyar la tecnología nacional y a las empresas españolas y participa, junto con Isdefe, en la dirección del programa, en las especificaciones funcionales y en el seguimiento del proyecto. Ciertamente

es que hubo cambios de criterio y de especificaciones que retrasaron el proyecto pero al final se apostó por un proyecto ambicioso y se corrió el riesgo de que se volviera al proceso de compra o fabricación extranjera que se había usado años atrás. Repitamos que para que pueda haber competencia con otros países y se exporten productos y tecnologías es necesario que se desarrollen en el propio país y se demuestre confianza.

Es decir, el cliente inteligente tuvo confianza en las capacidades de las empresas españolas. Ciertamente es que, ya a finales de los 80, el grupo CESELSA había adquirido una experiencia en los sistemas de radares y demostrado una buena capacidad tecnológica propia con los programas pre-SACTA, ALERCAN y PROVIDA, pero en un proyecto tan complejo como el LANZA había un cierto riesgo, que fue compartido a través de ayudas de I+D, créditos blandos. El proyecto ayudó notablemente a la consolidación de CESELSA y, posteriormente, de INDRA, líder internacional en este tipo de sistemas.

La colaboración con empresas subcontratistas y con sus grupos de I+D de universidades contribuyó a crear y ampliar el tejido científico-técnico-empresarial, tan necesario en los procesos de innovación. El efecto multiplicador de desarrollo de tecnologías avanzadas ha sido grande para otro tipo de sistemas y de productos, lo cual sucede en casi todos los proyectos complejos y ambiciosos.

Obviamente, pues, podemos hablar de éxito, aunque siempre se podrá decir que se tardó demasiado, que se cambiaron las especificaciones y que todo ello encareció el proyecto. De los errores también se aprende y con la experiencia ganada los defectos serán menores, si se conservan los aciertos en la confianza mutua y en el desarrollo tecnológico propio, y hay continuidad en los programas.

## **EL PLAN SACTA (Sistema Automatizado de Control de Tránsito Aéreo)**

Vimos anteriormente cómo se producía, en el año 1980, la cancelación del programa civil a la empresa Hughes y cómo el Ministerio de Transportes iniciaba una política de apoyo al desarrollo de los sistemas de control de tráfico aéreo a las empresas españolas. Mientras se elaboraba un plan modernizador y completo de todo un sistema, se fueron instalando varios sistemas en centros de control por los aeropuertos más significativos de España, en lo que se ha denominado proyectos Pre-SACTA (Sistema Automatizado de Control de Tránsito Aéreo).



Centro de Control del Aeropuerto de Barajas. (Foto: INDRA)

Como consecuencia de lo anterior, en 1981, la Dirección General de Aviación Civil tomó la decisión de crear la oficina SACTA, para la que se contrató a la ingeniería española ISEL, de la División de Electrónica del INI, y a la ingeniería norteamericana MITRE, de la que hablamos en capítulos precedentes y que también colaboraba con el programa COMBAT GRANDE. Conviene recordar aquí que, en el origen de la empresa Isdefe, estuvieron ambas entidades, la primera porque formó el núcleo inicial del personal de ingeniería, y la segunda porque sirvió de modelo para la creación de Isdefe por el Ministerio de Defensa. De

hecho, algunas personas opinan que en la decisión de Francisco Cal Pardo en la adjudicación del proyecto PARSE estuvo el origen de la existencia de esta empresa<sup>32</sup>.

De hecho, “entre los años 1978 y 1980 yo había trabajado en un proyecto de alta tecnología en Estados Unidos en una empresa que se llamaba Mitre Corporation. Yo estaba allí con un equipo de cuatro ingenieros españoles y tres controladores, y con un equipo americano que serían unos treinta o cuarenta. Era el germen de lo que iba a ser el SACTA, pero nadie sabía lo que iba a ser”. Éstas, y otras cosas relativas a programas y decisiones que se estaban incubando a finales de la década de los 70, las cuenta Víctor Aguado en una entrevista realizada en el año 2010 con motivo de la celebración de los 25 años de Isdefe. Precisamente, es a Víctor Aguado a quien se le encomienda la dirección de la Oficina del SACTA, creada en 1981, en la que trabajó junto con gentes de ISEL y de MITRE, preparando un Plan Director que sería publicado al año siguiente.

Aunque no esté directamente relacionado con el programa SACTA o con el COMBAT GRANDE, sí lo está con el cambio que estaba teniendo lugar en el Ministerio de Defensa, en particular, y en la sociedad española en general, en relación con las políticas tecnológicas y empresariales. Me refiero al hecho, también contado por Víctor Aguado, de que a poca distancia del lugar donde él trabajaba para Aviación Civil y para la aviación militar, en Long Island, en el SNTIF (*Spanish Navy Training International Facility*), un grupo de ingenieros de la Armada estaba trabajando en las especificaciones de los equipos y sistemas del “Grupo de Combate” de la Armada y en los estudios de viabilidad y planeamiento del programa TRITAN, sobre temas de C3 (*Comand, Control and Communication*), programas que luego pasarían a España -y en los cuales se incorporó buena parte de tecnología española- y que también tuvieron que ver con la creación de Isdefe.

Publicado el Plan Director en 1982, y tras los cambios de gobierno producidos, en 1984 se da luz verde al desarrollo de la primera fase del

---

<sup>32</sup>*La necesidad continua de evolucionar. Veinticinco años de historia de la navegación aérea.* J. Manuel Hesse Martín. Del libro *Isdefe, 25 años*. Diciembre 2010.

programa SACTA a un consorcio formado por CE SELSA -con un 60%- e INISEL -con un 40%- para equipar los nuevos centros de control de Madrid-Torrejón y de Palma de Mallorca, encargándose CE SELSA de los sistemas de control de ruta y de tratamiento de planes de vuelo, e INISEL de los sistemas de control de aproximación y la oficina del proyecto SACTA, dependiente de la Dirección General de Aviación Civil, oficina que contó con la asistencia técnica de Isdefe.



Pantalla del radar del Centro de Control de Torrejón.  
(Foto: controladoresaereos.org)

Así recogía el diario El País del día 17 de mayo de 1984 el comienzo del programa: *El Plan SACTA, de automatización del tráfico aéreo, supondrá invertir 13.000 millones* y continuaba en algunos párrafos que reproducimos:

Ayer fue presentado en Madrid el Plan SACTA (Sistema Automatizado para el Control del Tráfico Aéreo), destinado a mejorar significativamente la seguridad del espacio aéreo español, que supondrá la inversión de 13.000 millones de pesetas en las tres fases en que está prevista su ejecución. El programa SACTA dotará a España de uno de los servicios de control más avanzados de Europa, declaró Pedro Tena, director general de Aviación Civil, en el acto de presentación del plan, efectuado en el nuevo centro de control de Madrid, sito en Torrejón de Ardoz, un edificio donde se han invertido 700 millones de pesetas. El programa SACTA supondrá la informatización del control del tráfico aéreo español, evitando el error humano que puede derivarse de las comunicaciones a voz, ayudando al controlador a realizar su trabajo, consiguiendo una adecuada fluidez del tráfico, disminuyendo las distancias entre aeronaves, reduciendo

las esperas en vuelo y posibilitando el ahorro de combustible, además de proporcionar datos en tiempo real a los centros de control y aeropuertos, con información instantánea de la situación de los vuelos. La primera fase del programa ya en marcha, en la que se invertirán unos 7.000 millones de pesetas, supondrá la automatización de los centros de Madrid y Palma de Mallorca y sus enlaces con Barcelona y Sevilla, y la construcción de otros dos, uno de aproximación y área terminal, en el aeropuerto de Palma y otro de control de ruta en Torrejón de Ardoz.(...) La segunda fase, que se solapará con la primera, será adjudicada a principios del año próximo, con un plazo de realización de dos años y una inversión de 3.000 millones de pesetas, comprendiendo la automatización del tráfico aéreo de Canarias y de los centros de control de aproximación de Madrid y Sevilla, además de la mejora de los de control de ruta y aproximación de Barcelona. La tercera fase, que abarca hasta 1988, con una inversión estimada de 3.000 millones de pesetas, comporta la integración de todos los sistemas objeto de las fases primera y segunda, así como el apoyo al desarrollo de proyectos avanzados, como el sistema de aterrizaje por microondas (MLS). (...) Según Pedro Tena, las inversiones a realizar se recuperarán gracias al esquema de tarifas en ruta, de forma que las compañías aéreas extranjeras que absorben la mitad del tráfico aéreo español, pagarán consiguientemente la mitad del programa SACTA.



Base Aérea de Torrejón de Ardoz (Madrid).

Merece la pena comentar esta noticia. En primer lugar, el hecho de que sea recogida y publicada con tanta extensión demuestra que el tema de la seguridad del tráfico aéreo importaba a la sociedad española, y que la Dirección General de Aviación Civil estaba convencida de la importancia del programa y de la capacidad española para llevarlo a cabo. En segundo lugar, señala con bastante claridad cuáles son los principales objetivos del programa y da unas cifras y unas fechas de las fases que, como en todo gran proyecto, irían modificándose.

Describiremos ahora las principales características del programa SACTA a muy grandes rasgos pues, como ya se ha indicado en otros casos, no es el objeto de este estudio el detalle técnico de los programas sino su nacimiento, evolución e importancia como programas de innovación tecnológica<sup>33</sup>.

Así pues, el SACTA comienza en 1984, tras el plan director de 1981, requerido por la Dirección General de Aviación Civil, superando proyectos anteriores que combinaban necesidades civiles y militares para la integración de los sistemas de todos los centros de control de ruta y aproximación para el tráfico aéreo en España, y para facilitar la comunicación automática entre centros españoles y extranjeros, siguiendo estándares internacionales. En su conjunto, el SACTA abarca aspectos de diseño, desarrollo, pruebas e integración de sistemas de comunicación y ayudas a la navegación y aterrizaje, planificación de alternativas de transporte, sistemas meteorológicos, estudio de la demanda en aeropuertos, procedimientos de vuelo visual e instrumental, planificación del sistema de navegación aérea y plan de mejora del mantenimiento.

---

<sup>33</sup> Quienes deseen conocer con más detalles las funciones, subsistemas, subproyectos y características técnicas pueden consultar el Anexo IV, reproducido de la empresa propietaria del programa, AENA, y en [www.aena.es/csee/ContentServer/navegación-aerea/es](http://www.aena.es/csee/ContentServer/navegación-aerea/es)



Interior de la Torre de Control del Aeropuerto Madrid-Barajas.  
(Foto: controladoresaereos.org)

En una primera fase, de 4.400 millones de pesetas, se preveía la implementación de los centros de Madrid y Palma de Mallorca en tres años, solapándose con una segunda fase de instalación en Canarias, Sevilla y Barcelona, y continuando con una tercera fase de integración y extensión. La complejidad del sistema y de las transiciones necesarias hicieron que se duplicara en la práctica la duración de esta primera fase hasta la puesta en servicio de los centros de Palma (1990) y Madrid (1991), y acabar finalmente con la operación del centro de Barcelona. Así pues, una fase que estaba prevista acabar en 1987 terminó siete años más tarde. No debe sorprender, pues en programas complejos, innovadores y costosos surgen problemas de experiencia, de cambios de tecnologías y de naturaleza presupuestaria, amén de que hay que compaginar el funcionamiento de los nuevos sistemas con los antiguos pues el control de tránsito aéreo no se puede detener ni un instante.

La segunda fase o Versión 2 (1995-1999), impulsada ya por la entonces recién creada Aena, tenía como objeto cumplir dichos compromisos de armonización e integración del control de tráfico aéreo europeo, cosa que se cumplió a plena satisfacción, alcanzando España una posición de predominio en Europa por el desarrollo de un sistema integrado, con una visión *gate to gate* (puerta a puerta) bajo un concepto de sistema

único. Un resultado importante fue el desarrollo de una posición de control para ruta (FOCUCS), área de control terminal (TMA) y sistema integrado de torre. Esta fase, al igual que todas las siguientes, ya fue llevada a cabo por Aena a través de la contratación con la empresa INDRA resultado de la fusión en 1992 de las anteriores CESELSA e INISEL.

La tercera fase -o Versión 3 (1999-2006) o SACTA III- trataba de migrar hacia una arquitectura informática abierta tipo UNIX y comunicaciones TCP/IP e integrar nuevas funcionalidades para la mejora de las condiciones de prestación del servicio, tener una mayor precisión en la detección e identificación de aeronaves, y aumentar la capacidad del sistema.

La cuarta fase -o Versión 4 (2006-2014) o SACTA IV- se enmarca en el objetivo de “cielo único europeo”, para lograr la integración de un FDP común especificado dentro del Consorcio iTEC y las mejoras de las funciones de planificación y tácticas para operar sin ficha de papel, así como el incremento de la capacidad de control de tráfico aéreo a nivel nacional e internacional, facilitando la comunicación automática entre centros de control españoles y extranjeros.

Un gran programa que ha ido evolucionando a medida que también evolucionaban las necesidades de seguridad en el tráfico aéreo y las tecnologías de los equipos y sistemas. El programa fue concebido, diseñado y financiado en España y, por supuesto, está instalado y operativo en todos los aeropuertos españoles. Podemos preguntarnos ¿se ha exportado en su totalidad o en partes a otros países? No olvidemos que una de las medidas del éxito de los desarrollos tecnológicos es que los equipos, sistemas y servicios desarrollados se exporten y sean operativos en otros países, y si éstos son de nivel de desarrollo tecnológico mayor que el nuestro supone un gran éxito desde el punto de vista de la innovación tecnológica. Esto se ha cumplido, y se sigue cumpliendo, con el programa SACTA, con el cual se ha demostrado otra de las permanentes reivindicaciones de las empresas españolas que señalan que no se pueden exportar productos si el propio país no los compra.



Torre de control del Aeropuerto de El Prat (Barcelona)

Pues bien, prueba del grado de internacionalización y exportación del programa lo constituye el hecho de que en el año 2003, Aena (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea), que tras su creación, había pasado a ser la propietaria del SACTA, creó el consorcio iTEC junto con su homóloga británica NATS, DFS (junto con LVNL) y alcanzaron un acuerdo de cooperación para la instalación del SACTA en los centros de control de Escocia y de Londres, y en el año 2005 el acuerdo se amplió para cubrir el desarrollo de versiones conjuntas del sistema. Pero otra prueba la suministra una persona muy autorizada en este campo al que nos encontramos en los inicios del programa. Se trata de Víctor Aguado, quien, en el año 2005, siendo director de EUROCONTROL (Oficina Europea para el Control del Tráfico Aéreo) relata lo siguiente:

Y ahora voy a contar una anécdota que tiene relación con el SACTA. En EUROCONTROL yo gestionaba 2.700 personas y un presupuesto de unos 700 millones de euros al año. Uno de los proyectos que teníamos era renovar el sistema de control del tráfico aéreo de un centro que está en Maastricht. Este centro es el que controla el tráfico en el espacio aéreo superior y del centro de Europa. Es una parte de Alemania, Holanda, Bélgica..., ese es uno de los

centros de control más complejo, no el más denso, pero siempre ha sido el más avanzado en temas de reconocimiento. Necesitábamos un sistema, el más avanzado en lo que se llama el tratamiento de planes de vuelo, que básicamente es la inteligencia del sistema. Hicimos un concurso internacional de 80 millones de euros, salió el concurso, era hace cinco años, hicimos una preselección y al final llegamos a una adjudicación que yo firmé. Fue a INDRA, porque ellos eran los que mejor propuesta habían presentado para hacer el desarrollo del mejor sistema de control de tráfico aéreo en Europa. Lo firmé con una gran satisfacción. Evidentemente, la selección la hicimos escrupulosamente para que no se viera que yo era una especie de influencia afectiva, y entonces lo dejamos a un grupo de expertos que lo evaluara. Al final ganó INDRA porque sabíamos que tenían el mejor sistema y además el más barato (...) Recuerda que te decía que en la década de los sesenta se compraba todo. ¡Cómo han cambiado las cosas a partir de la década de los ochenta! Hoy (se refiere a 2009) hay una cartera internacional muy diversificada. O sea, tienes que tener la cartera nacional y la cartera internacional. Y en el momento que ves que la cartera nacional está temblando, tienes que hacer un esfuerzo en la cartera internacional. De la cartera nacional lo que necesitas es que te financien los temas de desarrollo, los temas donde haya un cierto riesgo. Y que en eso apuesten sin lugar a dudas. Y eso fue lo que se hizo en los años ochenta.



Aeropuerto Madrid-Barajas

Y hablando de la internacionalización, hay que mencionar que en los temas de I+D relativos al control del tráfico aéreo, Isdefe, junto con otras empresas españolas y consorcios europeos, tuvo y tiene una participación muy importante en los sucesivos Programas Marco de I+D de la Unión Europea a partir del año 1991. Recordemos que Isdefe asumió, desde prácticamente el comienzo, la asistencia técnica y gestión del programa, sustituyendo a MITRE. No es adecuado listar aquí y ahora todos los proyectos en que ha participado. Nombres como EATCHIP, FOCUCS, DAVINCI, AEGIS, y actualmente SESAR, son acrónimos que sonaran a los especialistas. Baste señalar ahora que en el libro *25 años de Isdefe* se encuentran listados 25 proyectos de los programas europeos relacionados con la evolución y la innovación en el área del control de tráfico aéreo.

El programa SACTA ha supuesto un esfuerzo inversor importante y ha contado con el completo apoyo del Gobierno de España a lo largo del tiempo y el empuje de Aena para lograr los objetivos establecidos. De acuerdo con los datos suministrados por Aena, en el periodo 1985-1994 (SACTA I), el coste del programa fue de 12.000 millones de pesetas; de 1994 a 1996 (SACTA II) se invirtieron 5.000 millones de pesetas; y en el periodo 1995-2014 (SACTA III), el coste ascendió a unos 250 M€ tanto en equipamiento como en desarrollo (durante este periodo se han modernizado todas las TWRs).

La estrategia actual de Aena, tal y como informa Ignacio González, Director de Navegación Aérea, pasa por orientar la evolución de SACTA a una mejora constante de la eficiencia operativa y la seguridad. Para ello se desarrollarán nuevas funcionalidades que ofrezcan mejoras en la operación de los servicios de tránsito aéreo y en la seguridad, en coordinación con la estrategia Europea. El objetivo de Aena es contar con un sistema de control de tránsito aéreo plenamente interoperable para todas las dependencias de control de ruta, aproximación y torres, que refuerce el objetivo de un “cielo único español” a nivel de sistemas ATM.

Pero, siendo importante y necesario el esfuerzo inversor, no es suficiente. Podrían haberse hecho los desarrollos siguiendo el plan MADAC y encargando el proyecto a empresas norteamericanas. Esto

habría llevado a una fuerte dependencia de otro país, en un asunto de gran importancia para la seguridad y la defensa de la nación, y nos dejaría a merced de proveedores internacionales. A pesar de las debilidades de la situación española al final de los 70 del pasado siglo, hubo una serie de fortalezas tales como una voluntad política clara, y consenso y continuidad, ya que las decisiones tomadas por un gobierno de UCD fueron continuadas por el siguiente gobierno del PSOE y por el siguiente gobierno del PP; también se había ido forjando, como vimos en capítulos anteriores, una cierta capacidad humana con gentes de las empresas y de las universidades, y hubo una apuesta por el desarrollo industrial y tecnológico, al tiempo que se decidió, con buen criterio, separar la parte civil de la militar.

Una de las medidas de éxito de un programa es si sus desarrollos y productos tienen un gran nivel de implantación, no sólo en el país que lo hace sino en otros muchos países. Pues bien, sistemas completos o partes del mismo se encuentran funcionando en aeropuertos de Europa (13), de Asia y Australia (10), África y Oriente Medio (14), y América (16), además de en todos los españoles.



SEGUNDA PARTE:  
**ANEXOS DESCRIPTIVOS**



Tal como se indicó al principio de la crónica se incluyen en esta segunda parte varios anexos en los que se detallan y amplían los programas principales para aquellos lectores que quieran saber algo más. Los cuatro primeros son reproducciones o composiciones de artículos o informes escritos en otros momentos por personas involucradas en dichos programas y publicados en revistas especializadas.

El Anexo 1 es una reproducción del dossier Programa COMBAT GRANDE, publicado en la Revista Aeronáutica y Astronáutica, nº 465, septiembre de 1979, del Ejército del Aire y escrito por Alfonso Rodríguez Rodrigo, entonces Comandante del Arma de Aviación; Reyes Valeros de la Cerra, entonces Teniente Coronel del Arma de Aviación; y Benjamín Michavila Pallarés, entonces Teniente Coronel del Arma de Aviación.

El Anexo 2 comprende dos reproducciones relativas al Programa SIMCA y al Radar LANZA. La primera está tomada de la Revista Aeronáutica y Astronáutica, nº 706, septiembre de 2001, del Ejército del Aire, escrito por Pedro Armero Segura, entonces Teniente Coronel de Aviación. La segunda reproducción está tomada de la Revista Aeroplano, nº 29, especial del año 2011, escrita por Miguel de las Heras Gozalo, entonces Coronel de Aviación del EMA.

Las reproducciones de las revistas citadas han sido autorizadas por los responsables actuales de las mismas del Cuartel General del Aire, a quienes agradezco su ayuda.

El Anexo 3 es una reproducción parcial de un informe interno no publicado y realizado en Fundesco en el año 1993 sobre el Radar LANZA, informe que me fue entregado por algunos de los autores del mismo.

El Anexo 4 es una composición de las publicaciones que aparecen en la página web de Aena, <http://aena.es> en el apartado de Navegación Aérea: Tecnología e Innovación. Esta reproducción ha sido autorizada por el personal responsable de la empresa, a quienes agradezco su colaboración.

Finalmente, el Anexo 5 muestra un listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de universidades y empresas que han participado en los programas descritos en el libro. Se habla mucho, y no muy bien, de la colaboración universidad-empresa pero, al menos por una vez, he querido pasar “de las musas al teatro” y reflejar la realidad detallada de un largo proceso en el que tuvo mucho que ver el caso de innovación que nos ocupa. Es posible que haya otros grupos, otros proyectos y otras empresas pero las fuentes consultadas no siempre han respondido.

## ANEXO 1

---

Programa COMBAT GRANDE  
Revista de Aeronáutica y Astronáutica  
Septiembre, 1979



# REVISTA DE AERONAUTICA Y ASTRONAUTICA

PUBLICADA POR EL  
EJERCITO DEL AIRE

AÑO XXXIX - NUMERO 465

SEPTIEMBRE 1979

Depósito legal M. - 5.416 - 1960

Dirección y Redacción: Tel. 244 26 12 - PRINCESA, 88 MADRID - 8 Administración: Tel. 244 28 19



Nuestra Portada: Acostá en el II Concurso Fotográfico de "R. de A. y A.". Autor, don Francisco Gómez Carreras, Comandante del Arma de Aviación.

**Director:**  
Coronel Evilio Dines Palacios

**Subdirector:**  
Coronel Ramón Salto Peláez

**Redactores:**  
Tte. Coronel Antonio Castilla Bz  
Tte. Coronel Vicente Hernández García  
Tte. Coronel Ramón Fernández Saizuelo  
Tte. Coronel José Sánchez Méndez  
Tte. Coronel Miguel Ruiz Nicolás  
Tte. Coronel Jaime Aguilar Hormas

**Secretarios de Redacción:**  
Capitán Esteban Adalán Aguir  
Teniente Antonio M.º Alonso Isáber

**Administración:**  
Comandante Federico Rubert Boyce  
Capitán Angel Santamaría García  
Comandante Carlos Barahona Gómez

**Impresión:**  
Gráficas Vigan de Lerda

Número corriente .....	100 pesetas
Número atrasado .....	120 -
Suscripción anual .....	800 -
Suscripción semestral .....	1.200 -
Suscripción del extranjero .....	2.100 -
Incluye 200 pags. para gastos de envío	

Número extraordinario..... 200 pesetas

## SUMARIO

	Págs.
EDITORIAL .....	816
CARTAS AL DIRECTOR .....	817
EL PODER AEREO Y EL ENTORNO <i>Por Federico Yáñez Velasco, Capitán del Arma de Aviación</i> .....	818
EL PROBLEMA ENERGETICO Y EL FUTURO DE LA ENERGIA NUCLEAR <i>Por Guillermo Velarde, Catedrático Numerario de Física Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid</i> .....	822
ACTUALIDAD DEL DERECHO HUMANITARIO DE GUERRA <i>Por Francisco Loustau Fernán, Coronel Auditor del Aire</i> .....	827
DESTACAMIENTO C.A.M.O. BARAJAS <i>Por José Manuel Adán Carreras, Capitán del Arma de Aviación</i> .....	831
ENTREVISTA CON EL DIRECTOR DE LA DIVISION ESPACIAL DE C.A.S.A. <i>Por Miguel Ruiz Nicolás y Jaime Aguilar Hormas, Tenientes Coronels del Arma de Aviación</i> .....	838
LOS COLMELLOS DEL DESARME <i>Por Manuel Corral Becerra</i> .....	846
OPERACION "VELERO" <i>Por Jaime Aguilar Hormas, Teniente Coronel del Arma de Aviación</i> .....	850
DOSSIER:	
PROGRAMA COMBAT GRANDE EL PROGRAMA COMBAT GRANDE I <i>Por Alfonso Rodríguez Rodrigo, Comandante del Arma de Aviación</i> .....	864
EL PROGRAMA COMBAT GRANDE II <i>Por Reyes Velasco de la Cerna, Tte. Coronel del Arma de Aviación</i> .....	870
HACIA EL FUTURO <i>Por Benjamín Michavilla Pallares, Tte. Coronel del Arma de Aviación</i> .....	876
LA PASION DE VOLAR DE SEBASTIAN ALMAGRO <i>Por Leonardo García</i> .....	887
MEDICINA AERONAUTICA. COLDOURO SOBRE LOS PROBLEMAS SOCIALES DE LAS TRIPULACIONES <i>Por Juan Carlos Salinas Sánchez, Teniente Médico del E. A.</i> .....	892
¿SABIAS QUE...? .....	896
NOTICARIO .....	898
ASTRONAUTICA .....	903
CONSULTORIO DEL ISFAS .....	906
ULTIMA PAGINA. PASATIEMPOS .....	907
AYER, HOY Y MAÑANA .....	911
LA AVIACION EN EL CINE <i>Por Víctor Marínero</i> .....	915
MATERIAL Y ARMAMENTO .....	917

LOS CONCEPTOS EXPUESTOS EN ESTOS ARTICULOS REPRESENTAN LA OPINION PERSONAL DE SUS AUTORES

# DOSSIER

## PROGRAMA COMBAT GRANDE

*La independencia nacional, como ustedes saben, lleva consigo la protección de todo su territorio, personas, bienes y recursos. Desde que apareció la aviación, esta protección hay que hacerla también en el espacio aéreo que nos rodea para evitar cualquier ataque o violación por aviones agresores o que busquen información en nuestro país. Esa protección requiere disponer, en todo momento, de unas fuerzas aéreas con aviones de combate capaces de impedirlo, de artillería antiaérea y misiles tierra-aire en determinados puntos, y de un sistema que permita detectar la presencia de aviones hostiles y controlar, dirigir y coordinar el combate aéreo en toda la extensión de España.*

*Hasta la Segunda Guerra Mundial, el poder militar de una nación y, por ende, su seguridad, se podía medir por el número de soldados, carros de combate, cañones, buques y aviones que tenía en su inventario. Hoy día, estos elementos, por sí mismos, no dan la medida de la fuerza de una nación. Cada uno de ellos puede ser muy poderoso, pero en un conflicto su poder no puede lanzarse sobre el enemigo, sin contar con un moderno sistema de mando y control.*

*Ahora, el jefe, para defender el país, tiene que disponer de información precisa en tiempo real, procesada automáticamente y de modo continuo, y debe tener un método seguro de asignar las fuerzas y objetivos, y de dar las órdenes adecuadas para el combate. Este sistema para la defensa aérea, tan necesario como los aviones, está formado por la red de alerta y control, compuesta por: centros de operaciones, asentamientos de radar, estaciones de radio tierra-aire y una red de comunicaciones que enlace punto a punto todos los elementos de la defensa aérea entre sí.*

*Si pensamos que el éxito de las operaciones aéreas está determinado por la calidad y comportamiento de los hombres, por el material que utilizan y por la información que disponen, llegamos a la conclusión de tener que considerar el conjunto de los elementos de la defensa aérea como un sistema integrado hombre-máquina sin dejar ninguno suelto. Por encima de todo, el elemento humano, el más importante, debe estar integrado, puesto que es el hombre quien dirige y emplea el equipo. Considerando las limitaciones del hombre, todo esfuerzo debe dirigirse a facilitarle su cometido, aligerándole de los trabajos mecánicos y tareas rutinarias, al objeto de que disponga de la máxima libertad para tomar las decisiones tácticas.*

*En cuanto a las máquinas, deben estar siempre en disposición de cumplir su función en forma adecuada, lo que requiere una organización de apoyo logístico en sus tres aspectos de abastecimiento, mantenimiento y entrenamiento, sin lo cual el conjunto falla y la misión queda sin cumplir en toda su dimensión.*

*Con estas ideas básicas se acometió en 1970 la modernización y semiautomatización de la red de alerta y control de la defensa aérea. Tarea continua para hacer frente al también constante avance de los medios de la amenaza.*

*Este "dossier" expone en tres partes el proceso de actualización de nuestra red de alerta y control. Las dos primeras describen los esfuerzos del Ejército del Aire en el pasado y presente con los Programas Combat Grande I y II, y la tercera aporta unas ideas que pudieran servir de ayuda al modelo futuro. Para este trabajo se han elegido tres jefes del Estado Mayor del Aire que llevan la gestión del Combat Grande y, a la vez, cuentan en su haber varios años dedicados a distintos aspectos de su desarrollo en el pasado.*

# el programa

# COMBAT GRANDE I

Por ALFONSO RODRIGUEZ RODRIGO  
*Comandante del Arma de Aviación*

## INTRODUCCION

**E**n abril de 1978 el Sistema Semiautomático de Defensa Aérea, SADA, entró a formar parte del Mando Aéreo de Combate con carácter oficial. De hecho, ya estaba operativo desde finales del año anterior.

Para la realización de este Sistema de Defensa, calificado entonces como la versión más moderna producida por HUGUES, se habían conjuntado un gran número de factores y elementos que tras siete años de trabajos y esfuerzos pusieron a prueba la propia esencia de la cooperación internacional, al tener que armonizarse conceptos de planificación, gestión y ejecución tan dispares como la diferente dimensión de las dos naciones protagonistas, España y los Estados Unidos de Norteamérica.

A finales de la década de los sesenta el Ejército del Aire había acumulado una gran experiencia en la operación y mantenimiento de los equipos electrónicos que formaban la Red de Alerta y Control del entrañable Mando de la Defensa Aérea, a pesar de no haber tomado parte ni en su concepción ni en la instalación.

No obstante, en esa época, el enorme desarrollo de la industria aeronáutica mundial había creado una gran desproporción entre los modernos aviones de combate y los medios convencionales para su control desde tierra. Las naciones más avanzadas tomaron conciencia de esta desigualdad y, apoyándose en la Cibernética, crearon los sistemas automáticos que establecían el equilibrio entre la velocidad de la amenaza aérea y el tiempo de reacción del controlador. La era del computador se había introducido firmemente en la defensa aérea de las naciones.

Esta filosofía y la condición geoestratégica de España permiten que en el Acuerdo de Amistad y Cooperación con los Estados Unidos, firmado el 6 de agosto de 1970, se decidiera la modernización y semiautomatización de la Red de Alerta y Control a la que tanto rendimiento había sabido extraer el Ejército del Aire.

## INICIACION DEL PROGRAMA

**P**ara dar cumplimiento a los artículos 31 y 37 del Capítulo VIII del Acuerdo, se estableció el PROGRAMA COMBAT GRANDE y el Cuartel General de la USAF encargó al Mando de las Fuerzas Aéreas en Europa que, con ayuda del Mando de Sistemas de la USAF, confeccionase un documento lo suficientemente preciso y completo que, una vez firmado por el Ministerio del Aire y el Jefe del Estado Mayor de la USAF, constituyera la orden para dirigir y ejecutar el PROGRAMA hasta conseguir los objetivos de modernización y semiautomatización apuntados en el Acuerdo y plasmados con todo detalle en el Plan de Empleo Operativo para el Programa COMBAT GRANDE, como se denominó al documento.

En la España de entonces los estudios sobre Dinámica de Sistemas no son bien conocidos, las técnicas de gestión son incipientes y el Ejército del Aire no posee experiencia ni medios suficientes para conjuntar eficazmente el cúmulo de Organismos y acciones que habrían de tomar parte en el Programa. Sin embargo, su experiencia en la Defensa Aérea es incuestionable, sabe lo que quiere, por ello toma parte activa desde el nacimiento del Programa e introduce en él su impronta y sus criterios. El Programa es conjunto desde su creación y, para fijar este concepto gráficamente, queda bautizado con una palabra de cada idioma, COMBAT GRANDE.

Las directrices de los grupos de trabajo que confeccionaron el Plan de Empleo Operativo fueron las siguientes:

- Definir las circunstancias y condiciones operativas una vez terminado el Programa.
- Considerar las soluciones alternativas que cumplan satisfactoriamente los objetivos técnicos y las condiciones operativas, dentro de la mejor tecnología del momento sin recurrir a la Investigación y Desarrollo.
- Confeccionar el documento con suficiente detalle y de tal forma que permita posteriormente, la preparación de las especificaciones del Proyecto del Sistema sin necesidad de mayores estudios.
- De acuerdo con estas directrices el grupo de trabajo conjunto hispano-americano inicia su labor el 1.º de diciembre de 1970 terminando el Plan de Empleo Operativo un año más tarde, y después de su aprobación a primeros de 1972 comienza la fase de desarrollo.

## LOS ORGANOS DE DIRECCION

**P**ara llevar a cabo los objetivos de modernización y semiautomatización se establece el concepto de dirección única y control centralizado de los recursos. De mutuo acuerdo, la responsabilidad de la dirección corresponde a la USAF; no obstante, la gestión y las decisiones han de tomarse conjuntamente.

La Oficina del Programa, en la Base Aérea de Hanscom (Massachusetts-USA), pertenece a la División de Sistemas Electrónicos de la USAF y se estructura en cuatro secciones técnicas al mando de un Coronel de la USAF y un Teniente Coronel del E.A. que actúa como Segundo Jefe y Representante español. Desde esta Oficina se coordinan los esfuerzos de todos los organismos que intervienen en el Programa con sede en los Estados Unidos, se toman las decisiones y se emiten las órdenes de ejecución.

La Oficina de Campo en la Base Aérea de Torrejón se estructura de forma análoga a la Oficina del Programa con rango militar inmediato inferior. Constituye el Centro de las actividades en España y las dirige, coordina y controla por delegación.

El Estado Mayor del Aire es un punto focal para todos los asuntos relacionados con la ejecución del Programa, incluyendo la coordinación y delegación de responsabilidades en otros organismos del Ejército del Aire o fuera de él. La asesoría general técnica y de ingeniería de sistemas corresponde a la Corporación MITRE, consultora permanente de la División de Sistemas Electrónicos de la USAF y especializada en Sistemas tácticos, estratégicos y de Defensa.

## EJECUCION DEL PROGRAMA

**P**ara realizar las obras e instalaciones de lo que hoy constituye el Sistema Semiautomático de Defensa Aérea (SADA), la Dirección del Programa dividió las tareas en Segmentos de Acción. Para cada uno de ellos se prepararon, con la asesoría de MITRE, los documentos de especificaciones técnicas. Tanto éstas, como el enfoque para las contrataciones fueron aprobadas conjuntamente por la USAF y el Ejército del Aire. Una vez cumplido este requisito se convocó concurso público, abierto a las empresas industriales americanas interesadas, y a las españolas en aquellas partes del programa que tuviesen capacidad de realización, solicitando propuestas formales para las configuraciones básicas y sus perfeccionamientos respectivos.

El análisis de las ofertas recibidas se basó en los costes, capacidades, plazos, calidades, garantías y otras circunstancias. La única limitación residió en el coste a cargar contra el presupuesto conjunto hispano-norteamericano, que no podía exceder de lo fijado en el Acuerdo de Amistad y Cooperación de 6 de agosto de 1970, que en su totalidad ascendía a cincuenta y ocho millones de dólares, de los que Estados Unidos financiaba el 70 por ciento y España el 30 por ciento. Posteriormente se incorporaron al Programa otros elementos expresamente diseñados para Aviación Civil.

Para conseguir el objetivo del Programa se desarrollaron los segmentos que se describen:

- **Esfuerzo orgánico:** Se cambiaron los radares de altura de los siete Asentamientos, sustituyendo el antiguo AN/FPS-6 por los AN/FPS-90 con capacidad "anticlutter" y supresión de ecos por lóbulos laterales. Se realizó una revisión IRAN en todos los radares de vigilancia, cuyo transmisor seguiría siendo un elemento básico en el futuro Sistema.

Estos trabajos fueron realizados por el Servicio de Comunicaciones de la USAF, los Centros logísticos de Sacramento y San Antonio y la colaboración exhaustiva y decisiva de los especialistas del Ejército del Aire bajo las directrices de la 5.<sup>a</sup> Sección del E.M. del Mando de la Defensa Aérea.

- **Segmento de Contra-medidas electrónicas:** Para seguir lo establecido en el Plan de Empleo Operativo, la División de Sistemas Electrónicos de la USAF, se puso en contacto con el Centro de Desarrollo Aéreo de ROME para la adquisición de una modificación del Radar de Vigilancia que reuniera las características establecidas en el documento.

A la solicitud dirigida a la Industria para los programas COMBAT GRANDE, Peace Edge (TAIWAN) y Peace Alter (IRAN) con objeto de repartir los costes de investigación y desarrollo ofertó, entre otras, la Compañía GENERAL DYNAMICS, que realizó el pro-

yecto. Ante la retirada de Irán, la Dirección del Programa adquirió los receptores a él destinados, lo que permitió la instalación del banco de pruebas para el mantenimiento de tercer escalón en el Depósito DP3-B y dotar a la Escuela de Transmisiones de un receptor para enseñanza. Con este receptor el antiguo Radar de Vigilancia NA/FPS-100 se convirtió en el AN/FPS-113, actualmente en servicio en los Escuadrones de Vigilancia Aérea.

- **Segmento de Energía Comercial:** Con la intervención de las Empresas españolas AIRCON para el proyecto, ELECNOR para la instalación y FENYA para la construcción e instalación de los convertidores de frecuencia, los siete E.V. As quedaron dotados de energía eléctrica comercial y una planta de emergencia con tres de los antiguos motores diesel como reserva.
- **Segmento de semiautomatización;** En la conferencia de prensa desarrollada por el Presidente de COMCO Electronics, Director de la Compañía HUGHES AIRCRAFT para el Programa COMBAT GRANDE, se dijo lo siguiente: "COMCO y sus compañías propietarias (Hughes Aircraft Company, Ground Systems Group de Fullerton, California y Compañía de Electrónica y Comunicaciones de ESPAÑA, CECSA), han estado activamente comprometidas en la evolución del Programa COMBAT GRANDE durante un período de más de siete años, y es una gran satisfacción comprobar hoy los resultados del trabajo de cientos, si no de miles, de personas pertenecientes al Ejército del Aire español, Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, COMCO, Hughes, CECSA y las numerosas organizaciones subcontratistas. Se puede afirmar ahora sin lugar a dudas que España tiene un Sistema de Defensa Aérea de primera magnitud."

Con el segmento de Semiautomatización quedó establecido el Centro de Operaciones de Sector, una planta de energía eléctrica y los edificios que los albergan, en la Base Aérea de Torrejón. Los Centros de Operaciones están diseñados para aceptar entradas de datos procedentes de diez Asentamientos cuyos radares primario y secundario están conectados a un Extractor Digital en cada uno de los siete Asentamientos operativos, que acepta la señal de video del radar de búsqueda y del secundario, cuantifica distancia y azimut, filtra el *clutter*, determina la posición del blanco y lo informa enviándolo al SOC, al que también se transmite el dato de altura cuando el Extractor controla la antena de este Radar en el modo semiautomático.

El SOC, con capacidad para un número suficiente de trazas con iniciación automática o manual y seguimiento automático, almacena datos de planes de vuelos para la función de identificación. Genera órdenes para misiones simultáneas, pudiendo el programa de computador, manejar varios tipos de aviones, cada uno con diferentes configuraciones.

Entre los principales elementos electrónicos que permiten llevar a cabo las funciones de Defensa, se encuentran los computadores centrales H5118M integrados con 34 minicomputadores que funcionan como controladores y procesadores de la presentación, procesadores de comunicaciones y equipo periférico que incluye memorias de disco, cintas magnéticas, terminales de datos, impresores de línea, lectores de mapas, etc.

El Subsistema de presentación se forma con 28 consolas con pantalla, enlazadas a los computadores centrales.

El Subsistema de comunicaciones incluye paneles de teléfonos punto a punto y radio tierra-aire en varias posiciones de pantalla. La central telefónica totalmente automática y electrónica contiene tres minicomputadores, además de bastidores de equipo para el enlace con pantallas y terminal de microondas de los Centros de Operaciones.

Todos los elementos críticos están duplicados, transfiriéndose las funciones de un elemento a otro en caso de fallo. Esta duplicidad se extiende desde el proceso de datos y equipo de representación visual, al equipo de comunicaciones y generadores de energía

principal. La duplicidad del equipo procesador de datos facilita la utilización de una línea de proceso para la realización de una misión completa de defensa aérea, mientras la otra puede dedicarse al entrenamiento de los operadores, desarrollo de programas o mantenimiento del equipo.

- **Segmento de microondas:** Las comunicaciones por microondas se mejoraron notablemente dando mayor capacidad de canal en los ejes principales de la red del Ejército del Aire, nuevos equipos de radiofrecuencia y equipos múltiplex en las estaciones que apoyan la Defensa Aérea. Las vías alternativas de transferencia de datos se consiguieron con la construcción de cuatro nuevos asentamientos de microondas que constituyen el anillo exterior, nuevas torres de antena, y el cinturón interior.

## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

**E**stas realizaciones permitieron que a finales de 1977 el Sistema nuevo de Defensa estuviese listo para comenzar las pruebas operativas técnicas para su aceptación definitiva por el Ejército del Aire.

Desde entonces, la adecuada orientación y calibración de las antenas de los radares va a permitir que aquellos blancos detectados simultáneamente por varias estaciones sean vistos con su auténtica realidad por los operadores.

En los Asentamientos, los radares envían sus datos a los extractores de tiempo real, separando los datos inútiles, como blancos fijos, formaciones de nubes, etc. La información recogida por todos los asentamientos se envía mediante la red de Microondas, en forma digital, al Centro de Operaciones de Combate y Centro de Operaciones de Sector (COC/SOC), donde se centraliza por el computador principal Hughes H5118M, con capacidad de almacenamiento de datos muy superior a los existentes en los asentamientos, pudiendo transmitir más de dos millones de palabras de computador por segundo o pedirle que ejecute quinientas mil órdenes. Almacena información vital, como características de misiles y aviones interoperadores, geometría de ataque, bases aéreas o actúa como simulador de situaciones aéreas con fines didácticos y de entrenamiento y, en caso necesario, trabaja como centro de análisis y computación de Sistemas.

Como gran acierto se han definido las consolas de presentación, como el componente final que proporciona el eslabón vital entre la electrónica y los hombres a cargo del Sistema. Las consolas son de uso múltiple y pueden ser manejadas manualmente, para que cada operador presente en la suya solamente los datos necesarios para su área particular de defensa y la misión asignada. La información seleccionada se presenta a los operadores en forma simbólica y alfanumérica, mediante grandes tubos de rayos catódicos y sobre paneles auxiliares de lectura. Los programas cambian automáticamente para proporcionar a la consola la información que se precisa en cada momento.

## EL ENTRENAMIENTO

**L**os equipos electrónicos y los trabajos para su instalación hubiesen sido inútiles si en el momento de recibirlos el Ejército del Aire no hubiese dispuesto de un equipo humano capaz de operarlos y mantenerlos, por ello la Dirección del Programa puso atención especial

al entrenamiento desde los primeros momentos. En 1972, contando con la colaboración absoluta del Mando de Defensa Aérea y la Dirección de Enseñanza por parte española y el Air Training Command y JUSMG MAAG por parte americana, se comenzó la programación y selección de los cursos que posteriormente se concretaron en enseñanza sobre treinta especialidades, recibida por casi mil alumnos, desde el Teniente General Jefe de la Defensa Aérea, hasta los cabos especialistas recién incorporados a su destino, impartida en España en su mayor parte. En los Estados Unidos se desarrollaron los cursos de aquellas materias que requirieron los propios equipos de la empresa instaladora o una dedicación especial de la USAF para crear los primeros instructores españoles que habrían de impartir posteriormente las enseñanzas adquiridas al otro lado del Atlántico, en su propio Escuadrón o en otros organismos más apropiados. Para llevar a buen término esta importante misión se conjuntaron racional y progresivamente las posibilidades de las empresas contratistas, Escuela de Transmisiones del E.A., Escuadrones de Vigilancia Aérea y Mando de Entrenamiento de la USAF.

El Ejército del Aire pudo contar en el momento previsto con el personal apropiado para cada una de las misiones del Sistema SADA. Por ello, vaya desde aquí a instructores y alumnos el reconocimiento de todos sus compañeros por su tremendo esfuerzo, en especial a aquellos que, por imperativos de plantilla, tuvieron que realizar cursos en varias especialidades o simultanear el trabajo diario con su condición de alumno o profesor.

## CONCLUSION

**P**ara los estudiosos del tema, el Programa Combat Grande constituye un claro ejemplo de los métodos modernos de planificación, gestión y ejecución, enmarcados en el ámbito de cooperación internacional.

Los Estados Mayores han definido los objetivos, han dado directrices y han creado los organismos y medios para llevarlos a la práctica, conservando durante el período de vigencia su función integradora e interpretativa.

Los organismos de dirección y gestión han establecido las medidas, a corto y largo plazo, para la ejecución de las tareas, los cauces de adquisiciones y contrataciones, y las alternativas posibles ante las lógicas desviaciones o tensiones.

Tras las comprobaciones finales de cada uno de los segmentos de acción, la prueba del Sistema pone fin al Programa, el Sistema Semiautomático de Defensa Aérea, SADA, es una realidad, el Programa ha cumplido su misión, pero el SADA es susceptible de perfeccionamientos y ampliaciones y para conseguirlo, continúa con el nombre de COMBAT GRANDE II. ■



# el programa

# COMBAT

# GRANDE II

*REYES VALEROS DE LA CERRA*  
*Teniente Coronel del Arma de Aviación*

Todo Programa nace y se desarrolla, pero no muere. Está sujeto a una serie de limitaciones que, generalmente, en el transcurso de su evolución presupuestaria y continúa latiendo al ritmo que le marca la evolución tecnológica.

Por estos motivos, económicos y técnicos, el Programa Combat Grande I ha sentido la necesidad de continuarse en el Combat Grande II y no es difícil suponer que con esta misma denominación u otra, pero que abarque proyectos afines, la sucesión sea indefinida.

Es más, un buen planeamiento no pueda detenerse en las realizaciones inmediatas sino que exige el estudio y análisis de los procesos futuros. Es la contribución que aporta el hombre a los progresos madurados en su propia mente.

De este modo, antes de finalizar el Programa Combat Grande I, ya estaban situadas las bases del Programa Combat Grande II, cuya finalidad, y a modo de divulgación, se va a presentar en este artículo.

El Combat Grande II es un programa conjunto entre el Ejército del Aire español y las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos. Se desarrolla al amparo del tratado de Amistad y Cooperación suscrito por ambos países en el año 1976 y está definido en un Plan Director, fechado en el mes de Mayo de 1978, con la autorización de los Jefes de los Estados Mayores de las Fuerzas Aéreas de ambas naciones. En él se incluye un Sistema de Control de Tráfico Aéreo para Aviación Civil (Proyecto MADAC), cuyo estudio fue aprobado en Consejo de Ministros, en Octubre de 1978.

Los objetivos básicos del Programa pueden sintetizarse del modo siguiente:

- Contrato de Operación y Mantenimiento.
- Establecimiento de un nuevo asentamiento de radar en el noroeste de la Península (Radar de NOYA).
- Mejoras de los actuales asentamientos de radar.
- Integración del Avión F-1 en los programas del SADA.

- Aumento del número de interceptaciones simultáneas.
- Interconexión con los misiles Tierra/Aire del Ejército de Tierra.
- Mejoras en el Depósito de la Red de Alerta y Control (DP3-B).
- Acondicionamiento y construcción de nuevos locales en el Ala de Alerta y Control.
- Desarrollo del Proyecto MADAC.

Como objetivos complementarios se definen los siguientes:

- Mejoras en el sistema telefónico de la Red de Microondas.
- Dotación de personal instruido para el Radar de Noya y su eje de microondas.
- Dotación de personal para el conjunto del SADA de modo que, al finalizar el Tratado con los Estados Unidos de América, se pueda conseguir la autosuficiencia en:

- Mando
- Operaciones
- Comunicaciones
- Electrónica
- Informática de Defensa Aérea
- Electricidad y climatización

Como puede observarse, en resumen, la finalidad del Programa Combat Grande II consiste en mejorar y apoyar el sistema de Defensa Aérea (SADA) y en semiautomatizar el Control de Tráfico Aéreo (Proyecto MADAC).

Pasamos a describir los objetivos básicos expuestos anteriormente.

## CONTRATO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Este contrato, suscrito con la empresa norteamericana HASI (HUGHES) en los períodos comprendidos entre septiembre de 1977 a enero de 1979 y desde esta fecha hasta septiembre de 1981, tiene por objeto adiestrar técnicamente al personal del Ejército del Aire destinado en el Centro de Operaciones de la Defensa Aérea (COC/SOC), Escuadrones de Vigilancia Aérea, Red de Microondas y Depósito de la Red de Alerta y Control (DP3-B) de modo que, a la finalización del mismo, se alcance la autosuficiencia en la dirección, operación y mantenimiento del SADA, así como su funcionamiento adecuado.

También incluye la instrucción y el apoyo directo, según necesidades, en las áreas de:

- Operaciones
- Mantenimiento técnico
- Dirección y gestión de mantenimiento
- Dirección y gestión de la configuración del sistema.
- Ingeniería de equipos y de sistema.

Indudablemente, esta gestión lleva consigo la previsión precisa de necesidades de personal en los distintos organismos y áreas especificadas.

Como objetivos a largo plazo, dentro de este campo, pueden señalarse: la máxima capacitación del Ejército del Aire en cuanto a su personal militar y civil y el apoyo suplementario de alta cualificación formado por un tercer escalón de mantenimiento, una

ingeniería de equipos y sistema y un canal urgente y especial de abastecimiento, alta cualificación que tratará de conseguirse mediante el contrato con una nueva empresa española, buscando una tecnología propia, mayor economía y la seguridad adecuada.

Una parte importante de esta capacitación la constituye la Informática Militar de Defensa Aérea, elemento clave en el SADA, con la que puede obtenerse la autonomía en mantenimiento y la máxima participación en el desarrollo del "software".

#### **ASENTAMIENTO DEL RADAR EN EL N.O. DE LA PENINSULA (RADAR DE NOYA)**

Los avances de los medios de ataque aéreo de posibles países agresores, de una parte, y la seguridad de control de tráfico aéreo civil, de otra, han aconsejado completar la cobertura radar-radio en la zona N.O. de la Península.

Con este propósito, el Programa Combat Grande II incluye la instalación de un Asentamiento de Radar en la sierra de Barbanza, en las proximidades de Noya, provincia de La Coruña.

Las características de las instalaciones y equipos serán similares a las del resto de los asentamientos actuales, en consideración a normalizaciones logísticas.

La programación comenzada con el Plan de Ejecución en el tercer trimestre del año 1978 finalizará con la transferencia e iniciación operativa en el tercer trimestre de 1982.

#### **MEJORA DE LA RED DE MICROONDAS**

La red actual de microondas será ampliada para unir el Asentamiento de Radar de Noya por medio de enlaces adicionales y con los equipos correspondientes necesarios.

La mejora de la Red se llevará a cabo en dos fases. En la primera fase, este trabajo se acometerá con la siguiente secuencia:

- Sustitución de equipos anticuados en los Asentamientos.
- Conmutación a nivel de grupo en Torrejón.
- Selección de ruta alternativa para el Asentamiento de Rosas.
- Selección de ruta alternativa para el Asentamiento de Villatobas.
- Mejora en los equipos de prueba.

En la segunda fase se tratará de:

- Eliminar las interferencias de radio frecuencia en diversos Asentamientos y Estaciones de Microondas.
- Ampliar el sistema de alarma de mantenimiento.
- Mejorar y ampliar la red telefónica Ericsson (Teléfonos de teclas).
- Conmutar a distancia los canales de radio Tierra/Aire.

#### **MEJORAS EN LOS ACTUALES ASENTAMIENTOS DE RADAR**

Estas mejoras, que no pueden detallarse por motivos de seguridad, consistirán en:

- Ajustes y pequeñas modificaciones.
- Mejoras de características técnicas.

#### **INTEGRACION DEL AVION F-1 EN LOS PROGRAMAS DEL SADA**

Tras la adquisición de los aviones F-1, para ser usados como interceptadores por el Mando Aéreo de Combate, es preciso integrar este tipo de avión en el Sistema SADA.

Esta integración requiere que el COC/SOC sea adaptado a las características del avión.

Normalmente, los datos requeridos para la integración de cualquier interceptador en el Sistema SADA son:

- a. Datos técnicos asociados con la capacidad de selección táctica.
- b. Valores de comportamiento asociados con la velocidad, subida, descenso y combustible.
- c. Constantes de comportamiento unidas a las características del avión y del combustible y a las configuraciones del armamento que vaya a ser utilizado por el mando operativo.

#### **AUMENTO DEL NUMERO DE INTERCEPTACIONES SIMULTANEAS**

Como información general puede decirse que las disponibilidades del SOC son lo suficientemente flexibles para que con la introducción de nuevos programas en el ordenador y la adición de un determinado número de consolas, la capacidad para el control de interceptaciones simultáneas pueda ser incrementada.

#### **INTERCONEXION CON LOS MISILES TIERRA/AIRE DEL EJERCITO DE TIERRA**

El sistema actual de misiles tierra/aire (SAM), a cargo del Ejército de Tierra, debe ser mejorado dotando de un control centralizado a las unidades de SAM, de modo que se obtenga la mayor efectividad de los sistemas de armas de los Ejércitos de Tierra y Aire. Este control se conseguirá, automáticamente, con los medios del Sistema SADA, asignando y transfiriendo blancos a través de los enlaces de datos digitales a los Puestos de Mando de la Defensa Aérea del Ejército de Tierra (AADCPs).

La interconexión entre el Sistema SADA y el Sistema de Defensa Aérea del Ejército de Tierra requiere modificaciones en las disponibilidades del COC/SOC y la instalación de los equipos apropiados en los AADCP.

#### **MEJORAS EN EL DEPOSITO DE LA RED DE ALERTA Y CONTROL (DP3-B)**

Las instalaciones del Mando Aéreo de Combate y de la Red de Microondas reciben el apoyo logístico y de mantenimiento del Depósito 3-B (DP3-B). Todos los equipos de medida son calibrados en el Laboratorio de Calibración de este Depósito, en las unidades móviles de calibración del mismo y en el Instituto de Técnica Aeroespacial (INTA). Las necesidades

surgidas con la implantación del Sistema SADA y las previsiones para un futuro sistema de armas más sofisticado, han determinado la construcción de un nuevo Laboratorio de Calibración y el aumento de las unidades móviles de calibración periódica, dotados ambos con los equipos de medida de la tecnología más avanzada.

Esta mejora, incluida en el Programa Combat Grande II, presupone el aumento de la plantilla del personal dedicado a estas funciones y la instrucción adecuada a los medios que maneja.

## ACONDICIONAMIENTO Y CONSTRUCCION DE NUEVOS LOCALES EN EL ALA DE ALERTA Y CONTROL

Dentro del Programa Combat Grande II se va a realizar una necesidad ya sentida cuando se creó el Ala de Alerta y Control. Se trata de acondicionar un edificio ya existente y levantar otro de nueva planta, dedicados ambos a albergar despachos y oficinas para las funciones administrativas del Ala.

A su vez, se dotará de energía comercial a las dependencias del Ala, instalando una unidad de continuidad, de modo que los grupos electrógenos queden para situaciones de emergencia y para aquellas otras que se estimen convenientes.

## PROYECTO MADAC

La necesidad de disponer de un sistema semiautomatizado de control de la circulación aérea para atender a las previsiones del tráfico a largo plazo, llevó a la Subsecretaría de Aviación Civil a ordenar, en 1978, la construcción de un edificio para albergar las instalaciones correspondientes, y en 1978 la constitución de un Grupo de Trabajo para desarrollar el proyecto, planeamiento y adquisición de un sistema semiautomatizado de control de tráfico aéreo en ruta al que se denominó Sistema MADAC (MADRID AUTOMATED CENTER).

Simultáneamente, la Defensa Aérea precisaba de un Centro de Operaciones de reserva para el Sistema SADA, de ahí que, dada la similitud de funciones y tecnología a emplear para cubrir ambas necesidades, posteriormente y en actuación conjunta, los Ministerios de Defensa y de Transportes y Comunicaciones llegaron a la conclusión de acometer el estudio del Proyecto, fase que fue aprobada por el Consejo de Ministros en octubre de 1978.

Este Sistema de Control para Tráfico Aéreo se apoyará en las instalaciones ya existentes del Ejército del Aire para la Defensa Aérea, utilizando sus radares, su red de radio tierra-aire y su red de microondas, pero necesita de otras instalaciones adicionales entre las que se encuentran un Centro de Tráfico en Ruta, situado en Madrid (Torrejón), centro automatizado, que, a su vez, constituirá una reserva para el Centro de Control de la Defensa Aérea y un área de instrucción y mantenimiento para el personal civil y militar, y cuatro Centros de Control de Tráfico para áreas terminales situados en Madrid, Barcelona, Palma de Mallorca y Sevilla, incorporando los elementos para el control de la Circulación Aérea Militar Operativa (CAMO).

El Centro de Tráfico en Ruta estará dotado de los medios necesarios para el desarrollo normal semiautomático de Tráfico Aéreo Civil y Militar y para asumir las funciones operativas de la Defensa Aérea en caso de producirse un fallo en el Centro de Control de esta Defensa.

Las funciones de Tráfico Aéreo Civil y Militar se desarrollarán sin interferencia mutua. El uso de las mismas está regulado en el "Concepto de Operaciones" tomando como base de prioridades la situación de paz o guerra y el estado del Centro de Operaciones de la Defensa.

Los objetivos principales del Proyecto MADAC son:

- Modernizar y actualizar el sistema de Control de Tráfico Aéreo.
- Proporcionar una capacidad de reserva a la Defensa Aérea en situaciones de emergencia.
- Aumentar la capacidad de identificación de aeronaves en el Centro de Operaciones de la Defensa Aérea.
- Reducir los costos del ciclo de vida que llevan consigo el Control del Tráfico Aéreo y de la Defensa Aérea mediante la utilización conjunta de las instalaciones y de los medios de apoyo logístico.
- Proporcionar un sistema capaz de ser apoyado logísticamente sin solución de continuidad.

Del estudio de viabilidad del Sistema, se dedujeron las siguientes conclusiones:

- La tecnología del Programa Combat Grande puede ser empleada, eficazmente, para dotar a España de un sistema de Control de Tráfico Aéreo en Ruta.
- Tanto las necesidades del Control de Tráfico Aéreo Civil como las del Ejército del Aire, pueden ser satisfechas con una sola instalación, sin interferencias mutuas.
- La totalidad de los componentes físicos (hardware), diseñados para el Combat Grande, son utilizables; el 50% de la programación (software) operativa y el 98% de la programación de apoyo empleado por el Combat Grande son, igualmente, utilizables.
- Las posibilidades ofrecidas por el Sistema MADAC se adaptan a las necesidades del país.
- Las configuraciones del Sistema permiten posibilidades de crecimiento considerables.

Este proyecto, cuyo estudio comenzó en el año 1977, tiene un desarrollo en etapas que podría culminar en realidad operativa a principios del año 1982. ■



# HACIA EL

## INTRODUCCION

**P**redecir el porvenir resulta muy difícil y en muchos casos imposible. Sólo Dios en su grandeza conoce el devenir de la historia en todo su detalle y realidad. Nosotros tomando como base los datos y hechos del pasado y apoyándonos en las reglas de la nueva ciencia prospectiva podremos, como mucho, llegar a imaginar unas situaciones y suponer algunos acontecimientos.

Partiendo de este punto y conociendo nuestras limitaciones, vamos a esbozar unos trazos en aquellos aspectos que consideramos de posible mejora y actualización para un futuro inmediato de nuestro sistema de alerta y control de la defensa aérea. Para ello seguiremos un orden lógico y sistemático tratando de cubrir todos los aspectos posibles.

Para analizar los problemas, determinar las necesidades y buscar las soluciones partiremos de las funciones características que corresponden a un sistema de defensa aérea, tomando como referencia las publicaciones al respecto de nuestra Escuela Superior del Aire.

Las funciones de la red de alerta de control las podemos sintetizar en: DETECCIÓN, IDENTIFICACION y CONDUCCION DE LA INTERCEPTACION. Y las características: autosuficiencia, disponibilidad, confiabilidad, flexibilidad, supervivencia, efectividad y autonomía táctica.

## EQUILIBRIO, FUERZAS DEFENSIVAS Y OFENSIVAS

**D**entro de la base de partida que nos hemos marcado queremos hacer notar que la defensa aérea nunca será hermética y total. El grado de protección que proporciona es siempre relativo, mejora con el incremento de los medios y recursos puestos a su disposición, pero se mantiene por debajo de un límite. Esta circunstancia exige, por lo tanto, tener que dedicar parte de los recursos de la defensa nacional a dotar adecuadamente unas fuerzas ofensivas de disuasión.

El Alto Mando definirá la entidad de unas y otras tratando de conseguir aquel difícil equilibrio entre fuerzas y medios defensivos y ofensivos que con la máxima eficiencia proporcione la mayor garantía de paz y, si ésta se rompe, la victoria.

# FUTURO

*Por Benjamín Michavila Pastorís  
Teniente Coronel del Arma de Aviación*

## DETECCION

**L**a función de detección debe llevar a conseguir una cobertura radar completa, total, continua y múltiple, con un alejamiento de sus líneas exteriores al máximo posible de nuestras fronteras. El sistema radar deberá ser capaz de detectar los elementos identificados como posibles agresores en la evaluación de la amenaza, en todas las circunstancias y condiciones previstas.

Es evidente que este planteamiento ideal se verá reducido en la práctica por las limitaciones impuestas por los presupuestos y por las posibilidades que ofrece la tecnología disponible.

Para afinar en las soluciones haremos el análisis en dos partes: media y alta cota y baja cota en la cobertura radar.

### *— Cobertura a media y alta cota*

**P**ara llevar la línea de cobertura a media y alta cota al máximo alejamiento, en todo el perímetro de nuestras costas y fronteras, y partiendo de la situación prevista al finalizar con el Programa Combat Grande II la instalación del Asentamiento del Radar de Noya, parece conveniente establecer un nuevo asentamiento de radar de largo alcance, similar a los otros, en la zona norte de la península, en un punto apropiado de la cordillera próximo al mar Cantábrico. Con este nuevo radar se cubriría con suficiente alejamiento la parte norte de España, protegiendo las zonas de Asturias, Santander y las Vascongadas, con mejores características de detección que las actuales.

En el extremo occidental, una buena solución puede ser el enlace con el sistema portugués en su máxima capacidad de transferencia de información, dando con ello mutua protección a ambos sistemas.

En el archipiélago canario la ubicación de dos nuevos asentamientos radar de largo alcance en sus extremos oriental y occidental puede completar la cobertura necesaria para la defensa de las islas.

— Cobertura a bajas cotas

**P**ara completar el solape con cobertura múltiple en bajas cotas sería suficiente un radar de largo alcance en el centro de la meseta norte y un par de radares tipo "gap-filler" en la zona sur de la península.

— Cobertura complementaria

**P**or último, si, en su día, se dispone de recursos propios suficientes o, mediante alianzas con otros países, se puede contar con avances del tipo AWACS se podría complementar la cobertura radar, especialmente a bajas y muy bajas cotas. Con tres aviones de este tipo en servicio permanente integrados en el sistema SADA se podría conseguir la cobertura complementaria suficiente.

Estos aviones E-3A en servicio en la USAF han dado prueba de excepcional capacidad para detectar objetivos a poca altitud y para cumplir su misión a pesar de las interferencias electrónicas enemigas. La OTAN tiene prevista la adquisición de dieciocho aviones E-3A con ciertas mejoras introducidas, entre otras, para la vigilancia de los mares, condición importante para nuestra nación, que unido al sistema de comunicaciones, resistente a las contramedidas electrónicas, permitiría incorporar a nuestro sistema de defensa aérea uno de los medios más modernos y eficaces de alerta y control, pero de un costo todavía fuera de nuestro alcance, no solamente de adquisición, sino también en su operación y mantenimiento. La información que se transcribe a continuación nos da una idea de la calidad y eficacia del sistema AWACS.

"La tecnología perfeccionada de E-3A aporta una contribución importante al dispositivo de detección lejana y de defensa aérea. El sistema AWACS, que se mantiene en vuelo a unos 30.000 pies, parece una enorme ventaja en cuanto a la vigilancia. El radar de modos múltiples con visión hacia abajo detecta los aviones que vuelan a baja cota a cientos de millas de distancia y permite a los operadores observar los movimientos de los aviones más allá de las fronteras nacionales. En el modo marítimo, el radar apoya las operaciones navales detectando las embarcaciones hasta el horizonte radar. Cuando los objetivos marítimos y aéreos son detectados, los datos recopilados se combinan con los otros datos obtenidos por el E-3A y el ordenador central dirige el seguimiento de forma automática de los blancos. Los controladores de a bordo disponen en sus consolas de la imagen combinada aérea y naval constantemente actualizada. Las comunicaciones en fonía y mediante transmisión de datos a gran velocidad permiten a los controladores del AWACS suministrar a los sistemas de defensa aérea en tierra y a bordo de buques un flujo continuo de datos de objetivos gracias a la cobertura de vigilancia ampliada por la altura del radar que se encuentra a 30.000 pies en el avión E-3A" (REVUE DE L'OTAN, Abril 1979).

## EQUIPO RADAR

**L**os equipos radar actualmente en servicio requerirán en el plazo de unos años una fuerte modificación o su total sustitución. Por dos razones: una, porque estarán viejos y parte de sus piezas no se fabricarán, es decir, fallará su apoyo logístico; la otra, para mejorar su capacidad de detección en un ambiente de guerra electrónica más sofisticado que el actual.

La renovación de equipos debe seguir la corriente de la tecnología en este campo. Es decir, equipos de estado sólido con un grado de mantenimiento en las unidades —primero y segundo escalón— muy sencillo y reducido. Permitiendo así disminuir las necesidades de personal de mantenimiento en los Escuadrones de Vigilancia Aérea.

La tendencia, parecer ser, la incorporación de radares tridimensionales, con antena de lóbulos múltiples y barrido electrónico, con grandes posibilidades de lucha contra las medidas electrónicas. Teniendo en cuenta también la lucha contra los misiles específicamente destinados a atacar equipos de radar o fuentes de emanación de ondas electromagnéticas. Este aspecto podría llevar a reestructurar los nuevos emplazamientos que albergan los nuevos radares mediante edificios múltiples y apropiadamente resistentes. A más de equipos móviles o aerotransportables de reserva para sustitución de posibles bajas y asentamientos no identificados.

## IDENTIFICACION

**L**a identificación de los aviones en vuelos controlados mediante la correlación de los planes de vuelo se facilitará cuando entre en servicio el sistema semiautomatizado de control de tráfico aéreo civil y militar.



Al mismo tiempo, la identificación de los aviones militares se podrá mejorar adoptando el modo 4 del SIF a los actuales equipos de identificación IFF/SIF en servicio. Este nuevo modo puede proporcionar una gran seguridad y flexibilidad en la identificación de nuestros aviones y de los países aliados o amigos.

## CONDUCCION DE LA INTERCEPTACION

**P**ara llevar a cabo la conducción de las interceptaciones se requiere fundamentalmente unas buenas comunicaciones para enlace con los aviones interceptadores. También, medios de apoyo para la labor del controlador, constituidos principalmente por las consolas y los ordenadores electrónicos que realizan los procesos de datos radar, planes de vuelo y armas apropiados.

A continuación analizaremos las comunicaciones dividiéndolas en la porción tierra-aire y punto a punto, por último veremos los centros de operaciones, completando con ello el análisis del sistema de alerta y control.

#### — Comunicaciones radio tierra-aire

Las comunicaciones radio tierra-aire, actualmente por fonía, deberán adaptarse a las nuevas técnicas de protección contra la guerra electrónica, siguiendo la tecnología actualmente en estado de investigación y desarrollo cuando se encuentre y, en la medida en que se encuentre, disponible para su empleo.

El uso de transmisores de gran potencia con modulación codificada por impulsos y actuando directamente en los instrumentos y equipos de a bordo de los interceptadores puede ser uno de los caminos más probables.

#### — Comunicaciones punto a punto

La garantía de las comunicaciones en un sistema de proceso de datos con elementos separados a distancia, éste es nuestro caso, es fundamental. Aparte de las otras razones de índole operativa apuntadas anteriormente para un sistema de defensa aérea.

La red actual de microondas es un medio seguro de comunicaciones, con equipo nuevo de la última generación y en ciertos sectores, especialmente para el sistema SADA, con doble encaminamiento de la información. Para garantizar su funcionamiento se requerirá una cierta protección militar de sus instalaciones y mejorar los medios de alimentación de energía eléctrica de emergencia renovando parte de estos equipos e instalaciones.

Al mismo tiempo, para garantizar las comunicaciones de la defensa aérea, será conveniente hacer uso de todos los medios de telecomunicaciones a nuestro alcance. Por una parte, posibilitar el intercambio de circuitos con la Red Territorial de Mando del Ejército de Tierra, en aquellos ejes que puedan servir de camino alternativo a nuestros enlaces de microondas y para un número reducido, el indispensable, para la continuidad de las operaciones. Este enlace se podría llenar a cabo uniendo los centros de nuestra red de microondas con los de la red territorial de mando que o bien coinciden geográficamente en el mismo punto o están próximos entre sí.

Por otra parte, establecer las instalaciones y enlaces necesarios entre todos los elementos esenciales de la Red de Alerta y Control por medios de la Compañía Telefónica Nacional de España. Estos medios se podrían activar, una vez establecidos, para uso operativo en ciertos tipos de ejercicios de defensa aérea al objeto de conservarlos disponibles en todo momento para caso de necesidad en situaciones de emergencia. El resto del tiempo estarían simplemente disponibles a petición.

De la forma expuesta se podría disponer de tres redes de comunicaciones para enlazar los elementos principales de la defensa aérea, lo que permitiría un grado muy elevado de supervivencia en el sistema de comunicaciones.

— Centros de Operaciones

**L**a supervivencia y flexibilidad de un sistema de defensa aérea aconseja disponer de más de un Centro de Operaciones. Las soluciones pueden ser varias. Una de ellas sería establecer otros Centros de Operaciones de Sector (SOC) similares al de Torrejón en áreas geográficas diferentes agrupando un cierto número de asentamientos de radar y radio para formar un nuevo sistema con varios sectores, consiguiendo así una descentralización con centros de operaciones homogéneos favoreciendo la operación y el apoyo logístico. Pero el costo de este sistema sería muy elevado tanto por la instalación de los nuevos centros como por su operación y mantenimiento posterior.

Otra solución puede consistir en la creación de tres o cuatro centros secundarios de operaciones establecidos en otros tantos asentamientos de radar en servicio, enlazados entre sí y a otros asentamientos de radar. Estos centros semiautomatizados dispondrían de menor capacidad que el SOC de Torrejón, pero con equipos de proceso de datos y de presentación similar. La dotación de estos centros en tiempo de paz podría ser muy reducida, aumentándola en situaciones de emergencia con personal de Operaciones del SOC debidamente entrenado mediante ejercicios periódicos. Esta solución es más económica que la anterior tanto en el costo de instalaciones como en los gastos de operación y mantenimiento. A la vez se considera muy flexible y con un grado superior de supervivencia del sistema. La capacidad total operativa sería ligeramente inferior.

Por último, ya se ha tratado del sistema AWACS con aviones E-3A que en sí constituyen un auténtico sistema completo de alerta y control. Caso de incorporarlo a nuestro sistema de defensa aérea sería un buen complemento del sistema de alerta y control en tierra y una reserva para caso de fallo del primero.

## CONCLUSION

**E**stas ideas brevemente expuestas pueden servir, cortando por una parte y añadiendo, completando y mejorando por otras, de punto de reflexión para continuar el perfeccionamiento de nuestro actual sistema semiautomático de Defensa Aérea (SADA).



## ANEXO 2

Programa SIMCA: radar Lanza  
Revista de Aeronáutica y Astronáutica  
Nº 706, septiembre, 2001

El sistema de defensa aérea/Sistema de mando y control aéreo  
Revista Aeroplano  
Nº 29, especial del año 2011

### Programa SIMCA: radar Lanza

PEDRO ARRIBERO SEGURA  
Teniente Coronel de Aviación  
parrisa@sa.mil.ar

**BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA**

**E**l Programa SIMCA (Sistema de Mando y Control Aéreo) (MCCS (Air Command and Control System)) tiene por objeto la modernización del actual sistema de mando y control aéreo para dotarlo de la capacidad operativa que permita el planeamiento, la dirección y la ejecución de las operaciones aéreas ofensivas, defensivas y de apoyo.

El proyecto en líneas generales es sobradamente conocido en el Ejército del Aire debido a que su implantación se está realizando de manera progresiva desde hace algunos años. El planeamiento comenzó en la década de los 80, pasando posteriormente a la gestión del programa, formalizándose el primer expediente de contratación de radars tridimensionales en 1992. Posteriormente, el compromiso de planeamiento ha ido cediendo el protagonismo a la gestión logística de adquisición de los diferentes componentes del sistema y a su instalación. No obstante, en un proyecto tan ambicioso y complejo, incluso en la actualidad, perviven algunos elementos de planeamiento en diversos proyectos con finalización

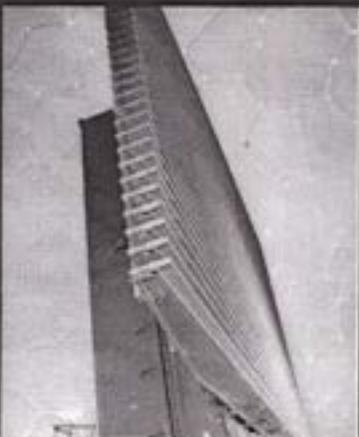


474 REVISTA DE AERONÁUTICA Y ASTRONÁUTICA / Septiembre 2001

OTAN, agrupados en paquetes de capacidad, algunos de los cuales todavía no han sido aprobados por el Consejo Atlántico.

Actualmente, el Programa dispone de una oficina del programa, direcciones de expedientes, asistencia técnica y de gestión, y personal cualificado de apoyo de diferentes unidades. Todos ellos tienen por objeto alcanzar los objetivos del Programa en beneficio del Ejército del Aire. La tarea de implantación del Programa es compleja y actualmente se encuentra implicado personal operativo y logístico trabajando con dedicación y con la ilusión de que los objetivos principales se empiecen a alcanzar tras muchos años de esfuerzo. Los próximos años son vitales para el Programa.

Además de la dificultad técnica de muchos sistemas basados, en ocasiones, en investigación y desarrollo (I+D), la principal complejidad consiste en implantar un sistema nuevo mientras se mantiene la elevada ca-



*Antena del radar Linceo en el interior del radomo.*

pacidad operativa actual. No olvidemos que el control del espacio aéreo, por ejemplo, se ejerce por el Ejército del Aire sin interrupción alguna en todo momento. Otras particularidades

del Programa, no menos significativas, que dificultan la gestión son las de llevar a cabo actuaciones en lugares muy dispersos de la geografía nacional (Noya, Espinosa de los Montes-Soba, Rivas, Solfer, Alcalá de los Gazules, Lanzarote, Zaragoza, Torrejón, Gando y tantos otros) y acometer expedientes con interacción mutua en subsistemas de mando y control, vigilancia (radars, radares y abta civil) y comunicaciones en los diferentes emplazamientos. Los resultados positivos tras muchos años de esfuerzo se verán, sin lugar a dudas, en un futuro ya muy próximo.

El Programa desarrolla sus proyectos agrupados en tres subsistemas: centros de mando y control, vigilancia y comunicaciones.

El subsistema de centros de mando y control engloba los proyectos co-

*Diversas fases de la construcción de la nueva torre radar del EVA 11.*



respondientes a los centros CARS/ARS/DARS (CAOC-Combined Air Operation Center; ACC-Air Control Center; RPC-Recognized Air Picture Production Center; MFP-Sea-see Fusion Post; D-deployable), tanto en su solución interina como en la definitiva prevista en diversos paquetes de capacidad del programa de infraestructuras de OTAN (NSIP), y los centros de operaciones de base (BOC).

El subsistema de vigilancia contempla los proyectos relativos a los nuevos radares tridimensionales y

anteriormente, tales como el I-ARS Zaragoza, el equipamiento del BOC Albuñosa, simulador de la EMACOT, radares de diversos EVAs, estaciones transportables de comunicaciones, comunicaciones en centros de mando y control y en EVAs, radares tridimensionales.

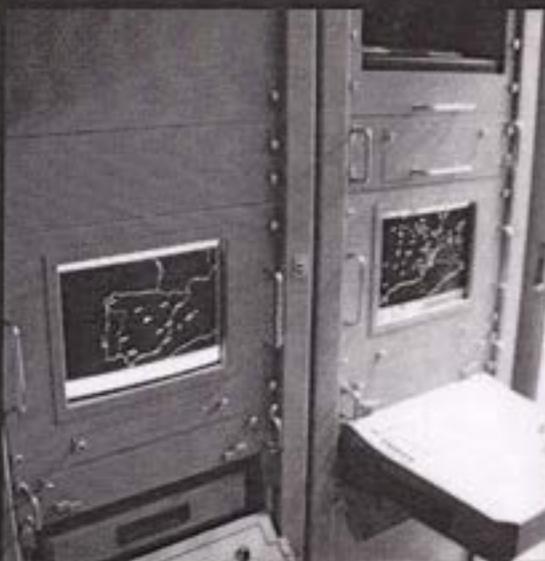
En cualquier caso no se trata en este artículo de describir las áreas, ni los proyectos, ni los expedientes en curso, en vías de contratación o en preparación para el futuro más o menos inmediato, sino dar a conocer, principalmente, el importante hito

previsto en el EVA 13, a continuación se exponen las etapas más significativas que concurrieron con la ejecución de la obra civil correspondiente a la nueva zona radar, siguiendo con la instalación del radar y, posteriormente, con la aceptación del radar Lanza.

La torre radar se comenzó a construir en febrero de 1999 y su ejecución se prolongó hasta septiembre de 2000. Se trata de un edificio de estructura de hormigón armado a base de muros y vigas sin pilares con una altura de dos plantas en las que se ubican los equipos en la planta baja, almacenes y documentación técnica en la primera planta y el radar y la antena del radar en la superior. Dispone de sus propios grupos electrogénicos y unidades de continuidad de carga instaladas en paralelo al objeto de suministrar la energía requerida por el radar. Un puente grúa y otra grúa instalada en la parte superior, permiten la instalación y, en su caso, desmontaje de la antena del radar y del resto de equipos.

Otros proyectos ejecutados en el área de obra civil en el EVA 13 han sido la potenciación de medios de seguridad física mediante medios electrónicos y la construcción de un helipuerto con su correspondiente balizado, señalización de aproximación y manga luminosa de viento para operación diurna y nocturna.

El radomo es una cúpula de 22 metros de diámetro que cubre la antena del radar, cuya finalidad principal es protegerla de las inclemencias atmosféricas, siempre muy severas en todo el cuadrante de vigilancia aérea. Este radomo está formado por una serie de paneles de materiales compuestos de un núcleo de plástico espumado recubierto de capas exteriores de fibra mineral embebidas en una resina plástica. Los paneles se unen entre sí con fijaciones mecánicas hasta formar la cúpula de forma esférica. El radomo se instaló en el EVA 13 durante los meses de agosto y septiembre de 2000, efectuándose la recepción el día 26 de septiembre. El montaje se realizó en un breve período de tiempo debido a la colaboración y buena predisposición de los directores de expediente implicados y las empresas adjudicatarias de la obra ci-



Vista parcial del shelter de control local del radar Lanza.

otros asociados específicos de obra civil y de radomos.

El subsistema de comunicaciones incluye los proyectos de comunicaciones tierra-tierra, tierra-aire y tierra-mar en instalaciones fijas y otras en estaciones transportables.

El Programa es responsable de la ejecución de muchos e importantes expedientes correspondientes a los principales proyectos enumerados

que se ha producido en el Programa SIMCA con motivo de la reciente recepción del primer radar Lanza y su entrega al EVA-13 (Sierra Espuña-Marcia) como usuario del sistema.

#### RECEPCIÓN DEL PRIMER SISTEMA RADAR LANZA

Con ánimo de efectuar una descripción detallada de todo el proceso em-

vil y del radomo. Previamente se efectuaron pruebas en fábrica sobre las características mecánicas y electromagnéticas de los paneles para comprobar que su resistencia y transparencia a las ondas del radar se correspondían con lo requerido en las especificaciones técnicas exigidas por el Ejército del Aire. Además de la cúpula, el radomo consta de una serie de elementos auxiliares tales como pasarrayos para proteger al radar contra las descargas atmosféricas, alarmas para la detección de intrusos en la zona de la antena y equipos de protección del personal contra las radiaciones del radar.

En cuanto al radar, en primer lugar se desarrollaron las pruebas en fábrica de equipos y subsistemas. También se operaron las pruebas de fiabilidad y mantenibilidad, cumpliendo los exigentes requisitos contractuales, y se impartió el curso de operación y mantenimiento para el personal de la unidad. Posteriormente, una vez disponible la torre radar y el radomo, se efectuó el traslado del sistema en septiembre de 2000 desde las instalaciones de la empresa Indra Sistemas en Torrejón hasta el EVA-13, utilizando los medios de transportabilidad terrestre que dispone el sistema. No olvidemos que el radar tiene la característica de ser transportable y poder operar en instalaciones semi-permanentes para lo que se tiene en dotación unidades de continuidad de carga y grupos electrógenos; las co-



Recepción del radar Lanza del EVA-13 (05 de julio de 2001)

municaciones tierra-aire en estos casos están previstas con las estaciones de comunicaciones transportables objeto de otro expediente diferente. Una vez instalado el radar y adaptado al entorno por la empresa contratista, se procedió al desarrollo de las pruebas de aceptación por el EA durante ocho meses, cuya duración puede dar una idea del alto nivel de exigencia del cumplimiento de los requisitos operativos y técnicos por parte del equipo de pruebas del EA, el cual ha estado formado por personal experto de la Jefatura del Sistema de Mando y Control, del Grupo Central de Mando

y Control, del Centro Logístico de Transmisiones y del propio Programa SIMCA, actuando coordinadamente bajo la dirección del director técnico del expediente. Además de pruebas con muchos vuelos de operatividad, se han desarrollado vuelos de control de calidad con aviones dedicados de diferentes características, tales como C-101, F-1 y Falcon, en los que se han efectuado comprobaciones de detectabilidad en ambiente de clutter de mar, clutter de tierra, en claro y de contramedidas activas, así como de sus características de precisión y resolución. En cuanto al radar secundario, cabe destacar las pruebas de sus diferentes modos y, en particular, el modo 4. Únicamente se han podido alcanzar los objetivos previstos gracias a la contribución de tantos implicados en las pruebas desde las propias unidades de

fuertes áreas a las de gestión y control del espacio aéreo, desde las de gestión de recursos de equipos y circuitos de comunicaciones al personal responsable de los equipos cripto, desde los órganos operativos a los lógicos y a los propios usuarios...

#### CONFIGURACIÓN DEL RADAR LANZA

La configuración básica del radar está formada por la antena, el shelter de equipos, el shelter de control local, el aire acondicionado y otros elementos auxiliares.

Los elementos de antena son el grupo antena-transmisor-receptor y la antena del radar secundario. El grupo antena-transmisor-receptor está constituido por el púñer del pedestal que permite el giro de antena y la espina que soporta los arrays, la antena de supresión de lóbulos laterales y la baliza de señalización.

Los elementos del shelter de equipos son el procesador de señal, el grupo generador modulador-demodulador, el extractor de datos radar, el procesador de información radar, el equipo de simulador de entorno radar y el equipo IFF monopulso.

Los elementos del shelter de control local son el puesto de control y supervisión local, el equipo de control de simulador de entorno radar, la estación de evaluación radar y el equipo de control de giro de antena.

Los equipos de aire acondicionado suministran refrigeración a los dos shelters. Los otros elementos auxiliares son el trailer de operación de antena, el equipo de alimentación ininterrumpida, el generador de escenarios, el equipo de alimentación autónoma y el conjunto formado por los vehículos de transporte.

#### DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL RADAR LANZA

El Lanza es un radar tridimensional de largo alcance para vigilancia y control del espacio aéreo que trabaja en la banda D con unos modos de operación formados por pinceles independientes y programables que permiten optimizar los procesos para cada elevación, acimut y distancia del entorno radar. De esta forma los pinceles que apuntan a elevaciones bajas con fuertes resortos de clutter pueden disponer de suficientes pulsos para un adecuado análisis espectral. Para elevaciones altas y distancias cortas puede ser suficiente con un solo pulso para conseguir las características de detección y precisión requeridas. En otras situaciones se pueden seleccionar distintas longitudes de pulso, codificación o proceso. De esta forma el radar tiene la posibilidad de disponer de diferentes modos de operación que permiten su adaptación a cada emplazamiento.

El procesador de información es el encargado de toda la gestión del funcionamiento del radar proporcionando, entre otros, las señales de sincronización a todos los elementos del radar. Está basado en una arquitectura modular y redundante con características de degradación suave y reconfiguración automática. Dispone de algoritmos adaptativos para la cancelación de interferencias y de umbrales modificables para la adaptación al entorno con los valores que, lógicamente, permitan una mejor detectabilidad y menores pérdidas. Controla las redes conformadoras de haz de la antena para determinar la elevación, anchura y ganancia de cada uno de los pinceles necesarios para explorar todo el volumen de cobertura.

El grupo antena-transmisor-receptor es el encargado de formar los diagramas de transmisión y recepción, emitir los pulsos codificados y recibir la señal electromagnética. La antena gira para realizar la exploración en acimut. Por otra parte, la adecuada programación de fases en cada uno de los transmisores y receptores que componen la antena activa permite la exploración en elevación. La antena está formada por un array plano constituido por cuatro módulos de diez elementos cada uno que configuran los cuarenta receptores y transmisores de estado sólido que permiten mantener la operatividad del radar en caso de fallos en los transmisores. El control de los diferentes elementos de la antena permite dirigir el estrecho pincel de exploración en transmisión y recepción independientemente, lo que lleva consigo un tratamiento optimizado en función del terreno, de las condiciones meteorológicas u otras interferencias. Una consecuencia muy positiva es la capacidad de definir zonas en las que se puede inhibir la transmisión en caso de interferencia, manteniendo las prestaciones en el entorno del perturbador.

El radar secundario dispone de capacidad modo 4 y permite la correlación de blancos de primario con el secundario y el envío de los datos procesados a centros de operación remotos. La antena del secundario se encuentra solidariamente unida a

la del primario y también funciona bajo control del procesador de información.

Las señales analógicas correspondientes a la información de cada pincel pasan a través de los anillos decodificadores del pedestal al grupo generador modulador-demodulador del shelter de equipos para su conversión. Entonces el procesador de señal las digitaliza y las trata para detectar los blancos de acuerdo con las referencias recibidas del procesador de información sobre el modo de exploración del pincel correspondiente, enviando las señales detectadas al extractor de datos radar. En el extractor, entre otras funciones, la señal digital se convierte a analógica para la presentación de la señal cruda en la consola.

El puesto de control y supervisión local realiza la interconexión del usuario con el radar, presentándose los videos sintéticos y analógicos. Todas sus prestaciones están disponibles en los puestos remotos a excepción del video crudo. Desde el puesto de control y supervisión local o desde una posición remota es posible controlar todas las funciones operativas del radar y supervisar el estado de todos los elementos del sistema.

Por otra parte, el radar dispone de una estación evaluadora para el análisis y comprobación de los datos del sistema y de un simulador de entorno radar para permitir el entrenamiento de los operadores.

El radar Lanza es, en definitiva, un moderno sistema desarrollado con tecnología de última generación por parte de la industria nacional.

Mucho ha sido el esfuerzo dedicado por el Ejército del Aire hasta llegar a la recepción del primer radar Lanza. La recepción del radar y su entrega al EVA-13, que se produjo el pasado 5 de julio, ha supuesto un importante hito en el desarrollo del Programa SIMCA. A partir de ese momento se plantea el reto de finalizar su integración en el sistema de mando y control y explorar todo su potencial durante su ciclo de vida. Y en el conjunto del Programa, comenzar el proceso actual hasta alcanzar los ambiciosos y complejos objetivos previstos. ■

### EL SISTEMA DE DEFENSA AÉREA / SISTEMA DE MANDO Y CONTROL AÉREO

**E**l primigenio Sistema de Defensa Aérea hoy denominado Sistema de Mando y Control español es, uno de los grandes desconocidos para los no iniciados en el Ejército del Aire. Es sin lugar a dudas, y lo seguirá siendo siempre, el más longevo y el que a lo largo de los años ha sufrido más cambios, y todo ello sin dejar de funcionar las 24 horas del día, todos los días del año. El Ejército del Aire ha invertido numerosos recursos, tanto materiales como humanos en mantenerlo al día y su contribución a la paz y estabilidad ha sido determinante, aunque no siempre haya sido reconocida esta contribución.

El Sistema de Defensa Aérea Español tiene su origen en los Acuerdos España-EE.UU de ayuda económica, ayuda para la mutua defensa y el convenio defensivo, firmado por los dos Gobiernos el 26 de septiembre de 1953.

En 1954, un Grupo Conjunto USA-España realizó las tareas de planeamiento para proporcionar una red de Defensa Aérea en España apoyados por la empresa de asistencia técnica de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos: MITRE. Como resultado de los trabajos y estudios de campo, el Grupo propuso iniciar la construcción del primer asentamiento radar, en término municipal de Villatobas (Toledo), en 1956. A mediados de 1957, los primeros radares de vigilancia AN/FPS-20 y de altura AN/FPS-6, así como los equipos aso-

ciados todos ellos pertenecientes al programa MAP (*US Military Assistance Program*), comenzaron a llegar a Villatobas, aunque no fue hasta julio de 1958 cuando entró en servicio la instalación.

En los años siguientes se completaron todos los asentamientos planeados que, bajo la dependencia de la 65 División Aérea de la 16 Fuerza Aérea de los Estados Unidos fueron denominados: 871 "AC&W Squadron" (*Aircraft Control & Warning Squadron*), Villatobas, 872 Constantina, 874 Inoges, 875 Rosas, 876 Alcoy, 877 Elizondo y 880 Söller. Tres de ellos, Inoges, Constantina y Villatobas actuando como Centros de Operaciones de Sector (SOC), además de como Centros de Información y Control (CRCs) en el que se ejercían de for-



ma manual las funciones de Defensa Aérea (Vigilancia, identificación y Control). Todo ello en salas de operaciones en las que los operadores representaban las trazas aéreas de los blancos detectados en los "plotter" de grandes dimensiones. En esa misma sala, los controladores de interceptación, reallazaban su función con las detecciones de los radares del asentamiento, que en vídeo crudo se representaban en las consolas UPA-35 y RHI de altura.

A cada uno de los Escuadrones se le asoció una denominación del Ejército del Aire bajo la dependencia orgánica del Mando de la Defensa Aérea creado en abril de 1956: Escuadrón de Alerta y Control (EAC) 1 Inoges (Zaragoza), EAC 2 Villatobas (Toledo), EAC-3 Constantina (Sevilla), EAC-4 Rosas (Gerona), EAC-5 Alcoy (Alicante), EAC-6 Elizondo (Navarra) y EAC-7 Sóller (Mallorca).

Desde el punto de vista de organización, un oficial español asumía las funciones de jefe del asentamiento y del personal español del mismo. Por su parte, un oficial de la USAF ostentaba el mando sobre el personal de la citada Fuerza Aérea. Desde el punto de vista operativo, los dos jefes coordinaban la realización de las funciones de alerta y control. Esta situación se mantuvo hasta mediados de 1965, fecha en la que se realizó la transferencia del sistema a las autoridades españolas. A partir de ese momento el Ejército del Aire asumió la total responsabilidad operativa y de mantenimiento del sistema. Esta transferencia también llevó consigo una reorientación estratégica del sistema, iniciándose el proceso para la desactivación y desmantelamiento del EAC-6 de Elizondo y la creación, utilizando sus equipos, del EAC-8 en Gran Canaria y el EAC-9 en Motril, entrando en servicio ambos Escuadrones en 1968 y 1971 respectivamente.

Es de resaltar, que desde su creación, aun no estando integrada España en la OTAN en ese momento, nuestra Red de Defensa Aérea ha dispuesto de unos medios y una doctrina de empleo similares al sistema con el que contaban los entonces miembros de la Alianza Atlántica (NATO Air Defence Ground, NADGE).

En agosto de 1970 los Gobiernos de España y de los Estados Unidos firmaron un acuerdo para mejorar el sistema de Defensa Aérea. Los trabajos del programa denominado "Combat Grande I" se iniciaron en febrero de 1974 estableciéndose en el acuerdo una distribución de la financiación del 70% por parte de los Estados Unidos y el 30%

por España. El contratista seleccionado fue "COMCO Electronics", lo que hoy se denominaría una Unión Temporal de Empresas (UTE) formada por "Hughes Aircraft" de los Estados Unidos y la Compañía de Electrónica y Comunicaciones (CECSA) de España, compañía que posteriormente en los 80 paso a denominarse CESELSA (y más tarde INDRA tras su fusión con INISEL en los 90). Básicamente, la empresa estadounidense se responsabilizó del diseño de los equipos, así como del desarrollo SW y la española CECSA de la fabricación de un gran número de subsistemas que incluían más de 1.000 tarjetas de circuito impreso y 60 racks de equipos, así como de su instalación y pruebas.

De disponer de un sistema descentralizado y "manual" con tres Centros de Operaciones de Sector (SOCs) y seis Centros de Información y Control (ORCs), se procedió a evolucionar a un Sistema Semiautomático de Defensa Aérea (SADA), mediante la instalación de extractores de datos (DDE) en los EACs, para el envío de la información de los radares de vigilancia y altura al nuevo Centro de Operaciones de Combate y Centro de Operaciones de Sector (COC/SOC), en la Base Aérea de Torrejón. Los EAC que se dotaron de DDE fueron el 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 9. En el COC/SOC los ordenadores de tecnología punta a mediados de los 70, "Hughes H5118M", con el SW específicamente desarrollado, se encargaban de procesar la información necesaria para ejercer las funciones de Defensa Aérea (Vigilancia, identificación y Control) para su posterior presentación en las consolas del sistema instaladas, tanto en el COC, como en el SOC. Significar que el primer ordenador "Hughes H5118M" que se instaló en Europa, fue en la red NADGE de la OTAN en Grecia, siendo España el segundo país que contó con el mismo. Esto prueba, como se ha mencionado anteriormente, que la modernización de nuestros medios se produjo una vez más, en paralelo y con la misma tecnología empleada en el NADGE. Sin embargo, desde un punto de vista de integración internacional, nuestro sistema se conectó únicamente con el STRIDA de Francia. Además, se implantó el interfaz con el Sistema de Control de Tráfico Civil. Junto con las actuaciones en los EACs y en el COC/SOC de Torrejón, también se tuvo que mejorar significativamente la Red de Microondas para las comunicaciones, que hasta ese momento se basaba en un alto porcentaje en enlaces troposféricos. Por su parte, el EAC-

8 instalado en Gran Canaria, permaneció en su configuración original hasta su modificación por el programa ALERCAN. Finalmente, se modernizaron los radares de vigilancia AN/FPS-20 a configuración AN/FPS-113, y los de altura AN/FPS-6 a AN/FPS-90. En 1975 se instaló en la Isla de Lanzarote el Escuadrón de Control Aerotáctico N° 1 procedente del Sahara y dotado del radar AN/TPS-43.

Finalizado el proceso de semi-automatización, desde el 16 de diciembre de 1977 los Escuadrones de Alerta y Control (EAC) pasaron a denominarse Escuadrones de Vigilancia Aérea (EVAs), aunque todavía mantenían una limitada capacidad de control desde las consolas de control UPA y de medición de altura de las aeronaves (RH), instaladas en la nueva Sala de Proceso de Datos de los EVAs (SAS), sala en la que también se gestionaban las limitadas capacidades de guerra electrónica de los radares. En esos años se inicia un modelo de mantenimiento que ha sido clave para garantizar la disponibilidad operativa del sistema hasta nuestros días. Se trata de la potenciación del hoy Centro Logístico de Transmisiones (CLOTRA) como Tercer Escalón y el apoyo desde las citadas instalaciones de personal perteneciente a la empresa de Electrónica de Mando y Control (EMAC), hoy INDRA EMAC SAU.

A finales de la década de los 70 el "Combat Grande I" dio paso al "Combat Grande II" cuyo objetivo fue mejorar la cobertura radar y la capacidad de control de armas en el noroeste de España.

Para ello se construyó el octavo asentamiento radar en la Península, denominado EVA-10 "Barbanza"; también se realizó la extensión de la red de microondas existente hasta esa zona y se integró el interface del SADA con el sistema SAM, del Ejército de Tierra de Algeciras.

Completado el EVA-10 de Barbanza, al inicio de la década de los 80, las autoridades del Ejército del Aire deciden impulsar una independencia tecnológica en el área de mando y control aéreo. El primer paso de este impulso fue la creación del programa ALERCAN cuyo objetivo era exportar el sistema SADA de la Península a las Islas Canarias. El sistema, denominado SADAC, aunque mantenía las funcionalidades del COC/SOC de Torrejón se desarrolló utilizando por primera vez, en un sistema de Defensa Aérea, por la empresa CESELISA el lenguaje de programación "ADA". El programa contempló la instalación de un extractor de datos en los radares del EVA-21 de Pozo de las Nieves en Gran Canaria (nueva denominación del EAC-8) para su integración en el COC/SOC de Gando. Finalmente se creó el EVA-22 de Peñas del Chache en Lanzarote que seguía equipado con el radar táctico AN/TPS-43C procedente del Escuadrón de Alerta y Control N° 1, modernizado a la versión M desde 1989, para posibilitar el envío de datos al SADAC.

En este impulso modernizador también se enmarca el inicio del programa de desarrollo del radar 3D "Lanza", denominado de esta forma porque su ob-



*Estas dos fotografías representan el espíritu del Sistema de Mando y Control. El escudo mediante los sensores (radares y antenas) para detectar el movimiento y dar instrucciones y los aviones como punta de lanza para defender o atacar en caso necesario y ambos con una disponibilidad de 24 horas*



398

jetivo inicial fue obtener un radar para su instalación en el EVA de Lanzarote. El programa Lanza fue, muy probablemente, en 1986, el precursor de la colaboración del Ejército del Aire, Subdirección de Tecnología de la DGAM, el Ministerio de Industria a través del CETI, y la industria (CESELISA) para la adquisición de tecnología, proporcionando las capacidades militares requeridas. Fruto de ello se obtuvo en primer lugar un Modelo de Laboratorio para, finalmente, obtener el radar 3D "Lanza" operativo, que hoy dota a la mayor parte de nuestros Escuadrones de Vigilancia Aérea.

En paralelo con los programas ALERCAN y LANZA en España, la OTAN iniciaba la definición de un programa que, fundamentalmente, evolucionaba de un sistema únicamente de Defensa Aérea, a un Sistema de Mando y Control integrado, que permitiría también el planeamiento y conducción de las operaciones aéreas ofensivas y las de apoyo. En este contexto, se definen por la OTAN nuevos requisitos militares para, los sensores, comunicaciones y entidades de mando y control, creándose, en-



tre otras, entidades como los CAOCs. (Centro de Operaciones Aéreas Combinadas) que integra las funciones previstas en la antigua Doctrina Aérea Táctica (ATP-33B) para los ATOC (Centro de Operaciones Aéreas Tácticas), SOC y ASOC (Centro de Operaciones Aéreas de Apoyo), así como las entidades ARS (Centro de Fusión de Sensores, Identificación y Control) que sustituyen a los antiguos CRCs.

El 29 de abril de 1988 el Ministro de Defensa autoriza al Ejército del Aire a hacerse cargo de la dirección y gestión del proceso de integración y desarrollo de la participación española en el programa OTAN "ACCS" (Air Command and Control System). El 18 de mayo de 1988, el JEMA autoriza la creación del Grupo de Trabajo de Planeamiento, integrado en la División de Planes del EMA, Grupo que entre los meses de septiembre a diciembre de 1988, en coordinación con el "ACCS Team" de la OTAN desarrolló la parte específica del programa relativa a nuestro país. Al igual que en 1954 el grupo de planeamiento contó con el apoyo de MITRE, el nuevo grupo recibió el apoyo de la recién creada em-

presa de Ingeniería de Sistemas para la Defensa (ISDEFE), apoyo que se ha mantenido ininterrumpidamente hasta nuestros días.

El Ejército del Aire hace suyos los requisitos y la nueva doctrina de empleo OTAN, e inicia un nuevo proceso de modernización de su Sistema de Defensa Aérea a través de un nuevo programa, el SIMCA (Sistema de Mando y Control Aéreo), heredero del "Combat Grande". En ese momento España no pertenecía a la Estructura Militar de la OTAN, ni participaba todavía en los denominados Fondos de Infraestructura; por ello, esta modernización se programa inicialmente exclusivamente con financiación nacional. Años más tarde, en 1994, nuestra participación en el Programa de Infraestructura y en 1999, la integración en la Estructura Militar, permitieron que aquellos proyectos que todavía no se habían iniciado, pudiesen incluirse con financiación OTAN a través del Paquete de Capacidad del NATINADS (NATO Integrated Air Defence System), paquete previsto para garantizar la transición al nuevo sistema ACCS. Por otro lado, y en paralelo, se

produjo la aprobación por el Consejo Atlántico del primer Paquete de Capacidad ACCS en 1994, con una Fase de Validación para desarrollar un SW común para las entidades CAOC y ARS y su validación en entidades a instalar en Alemania, Francia, Bélgica e Italia. También se incluía en este Paquete una Fase de Replicación que contemplaba la implantación del sistema en el resto de países de la OTAN. En concreto, en el caso de España, de una entidad CAOC y ARS (CARS) en una nueva infraestructura en la Base Aérea de Torrejón y una entidad ARS desplegable (DARS-2). La reforma de la estructura de mando de la OTAN en junio de 2003, suprime la creación de un CAOC del ACCS en Torrejón, permaneciendo la entidad ARS y DARS-2. Esta circunstancia obligará a que el CAOC número 8 que desde el 28 de junio de 2001 está operando en la Base Aérea de Torrejón con un SW de transición (ICC), se desactive en los próximos años.

El programa SIMCA, desde 1989, contemplaba hasta que no se dispusiese de la entidad ARS ACCS de Torrejón, la creación de centros de mando,



*Los Escuadrones de Vigilancia Aérea (EVA) tienen emplazados sus sensores en lugares que permitiendo el máximo alcance, sin embargo en invierno quedan en algunas ocasiones aislados. En la fotografía el EVA 12, situado en el límite de las provincias de Burgos y Cantabria.*

con funcionalidades similares a los futuros ARS (ARS Interinos) y dotados de un moderno sistema de gestión de comunicaciones Tierra/Tierra y Tierra/Aire.

Además, y con una viabilidad a largo plazo tenía previsto las siguientes actuaciones: ampliación de cobertura radar y de comunicaciones mediante la construcción de los nuevos Escuadrones de Vigilancia Aérea, EVA-11 en Alcalá de los Gazules (Cádiz), EVA-12 de Espinosa de los Monteros/Soba (Burgos/Cantabria), EVA-13 Sierra Espuña (Murcia) y el futuro EVA-14; adquisición de nuevos radares 3D en su mayor parte basados en el desarrollo nacional 3D "Lanza" dotados de una potente capacidad de control remoto y, en paralelo, actuaciones para mantener los antiguos AN/FPS-113 y 90 operativos hasta la entrada en servicio de los nuevos radares; renovación de las infraestructuras

de los antiguos EVAs; adquisición e instalación de equipos de comunicaciones Tierra/Aire/Tierra, de última tecnología (SATURN) en los EVAs y otras instalaciones no atendidas, actuación llevada a cabo por una Unión Temporal de dos empresas españolas TECOSA y NUCLEO (antigua PAGE); adquisiciones de estaciones de comunicaciones T/A/T transportables desarrolladas y fabricadas por la empresa NUCLEO; integración del enlace de datos tácticos Link-11 para intercambio de información de trazas aéreas con la flota, incluyendo la adquisición e instalación de equipos de UHF y HF para tal fin en diez asentamientos; la integración del enlace de datos táctico Link-16 en el que la empresa INDRA forma parte del reducido consorcio internacional fabricante de los terminales MIDS; y la implantación de las comunicaciones por satélite en

los EVAs y centros de mando con terminales desarrollados por la empresa INDRA.

Además, en los últimos años se ha producido una potenciación del componente desplegable de mando y control mediante la adquisición y desarrollo de un Centro de Operaciones Aéreas (AOC) y una entidad IARS desplegables y, finalmente, el inicio del desarrollo de un radar 3D "Lanza" móvil.

Este esfuerzo de modernización prácticamente completado, de nuestro sistema, para cumplir los requisitos de la OTAN, y que va mucho más allá de lo que el Mando Aliado de Operaciones (ACO) considera como el cumplimiento de los Requisitos Mínimos Militares, ha repercutido muy positivamente en la capacidad tecnológica de nuestra industria en el área de mando y control.

De colaborar con empresas de los Estados Unidos, en la fabricación e instalación de los equipos de la primera modernización de los años 70, se ha pasado a una elevada independencia tecnológica en áreas como radar, comunicaciones y centros de mando. En este sentido, se puede afirmar que España es el único país de OTAN que, en paralelo con la fase de inicial (de Validación) del programa ACCS, ha desarrollado e implantado un sistema en los centros de mando de Zaragoza, Gando y el de Torrejón, muy similares a la funcionalidad que proporcionará el ACCS. Todo ello, para que nuestro sistema tenga garantizada su disponibilidad operativa y pueda ser puesto a disposición de la Alianza hasta la implantación de las entidades ACCS. En consecuencia, la entrada en servicio en España del citado sistema, a través del ARS de Torrejón en los próximos años, supondrá una evolución más, pero no una revolución como sucederá en otros países.

Es de destacar que el nuevo ARS integrará un sistema de gestión de comunicaciones íntegramente español que lo diferenciará de la configuración del resto de países.

Hoy también se puede afirmar, con orgullo, que el Ejército del Aire tiene la capacidad de proyectar a cualquier parte del mundo un sistema de mando y control de moderna tecnología, como así ha quedado demostrado con despliegues de un radar 3D "Lanza" en Montevideo (Uruguay) con ocasión de la Cumbre Iberoamericana celebrada en 2006 y posteriormente en Buenos Aires (Argentina), durante prácticamente un año, para proporcionar cobertura radar a los sistemas de control del aeropuerto de Ezeiza.

## ANEXO 3

---

Fundesco: RADAR 3D

Descripción. Funciones básicas y características generales

### 1. Generalidades

Un radar es un conjunto de equipos que permiten la localización en 2 o 3 dimensiones de un objeto fijo o móvil. Las bandas de frecuencia utilizadas, especificaciones, características y requerimientos de aquél son muy diferentes en función de las características del blanco, entorno geográfico y electromagnético, alcance del radar, ámbito de su utilización, etc.

El radar 3D de CESELSA fue diseñado para la vigilancia aérea a larga distancia, con una capacidad de detección y localización de aviones a 250 millas o 470 km.

En elevación la cobertura llega a unos 30 km y con margen angular de 20°.

Este radar es de tipo primario ya que la antena del radar emite impulsos de radiofrecuencia con el fin de que viajen hasta el objeto a detectar y localizar, se reflejen en éste sin su cooperación y vuelvan hasta la antena del radar para que se produzcan los diferentes pasos de tratamiento que permitan, finalmente, la detección y localización de los blancos.

Una posible división en partes fundamentales de un radar 3D es: antena, pedestal, emisor, receptor, procesador de señal y procesador radar con sus unidades de presentación.

La localización 3D exige hallar tres magnitudes relativas del blanco con respecto a la posición del radar: azimut (ángulo que con el meridiano de la posición radar forma el círculo vertical que pasa por el punto de la esfera celeste donde se encuentra el blanco), distancia entre el radar y el blanco y la elevación o altura angular sobre el horizonte.

Para calcular el azimut y la distancia la antena gira sobre sí misma cinco veces por minuto con el fin de explorar 360° alrededor de ella.

Para el cálculo de la elevación es necesario realizar una exploración en el plano vertical, que permita diferenciar dos o más ecos quizás recibidos desde una misma posición azimutal de la antena y a una misma distancia.

Este barrido se realiza de forma electrónica, no siendo necesario el barrido por cabeceo mecánico de la antena, de poca precisión, gran complejidad mecánica y baja rapidez (5-6 cabeceos por minuto).

El barrido electrónico se basa en realizar una antena multielemento controlables en amplitud y fase. Con la variación adecuada de las fases y amplitudes individuales es fácilmente demostrable que la dirección de la exploración puede ser controlada de una forma rápida y precisa.

Lógicamente cada elemento de antena está asociado a un elemento transmisor y a otro receptor. Las señales recibidas por cada receptor individual son enviadas a los procesadores de señal, encargados de analizar los ecos con el fin de, finalmente, detectar los blancos.

El procesador de señal es una combinación de ordenadores, los cuales realizan diferentes algoritmos de tratamiento de la señal, incluidos aquellos destinados contra las perturbaciones y contra diferentes reflexiones (clutter, etc.).

Con sus diversos modos de exploración el sistema radar puede adaptarse a diversos entornos, optimizando sus prestaciones. Se particiona el volumen de cobertura, transmitiendo diversas formas de onda en cada región. Para ángulos bajos de elevación se utilizan formas de onda óptimas para el filtrado anticlutter, mapas de clutter, etc. Para las distancias más lejanas y por encima del horizonte se utilizan pulsos de mayor duración mientras que para las regiones elevadas se emplean pulsos más cortos.



- Subsistema de antena activa

El subsistema antena activa realiza las funciones de transmisión, exploración y recepción de las señales.

En transmisión proporciona el adecuado nivel de potencia efectiva radiada a la señal de RF.

Para la exploración dirige los diagramas de radiación hacia las direcciones deseadas en elevación, dentro del volumen de cobertura. En recepción eleva el nivel de las señales recibidas añadiendo el mínimo ruido.

Asimismo, otras funciones necesarias para su operatividad son la distribución de potencia, distribución de control, protección y comprobación.

La antena pesa cinco toneladas, es plana y tiene unas dimensiones de nueve metros de alto por ocho metros de ancho.

Está compuesta de 48 antenas individuales que forman el array controlable en fase y amplitud. Cada antena individual tiene ocho metros de largo y está situada horizontalmente, de tal manera que al apilarse una encima de la otra las 48 antenas abarcan la altura anteriormente citada de nueve metros.

Los elementos son: módulo de radiación, módulo de recepción, módulo de transmisión, distribución de control en antena activa, distribución de potencia en antena activa, redes de ponderación y estructura (estructura de antena, plataforma bastidor y rotor).

a) Módulo de radiación

Cada uno de los módulos de radiación de que consta el subsistema contribuye a los diagramas de radiación en azimut.

La conformación azimutal es fija y todos los módulos disponen de redes de distribución recíprocas y esencialmente iguales, módulo a módulo.

En cada módulo existen 48 elementos radiantes (dipolos) colocados longitudinalmente. Las redes de distribución proporcionan 48 caminos de igual longitud eléctrica, que unen los elementos radiantes con dos puntos de alimentación.

De uno de ellos se obtiene la distribución para generar una conformación azimutal suma y hacia el otro punto la red de distribución genera una conformación azimutal diferencia.

El diagrama suma de cada módulo se utiliza tanto en recepción como en transmisión, mientras que el diagrama diferencia se usa sólo en recepción.

Para optimizar la ganancia, ancho de haz, factor de pendiente y lóbulos laterales se utiliza una distribución tipo Taylor-Villanueva para la conformación suma y una distribución tipo Baylis para la conformación diferencia.

Los módulos de radiación se encuentran colocados en la estructura, de forma adecuada para sufrir el mínimo de deformaciones conservando sus características.

#### b) Módulo de recepción

Cada uno de los módulos de recepción e inyección se emplea en la función de recepción para la pre-recepción de las señales obtenidas y conformadas en azimut por un módulo de radiación y enviadas a las redes de ponderación. En transmisión recibe la señal amplificada por un módulo de transmisión y la envía al punto suma.

Cada módulo incorpora filtros para la transmisión y recepción, circulador, células protectoras, preamplificadores de bajo nivel de ruido, desfasadores, acopladores y atenuadores de apareamiento.

#### c) Módulo de transmisión

Cada módulo de transmisión se utiliza en amplificar la señal de entrada de fila proveniente de las redes de ponderación. La señal amplificada es transmitida por un módulo de radiación.

El módulo recibe alimentación prerregulada desde la distribución de potencia en antena activa, recibiendo órdenes y enviando señales de BITE a la distribución de control en antena activa.

Cada módulo incorpora un desfasador en sus circuitos de RF de baja potencia, incluyendo, asimismo, elementos de regulación de alimentación, de protecciones y de aislamiento.

La disposición de los amplificadores permite una degradación lenta de la potencia transmitida.

d) Distribución de control de antena activa

La unidad de distribución de control de antena activa tiene por objeto controlar y supervisar los elementos y las funciones del subsistema de antena activa, recibiendo las órdenes del subsistema de control, enviándole a su vez el estado de los elementos.

De especial importancia es la distribución de datos de fase a los módulos de recepción y de transmisión para la exploración en elevación, así como la distribución de sincronismos de transmisión/recepción.

e) Distribución de potencia en antena activa

Realiza la distribución de alimentaciones AC y DC a los elementos del subsistema, estando dotada de dispositivos de protección ante cortocircuitos y sobrecargas.

f) Redes de ponderación

Las redes de ponderación aplican la ponderación de amplitudes entre filas para la conformación en elevación de los diagramas de radiación, teniendo una distribución uniforme de fases.

g) Estructura de antena

La estructura de antena es el elemento mecánico que proporciona el soporte, fijación e inclinación de los módulos de radiación a los que transmite el giro en azimut que se aplica desde el rotor. Posee los elementos para la fijación de equipos.

Está constituida por: plano de antena, torre, mecanismo de inclinación, sensor de inclinación, estructura secundaria y montacargas.

Su diseño es modular, siendo transportables sus diferentes partes. La fabricación y montaje del plano de antena se realiza de forma acorde para garantizar las estrictas tolerancias que posibilitan la obtención de bajos niveles de radiación por los lóbulos laterales, resistiendo sin daño ni deformación aparente las cargas máximas de peso, viento, térmicas y dinámicas especificadas.

#### h) Plataforma/bastidor

La plataforma/bastidor es un elemento mecánico unido a la parte giratoria del rotor para soportar y los equipos de los subsistemas de antena activa y radiofrecuencia, permitiendo el acceso al rotor, a los equipos y a la estructura. Es desmontable para posibilitar la transportabilidad de sus partes.

#### i) Rotor

El rotor proporciona el giro en azimut de los diagramas de radiación, informando, al mismo tiempo, de la posición azimutal.

Comprende el pedestal, mecanismos de arrastre, sensor de posición azimutal y módulo de control. Dispone de elementos de protección mecánicos y eléctricos.

#### • Subsistema de radiofrecuencia

El subsistema de radiofrecuencia entrega la señal de RF al subsistema de antena activa para la transmisión y las señales de video al subsistema de proceso en recepción.

Sus principales funciones son: generación, recepción y detección del video crudo, junto con funciones de control, protección y comprobación. Todos los elementos activos que se utilizan en el subsistema son de estado sólido, siendo los canales de recepción reconfigurables con el fin de obtener una alta fiabilidad.

Los elementos del subsistema son: unidad generadora de códigos, unidad de cohos y modulación, unidad de stalos y mezcladores, unidad de excitación y conmutación, unidad receptora de frecuencia intermedia, unidad demoduladora y distribución de control de radiofrecuencia.

Todas estas unidades disponen de diversos medios de autocomprobación y aislamiento de fallos.

a) Unidad generadora de código

La unidad generadora de códigos realiza la generación digital de las formas de ondas y su conversión digital/analógica. En definitiva, produce la señal de banda base con la codificación adecuada.

b) Unidad de cohos (osciladores) y modulación

La unidad de cohos y modulación realiza la modulación de la señal en banda base y genera los tonos de los cohos que son utilizados como oscilador local en la modulación anteriormente citada así como en la unidad demoduladora.

Lógicamente, sus partes esenciales son: modulación y generación de cohos.

c) Unidad de stalos (osciladores) y mezcladores

En esta unidad se traslada la señal a la banda final de RF a través de dos pasos de conversión, uno a frecuencia intermedia y otro a radiofrecuencia. Asimismo, en la unidad de stalos y mezcladores se generan los tonos que utiliza como oscilador local.

d) Unidad de excitación y conmutación

La unidad de excitación y conmutación adapta y encamina las señales de radiofrecuencia entre los subsistemas de antena activa y radiofrecuencia, produciendo la excitación de la señal para transmisión y encaminando las señales de recepción por medio de la conmutación de canales en la matriz de conmutación.

Adicionalmente, realiza mediciones de amplitud y fase para la calibración de transmisores y receptores del subsistema de antena activa.

e) Unidad receptora de frecuencia intermedia

En la unidad receptora de frecuencia intermedia se traslada las señales recibidas en la banda de RF a las frecuencias intermedias cercanas al valor de los cohos. Dicha conversión se realiza, como es habitual, por medio de mezcla, amplificación y filtrado.

f) Unidad demoduladora

La unidad demoduladora traslada las señales de frecuencia intermedia, producidas en el módulo anteriormente descrito, a banda base.

En esta unidad se realiza también un control de ganancia para la adaptación de potencias de entrada y de salida, de separación de frecuencias en diversidad, así como la detección coherente de las señales en cuadratura de video para su posterior procesado.

g) Distribución de control de radiofrecuencia

La unidad de distribución de control en radiofrecuencia controla y supervisa los elementos y funciones del subsistema de radiofrecuencia. Recibe órdenes del subsistema de control y le envía, a su vez, el estado de los elementos.

Los datos de generación de la forma de onda, de control de ganancia y de frecuencia son recibidos y distribuidos al subsistema por esta unidad.

Su disposición modular implica una alta fiabilidad y un fácil mantenimiento.

- Subsistema de proceso

El subsistema de proceso aborda todas las exigencias de proceso del radar 3D. Realiza el tratamiento digital a las señales de video de los canales suma y diferencia. Los procesos a aplicar dependen de las condiciones de exploración y de las características específicas de la interferencia que se encuentre en cada pincel.

El subsistema de proceso tiene un alto grado de modularidad, reconfigurabilidad, programabilidad y mantenibilidad.

Su arquitectura de diseño ha sido fijada para permitir una fácil reconfiguración de las funciones de procesamiento de señal y de datos. Se ha hecho uso y aplicación de conceptos de diseño modular, reduciendo el número de tarjetas diferentes, reduciendo riesgos de diseños y mejorando la flexibilidad. Con ello se permite el traslado de funciones de un módulo a otro sin necesidad de cambios de diseño.

El subsistema de proceso informa de los blancos detectados incluyendo toda su información asociada y, asimismo, genera los contornos atmosféricos.

Para ello utiliza las señales de video procedentes del subsistema de radiofrecuencia anteriormente descrito.

Las funciones a realizar por el subsistema de proceso se distribuyen en tres elementos: procesador de señal, correlador de pinceles y procesador de datos.

a) Procesador de señal

El procesador de señal utiliza algoritmos típicos de tratamiento de señal con el fin de realizar las funciones de filtrado doppler, comprensión de señal, adaptación adaptativa de umbrales espaciales y temporales, supresión de interferencias, procesamiento monopolso, etc.

Su objetivo final consiste en la detección de blancos.

Las funciones a realizar en el procesador de señal han sido implementadas en *firmware*, permitiendo, con ello, las modificaciones y adaptaciones necesarias a los diferentes emplazamientos sin necesidad de modificaciones *hardware* del diseño.

b) Correlador de pinceles

En esta unidad son correladas las detecciones realizadas por el procesador de señal siguiendo criterios de adyacencia con el fin de asignarlas, en su caso, a un solo blanco.

Tres de cada una de las variables medidas (distancia, azimut, altura y amplitud) se generan centroides, controlando de forma adaptativa el número de falsas alarmas, reduciendo de esta manera el número de las generadas primariamente por el procesador de señal.

Las funciones a realizar han sido implementadas en *firmware*, siendo: cálculo de coordenadas, correlador de detecciones y control de falsas alarmas/sobrecarga.

c) Procesador de datos

El procesador de datos utiliza los informes de blancos generados por el correlador de pinceles y les aplica criterios de correlación vuelta a vuelta con el fin de realizar el proceso de seguimiento de blancos, eliminando aquellos no asociables a ninguna traza.

- Subsistema de control

Este subsistema gestiona los recursos del radar bajo el control de operador local o remoto y presenta su estado tanto en local como en remoto.

El subsistema de control consiste en un array de microprocesadores, un hardware específico de alta velocidad, que es controlado por *firmware*, interfaces para canales de comunicación serie y un ordenador de propósito general.

- Subsistema de presentación

El subsistema de presentación se encarga de presentar la información gráfica generada en los subsistemas de control y proceso, así como de la supervisión y control de diversas funciones del sistema.

El subsistema se configura en torno a un bus VME y consta de los siguientes bloques funcionales: procesadores, memoria de trabajo,

controlador de entrada/salida paralelo, memoria gráfica principal, convertidores de video y supervisor de parámetros eléctricos, siendo otros elementos funcionales externos al bus: *scan converter*, sincronizador de video, monitores RGB de alta resolución y teclados.

El subsistema consta, como posible configuración, de una consola con varios elementos de presentación con sus correspondientes controles. El primer elemento de presentación se dedica a la presentación de los distintos estados del radar junto con los distintos estados de supervisión del sistema.

Otro elemento de presentación, de operación propiamente dicha, presenta todos los videos y blancos con todas las funciones de filtrado de presentación y configuración del escenario seleccionado por el operador de forma análoga a una consola PPI convencional. Este elemento de operación dispone de un panel de comunicaciones.

## ANEXO 4

---

### El Sistema Automatizado de Control de Tránsito Aéreo (SACTA)



Fuente: Navegación Aérea / Aena.es

#### 1. Descripción

El desarrollo tecnológico y la automatización del sistema de navegación aérea han llevado a la creación de distintos sistemas excelentes para el control del tráfico aéreo; uno de ellos es el Sistema Automatizado de Control de Tránsito Aéreo (SACTA).

Este producto tiene como objetivo la integración de los sistemas de todos los centros de control de ruta y aproximación españoles y Torres de Control (TWR) para que manejen datos coherentes y funcionen de manera coordinada, así como el incremento de la capacidad de control del tráfico aéreo. Por tanto, el Sistema SACTA se concibió desde sus

orígenes bajo una visión de evolución a un sistema de control de tránsito aéreo único, con el ánimo de lograr la homogeneización de los sistemas de control a escala nacional.

En el ámbito internacional, el SACTA facilita la comunicación automática entre centros de control españoles y extranjeros. Para ello, utiliza estándares internacionales de intercambio de datos, reduce las actuaciones manuales al mínimo, detecta automáticamente posibles conflictos y aporta flexibilidad para la reconfiguración del espacio aéreo operacional con el fin de minimizar los efectos de los denominados *picos de tráfico*.

El SACTA, apoyado por el gobierno español a través de Aena, está cumpliendo con las expectativas de mejora de la gestión del tráfico aéreo, ya que está dando una respuesta adecuada a la demanda del tráfico que utiliza el espacio aéreo español. La tecnología que utiliza es cien por cien española y está siendo exportada a otros países por su fabricante, INDRA.

## **2. Evolución**

El proyecto SACTA se inició en 1984. Entre los años 1990 y 1994, se puso operativo en los cinco centros de control españoles: Palma de Mallorca (1990), Madrid (1991), Sevilla (1992), Canarias (1994) y Barcelona (1994).

En pocos años, este producto ha experimentado una importante evolución ya que se han mejorado las prestaciones del sistema. Con la versión II del SACTA (1997), se consiguió una armonización parcial, al igual que la interconexión de los centros de control y las torres de los aeropuertos. En 1999, se implantó la versión SACTA III en todos los centros de control; un gran avance que, además de solucionar el problema del año 2000, supuso la homogeneización total del sistema en cuanto a equipos y programas. La fase III es la que está actualmente en operación y a la que aún le quedan años de vida. La versión operativa actual es la 3.Z5.40 y la siguiente será la 3.Z5.60 que se irá implantando escalonadamente hasta finales de 2016. La fecha estimada de puesta en servicio de la versión SACTA IV se estima sea a partir de 2018/2019.

La versión III de SACTA responde a los siguientes objetivos:

- Posición de control (FOCUCS) para ruta y área de control terminal (TMA).
- Alto nivel de disponibilidad y fiabilidad, basado en la redundancia de equipos y la incorporación de mecanismos de protección de funciones.
- Integración en el sistema de todas las torres de control y comunicación de datos con los sistemas de aeropuertos, respondiendo al concepto de sistema puerta a puerta (gate to gate).
- Estandarización de las comunicaciones de Eurocontrol ADEXP.
- Interoperabilidad entre los sistemas de todos los centros de control y de centros de aproximación.
- Supervisión integrada del sistema con gran flexibilidad de reconfiguración.
- Comunicaciones de datos con centros colaterales extranjeros.
- Herramientas adicionales para ayuda a la toma de decisiones del controlador.
- Incorporación de nuevos estándares de comunicaciones europeos: formato ASTERIX.
- Integración de sensores de vigilancia WAN y ADS-8.
- Safety Nets.
- Operativa sin ficha de papel en torre.
- Nueva arquitectura.
- Air Ground Data Link (AGDL) para ruta sobre FANS 1/A y ATN
- Data Link Departure Clearance (D-DCL).
- A-CDM (Airport Collaborative Decision Making).
- Convergencia con la reglamentación de interoperabilidad del Cielo Único Europeo.

La evolución futura de SACTA que se asienta en la estrategia actual de Aena, pasa por orientar la evolución de SACTA y sus necesidades en materia de inversión a una mejora constante de la eficiencia operativa, buscando tangibilizar la inversión en funcionalidades que redunden en mejoras en la operación de los servicios de tránsito aéreo y en la seguridad.

De este modo, la versión IV de SACTA responderá a los siguientes objetivos:

- Integración del nuevo sistema de plan de vuelo iTEC-eFDP.
- Operativa sin ficha de papel para Ruta y TMA.
- Coordinación y transferencia silenciosa.
- Modo autónomo Plan de Vuelo.
- Herramientas de ayuda MTCD (tanto de planificación como táctico)
- Nuevo *Middleware* para sistemas ATC, iMAS.
- Gestión de trayectorias.
- Herramientas What if/what else.
- DAP Modo S (Downlink of Aircraft Parameters).
- Nueva CWP (Controller Working Position).



### 3. Subsistemas de SACTA

El complejo sistema de automatización del control aéreo, a través de otros subsistemas, realiza las siguientes funciones:

- Procesa toda la información relativa a los planes de vuelo.
- Provee de herramientas de ayuda a la planificación del tráfico.
- Procesa toda la información relativa a la información radar recibida.

- Calcula pistas y presenta mapas meteorológicos.
- Analiza las posibles alteraciones en la ruta calculada alertando al controlador en tiempo real.
- Indica las condiciones meteorológicas actuales y futuras.
- Proporciona toda la información aeronáutica necesaria para el control de tráfico aéreo (estado de las ayudas a la navegación y áreas restringidas de control del tráfico aéreo).
- Facilita el sistema de simulación dinámica que es utilizado tanto para la formación del controlador como para la realización de pruebas técnicas.

### *3.1 Tratamiento Planes de Vuelo (TPV)*

El Subsistema de Tratamiento de Planes de Vuelo (TPV) es semidistribuido e interoperable. Está compuesto por un Tratamiento Central de Planes de Vuelo (TCPV) y uno o varios Tratamientos Locales de Planes de Vuelo (TLPV), según cada área de responsabilidad.

El TCPV centraliza el proceso inicial de los planes de vuelo repetitivos (RPLs) como medida de contingencia (desde 2004 los RPLs se reciben directamente del Sistema IFPS europeo como planes de vuelo individuales FPL) y de otros mensajes AFTN relativos tanto a planes de vuelo (también procedentes en su mayoría del IFPS o directamente de la oficina ARO responsable del aeródromo de despegue en caso de reglas de vuelo visual) como a mensajes de gestión de slots asignados por CFMU (*Central Flow Management Unit de EUROCONTROL, situada en Bruselas*).

El TLPV gestiona toda la información relativa a plan de vuelo (presentación en pantallas, fichas, códigos SSR de vigilancia por radar, etc.) dentro de su área de responsabilidad, ya se trate de Centro de Control de Ruta (ACC) o de un área terminal (TMA).



Cuartel General de Eurocontrol en Bruselas (Bélgica)

El TCPV se comunica automáticamente con los TLPV y les envía las creaciones, modificaciones y cancelaciones de los planes de vuelo que les afectan, centralizando la corrección de los datos erróneos que recibe por la red AFTN/CIDIN de una forma semi-automática (sólo un tercio del total de mensajes recibidos requiere validación y corrección manual). Analiza los datos y extrae la ruta válida del plan de vuelo; calcula el perfil del vuelo en cuatro dimensiones (puntos fijos y sectores con niveles y horas de paso) y transmite esa información a otros subsistemas externos vía GIPV (Sistema Gestor de Información de PV). También centraliza el envío de mensajes de actualizaciones (generados en los distintos TLPVs) a los sistemas de CFMU (IFPS para mensajes relativos al tratamiento inicial de planes de vuelo y ETFMS para actualizaciones una vez que el vuelo ya ha despegado).

Cuando el TLPV recibe los planes de vuelo del TCPV, se los transmite al TDVM (tratamiento de datos de vigilancia) y al resto de posiciones tanto locales (en el mismo centro) como TWR remotas (instaladas en las Torres de Control de la mayoría de los aeródromos nacionales), imprime fichas de vuelo de forma descentralizada y procesa las acciones de control efectuadas manualmente por un controlador desde esas posiciones de control (creación y modificación de planes de vuelo, cambios de nivel, ruta, etc.).

También procesa las actualizaciones automáticas que proceden del tratamiento de datos radar o de la interfaz estándar OLDI con otros centros de control (ACCs) colaterales (ya sean nacionales o extranjeros) y transmite a su vez las posibles modificaciones al TCPV para su proceso y distribución al resto de los TLPVs afectados, de forma que todo el sistema SACTA trabaja con la misma información de plan de vuelo, constantemente actualizada, de acuerdo con el moderno concepto de interoperabilidad.

### *3.2 Tratamiento de Datos de Vigilancia (TDV)*

El subsistema de tratamiento de datos de vigilancia multidependencia (TDVM) procesa la señal que recibe de los sensores de vigilancia aplicables (radares, multilateración) e intercambia la información con otros subsistemas SACTA.

Está formado por un tándem -donde se realizan la mayoría de las funciones- y una serie de procesadores dedicados a recibir y convertir las entradas radar de formatos DDE y ASTERIX español, francés y portugués a un formato único basado en ASTERIX. Todos sus procesadores son de propósito general con sistema operativo UNIX.

El subsistema TDVM lleva a cabo las siguientes funciones:

- Recepción automática y control de calidad en tiempo real de los datos radar.
- Cálculo de pistas monorradar.
- Cálculo de pista multirradar.
- Recepción y control de la información meteorológica.
- Correlación pista / plan de vuelo.
- Análisis de desviaciones laterales y longitudinales respecto a la ruta calculada.
- Comunicación al TLPV de mensajes de progresión de vuelo de las pistas correladas.
- Avisos automáticos de alerta de conflicto, alarmas de altitudes mínimas y de áreas restringidas.
- Transferencia automática entre sectores.

- Aplicación *by-pass* en caso de caída del TDVM, mediante la cual se reciben en las posiciones de control los datos radar, donde se realizan tratamientos monorradar y multirradar sobre un número discreto de radares (hasta 3).

Distribución de la información Radar a usuarios externos.

### *3.3 Unidad de Control de Sector (UCS)*

Mediante la unidad de control de sector (UCS), se realiza la interfaz del controlador con el sistema SACTA.

Desde el mes de marzo del año 2004, todas las UCSs instaladas en los centros de control de España son UCS FOCUCS, en las que las posiciones de controlador ejecutivo y planificador están dotadas del mismo equipamiento (dos pantallas, ratón, teclado convencional y táctil), integrando la información de radar, plan de vuelo y MET/AIS en dos pantallas, mediante el uso de diferentes ventanas.

### *3.4 MET/AIS*

El subsistema de Presentación de la Información Meteorológica y Aeronáutica (MET/AIS) recibe, procesa y presenta la información meteorológica y aeronáutica de interés para el servicio de control aéreo. Cada centro de control español está equipado con un subsistema local MET/AIS (SILV), conectado con el sistema central (ICARO XXI).

ICARO XXI procesa y gestiona los mensajes de las siguientes categorías: METAR / SPECI, TAF, AIRMET, GAMET, SIGMET, NOTAM (Radioayudas, Áreas, información diversa) e información procedente de suplementos al AIP. Los mensajes no válidos se envían a las posiciones de corrección, mientras que los válidos se procesan de forma automática. Posteriormente, se transmite al MET / AIS (silv) de cada centro de control para su presentación en las posiciones de control.

El MET / AIS local presenta, en las posiciones de control, los datos que recibe de varias fuentes:

- ICARO XXI.
- Los sensores meteorológicos de los aeródromos (QNH, viento, nubes, RVR, etc.).
- La información ATIS.
- Por último, el MET / AIS envía información a los subsistemas Proceso de Datos de Vigilancia o TDVM (QNH, áreas prohibidas) y al Proceso de datos de Plan de Vuelo o TLPV (vientos en altura).



Instrumentación meteorológica para la observación del viento y el alcance visual en pista en el aeropuerto de Málaga. (Foto: AEMET)

### *3.5 Supervisión (SPV)*

El Subsistema de Supervisión (SPV) suministra un entorno adecuado para dar soporte a las funciones operativas del sistema realizando funciones de control y monitorización del sistema.

Sus funciones son:

- Control. Detecta el estado de todos los equipos y programas del sistema.
- Monitorización. Informa a los supervisores operacional y técnico del estado del sistema (programas informáticos, equipo físico). Posiciones de supervisión PSI.

- Configuración. Establece la concordancia manual o automáticamente (en caso de fallo), las funciones y las prestaciones del sistema.
- Sincronización de todos los procesadores con un reloj GPS.

Mediante estas prácticas, el SPV desarrolla una serie de actuaciones:

- Reacciona rápidamente frente a los fallos, facilitando la adopción de procedimientos de contingencia.
- Reconfigura automática o manualmente, reduciendo el tiempo de reacción y falta de disponibilidad.
- Analiza el comportamiento del sistema.
- Todas las posiciones de supervisión (PSI) tienen el mismo software que puede ser reconfigurado para dar soporte a supervisores técnicos (PSSE, PMTO y PST) y supervisores operativos (PSSO y PSO).

### 3.6 Grabador y Servidor de Información (GSI)

El subsistema Grabador y Servidor de Información (GSI) graba la información técnica y operativa para su uso posterior, de manera *on line* para eventos del sistema y mensajes AFTN y OLDI; y de forma *off line* para reproducción de situaciones, tasas, análisis de datos, evaluación de estadísticas, etc.

Las funciones que lleva a cabo este sistema son las siguientes:

- Grabar la información requerida de toda aquella que circule por las redes de datos del sistema y la que reciba mediante protocolo FTP.
- Servir información a los usuarios del sistema, ya sean internos (PSI, PDV, PRR, PALESTRA) o externos (Tasas).

### 3.7 Apoyo

El subsistema de apoyo consiste en un conjunto de procesadores y aplicaciones *off line* para la generación de los datos de adaptación y configuración del sistema GEODESYS y para la reducción y exploración de todos los datos grabados por el sistema PALESTRA.

- GEODESYS: El Gestor de Base de Datos de Adaptación permite la configuración de los diferentes subsistemas del SACTA para

adecuarse tanto a cada uno de los distintos entornos geográficos en que se instala como a la evolución del espacio aéreo y a los diferentes procedimientos operativos de cada uno de ellos. También permite confeccionar los mapas que visualizan los controladores en las Posiciones de Control. Además, esta herramienta contiene la parametrización técnica.

- Mediante esta aplicación se consigue que SACTA pueda funcionar en entornos aeronáuticos tan diferentes como Península-Baleares o Canarias. Asimismo, se han realizado simulaciones fidedignas de espacios aéreos de Alemania, Hungría, Grecia o Reino Unido.
- Esta herramienta tiene potenciadas las capacidades para la captura de información de fuentes externas y envío de información a usuarios de interés.
- Programas de análisis de datos: Es un conjunto de aplicaciones utilizadas para explotar y analizar los datos grabados durante el funcionamiento del sistema. Permite tanto reproducción de situaciones acaecidas como estadísticas de funcionamiento de componentes, subsistemas o tráfico. Existen aplicaciones específicas para vigilancia, planes de vuelo, supervisión y datos meteorológicos y aeronáuticos.

La integración de todas estas herramientas se denomina PALESTRA.

### *3.8 Entrenamiento y simulación*

El subsistema de Entrenamiento y Simulación dinámica realiza funciones de generación de escenarios de tráfico aéreo (GTA), funciones de navegación y maniobras (posiciones de *pseudopiloto*), funciones de gestión y control de la simulación (PCS), y presentación visual de entorno de Torre (GIV) con presentación de 180° o de 360°.

El resto de su funcionalidad es idéntica a la operativa en los subsistemas TLPV, TDVM, SPV y GSI.

Permite desempeñar las siguientes funciones:

- Entrenar controladores en el manejo del sistema SACTA.
- Simular tráfico aéreo para desarrollar nuevos procedimientos de control.

- Reproducir situaciones para analizar incidencias.
- Realizar labores de enseñanza en entornos de Ruta, TMA y Torre. En el caso de TWR se ofrece la posibilidad de un visual de 360°.
- Simular tráfico en la plataforma del aeropuerto para desarrollar nuevas maniobras de rodadura.
- Probar nuevas versiones del sistema.
- Probar nuevos datos de adaptación.
- Evaluar nuevas funciones y nuevas operativas para el sistema de control.

#### **4. Proyecto iFOCUCS**

Desde el año 1999, todos los TMAs de los Centros de Control de AENA operan con la UCS FOCUCS. Posteriormente, el despliegue de la UCS FOCUCS finalizó en todas las dependencias de control de RUTA en 2002. La Posición de Control FOCUCS ha permitido que la evolución funcional en el Sistema SACTA realizada en los últimos años, con relevantes cambios en el HMI y forma de operación para el controlador, se haya podido realizar con garantías. En la evolución del Sistema SACTA III se han incorporado funciones y operativas avanzadas de SACTA 3.5 para RUTA y TMA, como:

- Gestión de Niveles de Vuelo Planificados / Autorizados y Restricciones de Velocidad a través de la etiqueta Radar.
- Funciones de Coordinación y Transferencia vía Sistema.
- Nueva Etiqueta Radar y Nuevos Tabulares de Plan de Vuelo.
- Funcionalidad de ayuda para la gestión de arribadas - Arrival Manager (AMAN).
- Se han completado las Funciones SAFETY - NETS level 1 (Alertas NTZ, Alertas de Conflicto corto plazo para TMA, Alertas de Mínimos de Altitud, Alertas de corto plazo sobre Espacios Peligrosos).
- Mayor Integración de información Meteorológica y Aeronáutica (Presentación Áreas Especiales).

La evolución del Sistema SACTA prevista en el Plan de Sistemas ATM, en el marco de SACTA 3 y SACTA 4, incorporará funciones y herramientas para poder desarrollar un concepto de operación SACTA 4, basado en el análisis de las siguientes funciones, siempre y cuando las mismas

produzcan evidencias demostrables de mejoras de eficiencia en la operación y/o en la seguridad:

- Una Operación de Niveles avanzada Sin Ficha de Papel (OSF), con mayor interacción sobre el sistema, trabajo sobre las etiquetas del tráfico, tabulares de entrada, asumidos y salidas, y disponibilidad de pseudo-pistas.
- AGDL (Air Ground Data Link).
- AMAN (Arrival Manager).
- MTCD (Medium-Term Conflict Detection/em>) Táctico y What-if.
- Información de vigilancia avanzada (Modo S, ADS B).
- Multi-Sector Planner.
- Sistema de Comunicaciones Voz integrado en el HMI de la Posición de Control (acceso a SCV a través de etiquetas de tráfico, sectores).

Para poder llevar a la operación el concepto de SACTA 4, y en concreto con la incorporación en SACTA - iTEC 4.2 del MTCD táctico, **es necesario llevar a cabo una evolución de la posición de Control SACTA**, que proporcione fundamentalmente un aumento de superficie de visualización. Por todo ello:

- La Posición de Control iFOCUCS, responderá a las condiciones ergonómicas óptimas para el puesto de trabajo, y a las necesidades debidas al concepto de operación de SACTA 4. Permitirá una alta configurabilidad y adaptación del interfaz de la posición, se ampliará la superficie de visualización del sistema, se emplearán nuevos métodos de interacción con el usuario y se mejorará la ubicación, calidad y potencia de la generación de audio.
- Considerará e incorporará las necesidades para la integración del sistema de comunicaciones voz que se está desarrollando en el marco de los proyectos COMETA (COMunicaciones Voz IP IntEgradadas en SACTA), incluidos Último Recurso Radio y Telefonía.
- Adicionalmente, considerará la integración de la información auxiliar relevante para el controlador, como avisos de sala, mensajes o mapas permitiendo de este modo una difusión y disponibilidad inmediata.
- La evolución de la Posición de Control, permitirá además superar otras limitaciones inherentes a la UCS FOCUCS. La operación en

la actual UCS FOCUCS se lleva a cabo mediante la configuración del Rol Ejecutivo, Planificador o Integrado en cualquiera de las dos posiciones de las que dispone. Sin embargo, el concepto Monoposición con la UCS FOCUCS actual no permite disponer de dos puestos Monoposición. La Posición de Control iFOCUCS aplicará el concepto Monoposición.

- Desde el punto de vista de los componentes SW, la Posición de Control iFOCUCS considerará y permitirá un rediseño SW futuro, para eliminar las limitaciones tecnológicas de la arquitectura SW actual e integrar nuevas tecnologías de dispositivos de entrada/salida de datos.
- Posición de Control iFOCUCS responderá a una disminución en los costes de fabricación, instalación y mantenimiento.



Durante 2014, el consorcio iTEC ha acordado la preparación de una especificación común de una posición de control para desarrollar de manera conjunta esa posición. El ambicioso proyecto debería permitir la obtención, a medio plazo, de un nuevo producto común dentro del grupo iTEC: la iTEC-CWP. Aena ha decidido su participación completa en esta iniciativa ligando la misma a la estrategia iFOCUCS.

## 5. Proyecto iTECeFDP

El sistema iTECeFDP es una evolución, ampliación y modernización del TPV original del SACTA. Con el objetivo de conseguir un sistema del Control del Tráfico Aéreo (ATM) lo más homogéneo posible en Europa, Aena, al igual que otros socios europeos, participa desde hace años en los foros de EUROCONTROL sobre diversos temas relacionados. Esto supondría una gran ventaja en el tratamiento común de los datos que se intercambian los diferentes sistemas cuando las aeronaves pasan a través de las fronteras, así como el reparto entre los estados de la inversión que conllevaría el desarrollo del proyecto.

De este modo, Aena se incorporó al proyecto eFDP en 1999 -junto con sus socios (NATS-UK, STNA-Francia, ENAV-Italia y UAC-Maastricht) y coordinados por EUROCONTROL- iniciando la obtención de unas especificaciones sobre el tratamiento del plan de vuelo dentro de un sistema de control del tráfico aéreo, que debería haberse puesto en funcionamiento en el primer quinquenio del siglo XXI. Este proyecto acabó desapareciendo en el año 2000.

El futuro sistema de tratamiento de datos de vuelo iTEC-eFDP será el resultado de la cooperación entre Aena, la DFS alemana y NATS.

Este proyecto, heredero del eFDP, pretende desarrollar un sistema abierto e interoperable de proceso de datos de vuelo que pueda ser utilizado por los diferentes proveedores europeos de ATM. Ya sin la cobertura de EUROCONTROL, iTEC-eFDP permitirá la convergencia hacia un sistema común a partir de los actuales sistemas de tratamiento de planes de vuelo (TPV) de SACTA y el VAFORIT alemán, también desarrollado por INDRA, siguiendo los requisitos que se habían desarrollado previamente en el seno del eFDP.

Tras una etapa en la que los tres proveedores de servicio definieron las características del futuro sistema a través de una Oficina de Programa conjunta situada en Madrid, y una vez concluidas las fases de especificación y diseño de sistema, las siguientes fases de desarrollo se emprenden por separado.

ITEC-eFDP ha definido los nuevos conceptos de interoperabilidad entre sistemas basados en los conceptos originales contenidos en eFDP, lo cual ha dado origen a un proyecto de colaboración con el proyecto COFLIGHT (equivalente a iTEC-eFDP entre los proveedores de servicios de Francia, Italia y Suiza) llamado ICOG (Interoperability CO-operation Group). ICOG ha definido de forma conjunta los mecanismos físicos y operativos para la interoperabilidad entre los futuros sistemas. Actualmente, ICOG ha finalizado su segunda fase, cuyo principal producto ha sido la definición detallada de los interfaces de los futuros sistemas. Durante esta segunda fase, se ha intensificado la relación con Eurocontrol, principalmente la Unidad CFMU, que ha recibido los interfaces de ICOG como entrada para el estudio de definición de su CFMU Flight Object Server.

El proyecto ITEC-eFDP contribuirá activamente a la validación de conceptos e implementaciones de los distintos proyectos de SESAR.

Debe resaltarse el preacuerdo entre los socios de este consorcio para desarrollar una posición común que sirva a todos los proveedores de tránsito aéreo. Todas las Organizaciones participantes: Aena, DFS, NATS y LNVL reduciendo los riesgos en el desarrollo conjunto, reduciendo el coste para cada parte y homogenizando los modos de operación.

## **6. Proyecto VICTOR**

VICTOR (Visualización Integrada para Control de TORre) fue un sistema informático diseñado para su instalación en las torres de control de los aeropuertos. Este programa fue el resultado de los esfuerzos de SACTA por modernizar los sistemas de presentación de datos radar de las torres de los aeropuertos más importantes. Actualmente, no existe esa diferenciación y los sistemas de control de TORre forman parte integral del SACTA, denominándose sistemas SACTA de TORre, de la misma forma que se habla de SACTA de TWR o de TMD.

Así mismo, en lo que se refiere a la implantación del concepto gate to gate, VICTOR representa el ejemplo más ambicioso.

El objetivo fundamental del sistema VICTOR era facilitar, bajo cualquier tipo de condiciones de visibilidad, las herramientas necesarias al controlador de torre para garantizar un seguro y eficiente movimiento de aeronaves y vehículos en el entorno aeroportuario. Para poder realizar esta misión, contaba con la información procedente de las siguientes fuentes:

- Radares de aproximación y superficie del aeropuerto.
- Cámaras de televisión.
- Planes de vuelo.
- Información meteorológica y aeronáutica.
- Asignación de aparcamientos.
- Mensajes ATIS.
- Estado de las radioayudas esenciales del aeropuerto.



Foto: Universidad Carlos III de Madrid

### *6.1 Funciones*

El principal beneficio que se obtuvo con la aplicación del sistema VICTOR fue la agilización de la guía y control de aeronaves por la plataforma del aeropuerto, así como un mayor dinamismo a las operaciones.

Por otra parte, con el fin de cumplir con los requisitos operativos desarrollados por OACI para este tipo de sistemas, las funciones que realiza eran las siguientes:

#### 6.1.1 Función de vigilancia

- Tratamiento de datos de vigilancia.
- Fusión de datos procedentes de radares de aproximación y superficie del aeropuerto.
- Identificación automática de aeronaves, tanto en aproximación como en superficie, en la pantalla de radar.
- Mecanismo manual de identificación para despegues.
- Nuevos sensores A-SMGCS (multilateración, radares de primario...)

#### 6.1.2 Tratamiento del plan de vuelo en la torre

- Proceso local del plan de vuelo de torre.
- Nuevos estados para el plan de vuelo que se relacionan con ciertos estados en SACTA.
- Introducción de la ficha electrónica.
- Transferencia silenciosa entre distintos puestos de torre y entre ésta y el centro de control.
- Modo autónomo de funcionamiento ante la pérdida de enlace con el centro de control.

#### 6.1.3 Proceso de la información auxiliar

- Meteorología.
- Aparcamientos.
- ATIS y AIS.
- Avisos del sistema de monitorización de radioayudas esenciales.

#### 6.1.4 Integración de la información

- Da a cada posición de controlador la información que necesita para las tareas concretas asignadas (local, rodadura o autorizaciones).

## *6.2 Evolución del sistema*

- Secuenciadores de despegue (ya hay una primera versión).
- Asignación de rutas de rodadura.
- Alerta de intrusión en pistas restringidas y de cruce no autorizado.
- Tratamiento de autorizaciones previas al vuelo (futura incorporación).

## *6.3 Implantación del sistema*

Actualmente se está finalizando el proceso de adecuar todas las torres al nuevo sistema desde el punto de vista del equipamiento, manteniendo la operativa actual con ficha de papel. Existen distintos niveles de funcionalidad disponible en función de las necesidades de las torres:

- Torres con presentación radar de secundario y de superficie, información de cámaras de televisión e integración de funciones de plan de vuelo básicas y presentación de información MET/AIS integradas en la posición. Éste es el caso de mayor funcionalidad que está en servicio en la torre de Madrid-Barajas.
- Torres con presentación radar de secundario, información de cámaras de televisión e integración de funciones de plan de vuelo básicas y presentación de información MET/AIS integradas en la posición. En este grupo de torres están, entre otras, las torres de Barcelona-El Prat, Palma de Mallorca y Málaga-Costa del Sol.
- Torres con presentación radar de secundario e integración de funciones de plan de vuelo básicas y presentación de información MET/AIS integradas en la posición. En este grupo de torres están, entre otras, la torre de Fuerteventura, Valencia y Menorca.
- Torres con integración de funciones de plan de vuelo básicas y presentación de información MET/AIS integradas en la posición. En este grupo de torres están el resto de torres, entre otras Girona-Costa Brava, Vitoria o El Hierro.

#### 6.4 Evaluación de nueva operativa sin ficha de papel

En junio de 2004 se realizó la primera simulación-evaluación de VICTOR V1 para un escenario basado en el aeropuerto de Madrid-Barajas. Fruto de las conclusiones de dicha simulación se realizaron cambios que se evaluaron en junio-julio de 2005.

Actualmente está en operación la operativa sin ficha en TWR/APP LEMG desde 2012.

### 7. Sistema ICARO

El desarrollo tecnológico y la automatización del sistema de Navegación Aérea han dado lugar a la creación de distintos sistemas excelentes para el control del tráfico aéreo; uno de ellos es el sistema ICARO (*Integrated COM/AIS/AIP & Reporting Office Automated System*), que automatiza las tareas y procedimientos referentes a la gestión de la información aeronáutica -NOTAM que se llevan a cabo en la Oficina NOF española y Proyectos NOTAM de los aeropuertos-, junto con la de tramitación inicial de la información de plan de vuelo y su seguimiento posterior en las oficinas ARO de los aeropuertos.

Este sistema pone a disposición de los clientes la información aeronáutica NOTAM bajo el formato de PIB (*Pre-flight Information Bulletin*), la información meteorológica y la presentación de mensajes de plan de vuelo, facilitando su acceso mediante posiciones instaladas en las dependencias de los aeropuertos y a través de la Web Pública de Aena. A su vez, es el sistema que suministra información aeronáutica y meteorológica al Sistema Automatizado de Control de Tráfico Aéreo (SACTA).

Desde 1990, Navegación Aérea ha mantenido el sistema en continua evolución, iniciando su puesta en servicio en 1994 mediante un sistema distribuido, ICARO 2000, que se desplegó en toda la red de Aena, hasta el momento actual en que el adelanto de las comunicaciones y la tecnología web han permitido la evolución a un sistema integral, ICARO XXI, que proporciona respuesta a la demanda de los usuarios del espacio aéreo español.

El sistema ICARO integra en un medio único la información operacional necesaria para el usuario aeronáutico que va a iniciar un vuelo, de forma que en la misma herramienta dispone de la información para planificar el vuelo y efectuar los trámites de presentación, y de la información aeronáutica y meteorológica afectada mediante el suministro de Boletines de Información Previa al Vuelo (PIB).

El sistema ICARO XXI facilita los siguientes servicios:

- Información aeronáutica. La finalidad de este servicio es asegurar que se distribuya la información necesaria para la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea internacional operacional. La oficina NOTAM internacional (NOF) es la designada para el intercambio internacional de información NOTAM. Aena, a través de ICARO, automatiza las funciones de la oficina NOF proporcionando un medio que asegura que la información gestionada es adecuada, de calidad y tramitada en el momento oportuno.
- Boletines de Información Previa al Vuelo. Mediante ICARO, Aena cumple la normativa vigente por la que la información aeronáutica debe ser puesta a disposición del usuario. ICARO es una herramienta de fácil uso a través de la cual se facilita la información aeronáutica -NOTAM en forma de Boletines de Información Previa al Vuelo (PIB)-, tanto desde terminales instalados en mostradores de cara al público en los aeropuertos como a través de la web de la división AIS de Navegación Aérea.
- Información meteorológica. La información meteorológica aeronáutica elaborada por la AEMET es incorporada al sistema ICARO de forma que se encuentre accesible para el usuario tanto desde terminales instalados en mostradores de cara al público en los aeropuertos como a través de la web de la división AIS de Navegación Aérea.
- Plan de Vuelo. Mediante ICARO, Aena proporciona un medio para la tramitación inicial de los mensajes de plan de vuelo, facilitando terminales de usuario desde los que efectuar su presentación. Las oficinas responsables, con las facilidades que les aporta el sistema, se encargan de la gestión y seguimiento del plan de vuelo.

- Interface con SACTA. ICARO suministra información aeronáutica, especialmente información de activación-desactivación de áreas especiales de información meteorológica al SACTA, atendiendo a sus peticiones y manteniéndolo actualizado.

### **Dependencias que automatiza el sistema**

Los componentes funcionales del sistema ICARO permiten automatizar las siguientes dependencias:

NOF Español. Oficina asociada a los servicios centrales de Aena en Madrid y con las siguientes misiones:

- Procesamiento y distribución de NOTAMs españoles.
- Gestión de áreas especiales.
- Procesamiento y distribución de información meteorológica.
- Manejo de la base de datos aeronáutica permanente.
- Generación de boletines de pre-vuelo.

Oficina MilNOF. Oficina Militar para la generación de proyectos NOTAM publicados en el ámbito civil con las siguientes misiones:

- Generación de proyectos NOTAM y consulta de NOTAM.
- Generación de boletines de pre-vuelo.

Oficinas COM/AIS/ARO. Oficinas de los aeropuertos españoles con las siguientes misiones:

- Tratamiento de FPLs y sus mensajes asociados a nivel de aeropuerto.
- Tratamiento de los mensajes de respuesta del ATFM y del IFPS.
- Generación de Proyectos NOTAM y consulta de NOTAM.
- Generación de boletines de pre-vuelo.

Oficinas de Preparación de Vuelos. Oficinas de preparación de plan de vuelo de las bases aéreas con las siguientes misiones:

- Tratamiento de FPLs y sus mensajes asociados.
- Tratamiento de los mensajes de respuesta del ATFM y del IFPS.

- Consulta de NOTAM.
- Generación de boletines de pre-vuelo.



Foto: Universidad de Castilla-La Mancha

## 8. Centro de Experimentación y Desarrollo

El Centro de Experimentación y Desarrollo (CED) de Aena surgió a partir de la implantación del SACTA en todas las dependencias regionales. Tiene el objetivo de probar la fiabilidad de las diferentes versiones del sistema antes de su instalación en los centros de control, para asegurar la calidad y el comportamiento del sistema SACTA. El CED es, pues, un instrumento al servicio de la ingeniería de los sistemas y subsistemas, facilitando la integración y pruebas de los diferentes componentes y subsistemas.

En el CED, el personal de los departamentos de ingeniería realiza pruebas funcionales, de integración, de carga y de estabilidad del sistema SACTA, que permiten evaluar los nuevos desarrollos o nuevas arquitecturas de equipos físicos informáticos que van a actualizar el sistema.

El CED soporta la capacidad completa del sistema SACTA y su configuración es fácilmente adaptable a los requisitos del entorno que se quiera probar.

Para ello, los ordenadores y redes de comunicaciones instalados en el CED simulan los entornos de un máximo de cuatro centros de control simultáneamente. Los equipos se encuentran interconectados mediante unos concentradores de cableado estructurado que permiten cambiar fácilmente su configuración. Se utilizan LANs virtuales distribuidas por toda la electrónica de red para facilitar la generación de entornos sin necesidad de cambiar físicamente equipos y cableados.

Además, dispone de un entorno completo de simulación dinámica con dos posiciones de pseudopiloto y un sistema de apoyo para generar ejercicios y sesiones de simulación.

Las unidades de control de sector (UCS) de que dispone el CED-SACTA son de los siguientes tipos:

- 4 UCS FOCUCS,
- 5 UCS simplificadas,
- 2 UCS ECA preparadas para ADS (vigilancia dependiente automática) y enlace de datos, y
- 9 Posiciones de Torre para control de torre simplificadas.

Aparte de su uso como banco de pruebas del SACTA, el CED se puede utilizar para muchas otras funciones, entre las que cabe destacar:

- Pruebas de carga *off line*.
- Validación de proyectos europeos.
- Soporte de simulaciones en tiempo real.
- Pruebas de otros sistemas como REDAN.
- Definición de proyectos de carácter experimental.
- Centro de formación para técnicos de Aena y plataforma de formación a terceros, si así se considerara.

## 9. Sistema de Comunicaciones de Voz (SCV)

Los Sistemas de Comunicaciones de Voz (SCV) para control de tráfico aéreo se ubican en los centros de control, tanto de ruta como de aproximación, y en las torres de control de los aeropuertos, y dan soporte a:

- comunicaciones de voz Tierra-Aire (T/A), entre controladores de tráfico aéreo y pilotos de aeronaves;
- comunicaciones de voz Tierra-Tierra (T/T), entre controladores de tráfico aéreo para coordinación, y entre éstos y personal de apoyo, gestión y administración;
- apoyo a la explotación y administración del sistema.

Los tipos de usuario que utilizan estos sistemas son los siguientes:

### 1. En Torre de Control:

- Supervisor de Torre
- Controladores de Torre (o locales)
- Controladores de Rodadura
- Controladores de Plataforma
- Controladores de Autorizaciones
- Operadores de Planes de Vuelo
- Coordinadores
- Personal de Apoyo y Mantenimiento

### 2. En Centro de Control:

- Supervisor de Sala de Operaciones
- Supervisores de Área
- Controladores Ejecutivos (Radar)
- Controladores Planificadores
- Gestores de Flujo (FMP - Flow Management Position)
- Gestores de Planes de Vuelo (PDV - Posición de Datos de Vuelo)
- Supervisores de Sala de Equipos.

### 3. En Simulación:

- Supervisor de Simulación
- Instructores
- Controladores en Sesión de Simulación
- Seudopilotos
- Supervisores de Sala de Equipos.

Básicamente, un SCV está constituido por un conjunto de medios que permiten a los controladores aéreos y personal de apoyo iniciar, recibir, atender y mantener comunicaciones por radio o telefónicas, tanto reales como de adiestramiento; e incluye, adicionalmente, medios que permiten realizar labores de apoyo a la explotación del sistema (administración, configuración, sectorización, supervisión y elaboración de históricos y estadísticas de uso y mantenimiento).



### **Evolución /Proyecto COMETA**

El SCV se encuentra actualmente en un proceso de cambio de tecnología y estandarización internacional. La arquitectura de la futura generación de SCVs se basa en los actuales estándares de arquitectura para sistemas VoIP, en los que sus nodos se interconectan a través

de una red de área local y la interconexión con otros SCVs se realiza a través de una WAN IP, o a través de circuitos por medio de las correspondientes *gateways*.

El SCV VoIP constará de los siguientes elementos físicos:

- Posiciones de comunicaciones.
- Servidores de comunicaciones (proxy, registrar, DNS,...) redundados.
- Pasarelas de comunicaciones configurables “en cluster” o independientes.
- Posiciones de gestión.
- Servidores de gestión redundados.
- Servidor de estadísticas.
- Impresoras.
- Elementos de red tales como concentradores, conmutadores.

Los nodos de la red estarán interconectados en dos subredes dobles (A/B) independientes:

- red de voz doble, y
- red de gestión doble.

Las redes de voz interconectarán las posiciones de comunicaciones, los servidores de comunicaciones y las pasarelas.

Las redes de gestión interconectarán los servidores de gestión, el servidor de estadísticas, las impresoras y los clientes de gestión. A través de las mismas se realizará la conexión con el sistema SACTA.

Los servidores de gestión y estadísticas estarán conectados tanto a las redes de gestión como a las redes de voz.

Se dispondrá de posiciones de apoyo a la explotación que permitirán hacer uso de las diferentes herramientas de gestión. Las posiciones de apoyo a la explotación podrán ser locales, en cuyo caso se interconectarán con los servidores de gestión a través de las propias redes locales de gestión del sistema a explotar, o remotas, en cuyo caso se interconectarán a través de una WAN IP.

Las posiciones de comunicaciones podrán ser asignadas dinámicamente por configuración, sin restricción, a cualquier dependencia del centro de control y a cualquiera de los núcleos operativos de una dependencia.

Las comunicaciones con SCVs de otras dependencias se realizarán a través de la Red de Datos de Navegación Aérea (REDAN) utilizando el protocolo ATS-SIP (Eurocae ED-137), o bien a través de interfaces de circuitos conmutados (ATS-R2/N5, ATS-QSIG, etc.) gestionados por las pasarelas.

La arquitectura física del sistema será tal que redunde todos los elementos vitales.

Mediante la función de configuración del sistema, se podrán crear distintas particiones del mismo, de modo que sus nodos (posiciones, servidores, pasarelas, etc.) puedan ser reasignados dinámicamente a cada una de tales “particiones”. Así, sobre el conjunto de nodos físicos se podrán crear varios SCVs constituidos cada uno por un determinado número de posiciones, servidores y pasarelas, y con distintos datos de configuración. En este sentido, y siempre de acuerdo con los datos de configuración, las posiciones y pasarelas se repartirán entre los distintos SCVs definidos, y los servidores (de comunicaciones y de gestión) operarán unas veces en configuración dual (principal/reserva) y otras sirviendo a distintos SCVs.

Una vez desplegados SCVs con tecnología IP en varias dependencias, será posible establecer comunicaciones entre ellos directamente en tecnología IP, eliminando las pasarelas de la cadena de comunicaciones, con lo que disminuye la probabilidad de fallo.

Los SCVs de esta tecnología presentan las siguientes ventajas:

1. Reducción de equipamiento. Se mejora el mantenimiento, se disminuye el número de repuestos, y todo el *hardware* que compone un SCV pasa a ser COTS.
2. La administración de una WAN es más eficiente y sencilla. Se mejoran las redundancias de la red, se disminuye el coste de la misma y se centraliza y mejora la gestión. Se posibilita una mayor integración con otras aplicaciones.

3. Se podrán acometer nuevas funcionalidades, imposibles de abordar con las redes actuales, por ejemplo la sectorización interdependencia.
4. Dado que la WAN llegará hasta los emplazamientos radio, éstos se podrán utilizar desde cualquier dependencia.
5. Mejora de la interoperabilidad. Se han creado estándares internacionales de interoperabilidad para todos los servicios de voz ATS, tanto en telefonía como en radio.

En general, la flexibilidad y las posibilidades de evolución e incorporación de nuevas funciones en este tipo de sistemas son prácticamente ilimitadas.



## ANEXO 5

Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de universidades y empresas

Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo	
<b>Título</b>	<i>Estudios de un Integrador-Estimador para tratamiento de señal</i>
<b>Entidades:</b>	Taller de Precisión y Centro Electrotécnico (TPYCEA). DGAM. Ministerio de Defensa (MDE). Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1979/1980
<b>Título</b>	<i>Estudios para Radar de Vigilancia</i>
<b>Entidades:</b>	Taller de Precisión y Centro Electrotécnico (TPYCEA). DGAM. MDE Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM Empresa Nacional Santa Bárbara de Industrias Militares, S.A.
<b>Periodo:</b>	Años 1982 /1984
<b>Título</b>	<i>Tratamiento de la información de Radar Secundario para Control de Tráfico Aéreo I y II</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1982 /1984

**Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo**

<b>Título</b>	<i>Programas y documentación correspondientes a un Simulador Multirradar</i>
<b>Entidades:</b>	CE SELSA Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1984/1985
<b>Título</b>	<i>Diseño de redes tácticas militares y sus correspondientes nodos de conmutación</i>
<b>Entidades:</b>	Consorcio DIGICOM (EESA, EISA, MESA) Grupo de Conmutación de Redes. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1983/1984
<b>Título</b>	<i>Estudio de redes militares para conversión A/D y D/A, Criptofonía y Criptografía en enlaces multicanales y radioteléfonos de FM y UHF</i>
<b>Entidades:</b>	Consorcio DIGICOM (EESA, EISA, MESA) Departamento de Televisión. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 1983
<b>Título</b>	<i>Estudio en las áreas de guerra electrónica y simulación global de una red digital de comunicaciones</i>
<b>Entidades:</b>	Consorcio DIGICOM (EESA, EISA, MESA) Cátedra de Estadística e Investigación Operativa
<b>Periodo:</b>	Año 1983
<b>Título</b>	<i>Asesoramiento en el diseño y construcción de un amplificador de potencia para su radar secundario</i>
<b>Entidades:</b>	Electrónica ENSA, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1983/1984

Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo	
<b>Título</b>	<i>Realización de un estudio complementario de un subsistema de clasificación de señales radioeléctricas</i>
<b>Entidades:</b>	Electrónica ENSA, S.A. Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1983/1984
<b>Título</b>	<i>Estudio sobre detección de señales en medios particularmente ruidosos</i>
<b>Entidades:</b>	Equipos Electrónicos, S.A. (EESA)
<b>Periodo:</b>	Años 1984/1985
<b>Título</b>	<i>Amplificadores para receptores de radar táctico AN/TPS-43C</i>
<b>Entidades:</b>	Electrónica de Mando y Control (EMAC) Grupo de Radiación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 1985
<b>Título</b>	<i>Protocolo de pruebas para el análisis de prestaciones del radar monopolso CESELSA IRS-20 MP</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 1985
<b>Título</b>	<i>Sistema TMS-6</i>
<b>Entidades:</b>	Equipos Electrónicos, S.A. (EESA) Grupo de Radiación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 1985

**Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo**

<b>Título</b>	<i>Estudios para detección de conflictos de tráfico aéreo</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1985/1987

<b>Título</b>	<i>Desarrollo de módulos transmisores de estado sólido para radares primarios de barrido en elevación</i>
<b>Entidades:</b>	Electrónica ENSA Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1986/1988

<b>Título</b>	<i>Estudio y diseño de los subsistemas de radiofrecuencia de un Sistema ESM avanzado en la banda de 2 a 18 Ghz ampliable a 40 Ghz</i>
<b>Entidades:</b>	Electrónica ENSA Grupo de Radiación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1986/1987

<b>Título</b>	<i>Algoritmo de seguimiento por TV</i>
<b>Entidades:</b>	EESA/EISA (Experiencias Industriales) Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1986/1987

<b>Título</b>	<i>Curso de formación sobre tratamiento de la señal radar</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1986/1987

Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo	
<b>Título</b>	<i>Definición de actividades Radar 3D</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1986/1987
<b>Título</b>	<i>Desarrollo de un radar en banda L tridimensional de estado sólido ("Carlos")</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Microondas, Antenas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPC
<b>Periodo:</b>	Año 1985
<b>Título</b>	<i>Desarrollo de un sistema integral de Radar de vigilancia aérea en ambientes no cooperativos ("Gaviota"). I y II</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Microondas, Antenas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPC
<b>Periodo:</b>	Años 1985/1987
<b>Título</b>	<i>Desarrollo de amplificadores de bajo ruido de microondas con transistores</i>
<b>Entidades:</b>	Electrónica ENSA Grupo de Microondas, Antenas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPC
<b>Periodo:</b>	Años 1986/1987
<b>Título</b>	<i>Análisis teórico-experimental de las prestaciones de un Radar 3D en banda L ("Hermes")</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Microondas, Antenas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPC
<b>Periodo:</b>	Años 1987/1988

**Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo**

<b>Título</b>	<i>Campo de pruebas de medidas de antenas radar</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Microondas, Antenas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPC
<b>Periodo:</b>	Años 1988/1990
<b>Título</b>	<i>Cabezas de recepción de ELF y HF</i>
<b>Entidades:</b>	Electrónica ENSA Grupo Agustí Comes. ETSI de Telecomunicación. UPC
<b>Periodo:</b>	Año 1986
<b>Título</b>	<i>Medida de parámetros S de transistores en la banda de 30 Ghz</i>
<b>Entidades:</b>	Electrónica ENSA Grupo de Microondas, Antenas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPC
<b>Periodo:</b>	Año 1989
<b>Título</b>	<i>Procesado de señal radar</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1987/1988
<b>Título</b>	<i>Definición de actividades y procedimientos en el estudio de radares de vigilancia de largo alcance</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1987/1988

Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo	
<b>Título</b>	<i>Evaluación técnica del radar monopulso IRS-20MP</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 1988
<b>Título</b>	<i>Diseño y evaluación de algoritmos para procesadores avanzados en Sistemas Radar (I y II)</i>
<b>Entidades:</b>	INISEL Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1989/1991
<b>Título</b>	<i>Estudio de viabilidad de un sistema MLS</i>
<b>Entidades:</b>	ELECTRÓNICA ENSA, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1988/1989
<b>Título</b>	<i>Estudio de técnicas avanzadas de seguimiento y análisis de datos</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1989/1990
<b>Título</b>	<i>Diseño y desarrollo de algoritmos de procesamiento de señal y datos para radares a bordo</i>
<b>Entidades:</b>	INISEL Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1991/1993

**Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo**

<b>Título</b>	<i>Diseño y desarrollo de algoritmos de procesamiento de señal y datos para radares de a bordo</i>
<b>Entidades:</b>	INISEL Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1991/1993
<b>Título</b>	<i>Evaluación de esquemas de fusión de sensores</i>
<b>Entidades:</b>	Isdefe Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1992/1993
<b>Título</b>	<i>Estudio de viabilidad de un procesamiento coherente de tres canales para modo S</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 1992
<b>Título</b>	<i>Tratamiento de señal y datos en radares de a bordo</i>
<b>Entidades:</b>	INISEL Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1993/1994
<b>Título</b>	<i>Desarrollo de diversos subsistemas de un interrogador para radar secundario en modo S</i>
<b>Entidades:</b>	INISEL-CESELSA Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 1993

Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo	
<b>Título</b>	<i>Analizador de extractores de datos para radares secundarios monopolso</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1993/1994
<b>Título</b>	<i>Técnicas de evaluación de sistemas radar</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1993/1994
<b>Título</b>	<i>Análisis, especificación y caracterización de radares secundarios monopolso y modo S</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1993/1994
<b>Título</b>	<i>Diseño de algoritmos de integración de sensores</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 1994
<b>Título</b>	<i>Estudios sobre tecnologías radar - Programa Euclid</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA para el Consorcio Rtp 1.1. Grupo de Teoría y Tratamiento de Señal. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1994/1995

**Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo**

<b>Título</b>	<i>Especificación, diseño y construcción de un transmisor de 3 kw para radares modo S</i>
<b>Entidades:</b>	CESELSA Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1994/1995
<b>Título</b>	<i>Implantación y desarrollo de programas europeos de evaluación de sistemas radar</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1995/1996
<b>Título</b>	<i>Diseño y optimización de algoritmos para radares de a bordo multimodo</i>
<b>Entidades:</b>	Enosa Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1996/1997
<b>Título</b>	<i>Validación y certificación del radar RF test SET desarrollado por eurocontrol</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1996/1997
<b>Título</b>	<i>Estudio sobre la capacidad y limitaciones de los enlaces de datos CNS/ATM</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1996/1997

Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo	
<b>Título</b>	<i>Supervisión integrada del radar secundario modo S</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA DTD, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1996/1997
<b>Título</b>	<i>Métodos avanzados de vigilancia en control de tráfico aéreo</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1996/1998
<b>Título</b>	<i>Estudio de viabilidad de un módulo T/R para array de fase</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA TDT, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1996/1998
<b>Título</b>	<i>Estudio comparativo económico y técnico de enlaces de datos con cobertura oceánica</i>
<b>Entidades:</b>	Aenat Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1999/2001
<b>Título</b>	<i>Estudio y análisis de un sistema de monitorización de aterrizajes despegues precisos</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA TDT, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1998/1999

**Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo**

<b>Título</b>	<i>Realización de desarrollos software en el Proyecto VISIÓN</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 1999
<b>Título</b>	<i>Métodos avanzados de seguimiento en control de tráfico aéreo</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1999/2000
<b>Título</b>	<i>Asistencia técnica para el desarrollo de un entorno integrado de Simulación Guerra Electrónica (Proyecto SPICA)</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1999/2000
<b>Título</b>	<i>Subsistema transmisor-receptor para un radar de superficie de baja probabilidad de interceptación (LPI)</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA SISTEMAS, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 1999/2001
<b>Título</b>	<i>Improved airport A-SMGCS by Integrated Multisensors Data Fusion</i>
<b>Entidades:</b>	Isdefe Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 2000

Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo	
<b>Título</b>	<i>Estudio de las especificaciones de la estación modo S europea</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA SISTEMAS, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2000/2001
<b>Título</b>	<i>Estudio de viabilidad para el sistema "MARIA" (Mecanismo Automatizado de Reconocimiento de Imágenes de Aeronaves en Superficie de Aeropuerto)</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2000/2001
<b>Título</b>	<i>Transmisor en banda L para radares primarios de control de tráfico aéreo</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA SISTEMAS, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2001/2002
<b>Título</b>	<i>Transmisor para radares primarios con compresión de pulsos en banda S</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA SISTEMAS, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2001/2002
<b>Título</b>	<i>Algoritmos de extracción y procesado de datos para Radares de Vigilancia de Aeropuerto</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2002/2003

**Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo**

<b>Título</b>	<i>Desarrollo de técnicas de proceso de señal para radares de apertura sintética</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA-EWS Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2002/2003
<b>Título</b>	<i>Asesoría técnica y mejora ruido de fase del receptor del radar Aries</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA SISTEMAS, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2002/2003
<b>Título</b>	<i>Aplicación de las técnicas de espectro ensanchado a radares secundarios. Receptores para transpondedores e interrogadores IFF</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA SISTEMAS, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2002/2003
<b>Título</b>	<i>Diseño de algoritmos de fusión de datos para Sistemas A-SMGCS</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2003/2004
<b>Título</b>	<i>Asesoría técnica durante el desarrollo de un radar de superficie para vigilancia de aeropuertos</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA SISTEMAS, S.A. Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 2004

Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo	
<b>Título</b>	<i>Métodos de análisis y explotación de datos de tráfico aéreo y simulación (MASDATA)</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2005/2006
<b>Título</b>	<i>Algoritmos de fusión de datos para control de tráfico aéreo basados en Radares Modo-S y Datos ADS-B</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2005/2006
<b>Título</b>	<i>Trajectory reconstruction and evaluation suite</i>
<b>Entidades:</b>	Eurocontrol Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2006/2007
<b>Título</b>	<i>Análisis y simulación de la cadena de recepción, el procesador de señal y el extractor de datos de un radar primario embarcado en una plataforma naval</i>
<b>Entidades:</b>	Isdefe Grupo de Microondas y Radar. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2006/2007
<b>Título</b>	<i>MASDATA-II: Métodos de análisis de datos de tráfico aéreo</i>
<b>Entidades:</b>	Aena Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2007/2008

**Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo**

<b>Título</b>	<i>Algoritmos de fusión de datos para la integración de medidas de radar secundario y de Sistemas WAM</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Año 2008
<b>Título</b>	<i>Diseño de los subsistemas de seguimiento Aire-Aire y Aire-Tierra del Radar Aerotransportado Horus</i>
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2008/2009
<b>Título</b>	ATLÁNTIDA: Aplicación de Tecnologías Líder a Aeronaves No Tripuladas para la Investigación y Desarrollo en ATM
<b>Entidades:</b>	INDRA Boeing BRTE Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2007/2010
<b>Título</b>	<i>Framework agreement to regulate UPM participation in the SESAR Programme</i> Annex I: Development of the ATM domain Annex II: Enhanced Surface Routing Annex III: Enhanced Surface Safety Nets Annex IV: Surface Surveillance Annex VI: Separation Support Tools Annex VII: Surface Surveillance, Par II
<b>Entidades:</b>	INDRA Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2010/2016

**Listado de contratos y convenios entre grupos de I+D de Universidades y Empresas relativos a las Áreas de Redes de Vigilancia Aérea y Control de Tráfico Aéreo**

<b>Título</b>	<i>AIDL Research</i>
<b>Entidades:</b>	Boeing Research Technology Europe Grupo de Procesado de Datos y Simulación. ETSI de Telecomunicación. UPM
<b>Periodo:</b>	Años 2011/2012





Se describe un largo proceso de innovación que comienza en el año 1953 con la firma de los acuerdos de cooperación España-Estado Unidos para la defensa mutua y la instalación de la Red de Alerta y Control del Ejército del Aire en lo que luego sería el programa COMBAT-GRANDE que posteriormente continuaría en los programas SIMCA -militar- y SACTA -civil- que han supuesto un proceso de innovación tecnológica de empresas e instituciones españolas con resultados importantes.

**Vicente Ortega**

Catedrático de la UPM, Director de la Cátedra Isdefe-UPM