

CONSIDERACIONES PARA LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DUALES

Por BENJAMÍN MICHAVILA PALLARÉS
y JOSÉ MARÍA GRANDA COTERILLO

Introducción

Los condicionantes que las Fuerzas Armadas deben afrontar para lograr la dotación de sus sistemas de defensa, son fundamentalmente tres: definir su actuación operativa, la escasez de recursos y los altos precios. Todos ellos relacionados con la tecnología, en mayor o menor grado.

En cuanto al primero se pueden hacer las siguientes consideraciones. Los Ejércitos, en el cumplimiento de su misión en un futuro a medio plazo, pueden encontrarse en situaciones tales como: guerra convencional o con armamento de destrucción masiva, crisis internacional grave, pacificación de una zona en lucha, apoyo al mantenimiento de la paz, misiones de interposición entre dos Fuerzas hostiles entre sí, ayuda humanitaria a poblaciones en zonas de peligro bélico, recuperación de los servicios vitales y ayuda a la población con ocasión de catástrofes, apoyo a la lucha antiterrorista, apoyo a operaciones antidroga, etc.

De las posibles acciones operativas no se tiene certeza cuales van a ser las que se presentarán en el escenario real. En cambio sí que parece haber una cosa segura, las intervenciones de los Ejércitos en el futuro no obedecerán a los modos de las guerras anteriores. Por sola referencia se citan las contiendas más importantes de los últimos 50 años: Segunda Guerra Mundial, Corea, sudeste asiático, guerras árabe-israelíes, conflicto de las Malvinas, Afganistán, guerras del golfo Pérsico, etc. El futuro será diferente.

Una penosa realidad que la Historia parece demostrar tozudamente, es la lucha entre los pueblos. Y también que la debilidad no parece haber garantizado la paz. En consecuencia las naciones hacen todo lo posible, política y militarmente para mantenerla. Aunque muchas veces no lo pueden conseguir.

En el ámbito de la defensa, los Estados Mayores analizan constantemente la situación de los riesgos o amenazas, tratan de predecir las futuras operaciones y definen los medios militares para lograr la disuasión o para llevarlas a cabo con la mayor eficacia. Con este fin, entre otras medidas, acuden al apoyo de las tecnologías más avanzadas en el análisis de situación, de riesgos, de escenarios y de prestaciones. Elaboran los planes para la dotación de la Fuerza y preparan los programas de Investigación y Desarrollo (I+D) para obtener tecnologías que aporten nuevos sistemas de defensa de la máxima eficacia. Del cumplimiento de los mismos se sigue la disuasión o el éxito en la lucha, si aquélla falla. La tecnología hoy día se emplea, no sólo para la dotación de la Fuerza sino también para el planeamiento de sus necesidades.

El segundo y tercer condicionantes obligan a optimizar los recursos. Siempre éstos han sido escasos y siempre el coste del material elevado, pero en la actualidad la espiral se ha disparado. Lo cual exige más que nunca utilizar todos los medios al alcance para resolver la ecuación necesidad-coste.

El desarrollo científico que ha producido en la ingeniería de la defensa sistemas de altas prestaciones a precios muy elevados, también está proporcionando en el campo civil materiales, equipos, sistemas y nuevas tecnologías cada vez de mayor calidad. Con índices de fiabilidad, robustez y facilidad de manejo tan aceptables, que resultan aptos para ser empleados en defensa. A la vez, con unos precios varias veces inferiores a los equivalentes en uso por las Fuerzas Armadas y específicamente elaborados para ellas.

La aplicación de estos elementos del sector civil al de defensa puede hacerse directamente o mediante una transformación. Con la ventaja, no solamente del coste reducido, sino también de la disponibilidad inmediata o en corto plazo y con la facilidad de conseguir fuentes de suministro múltiples. Estas posibilidades son algunas de las iniciativas que se lanzaron tímidamente en defensa hace algunos años, con el fin de mejorar los procesos de obtención y reducir los costes. Lo cual en estos momentos se está generalizando a gran velocidad.

Como ejemplos concretos de tales iniciativas se puede citar, el empleo de ordenadores comerciales para las diferentes funciones de proceso de datos, en el centro de operaciones y en el asentamiento radar, del Sistema de Defensa Aérea de Canarias. Su funcionamiento satisfactorio fue desarrollado a mediados de los años ochenta por una empresa española —CESELSA— y el Ejército del Aire mediante el programa ALERCAN. En el plano general se puede referir el ejemplo de la actual intención de generalizar este concepto en Estados Unidos. Según la revista *Defense News* del 17 noviembre 1993, el secretario de Defensa de Estados Unidos, Les Aspins, está urgiendo al Pentágono que adopte una serie de medidas para reducir los costes de las adquisiciones militares. Entre las cuales se pueden destacar las de facilitar la adquisición de productos comerciales teniendo en cuenta las ventajas que las mismas conllevan.

El uso de elementos comerciales en defensa está tratado en el capítulo cuarto del *Cuaderno de Estrategia número 41* (enero 1992) del IEEE («Estructura tecnológica e industrial de defensa, ante la evolución estratégica del fin del siglo XX»). En el cual se analizan los posibles porcentajes del uso que normalmente se hace de elementos comerciales en los distintos tipos de aplicación militar y cuya síntesis es la siguiente:

- a) En sistemas de armas, plataformas de combate y sistemas de apoyo inmediato al combate, del 5 al 7%, fundamentalmente a nivel de componentes.
- b) En sistemas de apoyo logístico, de soporte a la dirección y conducción de operaciones y bases de apoyo a las Fuerzas, del 30 al 50%.
- c) En sistemas de soporte administrativo, en bases auxiliares de apoyo y servicios auxiliares, del 65 al 75% de elementos comerciales respecto al total.

La posibilidad del empleo de los productos comerciales por Defensa requiere un conocimiento amplio y muy al día, de las posibilidades que ofrece el mercado, por lo dinámico que es este sector. Tales circunstancias obligan a la Administración a disponer de una amplia capacidad de consultoría técnica y de ingeniería de usuario. La capacidad se puede conseguir mediante recursos orgánicos adecuados y apoyo técnico complementario de organismos autónomos y de empresas especializadas.

El apoyo técnico a la Administración ha tomado una característica peculiar en cada país. Francia por ejemplo dispone de una potente estructura de ingeniería orgánica en Defensa (Ministerio y los tres Ejércitos). Estados Unidos además de su capacidad orgánica se apoyan en grandes empresas de consultoría y de ingeniería —por ejemplo La MITRE Co., una empresa sin ánimo de lucro, patrocinada por la USAF, apoya a las Fuerzas Armadas y a

la FAA—. Alemania ha contado desde hace más de 20 años con la empresa estatal IABG. En España el Ministerio de Defensa dispone desde 1986 de ISDEFE, empresa de su propiedad que también apoya a diversos organismos de la Administración civil del Estado.

Estos apoyos técnicos son necesarios en las distintas fases de obtención y de modificación de los sistemas, desde su inicio con la determinación de necesidades y el planeamiento hasta la organización del apoyo logístico integral si se quiere conseguir afinar los costes y las prestaciones y correr el mínimo riesgo en las decisiones.

El empleo de las tecnologías de doble uso en defensa, por una parte mejora sustancialmente los costes y los plazos y por otra hace más necesario el empleo de la consultoría y la ingeniería de usuario.

En el presente trabajo se relacionan las principales características del Mercado Europeo de la Defensa, su situación en España, se hace un análisis de la evolución de las tecnologías de interés para defensa. Se incluye una serie de datos en cuatro cuadros, pp. 56-63, lo que posiblemente sea la mejor aportación que hace este trabajo al estudioso de la materia. Por último se presentan unas conclusiones generales y algunas recomendaciones para nuestro caso. Se amplía finalmente con una extensa bibliografía.

Principales características del Mercado Europeo de la Defensa.

El desarme europeo

Las principales características que se aprecian en el Mercado Europeo de la Defensa en estos momentos son las siguientes:

- Existencia de mercados cautivos nacionales, con tendencia a que exista uno por cada nación. Lo cual da lugar a la multiplicación de esfuerzos en la concepción y producción de sistemas, equipos y productos militares y de interés para la defensa en el conjunto de la CE-UEO.
- Ausencia de una economía de escala adecuada, debido a la fragmentación y dispersión de los fabricantes de los sistemas, equipos y productos antedichos, lo que conlleva:
 - Un incremento de su coste unitario.
 - Una pluralidad de soportes logísticos, que dificulta el que sean adecuados.
 - Poca o ninguna interoperabilidad entre sistemas, productos y equipos, con funciones similares, producidos por distintos países europeos; al no ajustarse a normativas estandarizadas a nivel de CE-UEO.

- Incremento de la competencia estadounidense, en el Mercado Común Europeo de Defensa, con productos con un precio más ajustado, mejor calidad relativa, interoperabilidad y soporte logístico garantizado, debido a su mayor tirada de producción, al empleo de tecnologías más avanzadas que proporcionan mejores prestaciones operativas, y a unas organizaciones muy depuradas, de gestión de apoyo, en buena parte en manos del *Departament of Defense* estadounidense.
- Reducción de las demandas de sistemas, productos y servicios de interés para la defensa, tanto en los mercados internacionales como en los locales-nacionales, debido a la crisis económica actual y a la carencia de un enemigo potencial y/o amenaza claramente identificada.

Esta reducción afecta fundamentalmente a los pedidos de los países árabes y del Tercer Mundo, usuales consumidores de los productos europeos de defensa, lo que disminuye el tamaño de las series de producción que se lograban con los pedidos destinados a la exportación, que permitían mantener unos precios y costes productivos más competitivos, así como, la excesiva capacidad de la industria europea de defensa en la actualidad.
- Clara tendencia hacia un incremento del barroquismo tecnológico de los sistemas de defensa, con una consiguiente elevación de su coste, no siempre relacionada con su funcionalidad y aplicación operativa.
- Tendencia continuada y acumulativa de reducción de los presupuestos de Defensa en todos los países («dividendos de la paz»), lo que afecta a la industria europea fabricante y suministradora de estos productos y servicios.
- Clara sobrecapacidad de las industrias europeas de defensa y de interés para la defensa mantenida por razones socio-políticas y de soberanía nacional, que condicionan su viabilidad y perspectivas de futuro.
- Desaparición de la antigua amenaza formulada para Europa, lo que ha dado lugar a que una parte de los sistemas diseñados y programados para contrarrestarla hayan quedado desfasados u obsoletos, no siendo adecuado ni recomendable su despliegue operativo, a pesar de los elevados gastos comprometidos y efectuados en los citados sistemas.
- Doctrinas de diseño, desarrollo y explotación de los sistemas militares y de interés para la defensa, obsoletas y sobrepasadas por la situación

mundial; usualmente basadas en la especificidad de un sistema para hacer frente a una amenaza definida.

- Dilatados períodos de tiempo entre la concepción y desarrollo de un sistema y su despliegue operativo, de siete a doce años por término medio, lo que da lugar a su obsolescencia por la evolución del paradigma tecnológico existente en el momento inicial de la concepción y a la rapidez de evolución del entorno operativo.
- Existencia de diferentes conceptos de industria de defensa en los distintos países europeos. Coexisten tanto «industrias de defensa», cuya participación accionarial mayoritaria corresponde a los Estados, como «industrias de interés para la defensa», de accionariado mayoritario privado y productoras de sistemas y equipos duales a partir de tecnologías relativamente avanzadas.

Las industrias de defensa fabrican sistemas, equipos y componentes militares, o suministran servicios de ingeniería y logística para las Fuerzas Armadas nacionales. Su existencia es inseparable de la de los propios Ejércitos al constituir el soporte necesario para el funcionamiento de la Fuerza. Por esta razón sus estructuras productivas no están acondicionadas para un libre mercado donde priman los costes productivos y la distribución frente a la funcionalidad final del producto.

En el transcurso de los últimos años de la década de 1980 y debido a los elevados presupuestos de Defensa que mantuvieron en general los países de la OTAN, algunas industrias avanzadas de los países europeos con menor estructura tecnológica desviaron su producción hacia el mercado de la defensa. Este cambio de orientación se produjo como forma de compensar la escasa implantación de sus productos civiles, en los mercados nacional y europeo, así como, por la política proteccionista de los tejidos industriales y tecnológicos nacionales, seguida por todos los Gobiernos europeos.

Al contraerse los presupuestos de Defensa, estas industrias han sido las primeras en sufrir las consecuencias de una caída de la demanda y de la reestructuración sectorial, sirviendo a la vez de transmisor de la misma al resto de los sectores industriales de cada nación, al reducirse sus carteras de pedidos.

Es posible apreciar en Europa tres grupos diferenciados de naciones en función de la capacidad actual de sus tejidos industriales y tecnológicos, militares y de interés para la defensa.

Uno, formado por Alemania, Francia y el Reino Unido, dispone de una infraestructura industrial y tecnológica activa y de espectro completo, en el área de la defensa, con posiciones de mercado adquiridos, con una clara sobrecapacidad y cuyo mercado interior carece de suficiente demanda para permitirles el mantenimiento de sus actuales estructuras en el área de defensa.

Estas naciones son claramente partidarias de una ampliación del mercado de la defensa europea, preferentemente en la dirección de un mercado unificado, libre del actual proteccionismo y cautividad de este mercado ejercido por los Estados, en el cual la competencia industrial quedaría reducida casi exclusivamente a ellas mismas, especialmente dadas las fuertes limitaciones y regulaciones para productos de este tipo procedentes de fuera de la CE por razones estratégicas, de mercado y de soberanía.

Existe otro grupo formado por Italia, Dinamarca y Holanda que dispone de una infraestructura tecnológica e industrial completa en sectores complementarios a los del grupo anterior. A este conjunto de naciones una ampliación del mercado único europeo al sector de la defensa, elevaría su cuota de participación en las áreas de este mercado que actualmente ocupan y controlan.

Existe un último grupo de naciones, constituido entre otras por Grecia, Portugal, Turquía y España, con una industria militar y de interés para la defensa, incompleta. La cual, en un elevado porcentaje constituye la industria más avanzada tecnológicamente de dichos países, necesaria para garantizar tanto la soberanía y operatividad de sus Ejércitos como para el avance y desarrollo de sus tejidos tecnológicos e industriales nacionales. A estas naciones no les interesa una ampliación del mercado de la defensa debido a la baja competitividad de sus productos y la escasa implantación en el mercado, lo que posiblemente conduciría a la desaparición de las industrias nacionales de este sector.

Estas condiciones presentes actualmente en el entorno europeo de la defensa pueden dar lugar, a nivel general, o de forma particularizada en algunas naciones, a un fenómeno de desarme estructural con quiebra de los tejidos industriales y tecnológicos de la defensa. Lo que a su vez podría culminar en un desarme europeo unilateral que dejaría a las naciones de la CE, muy debilitadas frente a las nuevas amenazas y conflictos de un mundo en cambio, y carentes de los medios de Fuerza que respalden sus políticas.

El caso español

El caso español se caracteriza por disponer de una industria militar, y de interés para la defensa, incompleta, poco avanzada y de espectro extendido, que constituye en un elevado porcentaje la industria más avanzada tecnológicamente del país.

El nivel actual de competitividad de sus productos es reducido, estando limitado fundamentalmente a unos nichos tecnológicos específicos tales como:

- Biotecnologías.
- Tejidos.
- *Composites* y materiales compuestos.
- Plataformas aéreas de transporte, de corto y medio alcance y coste reducido.

Su infraestructura de producción resulta en general obsolescente y en algunos casos no está consolidada. Asimismo sus métodos productivos suelen estar anticuados, todo lo cual da lugar a una productividad reducida.

La industria del sector de la defensa se encuentra últimamente afectada por la continuada reducción presupuestaria de inversiones; así como, por una prácticamente inexistente disponibilidad de recursos propios para inversión y dependiente, casi con exclusividad, de las asignaciones presupuestarias decrecientes de la Administración a programas concretos. Todo lo cual condiciona la dirección de las posibles inversiones de las empresas hacia las líneas de trabajo marcadas por los contratos posibles o existentes.

Por lo tanto, debido al carácter limitado del tejido industrial español de la defensa, los esfuerzos de desarrollo e inversión en el mismo deberían orientarse hacia áreas tecnológicas limitadas en número y con unas características como las siguientes:

- Reducir la tasa de inversión en infraestructura en la medida necesaria.
- Aprovechar al máximo los productos, técnicas y medios de fabricación obtenidos.
- Promover la utilización de las tecnologías duales en la mayor medida de la posible, incorporando esta tendencia desde las primeras fases de la planificación y especificación técnica.
- Definir las necesidades con sobriedad, valorando el factor coste-eficacia y la posibilidad técnica actual de su realización.
- Optimizar la relación inversión-tiempo de ejecución con el fin de lograr que los productos iniciados sean terminados y utilizados operativamente en el mínimo plazo.
- Adecuar las contrataciones al producto entregado.

De forma que se aprovechen simultáneamente estos esfuerzos, con los conocimientos e infraestructuras tecnológicas e industriales generados en el transcurso de la participación española en proyectos internacionales. En los cuales se encuentran comprometidos tanto las compañías como la Administración españolas, con el fin de mejorar el tejido industrial y la infraestructura tecnológica nacional existente.

Análisis de la evolución de las tecnologías fundamentales de interés militar y/o aplicación para la defensa

El concepto actualmente vigente de MTR (*Military Technical Revolution*), formulado por el Centro para Estudios Estratégicos e Internacionales (CSIS) de Washington, sostiene que las tecnologías fundamentales, a medio y largo plazo en el campo de batalla, son todas aquellas que posibiliten y potencien los sistemas de:

- Información e inteligencia, permitiendo centros de: mando y control, así como, fusión, evaluación y suministro de inteligencia en tiempo real, y con redes de mando integradas
- Armas y ataque, embebidas en armas inteligentes y/o exóticas.
- Nuevas plataformas, con aumento de su distancia de empleo, incremento de la precisión y consiguiente letalidad.

Ideas claramente basadas en los contenidos de los *Dod Criticals and Keys Technologies Plans* del Departamento de Defensa estadounidense que establecen el paradigma tecnológico más avanzado y que se estima prevalecerá en el campo de la defensa en los próximos 10 a 15 años.

A continuación se exponen, en una serie de cuadros, pp. 56-63, la evolución estimada entre los años 1989 y 1992 de las tecnologías críticas en Europa, habiéndose considerado en ellas las posibles implicaciones de la actual situación política mundial de claro fin de la bipolaridad.

Realizando un análisis de la información contenida en estos cuadros, es posible concluir los siguientes extremos:

- Las áreas tecnológicas en las que Europa aparentemente tendría posibilidad de obtener desarrollos propios con rupturas tecnológicas, al menos a nivel de nichos localizados son las siguientes:
 - Ingeniería *software* (*software* y *producibility*).
 - Simulación y modelización.
 - Radares avanzados.
 - Sensores pasivos.

Cuadro 1.—Estimación de la situación europea de las tecnologías críticas en el año 1989. Tecnologías críticas y su aplicación a productos y procesos para éstos de armas y soportes ILS.

Relación de tecnologías críticas	Aplicación de las mismas a productos y procesos												
	Armas						Soporte-ILS						
	Armas portátiles	Misiles balísticos	Armas antisatélite	Gel	Armas electromagnéticas	Diseño e integración	Logística y mantenimiento	Fabricación	Pruebas y evaluación	Entrenamiento	Defensa química y bacteriológica	Medicina	Entorno de combate
Diseño y fabricación de circuitos electrónicos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Preparación de arseniuro de galio y de otros componentes conductores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Software y producibility	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Arquitectura de ordenadores en paralelo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Robótica e inteligencia artificial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Simulación y modelización	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Optoelectrónica y óptica integrada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fibras ópticas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Radares avanzados	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sensores pasivos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reconocimiento automático de blancos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Phased arrays	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fusión de datos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de firmas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cálculos en dinámica de fluidos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Motores avanzados ligeros	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Microondas de gran potencia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

(Continúa)

Cuadro 1.—(Continuación).

Aplicación de las mismas a productos y procesos

Relación de tecnologías críticas	Soporte-ILS													
	Armas	Armas portátiles	Misiles balísticos	Armas antisatélite	Gel	Armas electromagnéticas	Diseño e integración	Logística y mantenimiento	Fabricación	Pruebas y evaluación	Entrenamiento	Defensa química y bacteriológica	Medicina	Entorno de combate
Potencia pulsada				X										
Proyectiles hiperveloces				X		X								
Materiales compuestos de bajo peso y alta resistencia (a la temperatura y a las tensiones)		X	X	X	X	X	X	X	X					
Superconductividad		X	X	X	X	X	X	X						
Biotecnología. Materiales y procesos							X	X	X			X	X	X

Símbolos:

X: tecnología que afecta a productos y procesos en esta área.

X: capacidad estimada de Europa para realizar contribuciones destacadas en esta tecnología-área tecnológica.

En el resto de las tecnologías-áreas tecnológicas que no están en letras (*negrita cursiva*) se le reconoce a Europa capacidad para realizar alguna contribución interesante o práctica en las mismas pero sin alcanzar un nivel de criticidad o de innovación elevado.

Fuente de referencia: Dod Critical Technologies Plan, 1989.

Cuadro 2.—Estimación de la situación europea de las tecnologías críticas en el año 1989. Tecnologías críticas y su aplicación a productos y procesos para éstos de plataforma y sistema de información.

Relación de tecnologías críticas	Aplicación de las mismas a productos y procesos									
	Plataformas					Sistemas de información				
	Submarinos y buques	Aviones	Satélites	Búsqueda y vigilancia	Reconocimiento	C3 y gestión de batalla	Identificación no cooperativa	Guiado y control	Control de armas	
Carros de combate y vehículos terrestres	X					X	X	X	X	
Diseño y fabricación de circuitos electrónicos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Preparación de arseniuo de galio y de otros componentes conductores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Software y producibility				X	X	X	X	X	X	X
Arquitectura de ordenadores en paralelo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Robótica e inteligencia artificial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Simulación y modelización	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Optoelectrónica y óptica integrada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fibras ópticas				X	X	X	X	X	X	X
Radares avanzados				X	X	X	X	X	X	X
Sensores pasivos				X	X	X	X	X	X	X
Reconocimiento automático de blancos				X	X	X	X	X	X	X
<i>Phased arrays</i>				X	X	X	X	X	X	X
Fusión de datos				X	X	X	X	X	X	X
Control de firmas				X	X	X	X	X	X	X
Cálculos en dinámica de fluidos				X	X	X	X	X	X	X
Motores avanzados ligeros	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Microondas de gran potencia				X	X	X	X	X	X	X

(Continúa)

Cuadro 2.—(Continuación).

Relación de tecnologías críticas	Aplicación de las mismas a productos y procesos									
	Plataformas					Sistemas de información				
	Carros de combate y vehículos terrestres	Submarinos y buques	Aviones	Satélites	Busqueda y vigilancia	Reconocimiento	C3 y gestión de batalla	Identificación no cooperativa	Guiado y control	Control de armas
Potencia pulsada	X	X	X	X						
Proyectiles hiperveloces										
Materiales compuestos de bajo peso y alta resistencia (a la temperatura y a las tensiones)	X	X	X	X						
Superconductividad	X	X	X	X						
Bioteología. Materiales y procesos										

Símbolos:

X: tecnología que afecta a productos y procesos en esta área.

X: *capacidad estimada de Europa para realizar contribuciones destacadas en esta tecnología-área tecnológica.*

En el resto de las tecnologías-áreas tecnológicas que no están en letras (**negrita cursiva**) se le reconoce a Europa capacidad para realizar alguna contribución interesante o práctica en las mismas pero sin alcanzar un nivel de criticidad o de innovación elevado.

Fuente de referencia: *Dod Critical Technologies Plan, 1989.*

Cuadro 3.— Estimación de la situación europea de las tecnologías críticas en el año 1992. Tecnologías críticas y su aplicación a productos y procesos para éstos de armas y soporte-ILS.

Relación de tecnologías críticas	Aplicación de las mismas a productos y procesos												
	Armas					Soporte-ILS							
	Armas portátiles	Misiles balísticos	Armas antisatélite	Gel	Armas electromagnéticas	Diseño e integración	Logística y mantenimiento	Fabricación	Pruebas y evaluación	Entrenamiento	Defensa química y bacteriológica	Medicina	Entorno de combate
Diseño y fabricación de circuitos electrónicos	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Preparación de arseniuro de galio y de otros componentes conductores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Software y productivity	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Arquitectura de ordenadores en paralelo	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Robótica e inteligencia artificial	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Simulación y modelización	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Optoelectrónica y óptica integrada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fibras ópticas						X	X	X	X	X	X	X	X
Radares avanzados	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sensores pasivos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reconocimiento automático de blancos	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Phased arrays	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Fusión de datos	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Control de firmas						X	X	X	X	X	X	X	X
Cálculos en dinámica de fluidos	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Motores avanzados ligeros			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Microondas de gran potencia	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X

(Continúa)

Cuadro 3.—(Continuación).

Relación de tecnologías críticas	Aplicación de las mismas a productos y procesos												
	Armas					Soporte-ILS							
	Armas portátiles	Misiles balísticos	Armas antisatélite	Gel	Armas electromagnéticas	Diseño e integración	Logística y mantenimiento	Fabricación	Puebas y evaluación	Entrenamiento	Defensa química y bacteriológica	Medicina	Entorno de combate
Potencia pulsada			X										
Proyectiles hiperveloces			X		X								
Materiales compuestos de bajo peso y alta resistencia (a la temperatura y a las tensiones)	X	X	X	X	X	X	X	X					
Superconductividad	X	X	X	X	X	X	X	X					
Biotechnología. Materiales y procesos						X		X			X	X	

Símbolos:

X: tecnología que afecta a productos y procesos en esta área.

X: capacidad estimada de Europa para realizar contribuciones destacadas en esta tecnología-área tecnológica.

X: áreas tecnológicas en las que Europa está en vías de adquirir niveles tecnológicos avanzados en nichos específicos o bien en donde se ha incrementado el desfase de esta con el alcanzado por otros bloques de interés.

X: áreas tecnológicas donde Europa, con transferencias tecnológicas procedentes de la CEI, está en vías de adquirir niveles tecnológicos avanzados en nichos específicos.

En el resto de las tecnologías-áreas tecnológicas que no están en letras (**negrita cursiva**), (**negrita**) o (*cursiva fina*) se le reconoce a Europa capacidad para realizar alguna contribución interesante o práctica en las mismas pero sin alcanzar un nivel de criticidad o de innovación elevado.

Fuentes de referencia: *Dod Critical Technologies Plan, 1989. Dod Key Technologies Plan, 1992. Datos del Programa EUCLID. Elaboración a partir de fuentes diversas.*

Cuadro 4.—Estimación de la situación europea de las tecnologías críticas en el año 1992. Tecnologías críticas y su aplicación a productos y procesos para éstos de plataforma y sistema de información.

Relación de tecnologías críticas	Aplicación de las mismas a productos y procesos									
	Plataformas					Sistemas de información				
	Submarinos y buques	Aviones	Satélites	Búsqueda y vigilancia	Reconocimiento	C3 y gestión de batalla	Identificación no cooperativa	Guiado y control	Control de armas	
Carros de combate y vehículos terrestres	X					X	X	X	X	
Diseño y fabricación de circuitos electrónicos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Preparación de arseniuro de galio y de otros componentes conductores	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Software y producibility				X	X	X	X	X	X	X
Arquitectura de ordenadores en paralelo	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Robótica e inteligencia artificial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Simulación y modelización	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Optoelectrónica y óptica integrada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fibras ópticas				X	X	X	X	X	X	X
Radares avanzados				X	X	X	X	X	X	X
Sensores pasivos				X	X	X	X	X	X	X
Reconocimiento automático de blancos				X	X	X	X	X	X	X
Phased arrays				X	X	X	X	X	X	X
Fusión de datos				X	X	X	X	X	X	X
Control de firmas				X	X	X	X	X	X	X
Cálculos en dinámica de fluidos				X	X	X	X	X	X	X
Motores avanzados ligeros	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Microondas de gran potencia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

(Continúa)

Cuadro 4.—(Continuación).

Relación de tecnologías críticas	Aplicación de las mismas a productos y procesos									
	Plataformas			Sistemas de información						
	Carros de combate y vehículos terrestres	Submarinos y buques	Aviones	Satélites	Busqueda y vigilancia	Reconocimiento	C3 y gestión de batalla	Identificación no cooperativa	Guiado y control	Control de armas
Potencia pulsada	X	X	X	X						
Proyectiles hiperveloces										
Materiales compuestos de bajo peso y alta resistencia (a la temperatura y a las tensiones)	X	X	X	X						
Superconductividad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bioteología. Materiales y procesos										

Simbolos:

X: tecnología que afecta a productos y procesos en esta área.

X: capacidad estimada de Europa para realizar contribuciones destacadas en esta tecnología-área tecnológica.

X: áreas tecnológicas en las que Europa está en vías de adquirir niveles tecnológicos avanzados en nichos específicos o bien en donde se ha incrementado el desfase de esta con el alcanzado por otros bloques de interés.

X: áreas tecnológicas donde Europa, con transferencias tecnológicas procedentes de la CEI, está en vías de adquirir niveles tecnológicos avanzados en nichos específicos.

En el resto de las tecnologías-áreas tecnológicas que no están en letras (**negrita cursiva**), (**negrita**) o (*cursiva fina*) se le reconoce a Europa capacidad para realizar alguna contribución interesante o práctica en las mismas pero sin alcanzar un nivel de criticidad o de innovación elevado.

Fuentes de referencia: Dod Critical Technologies Plan, 1989. Dod Key Technologies Plan, 1992. Datos del Programa EUCLID. Elaboración a partir de fuentes diversas.

- Cálculos en dinámica de fluidos.
- Materiales compuestos de bajo peso y alta resistencia.
- Biotecnología.
- La totalidad de las mismas se encuentran potenciadas por programas de investigación comunitaria, como en los casos de: Simulación y modelización (EUCLID-CEPA 11) (1), Radar (EUCLID-CEPA 1), Sensores pasivos (EUCLID-CEPAS 8, 9, 10), materiales compuestos (EUCLID-CEPA 3), y/o por condiciones de mercado y entorno como en los casos de: simulación y modelización, ingeniería *software*, biotecnología y cálculos en dinámica de fluidos.
- Puede considerarse que en las otras áreas tecnológicas en las que Europa ha realizado avances en los últimos años, como son: procesamiento de imagen y señal, fusión de datos y potencia pulsada, son los resultados de un plan estructurado de investigación básica lanzado con el fin de reducir la diferencia tecnológica existente entre Europa y otros bloques de interés, así como, un intento de elevar el componente tecnológico de los productos europeos de defensa.

En igual sentido han de considerarse los esfuerzos y resultados de las siguientes CEPAS del programa EUCLID:

Número de CEPA	Temática de la misma
2	Microelectrónica de silicio.
4	Aviónica modular.
5	Cañones eléctricos.
6	Inteligencia artificial.
7	Manipulación de firmas.
y parcialmente	
1:1	Tecnología en el campo de los factores humanos.

- Este entorno tecnológico europeo actual puede modificarse, muy apreciablemente, recibiendo transferencias de tecnologías provenientes, principalmente, de la Federación de Rusia.

Parece previsible una potenciación de estos trasvases tecnológicos al ser empleados como un medio de:

- Apoyo a la apertura política realizada en Rusia y a su acercamiento a posiciones occidentales.

(1) EUCLID (*European Cooperation for the Long term in Defence*). CEPA (*Common European Priorities Areas*).

- Disuadir-inhibir las posibles corrientes nacionalistas internas de la Confederación de Estados Independientes (CEI) al aumentar las relaciones e interdependencias entre ésta y Europa.
- Obtención de una considerable transferencia de tecnología de un nivel adecuado a un precio y en unas condiciones apreciablemente ventajosas.

Las áreas tecnológicas más prometedoras, dentro de estas posibles transferencias, corresponden, principalmente aunque no exclusivamente a las siguientes:

- Materiales compuestos y *composites*.
- Estructuras aerodinámicas.
- Cuantoelectrónica, fotoelectrónica y optoelectrónica.
- *Transputers* (INMOS).
- Procesamiento de imágenes ópticas.
- Moduladores espaciales de luz.
- Producción automatizada de algunos tipos de *software*.
- Desarrollo de algoritmos para computación.
- Tecnología radárica y de sensores radáricos (sobre una tecnología base antigua).
- Tecnología acústica (en particular acústica submarina).
- Tecnología de infrarrojos.
- Intensificadores lumínicos y cámaras térmicas.
- Tubos de radiofrecuencia, klystrons, magnetrones, girotrones, etc.
- Tecnología de antenas.
- Tecnología láserica y de potencia pulsada.
- Materiales para blindaje.
- Tecnología de metalurgia en polvo que podrían contribuir a elevar, sensiblemente, los niveles europeos en las siguientes áreas tecnológicas:
 - Optoelectrónica y óptica integrada.
 - Motores avanzados ligeros.
 - Microondas de gran potencia.

Con lo cual queda descrito, de forma aproximada, los niveles mínimos y máximo posibles del escenario tecnológico europeo y sus áreas para el próximo quinquenio, siempre y cuando se mantengan las condiciones políticas del entorno y los esfuerzos actuales.

Conclusiones. Algunas recomendaciones para el caso español

Considerando lo expuesto, resulta evidente la necesidad de una reconversión del sector industrial de la defensa en la UE, en la cual se estima necesario tener en consideración las siguientes reflexiones:

- Activar la reducción de la sobrecapacidad actual de este sector. Las industrias de defensa deberían remozar y modernizar sus estructuras haciéndolas más pequeñas, funcionales y competitivas. Asimismo deberían potenciarse, las líneas productivas de mayor futuro reduciendo las demás.
- Disminuir la dependencia de las industrias de interés para la defensa de su propio sector en exclusiva, así como, su actual sobrecapacidad.
- En la reestructuración debería conservarse la capacidad de ingeniería, entendiendo por tal la concepción, el desarrollo y diseño con la producción de prototipos, teniendo en cuenta los siguientes puntos:
 - Conservar unos medios mínimos de producción y de mantenimiento que permitan garantizar una adecuada operatividad de las Fuerzas Armadas, dado que no puede existir un ejército operativo sin un tejido industrial nacional que lo soporte.
 - Mantener la producción de prototipos y de pequeñas series, en sectores tecnológicos considerados como críticos, que permitan garantizar las transiciones a las fabricaciones en serie, cuando estas fueran necesarias. Esta medida permitiría disponer de una capacidad de producción remanente para su movilización y reconversión en tiempos de emergencia, crisis y conflicto.
 - Realizar análisis y estudios sobre la preparación y conversión de líneas de producción civiles para la fabricación de sistemas, equipos y componentes militares, con el fin de poder generar equipamiento para las Fuerzas Armadas nacionales en situaciones de crisis y conflicto armado.
- Deberían aproximarse los modelos de diseño, desarrollo, producción y mantenimiento de los equipos, sistemas y componentes producidos por las tecnologías en aplicación civil y, las mismas, en aplicación militar.
- Se considera básico ampliar el empleo de las tecnologías denominadas «duales», o de doble uso, en el diseño, desarrollo y producción de componentes, equipos y sistemas de aplicación militar.
- Se deberían potenciar los programas de entrenamiento y formación, para la reconversión parcial del personal sobrante de las industrias de defensa y de interés para la defensa, con el fin de facilitar su recolocación en las industrias externas al sector.

También debería llevarse, por el servicio de movilización industrial, un registro de estos empleados, así como, de su nueva colocación y

entrenamiento, con el objeto de poder reincorporarlos al sector en situaciones de crisis y conflicto armado.

- Se debería conseguir la máxima normalización, interoperabilidad y comunalidad entre los soportes logísticos, entre sistemas, equipos y componentes de aplicación militar, producidos en los distintos países europeos.
- Debería realizarse un reparto equitativo, entre los distintos países europeos, de los sacrificios sociales, industriales y económicos, que supondrá la reconversión de los sectores industriales de interés para la defensa.
- Se debería facilitar, promocionar y apoyar el diseño comunitario del material de defensa y de interés para la defensa, entre los distintos países europeos, con la filosofía de obtención de la máxima efectividad operativa con un coste mínimo y prefijado.

Esto aumentaría la importancia del concepto de «línea básica» (*baseline*) de un sistema, equipo o componente común para todos los países. La producción de estos elementos debería ser común, y realizada en un número reducido de instalaciones de producción por razones de economía de escala, realizándose la «personalización» (*customizing*) de estos sistemas, equipos y componentes a nivel de instalaciones industriales propias de cada país.

También conllevará la necesidad de negociar compensaciones, fundamentalmente económicas o de nicho de mercado, para aquellas naciones que no tengan instaladas en su territorio nacional las citadas facilidades de producción.

Aparte de las antedichas conclusiones, aplicables en su totalidad al caso del sector de defensa español, podrían darse algunas recomendaciones específicas para el mismo, como las siguientes:

- Conseguir una rápida elevación de los niveles tecnológicos de las industrias españolas del sector de defensa mediante programas acelerados de adquisición, asimilación e incentivación tecnológica, a partir de nuevas fuentes exteriores de suministros y no siempre desde los suministradores clásicos que han dado lugar a frustrantes dependencias tecnológicas.
- Debería reducirse la vida útil de algunos de los sistemas y productos militares, del orden de un 50% con respecto a los valores actuales, como medio de:

- Evitar una ruptura tecnológica que los convierta en obsoletos antes de finalizar la vida prevista en el diseño, a pesar de las frecuentes actualizaciones o modernizaciones de los mismos, armonizando el ciclo de vida del sistema principal con los de los subsistemas que lo componen, de conformidad a los tiempos de evolución impuestos por el modelo tecnológico existente (estimado de uno a dos años para productos informáticos, unos tres años para productos-sistemas electrónicos, etc.).
- Mantener una demanda de producción y modernización de sistemas, equipos y componentes militares que permita una reducción, no traumática, que facilite el reajuste de la sobrecapacidad del sector existente en la actualidad, así como, la actualización del equipo en inventario de las Fuerzas Armadas.
- Ajustar el ratio entre el material y medios de defensa, a disponer por las Fuerzas Armadas españolas, y sus costes de operación, sostenimiento, actualización, modernización y entrenamiento.
- Se considera necesaria una planificación centralizada y común de las necesidades operativas de los tres Ejércitos que permita:
 - Disponer de una mayor proporción de productos, equipos y sistemas, normalizados y comunes en sus inventarios, con la consiguiente disminución de los precios unitarios y mejora de las condiciones de apoyo logístico.
 - Armonizar estas necesidades con las potencialidades de tejido industrial de la defensa español, encargado de aportar parcialmente y sostener los medios, equipos y sistemas que permitan a los Ejércitos el realizar su función.
 - Contribuir a la concentración del tejido industrial español de la defensa lo que apoyaría el incremento de la competitividad de los productos generados por éste.

La satisfacción de la antedicha necesidad permitirá disfrutar de algunas de las ventajas citadas a nivel europeo en un entorno puramente nacional.

- Es previsible la aparición de la problemática sobre la financiación de las *baselines* comunes de los equipos, productos y sistemas compartidos por más de un Ejército. Esta podría afrontarse a partir de una fracción del presupuesto asignado a los Ejércitos usuarios del sistema lo que implicaría un mantenimiento continuado de las cifras presupuestarias comprometidas, así como, una administración y control centralizado de los gastos y presupuestos.

- Deberían modificarse las prácticas de ingeniería de las empresas del sector en las formas a continuación indicadas:
 - Creación de unidades o grupos flexibles de diseño y de fabricación.
 - Racionalización de los procesos de diseño mediante el empleo de:
 - Entornos mecanizados y transportables, de metodologías y herramientas, soportados por sistemas y redes descentralizadas.
 - Empleo de relaciones o listados de partes de diseño preferidas y aprobadas por el cliente.
 - Adecuación de los niveles de exigencia de los productos, equipos y sistemas militares a valores razonables y coherentes a las posibilidades de empleo operativo de los mismos.
 - Mejora y potenciación del control de costes de los productos, equipos o sistemas mediante el empleo de técnicas normalizadas de análisis:
 - De coste-beneficio.
 - Del valor.
 - De riesgos.
 - Mejora y clarificación de los distintos tipos de especificaciones de los productos. En particular son críticas las especificaciones de producción evitando la práctica común bastante extendida de producir directamente con las especificaciones de ingeniería.
 - Promoción y potenciación de las tecnologías, en sus aspectos técnicos y prácticos, orientadas hacia el desarrollo de productos, con prioridad a las tecnologías de investigación básica.
 - Para el caso español son disciplinas importantes, debido a las necesidades operativas de nuestras Fuerzas Armadas y a las características del tejido industrial español, las de:
 - Integración de equipos, componentes y sistemas.
 - Apoyo logístico integrado.
 - Formación y soporte al entrenamiento.
 - Modernización y modificación de equipos, componentes y sistemas.
 - Incentivación y promoción de las líneas de desarrollo que permitan la creación y normalización de redes y sistemas de mandos, control y comunicaciones.
 - Potenciación de la capacidad para la sostenibilidad de los sistemas de armas y soporte de los mismos existentes en el inventario de las Fuerzas Armadas españolas.

- Asimismo la Administración podría desempeñar un fuerte soporte a la readaptación de las empresas de defensa mediante actuaciones y medidas como las siguientes:
 - Promover, potenciar y dotar económicamente las investigaciones, o líneas de trabajo, dirigidas hacia los desarrollos e industrialización de productos, con prioridad frente a las líneas de trabajo de investigación básica.
 - Centralizar y distribuir entre las empresas del sector de defensa los conocimientos adquiridos durante la participación española en proyectos internacionales financiados por la Administración, de forma que se difundan éstas y se pueda garantizar una adecuada transferencia de conocimientos básicos para el sector.
 - Promover, potenciar y dotar económicamente líneas de I+D, así como, los proyectos conjuntos entre las empresas del sector de defensa, Universidades, Ministerios de: Educación y Ciencia, Industria y Defensa.
 - Incrementar y promocionar las acciones y alcances de las funciones de ingeniería de soporte de la Administración, potenciando a las empresas de este sector. Una de las consecuencias directas que conllevaría esta acción por parte de la Administración, sería una mejora y simplificación de las distintas especificaciones de usuario, reducciones de coste y un mejor control de los programas por parte de ésta.
 - Potenciar los procesos de normalización y comunalidad de equipos, y en especial de aquellos cuyos requisitos operativos de empleo no sean singularmente exigentes y puedan ser satisfechos con estándares civiles.
- Debe potenciarse el área tecnológica del *software* en general y en particular los de: *software* encapsulado (embebido-empotrado y firmare) con el fin de producir un *software* moderno, de responsabilidad, inocuo (conforme a las condiciones de SAFETY), resistente al fallo, con autodiagnóstico y capacidad de modificación; y las de entorno mecanizado de producción de *software*, como área estratégica debido a su impacto por la extensión de su aplicación y su baja intensidad de inversión en infraestructura.

Otras áreas de tecnología, cuyas bases y procedimientos de captación, debían potenciarse, son las de:

- Tecnología radárica.
- Aviónica modular y electrónica embarcada.

- Comunicaciones.
- Tejidos y material de confección.
- Materiales compuestos.
- Biotecnología.
- Optoelectrónica.
- Sensores pasivos.

Finalmente, como reflexión nos permitimos sugerir la potenciación de la capacidad tecnológica y de ingeniería en la defensa con el fin de mejorar: la eficacia de los sistemas operativos, reducir los costes de adquisición y de soporte logístico, contribuir a la industrialización del país, facilitar el crecimiento del nivel tecnológico y aportar una porción saludable a la economía de España.

La capacidad tecnológica y de ingeniería del usuario en defensa contiene dos componentes: la parte orgánica y la parte complementaria. Ambas contribuyen a la optimización de la ecuación necesidad-coste, la cual hoy día, pasa por el empleo en defensa, con un incremento importante de las tecnologías duales.

Bibliografía

Las fuentes bibliográficas citadas a continuación se han empleado en el presente trabajo:

- *Dod Critical Technologies Plan 1989*, The Department of Defense USA.
- *Dod Key Technologies*, Director of Defense Research & Engineering-USA Department of Defense, 1992.
- *Who's Bashing Whom?* (Trade conflict in high-technology industries), Laura D'Andrea Tyson- Institute for International Economics.
- *Defense Science and Technology Strategy*, Director of Defense Research & Engineering, USA Department of Defense, 1992.
- *A Single European Arms Industry?* (European defence industries in the 1990's), J. D. Drown, C. Drown & K. Campbell, Brassey's.
- Program Information Package for Defense Technology Conversion, Reinvestment and Transition Assistance, USA.
- *El cambio tecnológico hacia el nuevo milenio* (Debates y nuevas teorías), M. Gómez Uranga, M. Sánchez Padrón y E. de la Puerta, Economía Crítica.
- *Misiles o Microchips* (La conversión de la industria militar en civil), M. Aguirre y G. Malgesini, Economía Crítica.
- *Small Wars Big Defense* (Paying for the military after the Cold War), M. Weidenbaum, Oxford University Press.
- *Economic Adjustments After the Cold War (Strategies for conversion)*, M. Renner, United Nations Institute for Disarmament Research (UNIDIR).
- *Military Industrialization and Economic Development (Theory and historical case studies)*, Raino Vayrynen, United Nations Institute (UNIDIR).

- *The Economics of Defence Policy*, K. Hartley, Brassey's.
- *Military Cooperation: What Structure for the Future?*, René Van Beveren, Chaillot Papers, Institute for Security Studies, Western European Union (UEO), 6-1-93.
- *Faces Radical Restructuring* (Defense industrial base), Jack Nunn, Armed Forces Journal International, 12-92.
- *Defence & Diversification (Perspective)*, G. Paluczi, Horvath, Defence 11/12-92.
- Diversos artículos del seminario *The Economist*, con los siguientes títulos:
 - «Settling the frontier (American technology policy)», 25-7-92.
 - «The defence industry jettisons its excess baggage», 8-8-92.
 - «Selective realism», 9-1-93.
 - «How not to catch up (Europe's technology policy)», 9-1-93.
 - «Made to measure (Software engineering)», 23-1-93.
 - «Gearing up (Asia arms race)», 20-2-93.
 - «Within the whirlwind (A survey of the computer industry)», 27-2-93.
 - «The fight for freer trade», 5-6-93.
- *The Military Technical Revolution, A Structural Framework*, Center for Strategic and International Studies, Washington, marzo 1993.
- *Decisión, Makers Seek Definition of Defense Needs*, Stanley W. Kandebo, Aviation Week & Space Technology, Mayo 1993.