

TECNOLOGÍA DE DOBLE USO Y APRECIACIÓN DE SU POSIBLE IMPACTO EN LA INDUSTRIA ESPAÑOLA DE INTERÉS PARA LA DEFENSA

POR JOSÉ M.^a GRANDA COTERILLO
y BENJAMÍN MICHAVILA PALLARÉS

Introducción

Hace unos años se comentaba en el Pentágono que para el año 2020 el presupuesto de la Fuerza Aérea norteamericana serviría para comprar un solo avión. El comentario se fundamentaba en dos tendencias: por una parte, la progresiva reducción de los presupuestos anuales en gastos de inversión y por la otra el incremento que de generación en generación se produce en el coste del material militar. El año sería determinado por la fecha en que coincidían las proyecciones en el tiempo de ambas tendencias.

Esta anécdota no sólo es privativa de los Estados Unidos y de su Departamento de la Fuerza Aérea. Por extensión es también aplicable al Departamento de Defensa de cualquier nación. Los antidotos que se usan para evitar que se produzca aquella situación inciden principalmente en el coste del material con dos orígenes de procedencia. De una parte, la Administración militar y de otra la industria de defensa, o más bien de una combinación de ambas.

Influir en los presupuestos de Defensa es otra cosa. Estos dependen de la situación internacional y de la política general del Gobierno que para

garantizar el presente y mejorar el futuro de la nación debe mantener un equilibrio entre tres principales factores: mayor nivel de consumo, inversiones productivas e inversión en defensa.

Es más, las previsiones apuntan que la tendencia seguirá a la baja durante unos años más como consecuencia del final de la guerra fría y del resultado victorioso de los países occidentales. Y el armamento nuclear no permite muchas alegrías y reduce el margen de maniobra a límites nunca conocidos.

Esta situación a nivel mundial se puede apreciar observando el número decreciente de países en conflictos internacionales que ha pasado de 33 % en el año 1983 a 11 % en el año 1990 y casi nulo a finales del año 1991. Por contra, los conflictos interiores por guerras civiles y terrorismo, se mantienen en una cifra media anual de 30 % en los últimos doce años.

Por lo tanto, frenar la velocidad de crecimiento de los costes del material militar de Defensa, ha sido y seguirá siendo uno de los objetivos prioritarios del sector. Para ello se han arbitrado múltiples medidas que van desde la sobriedad en las exigencias operativas y funcionales, pasando por la optimización de la gestión, desarrollos y producción en programas multinacionales, al empleo de equipos comerciales y uso de tecnologías de aplicación civil y militar. En el presente capítulo se hace un análisis de las posibilidades de estas dos últimas.

España junto con las naciones de la Alianza Atlántica viene haciendo un esfuerzo en el campo del material de defensa potenciando por una parte las inversiones a largo plazo de investigación y desarrollo, nacionales y en programas multinacionales, y por otra tratando de unirse a otras para conseguir mayores volúmenes de producción en la satisfacción de las necesidades combinadas.

A la vez también se ha hecho uso de productos comerciales en sistemas militares, lo mismo que se han experimentado tecnologías de uso militar y civil. Por lo tanto no es nada nuevo este enfoque en España pero el contenido del capítulo permitirá profundizar en estas posibilidades, lo que puede llevarnos a quebrar la tendencia alcista de los costes o cuánto menos alargar la fatídica fecha del año 2020 unos cuantos lustros más.

Integración y adaptación de productos comerciales

Problemática y aproximaciones a la misma

Se puede afirmar que en la actualidad la mayoría de los avances tecnológicos y la determinación de las líneas prioritarias de evolución del

paradigma tecnológico las realiza la industria que no trabaja directamente para el mercado militar.

Hasta el momento, y de forma usual, las industrias de carácter militar han utilizado principalmente tecnologías susceptibles de clasificarse como «barrocas» o bien como «conformistas».

Las primeras poseen unas características identificativas como las siguientes:

- No introducción de nuevas tecnologías en los sistemas de interés y/o aplicación militar, mejorando los mismos pero no afectando a la estructura orgánica y funcional de los usuarios.
- Inducción de un incremento sustancial en el coste y la complejidad de los sistemas producidos y/o modificados, produciendo al mismo tiempo una mejora relativa de su operatividad y rendimiento en función de la modificación realizada.
- Los sistemas generados-modificados por estas tecnologías incrementan la complejidad y coste del entrenamiento de los usuarios y suelen producir repercusiones considerables en las doctrinas operativas y logísticas de los mismos, no aportando estas mejoras, en las antedichas áreas con respecto a las ya disponibles.

Las segundas suelen impedir o dificultar la introducción de cambios tecnológicos considerables y drásticos en los sistemas producidos.

Ambos tipos de tecnologías tienden a obstaculizar el avance técnico civil al estar retardadas normalmente con respecto al modelo tecnológico prevalente, pudiendo generar efectos como los siguientes:

- Frenar el desarrollo de algunas de las tecnologías civiles más dinámicas.
- Contribuir parcialmente a las crisis económicas de mercado y de producción.
- Acelerar la obsolescencia de los sistemas actualmente en inventario, lo que conlleva la necesidad de remodelarlos y/o cambiarlos.
- Generar la aparición del proceso de *follow-on* consistente en comenzar la investigación de un nuevo sistema más completo que aquél al que sustituirá cuando el mismo se encuentre en fase de producción; de forma que el esfuerzo de diseño, desarrollo, producción y mantenimiento se mantenga independientemente de la coyuntura estratégica y/o política del país.
- Contribución parcial a las crisis de mercado y de producción debido a, la distorsión que introducen en el funcionamiento económico del mercado industrial, al considerarse la producción de interés militar limitada por los siguientes factores:

- La especificidad de los productos a fabricar.
- El hecho de que lo que se produzca sean innovaciones fundamentalmente de productos, no de procesos.
- El hecho de que se produzca una inflación artificial en el precio de los productos-sistemas consecuencia de la existencia de un mercado cautivo y el escaso control de los clientes-usuarios sobre los procesos de reducción y racionalización de costes.

En función de la situación expuesta, los Ministerios de Defensa se encuentran interesados en utilizar cualquier tecnología civil, o parte de la misma, que pueda aplicarse a sistemas o productos de interés militar, aproximación que se conoce como aplicación de tecnologías de doble uso siendo sus principales características distintivas las siguientes:

- Son relativamente baratas desde el punto de vista industrial, en comparaciones con las típicamente militares.
- Tienen una eficacia prácticamente comprobada en condiciones normales de funcionamiento.
- Cumplen parcialmente los requisitos de los estándares de desarrollo, producción y mantenimiento de los productos militares, así como sus necesidades operativas en ciertos casos.
- Van acompañadas, generalmente, con el estado del arte (paradigma tecnológico prevalente).

Puede pues considerarse que las tecnologías emergentes de carácter militar y el uso de tecnologías COTS (*Commercial-of-the-Shelf*) es un intento de compromiso de hacer evolucionar el modelo tecnológico al que corresponden los actuales equipos de interés y/o aplicación militar, y los que se desean disponer para el quinquenio 1995 al 2000, estimándose el impacto de las tecnologías de doble uso, en la industria de interés para la defensa como muy considerable, tanto más cuanto en períodos de reducción de producción, como los que es previsible afrontar, los expertos proponen el desarrollo y prueba contrastada de tecnologías, colocando las mismas a continuación en situación de reserva, dado que en caso de necesidad podría rectificarse con la suficiente rapidez como para aún ser utilizable, lo que corresponde en exclusiva a una característica de las tecnologías COTS.

Adecuación a los requisitos militares de los estándares y normas industriales. Generación de prototipos normalizados de estándares y enfoques generales de los mismos

En la actualidad los productos civiles de interés-aplicación militar cumplen en muchos casos unos requisitos de duración y fiabilidad similares a los de

los productos militares. Las principales diferencias de unos con otros en el *hardware* radica en aspectos tales como: protección física de equipos (robustecimiento o «ruguerización», militarización, etc.), protección electro-magnética y otros, mientras que en el *software* se puede apuntar el coste del mantenimiento operativo del mismo causado fundamentalmente por los cambios y correcciones de las deficiencias iniciales de los desarrollos.

Dado el elevado del antedicho mantenimiento, estimado en un orden del 70 % del de su coste de desarrollo, y con el fin de contribuir a la reducción del mismo, se considera necesario el establecimiento de una metodología *software* de desarrollo, preferentemente basada en las normas MIL-STD-2167A y RTCA/DO-178A para *software* crítico, y en lenguaje ADA estándar, que considera los aspectos de:

- Definición normalizada de requisitos de usuario (requisitos técnico-operativos).
- Interfaz hombre-máquina detallada.
- Portabilidad.
- Mantenibilidad.
- Reutilización

Con el fin de minimizar todos los costes del *software* incluyendo los de desarrollo, de conformidad con la filosofía COTS.

Con el uso de la citada filosofía aplicada a sistemas-productos de interés y/o aplicación militar, cuando sea factible, se intenta obtener las ventajas de la economía de escala de producción y la aplicación lo más rápida posible, de los avances técnicos más recientes del mercado comercial, para lo que se requiere el tomar medidas de forma que los sistemas-productos sean preparados y acondicionados para que resistan las condiciones de operación y usos militares.

Estas medidas, o procedimientos de conversión, requieren establecer un equilibrio entre los antedichos requisitos de protección y operativos, y los costes de proporcionar los mismos, así como su posible impacto en los calendarios del programa.

Otra ventaja que se intenta lograr con el uso de esta filosofía y productos por parte tanto del usuario como de la industria, es lograr una disminución considerable de los tiempos de diseño y desarrollo, pudiendo reducir su período de obtención, hasta alcanzar desde los siete a diez años de un proceso normal de adquisición y desarrollo, hasta de uno a tres años, en función de la complejidad del producto.

Como ejemplo de la problemática expuesta se puede analizar el caso de los ordenadores. Actualmente en el proceso de adquisición de sistemas, la existencia de métodos revolucionarios en refrigeración y mejora de la protección y en el empaquetamiento de sistemas-equipos ha permitido la aparición de una cantidad elevada de equipo comercial que con ligeras modificaciones pueden utilizarse para usos militares.

La fuerte demanda comercial de ordenadores permite a los diseñadores de éstos introducir en el mercado nuevos y mejores productos continuamente, basados en las necesidades del mismo. Su aplicación militar, directa o ligeramente modificada, tiene como objetivo el aprovecharse de las ventajas de la economía de escala y de los precios por consiguiente relativamente más bajos. Aún así, y debido a razones técnicas de desarrollo, tienen limitaciones de uso a nivel militar dado que no suelen cumplir los requisitos de seguridad de transmisión en campo, considerados como fundamentales en aplicaciones operativas, lo que plantea el problema de cómo poder utilizar los equipos más modernos y avanzados sin necesidad de modificarlos considerablemente (lo que puede resultar extremadamente costoso).

Con el fin de resolver al menos parcialmente esta problemática se han definido tres niveles orientativos de empaquetamiento, robustecimiento y protección para sistemas-equipos COTS, relacionados a continuación, pero que conllevan el hecho de que los fabricantes actualmente sólo garantizan sus equipos en especificación comercial. Los antedichos niveles de robustecimiento, protección y empaquetamiento son los siguientes:

- *Militarización*. Es el primer nivel de protección, consiste en la inclusión del sistema-equipos (en este caso el ordenador) en un chasis o contenedor más resistente que ofrece adicionalmente alguna protección contra la lluvia y el polvo, estando diseñado para satisfacer los requisitos de una manipulación militar, sin embargo subsiste el problema de la necesidad de refrigeración dado que estos sistemas-equipos son sensibles a las temperaturas elevadas.
- *Robustecimiento («ruguerización»)*. Consiste en un segundo nivel de protección más elevado que el de la militarización; se compone de elementos comerciales a nivel de ítem del sistema-producto pero utilizando circuitos integrados cerámicos, para reducir el impacto térmico, cumpliendo los requisitos militares de manipulación durante el tránsito hacia destino mediante la adición de cajas, contenedores y protecciones adicionales. El robustecimiento («ruguerizado») de equipos tiene las penalizaciones de su mayor coste de adquisición (que el de militarización) y sus dimensiones y pesos muy superiores a los exclusivamente comerciales.

- *Especificación militar completa.* Constituye el máximo nivel de protección para cualquier sistema-producto y requiere un proceso muy controlado de manufactura y uso de componentes especiales, recubrimiento homogeneizado que dan protección contra hongos y humedad. Asimismo los equipos acogidos a este tipo de especificación deben pasar todas las pruebas de calificación pertinentes tales como: vibración, choque, ciclo térmico, etc. El coste del cumplimiento de los requisitos exigibles a una especificación militar completa en la filosofía COTS se considera como prohibitivo para su venta en un mercado militar, muy reducido en sus demandas, no considerándose pues como aplicable en la antedicha filosofía.

Estándares civiles y proliferación de los mismos. Tendencias de los estándares militares a la evolución hacia coberturas similares a las proporcionadas por los estándares civiles

Podemos definir un estándar como una métrica o modelo; establecido por la autoridad reguladora, el comprador o el consentimiento general; de medida-comparación de la conformidad-adequación o cumplimiento de un producto con su especificación. Este concepto lleva a su vez anejo el de calidad de un producto como cumplimiento de lo indicado en su especificación.

Los objetivos de un estándar son variados, encontrándose entre los mismos, aunque no exclusivamente los siguientes:

- Establecimiento de una línea base normalizada para las prácticas industriales de ingeniería.
- Facilitar una adecuada normalización tanto a nivel de diseño como industrial.
- Facilitar la transportabilidad-repetibilidad de los procedimientos, instrucciones y métodos entre tipos de industrias y procesos industriales, así como entre prácticas de ingeniería.
- Simplificar, reducir y normalizar la logística y el mantenimiento.

Alcanzando orientativamente aspectos de:

- Organización general.
- Especificación.
- Diseño.
- Implantación, instalación y operación.
- Integración y pruebas.
- Sistemas de calificación de productos y procesos.
- Pruebas operativas de sistemas.
- Aceptación de sistemas.

- Instalación y mantenimiento.
- Organización general.
- Gestión y organización de proyecto.
- Gestión y control de configuración.
- Revisiones.
- Calidad.
- Métodos y sistemas de programación.
- Herramientas de programación.
- Herramientas de soporte y servicios.
- Documentación.
- Seguridad física e industrial.
- Terminología, etc.

Los estándares son usualmente emitidos por alguno de los entes siguientes:

- a) Organismos reguladores y normalizadores internacionales, tanto civiles como militares.
- b) Organismos reguladores y normalizadores nacionales.
- c) Organismos profesionales acreditados y asociaciones de solvencia reconocida.

A su vez los objetivos reales de emisión de un estándar son muy variables, cubriendo tanto un intento de normalizar las prácticas de ingeniería y producción como medio de solucionar o simplificar, al menos fácilmente, la logística y el mantenimiento del producto a adquirir, y de reducir los costes de producción y de explotación del mismo como para ejercer un proteccionismo nacional disimulado a la industria de un sector determinado, evitando la incidencia en dicho nicho de mercado del citado sector, de productos industriales extranjeros al usar tanto los estándares como la certificación como barrera frente a los mismos.

Usualmente los estándares civiles proliferan mucho más que los militares —debido fundamentalmente a la especificidad, pequeñas series productivas y condiciones de supervivencia-resistencia a situaciones atractivas, de estos últimos— haciéndolo como variantes sobre una base o línea técnica común, cuyos objetivos primarios suelen ser:

- a) Normalización técnica relativa de los distintos productos facilitando los procesos de: diseño, industriales y de mantenimiento.
- b) Su empleo como método proteccionista a nivel nacional mediante la formalización de barreras de entrada-acceso a un determinado nicho de mercado.
- c) Consecución del máximo ahorro económico en el proceso constructivo y de empleo del bien, o producto, afectado por el estándar.

- d) Obtener una elevada flexibilidad y ajuste a las variaciones e innovaciones tecnológicas de los procesos productivos y de diseño.

Por contra, los estándares militares son más estables y menos flexibles que los anteriores, con un enfoque más dirigido a la normalización del ciclo de vida y de soporte del producto, o bien afectado, que a la reducción de los costes productivos.

Desde el punto de vista de una industria, la instalación de un sistema de estándares que satisfagan alguno de sus productos constituye un esfuerzo organizacional, técnico y humano, así como un gasto económico, que es necesario amortizar, por lo que paradójicamente, y entre otras razones, los estándares militares menos sujetos a variaciones y modificaciones, aunque más costosos, tienen una mayor implantación industrial que los de otro tipo. En cualquier caso no resulta lógico el encarecer artificialmente un producto mediante la exigencia de unos estándares militares que proporcionen una cobertura del mismo sólo ligeramente superior, en muchos casos, a la ofrecida por los civiles de máxima restricción o responsabilidad, por lo que se detecta una tendencia actual de mercado, seguida por los propios clientes de productos de uso militar o de interés para la defensa, de solicitar para los mismos la cobertura o conformidad con estándares civiles con el consiguiente ahorro económico y relativa reducción de precio del producto que este hecho aporta, imponiéndose progresivamente la filosofía COTS de códigos de práctica civiles o industriales tales como ISO, IEEE, CCITT, ANSI, FEDSTD, IEC, FIPS y ECMA, siendo tal vez la excepción a la regla de empleo de código distintos en función de su aplicación a productos civiles y militares el del ADA.

Impacto de los estándares y normas en la adquisición de sistemas-productos de interés para la defensa

Claramente puede considerarse la existencia de una problemática en el uso de estándares para la adquisición de sistemas-productos basados en la filosofía COTS debido a los distintos puntos de vista, y acercamiento de los mismos, según sean de origen civil o militar.

Las discrepancias existentes entre los requisitos de los usuarios y los estándares civiles y militares pueden reducirse aproximando sus enfoques de formas diversas de los que algunos pueden ser los siguientes:

- Usar el estándar civil tal y como se encuentre desarrollado.
- Usar directamente el estándar civil para producción de sistemas-productos de interés para la defensa pero condicionando en su uso la

aplicación operativa del antedicho producto o sistema lo que llevaría consigo la necesidad de un nuevo enfoque operativo o modificación en los requisitos técnico-operativos y de especificación del mismo.

- Modificación y complementación de los estándares civiles englobando los requisitos de necesidad militar imprescindibles mediante la indicación explícita de tal proceder a los organismos oficiales de normalización nacionales.

Lo que implica en los dos primeros casos el uso de estándares civiles sin modificación, aceptando las limitaciones que los mismos produzcan en los requisitos militares de los sistemas. En el último de los casos la implantación de requisitos complementarios militares a los estándares civiles, conlleva la aceptación de un incremento de riesgos y costes en el sistema-producto planificado, así como, la necesidad de repartir los costes de modificación de los estándares entre las distintas unidades comercializadas en el mercado civil, con el consiguiente incremento de los precios unitarios de los mismos en los sistemas-productos de uso militar, lo que elevaría el coste de estos a valores inaceptables o menos competitivos.

En cualquier caso existe la necesidad clara de adopción por parte del usuario, de metodologías comunes, preferentemente normalizadas, para la definición de los requisitos técnico-operativos de un sistema-producto usando la filosofía COTS.

La convergencia de la metodología de definición de los antedichos requisitos se vería incrementada por dos niveles de condiciones:

- Generales:
 - Adopción de una metodología de definición estándar.
 - Incremento de la armonización de los sistemas-productos entre los ejércitos propios y aliados.
- Específicas del *software*:
 - Que la metodología de definición utilizada esté basada preferiblemente en las normas MIL-STD-2167A y en la RTCA/DO-178A para el *software* crítico.
 - Estructuración del *software* de forma que se identifiquen los distintos niveles del mismo permitiendo que los más elementales sean reutilizables con lo que se reducirían los costes de desarrollo y mantenimiento.
 - Definición de entornos de desarrollo integrados y homogéneos que no deban ser modificados en cada desarrollo con la consiguiente reducción de costes de readaptación y de aprendizaje del usuario.

- Reducción del número de lenguajes *software* a usar, facilitando el mantenimiento y la reutilización de los mismos. Como orientativamente recomendable los mismos deberían quedar limitados a ADA estándar, F-77 (ANS) y C.

Así pues un método normalizado de adquisición de sistemas-productos de interés para la defensa puede ser el siguiente:

a) Por parte del comprador:

- 1) Dividir el sistema completo en partes componentes más pequeños.
- 2) Realizar la contratación exclusivamente de la fase de diseño haciendo que la Revisión de Diseño Crítico (RDC) sea un punto de decisión de continuación o no del programa.
- 3) Asegurar que el comprador especifica tanto el diseño de sistema-producto como el modelo necesario para verificar las decisiones relacionadas con el mismo.
- 4) Garantizar al comprador de la flexibilidad suficiente como para que pueda elegir el *hardware* en el momento apropiado del programa.
- 5) Forzar a que el comprador se encuentre totalmente implicado a lo largo de la vida del sistema, lo que pasa por incrementar la participación y esfuerzo del comprador en el programa.

b) Por parte de la industria:

División en categorías de dificultad de los programas y desarrollo de una estrategia de adquisición apropiada al sistema, recomendándose orientativamente la siguiente categorización de adquisiciones:

- 1) Si el sistema-producto objeto de la adquisición puede especificarse en su totalidad, se recomienda el uso de un proceso de adquisición convencional.
- 2) Si requiere la realización de unos procesos de análisis y definición del orden del 20 al 30 % del coste del desarrollo final, aún es posible utilizar una adquisición convencional.
- 3) Si el sistema-producto es muy complejo, pero no es factible la realización de un análisis funcional, se recomienda usar la vía de adquisición de un prototipo al ser fundamental, en este caso, la valoración humana de las prestaciones y adecuación de lo adquirido.
- 4) Cuando no pueden definirse los requisitos finales del producto-sistema se recomienda el de una adquisición evolutiva del mismo.

Se considera que el *software* COTS proporciona a los sistemas-productos una adecuada capacidad de crecimiento y evolución asegurando esta última, así como, una integración adecuada de los distintos elementos del sistema.

Otra de las problemáticas fundamentales de la adquisición de sistemas-productos conformes con la filosofía COTS es el tema de la documentación dado que usualmente sus manuales de soporte y operación necesitan un aporte de datos suplementarios respecto a los comerciales y una clarificación de los mismos para ser aceptables para uso gubernamental.

Una propuesta de normalización de manuales COTS para sistemas-productos de interés para la defensa puede ser la que figura en el Anexo A, p. 130, del documento (adaptada orientativamente a partir de la norma MIL-M-7298 D-*Manual, Commercial-off-the-Shelf* para la industria española de interés para la defensa).

Aplicaciones, de interés para la defensa, de los productos COTS

Filosófica COTS. Impacto de los productos comerciales en aspectos de: reducciones de tiempo, coste y riesgo; coste del ciclo de vida e incremento de seguridad de suministro y comunalidad logística

Se debate sobre la posibilidad de obtener ahorros sustanciales de costes utilizando sistemas-equipos COTS en la producción de sistemas-productos de uso militar.

La base de esta afirmación radica en el hecho de que los incrementos del coste del *hardware* y *software* militar debido al incremento de su complejidad —se puede definir la sofisticación militar como todos aquellos refinamientos y complejidades adicionales que se encuentran en el sistema debido exclusivamente al uso militar del mismo— y se dirigen, o están enfocados, hacia áreas de interés secundario del sistema, pudiéndose considerar generado el antedicho ahorro por los siguientes extremos:

- Se debe no exclusivamente al uso de sistemas-equipos no militarizados, sino al incremento en el número producido (tirada) de los mismos.
- Reducción de los plazos temporales previstos al minimizarse las necesidades de diseño, desarrollo y pruebas.
- Reducción de riesgos debido a equipos o diseños ya probados operativa o funcionalmente: menores tiempos de desarrollo, superior calidad, control de configuración exigente y riguroso.
- Un Soporte Logístico Integrado (ILS) mejor y más barato por disponibilidad de las fuentes de suministro.
- Estandarización para garantizar la interoperatividad. El empleo de COTS requiere el uso de las normas industriales existentes con el fin de reducir

la problemática de integración con otros sistemas que también empleen normativa y estándares industriales.

La aproximación COTS crea una estructura modular de diseño básico que proporciona la Línea Base (*Base Line*) para una expansión posterior del diseño, reduciendo los problemas de integración del sistema-producto con otros elementos. Asimismo se parte también siempre de la consideración de que se usa el mejor COTS disponible en el mercado para sistemas-productos, de utilización militar.

Uso de los productos y equipos comerciales COTS en aplicaciones de interés para la defensa y posibles beneficios generados por los mismos

Podemos orientativamente pensar en las siguientes:

a) Sistemas-productos desplegados en condiciones operativas en el campo de batalla:

La aplicación de COTS para uso activo en sistemas-productos desplegados en campaña, depende de las condiciones de éste y de su nivel de hostilidad. Así todo es posible adelantar que no constituye el área más recomendable para el uso de este tipo de sistemas-productos.

b) Sistemas de comunicación e información de empleo táctico:

Estos sistemas usualmente radicados en las inmediaciones del campo de batalla constituyen un mejor medio de aplicación de sistemas-productos COTS.

Los antedichos sistemas pueden utilizar equipos normalizados militares (MIL-STD) para contactar con los sistemas desplegados en condiciones operativas en el campo de batalla con el fin de garantizar los adecuados niveles de garantía y seguridad en la comunicación y transmisión de información, existiendo en los mismos una notable proporción de sistemas-equipos COTS.

c) Sistemas de retaguardia:

Estos sistemas radicados y desplegados en retaguardia, utilizados para informar sobre las actividades militares y no sometidos a un entorno operativo de batalla constituyen una plataforma básica en la aplicación de COTS.

Las principales restricciones a considerar en el uso de tecnologías y productos COTS en los antedichos sistemas son las siguientes:

— Definición muy detallada de requisitos y de condiciones de entorno, al tener como objetivo la aplicación de tecnología COTS. Dado que estos

productos pueden tener una aproximación menos rígida que la usual y aceptando siempre el uso de definiciones ya existentes.

- Definición clara de prioridades de los requisitos, agrupándolos en esenciales para la funcionalidad del sistema-producto y en recomendables por consideraciones operacionales. Los primeros se desarrollarán tan a fondo como lo permitan las limitaciones de coste y planificación, y evitando en lo posible soluciones no normalizadas de los mismos.

Los recomendables se desarrollarán como alternativa degradada de los esenciales y siempre que las limitaciones de costes y calendarios lo permitan.

Consideración de soportes y empaquetamientos del posible cliente, como:

- Disponibilidad de soportes *hardware-software* específicos.
- Entrenamiento del cliente en un *hardware-software* determinado.
- Existencia de un mantenimiento *hardware-software* seguro como entorno por parte del cliente.

En la especificación de soluciones, usando sistemas-equipos COTS, deben considerarse las siguientes restricciones:

- Uso de paquetes identificados y nominalizados.
- Evitar modificaciones del COTS al incrementarse los riesgos asociados al programa, así como, la problemática del soporte logístico, los riesgos de integración y el coste.

En el desarrollo debe tenerse en cuenta que:

- a) Tras elegir el COTS a usar, el mismo debe cumplir la totalidad de las funciones exigidas al sistema, debiendo evitarse cualquier modificación posterior del mismo.
- b) El empleo de una solución COTS no garantiza la eliminación de los problemas durante el ciclo de vida, pero sí es previsible que se simplifiquen. El *hardware*-COTS está diseñado para reducir los problemas de integración, mientras que el *software* esta diseñado para ser independiente de cualquier otro *software* distinto, por lo que resulta conveniente realizar la integración del *software* al inicio de la fase de desarrollo mejor que hacia el final.
- c) Debe realizarse un análisis en profundidad del posible uso del sistema con el fin de determinar el nivel mínimo de productos MIL-STD necesarios para que el impacto en coste y el programa sea mínimo.
- d) La protección electromagnética del sistema-producto deberá ser proporcionada al empleo pero dentro de la filosofía COTS. No

debiéndose en ningún caso realizar modificaciones que conviertan los productos COTS en no normalizados.

- e) Las condiciones de protección del *hardware* deben determinarse en función de los procedimientos operativos normalizados del sistema.

Como un ejemplo típico de tecnología de doble uso-COTS se pueden analizar el caso de los fabricantes-suministradores de productos electrónicos y semiconductores. Usualmente y salvo en el caso de los países que disponen de esta capacidad de fabricación, la mayoría de los países tecnológicamente desarrollados depende de suministros externos para la industria de semiconductores para electrónica.

Esta industria tiene unas características representativas como las siguientes:

- La empresa participante en la misma requiere una inversión significativa en equipo.
- Necesita una inversión continua y considerable que permita la generación de nuevas tecnologías y su adaptación industrial.
- Debido al coste del montaje-ensamblaje de componentes y con el fin de reducir éste, los mismos se envían a empresas especializadas y radicadas muchas veces fuera del país productor.

Puede afirmarse que debido al nuevo entorno tecnológico de combate existe una conexión crítica que relaciona a esta industria tanto con el mercado de consumo como en el mercado de interés para la defensa, siendo las líneas básicas de éste.

Conexión:

- La rentabilidad media como porcentaje del capital invertido se establece a partir de las ventas o bien como porcentaje de inversión de capital requerido para lograr un beneficio.
- La capacidad para competir, caracterizada por:
 - El dominio de los procesos de fabricación.
 - Existencia de una estrategia de consolidación a largo plazo.
 - Existencia de disponibilidad de un amplio mercado interno.
 - Renuncia a ganancias a corto plazo por obtener una posición estable en el mercado.
 - Disponibilidad de capital para inversiones en I+D y/o equipamiento a muy bajo interés.

Estas empresas productoras de semiconductores pueden clasificarse en función del destino de sus productos, encontrándonos pues, que pueden ser productores:

- Cautivos (aquellos que producen semiconductores para el consumo interno), de mercado (los que fabrican semiconductores para su venta en el mercado comercial libre), de nicho (aquellos que producen clases especiales de semiconductor para aplicaciones especiales de usuario).
- De lo expuesto puede deducirse que la impredecibilidad técnica del mercado del semiconductor, así como, la volatilidad financiera del mismo obliga, a que si los Ministerio de Defensa desean un suministro estable de estos componentes necesitan establecer empresas pequeñas y medias dedicadas a un trabajo en exclusiva para el mercado de la defensa o bien incrementar el uso de semiconductores comerciales con lo que se incrementará su volumen e importancia en el mercado.

De este último enfoque existen partidarios que insisten en afirmar que los Departamentos de Defensa recibirán unas mejores prestaciones a un coste inferior mientras que los detractores del mismo insisten en que únicamente se logra incrementar la dependencia de los suministradores extranjeros.

En cualquier caso la tendencia actual apunta a que el realismo económico y financiero fundamenta este enfoque como única alternativa viable a medio plazo para países considerados potenciales tecnológicos e industriales de segundo y tercer nivel entre los que se encuentra España; aun incluso bajo la consideración de una producción compartida o coproducción con otras naciones aliadas, dado que a pesar de tener la ventaja de conllevar una reducción de riesgos y de costes, así como, de una mejora o transferencia tecnológica, presenta la problemática de una dependencia incrementada, fenómeno que se agudiza en el transcurso del tiempo llegando a condicionar cualquier intento posterior de desarrollo o innovación tecnológica individual en el sector.

Panorámica de las tecnologías de doble uso

Relación orientativa de tecnologías doble uso, cuadro 1.

Una relación orientativa y no exhaustiva de distintas tecnologías consideradas como COTS, y cuáles podrían ser sus posibles aplicaciones de interés para la defensa puede encontrarse en la bibliografía, p. 149, del presente trabajo, así como, todas aquellas referencias en la Instrucción 11.906 de 28/5/1990 BOE número 128 del Ministerio de Economía y Hacienda que regula el procedimiento y tramitación del comercio exterior de material de defensa y productos y tecnologías de doble uso.

Cuadro 1.—Ejemplo de sectores tecnológicos de uso indistinto civil o de interés militar.

<i>Sector militar</i>	<i>Sector civil</i>
Aviones	Construcción aeronáutica y otros equipos.
Buques	Construcción naval y otros equipos.
Construcciones	Construcción e infraestructura.
Misiles	Construcción aeronáutica y aeroespacial.
Munición	Productos metálicos.
Carros de combate y vehículos acorazados	Vehículos de motor.
Armas individuales	Productos metálicos.
Tejidos, fibras especiales, kevlar y aramidias; equipos de protección química y bacteriológica individual y colectiva	Tejidos de uso industrial; ropa de trabajo; ropa y equipos de protección en las operaciones-manipulaciones de material de riesgo o contaminados (con aplicación en casi todos los sectores industriales).
Automatización, vigilancia y control perimetral, teledirección, reconocimiento de campo, robots de combate, sensores avanzados	Sistemas de sensores para máquinas, herramientas avanzadas; integración de sistemas de fabricación flexible, sistemas de tratamiento y acabado de superficies, componentes y elementos de automatización, ingeniería de automatización e integración, conjunto de dispositivos transductores.
Comunicaciones militares	Comunicaciones civiles, sistemas y equipos para comunicaciones por cable y radio (pública y privada); equipos de radiodifusión e imagen; detección, localización e identificación de señales radioeléctricas; procesado de señales electromagnéticas.
Biotecnología. Producción de vacunas y órganos artificiales; biosensores y biochips; fermentaciones industriales.	Producción de vacunas y órganos artificiales, fermentaciones industriales (antibióticos, aminoácidos, enzimas, etc.).

Panorámica específica de algunas de las tecnologías de doble uso

MATERIALES SEMICONDUCTORES Y CIRCUITOS MACROELECTRÓNICOS

a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:

- Técnicas CAD avanzadas que permitan incrementar la complejidad de los chips y su tamaño.

- Técnicas litográficas de haces de electrones, iones, rayos X.
 - Tecnologías de fabricación avanzada centradas en: reducción de volumen físico, endurecimiento-robustecimiento antirradiación, incremento de los rasgos de tolerancia de los dispositivos a la temperatura.
 - Técnicas de empaquetamiento e interconexión que mejoren las prestaciones de los circuitos y prevengan la degradación.
 - Tecnologías que mejoren la calidad de los circuitos microelectrónicos.
- b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de esta tecnología:
- Preparación de compuestos de materiales semiconductores.
 - Empaquetamiento e interconexión avanzada.
 - CAD avanzado para circuitos cada vez más densos y complejos de diseño.
 - Endurecimiento-robustecimiento antirradiación.
 - Técnicas para dispositivos de volumen inferior a 0,2 micras.
 - Litografía para producción en serie inferior a 0,3 micras.
 - Durante este medio plazo coexistirán la tecnología avanzada de dispositivos semiconductores sobre soportes de silicio y los dispositivos de arseniuro de galio de tecnología todavía inmadura pero con ventajas considerables sobre las anteriores tales como: mayor velocidad, mayor resistencia a los daños producidos por la radiación y mayor resistencia a la temperatura.
- c) Posibles aplicaciones militares:
- Mayores capacidades y velocidad de proceso en armas «inteligentes».
 - Plataformas aéreas inestables, estabilizadas activamente.
 - Circuitos autocomprobadores (BIT) aumentando la fiabilidad y disponibilidad de los sistemas, reduciendo los problemas de mantenimiento.
 - Disponibilidad de memoria masiva del orden de gigabits.
 - Mejora y expansión del C3I.
 - Incremento de capacidades de su conocimiento, vigilancia de campo y adquisición de blanco.
- d) Situación industrial europea en este área tecnológica:
- La Unión Soviética: dispone de capacidad de producir sustratos de arseniuro de galio de elevada calidad a nivel de series pilotos, pero carece de esta capacidad a nivel de producción industrial.
 - Francia: realizando trabajos avanzados de estructuras de arseniuros de galio e indio para ópticas integradas.

- Inglaterra: fuerte soporte tecnológico en crecimientos de cristales, litografía de haces de electrones, equipos de diagnóstico de haces de electrones, filtros de arseniuro de galio.
- Alemania: fuerte soporte tecnológico en crecimiento de cristales de silicio, epitaxia por haz molecular diferencial.
- Holanda: adecuado sustrato tecnológico en deposición por vapor (CVD) y litografía por haz de electrones.
- Suiza: adecuado soporte tecnológico para conexionado y deposición de película delgada.
- España: carece del sustrato tecnológico elemental necesario y de personal entrenado.

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCTIVIDAD DEL *SOFTWARE*

- a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:
- Metodología *software* normalizada basada preferentemente en las normas DOD-STD-2167A y RTCA/DO-178A para *software* crítico.
 - Uso de lenguajes normalizados de alto nivel ADA estándar, F 77 (ANS), C preferentemente.
 - Uso de herramientas CASE.
 - Tendencia a integración de entornos de desarrollo.
 - Creación de librerías de módulos *software* reutilizables.
- b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de esta tecnología:
- Generación de *software* reutilizable.
 - Completitud y uso sistemático de librerías de módulos *software* reutilizables.
 - Elaboración de criterios, normativa y métodos para la obtención de un *software* seguro y fiable.
 - Generación de *software* para sistemas heterogéneos paralelos y distribuidos.
 - Entornos automáticos y consolidados de ingeniería de *software* y sistemas.
 - *Software* de tiempo real, tolerante a fallos.
- c) Posibles aplicaciones militares:
- En todas las áreas, la asignación de funciones al *software* en vez de la *hardware*, reduce la complejidad de los sistemas y el coste de replicación de los mismos. El *software* reutilizable es la base de solución más recomendable para afrontar el dilema de incrementos de coste del sistema-reducción de presupuesto militar, la generación

de *software* seguro y fiable es la base que asegura la disponibilidad operativa de los actuales sistemas militares.

- d) Situación industrial europea en este área:
- La Unión Soviética carece del sustrato tecnológico necesario, así como, del personal entrenado en cantidad apropiada.
 - Europa-OTAN dispone de un fuerte sustrato tecnológico en el área, caracterizándose los trabajos en la misma por un aborde en proyectos multinacionales tanto a nivel de equipos técnicos como de financiación. Fuertes avances en normalización de lenguajes en uso, entornos integrados y herramientas.
 - Holanda: potente sustrato en Ingeniería *software* en particular en algoritmos y *software* para arquitecturas paralelas.
 - Alemania: ibídem.
 - Inglaterra: potente sustrato en Ingeniería *software*, en particular en herramientas, entornos integrados y lenguajes para arquitecturas paralelas masivas.
 - España: tiene un sustrato tecnológico reducido y parcialmente adecuado, estando afectado por una limitación del personal capacitado y una fragmentación cada vez más extensa de los grupos de Ingeniería y desarrollo *software* en distintas compañías del mercado no teniendo siempre las mismas su área de interés en el mercado de defensa.

NUEVAS ARQUITECTURAS DE ORDENADOR

- a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:
- Ordenadores de alta velocidad.
 - De propósito general.
 - Enlace óptico.
 - Sistemas de 10 gigaops con 1 gigaop embebido.
 - Módulos ASIC.
- b) Objetivos tecnológicos a medio plazo dentro de esta tecnología:
- Sistemas del orden de teraops con hasta 100 gigaops embebido.
 - Memoria tridimensional.
 - Comunicaciones ópticas.
 - Sistemas operativos en tiempo real para arquitecturas.
- c) Posibles aplicaciones militares:
- Incremento de la precisión y letalidad de distinto armamento.
 - Sistemas embebidos de elevadas prestaciones para mejora en los reconocimientos automáticos de blancos.

- Incremento de la seguridad y supervivencia de todos los escalones de los sistemas de mando y control y de comunicaciones.

d) Situación industrial europea en este sector:

Inglaterra:

- Fuerte esfuerzo de investigación en *software* para proceso en paralelo.
- Han desarrollado el lenguaje de programación OCCAM para ordenadores en paralelo.
- Diseño de chips VLSI para soportar el lenguaje OCCAM *transputers*.

Holanda:

- Avances en el área de algoritmos *software* de aplicación a arquitecturas en paralelo.

SIMULACIÓN Y MODELIZACIÓN

a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:

- Configuraciones *hardware* que me permitan replicar una variedad de condiciones para hombre y máquina y su interfaz.
- Posibilidades para HWIL (*Hardware-in-the-Loop*).
- Posibilidades para SWIL (*Software-in-the-Loop*).
- Modelos de simulación analítica.
- Algoritmos de evaluación automática.

b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de esta tecnología:

- Integración de la simulación de campo de batalla en un entorno de «gestión de batalla» para ayuda a la toma de decisión táctica.
- *Ibidem* anterior para realización de TEWA (*Threat Evaluation and Weapon Analysis*) y generación-modificación de doctrina.
- Modelización de diseños hipotéticos con el fin de apoyar los compromisos para alcanzar un diseño óptimo.

c) Posibles aplicaciones militares:

- La simulación y modelización se puede aplicar a prácticamente cualquier programa de desarrollo-sistemas en su: definición, reducción de costes (de diseño y producción), mejora de características del sistema.
- Mejora y aceleración del entrenamiento del personal.
- Mejora del C3I (táctico).

d) Situación industrial europea en este sector:

Unión Soviética:

- Simulación y modelización extensiva de ejercicio-juegos de guerra y de conducción de crisis.
- Simulación y modelización extensiva para el desarrollo de armas y sistemas.

Inglaterra:

- Capacidad CFD.
- Modelización y simulación de redes complejas de comunicación.

Francia:

- Desarrollo de simuladores de sistemas de armas de seis grados de libertad.
- Mejoras en generación de imagen por ordenador.
- Generación de imágenes dinámicas en tiempo real.
- Simulación de entornos operativos y condiciones atmosféricas.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ROBÓTICA

a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:

- Paquetes *software* que permitan la detección y discriminación de sistemas.
- Paquetes de reconocimiento automático de blancos.
- Dispositivos para procesamiento de sensores y sus señales.
- Dispositivos normalizados para las interfaces.

b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de esta tecnología:

- Disponer de un manipulador robótico de campo para carga de carros.
- Disponer de un vehículo telerobótico blindado de asalto.
- Disponer de una plataforma multipropósito dirigido a distancias (telecontrol).
- Disponibilidad de controles que permitan la manipulación de más de un vehículo simultáneamente (telecontrol).

c) Posibles aplicaciones militares:

- Identificación de blancos en tiempo real.
- Soporte al sistema de decisión y de dirección de batalla BMS.
- Reducción-sustitución de funciones humanas en el campo de batalla por dispositivos «inteligentes».

- Mejora de los procesos de fabricación de material de uso militar o de interés para la defensa.
- Incremento de las capacidades de autodiagnóstico y reparación de los sistemas.

d) Situación industrial europea en este sector:

Unión Soviética:

- Buenos conocimientos teóricos sobre el área y sus aplicaciones. Carencia de infraestructura y materiales para ponerlos en práctica.

Alemania:

- Interés en redes neurales aplicadas a la producción de imágenes 2-D/3-D.

Holanda:

- Ibídem anterior.

Inglaterra:

- Interés en aplicaciones en procesamiento de señales radar.
- Interés en aplicaciones de interfaces fácilmente adaptables a los usuarios.

FOTÓNICA

a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:

- Técnicas y materiales para la manufactura de dispositivos ópticos, chips y sustratos.
- Técnicas y materiales para la manufactura de dispositivos interruptores ópticos.
- Técnicas de interconexión óptica.
- Modulares bidimensionales.
- Holografías generadas por ordenador.

b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de esta tecnología:

Aplicado a la capacidad de proceso fotónica:

- Incremento en un ciento por ciento de la capacidad de proceso.
- Disponer de arquitectura distribuida.
- Reducir la susceptibilidad de estos dispositivos a un impulso electromagnético.
- En criptografía-disponibilidad de comunicaciones seguras sin criptos.

En dispositivos fotónicos:

- Incremento en un 10 % del rango dinámico de los moduladores espaciales.
- Incremento en el mismo factor en la velocidad/capacidad de una red.
- Disminución en un factor del 10 % en los «cuellos de botella» de procesamiento de entrada-salida.
- Disponibilidad de un disco óptico táctico de 14 pulgadas y 6 gigabyte de capacidad de almacenamiento.

c) Posibles aplicaciones militares:

- Fuerte incremento de las capacidades ECCM de todos los tipos de sensores (IR, EW, Radar, acústico, etc.).

d) Situación industrial europea en este sector:

Inglaterra: trabajando en:

- Fabricación de dispositivos biestables.
- Cuántica y fotónica.
- Investigación sobre materiales ópticos no lineales.

Francia: investigando en:

- Investigación sobre materiales ópticos no lineales.
- Componentes en cristal líquido.
- Procesadores ópticos.
- Biestables ópticos.
- Interruptores ópticos de alta velocidad.
- Estructuras y bases complejas de arseniuros de indio y de galio.

Alemania: investigaciones en:

- Cuántica y fotónica.
- Lógica paralela.
- Filtraje espacial.
- Operaciones lógicas usando luz polarizada.
- Multiplicadores electroópticos y buses de comunicación ópticos.
- Red de área local óptica.

RADARES

a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:

- Tecnología de Ondas Milimétricas (MMW).
- Técnicas de Radar de Apertura Sintética Inversa (ISAR).

- Desarrollo-integración de sensores multispectrales de gran resolución.
- Técnicas de radares bioestáticos.
- Radares lásericos.
- Técnicas adaptativas espacio-temporales.
- Uso de técnicas de cálculo avanzado para discriminar, clasificar e identificar blancos.

b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de esta tecnología:

Para radares (monoestáticos y multiestáticos) y ESM:

- Atacar la amenaza de reducción de las emisiones RF.

Para sensores de detección de blancos:

- Incremento del área de búsqueda y detección de blancos en CLUTER.
- Radar de apertura sintética de baja frecuencia.

Para radares lásericos:

- Control de fuego de reacción rápida.
- Discriminación rápida de amenazas, jerarquización-priorización de las mismas.
- Caracterización tridimensional de blancos ocultos.
- Identificación efectiva en tiempo real de blancos poco observables.

c) Posibles aplicaciones militares:

- Combatir las capacidades de discreción de la tecnología *stealth*
- Mejorar las capacidades ECCM en entornos opuestos o degradados.
- Detección a largo alcance de blancos en todas las condiciones.
- Detección de blancos camuflados.
- Mejora de las prestaciones de búsqueda y resolución de los dispositivos de defensa estratégica.
- Capacidad de identificación de blancos no cooperativos en tiempo real y en entornos tácticos complejos.

d) Situación industrial europea en este sector:

Inglaterra investigando en:

- Tecnología básica SAR/ISAR.
- Técnicas de discriminación e identificación de blancos de interés en ambientes con mucho *clutter*.
- Técnicas de procesamiento de señales radar coherentes.
- Transmisiones láser rugerizados.

Alemania investigando en:

- Técnicas de imágenes con radares de apertura sintética.
- Detección y reconocimiento de helicópteros mediante radares lásericos.
- Tecnología básica SAR/ISAR.
- Técnicas de discriminación e identificación de blancos de interés en ambientes con mucho *clutter*.

Francia investigando en:

- Tecnología básica SAR/ISAR.
- Técnicas de discriminación e identificación de blancos de interés en ambientes con mucho *clutter*.
- Detección y reconocimiento de helicópteros mediante radares lásericos.
- Técnicas de imágenes para detección de blancos terrestres.

SENSORES PASIVOS

a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:

- Desarrollo de *arrays* planos bidimensionales.
- Desarrollo de técnicas mejoradas para radiometría por ondas milimétricas y micrométricas.
- Diseño y desarrollo de sensores superconductores.
- Desarrollo de técnicas para fusión de datos multisensor.

b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de esta tecnología:

- Disponibilidad de tecnología para radares monoestáticos multifrecuencia.
- Disponibilidad de capacidad de integración y diagnóstico con multisensores.
- Incremento de resistencia a la radiación.

c) Posibles aplicaciones militares:

- Incremento de las capacidades de detección, localización, clasificación, identificación y seguimiento de los sistemas disponibles.

d) Situación industrial europea en este sector:

Alemania trabajando en:

- Dispositivos IBC.
- *Arrays* lineales HCT.
- Sensores multiespectrales.

Inglaterra trabajando en:

- Técnicas de pasivación y encapsulamiento.
- Detectores HCT.
- Refrigeradores criogénicos.
- Sensores multiespectrales.

Francia investigando en:

- Sensores multiespectrales.
- Detectores HCT.

Italia trabajando en las áreas de:

- Sensores multiespectrales.
- Refrigeradores magnéticos.

RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO DE BLANCOS

a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:

- Mejora de sensores con resolución y capacidad incrementada de proceso a bordo.
- Conversión de datos y señales a alta velocidad.
- Incremento de los niveles de integración funcional.
- Desarrollo y refinamiento de bases de datos empíricos.
- Modelos de caracterización de blancos de interés.
- Modelos de *clutter* y de propagación.

b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de esta tecnología:

- Algoritmos y modelo de blancos de gran fidelidad.
- Algoritmos de redes neurales.
- Fusión de sensores multinivel.
- Modelización fiel de sensores.
- Modelos de predicción multisensores.

c) Posibles aplicaciones militares:

- Mejora en clasificación y adquisición automática de blancos.

d) Situación industrial europea en este sector:

Inglaterra trabajando en:

- Conversiones de datos de alta velocidad.
- Transistores integrados bipolares y CMOS.
- Materiales de detección avanzados.
- Tecnologías MMIC.

Francia trabajando en:

- Ibídem anterior.

Alemania: investigando en:

- Ibídem anterior.
- Técnicas de procesado de imágenes 3D y estimación por filtrado.

FUSIÓN DE DATOS

- a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:
 - Modelización fiable de sistemas distribuidos complejos.
 - Desarrollo de algoritmos para análisis efectivo de datos en tiempo real y correlación de los mismos.
 - Desarrollo de enlaces de datos de alta velocidad.
- b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de esta tecnología:
 - Modelos de producción y fusión de multisensores: ESM, RWR, UV, FR, etc.
 - Algoritmo de fusión bidimensional de datos de sensores radar e infrarrojos.
 - Procesador SIGINT en tiempo real.
 - Integración de datos de sensores con métodos mejorados de filtrado de la señal de fondo.
- c) Posibles aplicaciones militares:
 - Mejora de la detección frente a técnicas *stealth*.
 - Vigilancia de área y determinación de blancos.
 - Navegación a baja altura.
 - Técnicas avanzadas de gestión y dirección de batalla.
 - C3I.
- d) Situación industrial europea en este sector:
 - En todas las naciones de la CEE hay establecidos programas sobre tecnología y sistemas de información que de una forma u otra hacen hincapié en la fusión de datos, contando en su totalidad con una adecuada infraestructura industrial y tecnológica.

BIOTECNOLOGÍA DE MATERIALES Y PROCESOS

- a) Sustrato tecnológico necesario actualmente:
 - Técnicas de recombinación genética.
 - Técnicas de producción y síntesis de proteínas.
 - Síntesis de productos naturales.

- Producción de enzimas.
 - Producción de compuestos electrónicos avanzados.
- b) Objetivos tecnológicos críticos a medio plazo dentro de estas tecnologías:
- Biosensores (ópticos, funcionales e iónicos).
 - Biominería.
 - Síntesis de productos energéticos.
 - Enzimas para descontaminación.
 - Microencapsulación.
 - Biomateriales.
 - Bioelectrónica.
- c) Posibles aplicaciones militares:
- Protección nuclear, química y bacteriológica.
 - Medición de campaña.
 - Alimentación.
 - Fármacos y vacunas.
 - Producción artificial de sangre.
 - Bioproceso para descontaminación.
- d) Situación industrial europea en este sector:
- En todas las naciones de la CEE hay establecidos programas sobre biotecnología contando en su totalidad con una adecuada infraestructura industrial y tecnológica.

Estimación del posible impacto de la tecnología de doble uso en la industria española de interés para la defensa

De un somero análisis de la industria española de aplicación militar o de interés para la defensa pueden apuntarse los siguientes hechos relativos a la misma:

- Disponibilidad de unos recursos de inversión limitados.
- Disponibilidad reducida, o escasa, de personal tecnológicamente entrenado.
- Infraestructura de producción no consolidada.
- Productividad reducida tanto de las instalaciones industriales como del personal.
- Nivel de competitividad reducido.

Lo que combinado con unas perspectivas futuras de un mercado único de material de uso militar, o de interés para la defensa, no posicionan al tejido

industrial español en unas condiciones favorables para consolidar unos nichos de generación tecnológica y de ventas, propios, en el antedicho mercado lo que podría generar una implosión económica de este tejido industrial.

Debido al antedicho carácter limitado de nuestro tejido industrial y dotación humana, deberían concentrarse los esfuerzos de desarrollo e inversión en un número limitado de áreas, de interés para las que se dispusiera de una base tecnológica ya existente aunque la misma fuera incompleta. También se deberían aprovechar al máximo las transferencias de tecnología que se produzcan y los esfuerzos de inversión realizados en distintas áreas, de forma que los mismos refuercen el tejido industrial y la infraestructura tecnológica nacional, permitiendo alcanzar todos completos, estructurados y equilibrados en sus potencialidades y productos.

Una de las principales características de las que debería disponer la antedicha infraestructura industrial y tecnológica es que aquellos productos que a la misma genere se ajusten al máximo a la filosofía COTS como medio de consolidar la infraestructura antedicha y de contribuir a la generación expansiva de nuevas áreas de competitividad industrial.

De un análisis de:

- La participación de España en las CEPA de los programas EUCLID.
- El posicionamiento y potencialidad tecnológica asignado a Europa por el plan de tecnologías críticas del DOD.
- El informe sobre investigación y tecnologías en Europa emitido por la Fundación Científica Europea.
- Plan nacional del I+D.
- Relación de otros planes, y objetivos de los mismos, a nivel europeo.

Es posible concluir que las principales áreas tecnológicas e industriales en las que se deberían aplicar los esfuerzos antedichos, con el fin de conseguir una mayor reutilización de equipos y productos básicos, generados por la industria española con lo que se facilitaría tanto un incremento de la presencia de la industria autóctona de productos de uso militar o de interés para la defensa son las seis siguientes:

- 1) Incremento de la productividad del *software*.
- 2) Óptica y optoelectrónica.
- 3) Materiales avanzados ligeros.
- 4) Biotecnologías de materiales y procesos alimentarios.
- 5) Tejidos.
- 6) Tecnología de telecomunicaciones.

Entendiéndose por «incremento de la productividad del *software*» la generación de un *software* de aplicación múltiple, modular, fiable, probado, conforme a metodología y certificado, y que tendría aplicación entre otros productos COTS en los siguientes:

Software de:

- CAD/CAM/CAE.
- Sensores.
- Integración.
- Proceso de señal.
- Reconocimiento ambiental de alta velocidad.
- Manipulación de firmas.
- Predicciones de secciones eficaces radar.
- Entrenamiento básico y avanzado.
- Simulación de misiones.
- Simulación de escenarios bélicos.
- Interfaces.

Con aplicaciones, aunque no exclusivamente, en los siguientes productos-procesos de uso militar y/o interés para la defensa: armas portátiles; misiles; armas embarcadas; guerra electrónica; diseño; integración; logística y mantenimiento; fabricación; pruebas y evaluación; entorno de combate; medicina; búsqueda y vigilancia; reconocimiento; C3I; gestión de batalla; guiado y control de armas; identificación no cooperativa; sistemas de información; etc.

Se entiende por «óptica y optoelectrónica» el tratamiento de sensores ópticos; integración de los mismos y proceso de los datos que generan; tienen aplicaciones, aunque no exclusivamente, en los siguientes productos-procesos de uso militar y/o interés para la defensa: armas portátiles; misiles; armas embarcadas; guerra electrónica; armas electromagnéticas; designadores electromagnéticos; diseño; fabricación; plataformas —carros de combate; carros de combate de infantería, submarinos, buques, aviones—; satélites; sistemas de información; etc.

Se entenderá por «materiales avanzados ligeros» aquellos que además de tener una composición básica nueva y un bajo peso, tienen una elevada resistencia a la temperatura y a la tensión. Tienen aplicación entre otros productos COTS en los siguientes:

- Materiales metálicos (aleaciones ligeras de aluminio; aleaciones resistentes; aceros de nuevo desarrollo).
- Materiales cerámicos y de vidrio (cerámicas estructurales; cerámicas

eléctricas, químicas y electrónicas; vidrios; arcillas aligeradas; hormigones poliméricos).

- Materiales poliméricos (termoplásticos técnicos; termoendurecibles; polímeros de propiedades eléctricas).
- Materiales compuestos (componentes de matriz orgánica, altas prestaciones y gran difusión).
- Materiales magnéticos (imanes permanentes basados en: Al-Ni-Co; Sm-Co; Nd-Fe-B).
- Ferritas (duras y blandas).
- Catalizadores de purificación (membranas inorgánicas; biomateriales; superconductores, semiconductores).

Con aplicación, aunque no exclusivamente en los siguientes productos y/o procesos de uso militar y/o interés para la defensa: armas portátiles y embarcadas; misiles; guerra electrónica; armas y designadores electromagnéticos; diseño; integración; logística y mantenimiento; fabricación; plataformas —carros de combate, submarinos; buques de superficie; aviones y satélites—.

Entendiéndose por «biotecnología de materiales y procesos alimentarios» la aplicación y empleo sistemático de la Biología en medicina y logística, con aplicación entre otros productos COTS en los siguientes:

- Recombinación genética (en bacterias, levaduras y animales).
- Producción de: interferones; hormonas; TPA; factores de coagulación; factores de crecimiento; factores de necrosis tumoral; vacunas (hepatitis A/B/C, malaria); inmunotoxinas; hormotoxinas; anticuerpos clonados y enzimas).
- Órganos artificiales.
- Medicina legal.
- Genética y manipulación humana.
- Agricultura (control de plagas, mejoras en la calidad y nutrición y producción de proteínas).
- Ganadería (fertilización *in vitro* animales transgénicos; mejora de la cabaña; síntesis de proteínas de alto valor añadido).
- Industria y fermentaciones industriales (antibióticos; aminoácidos; etanol; alimentos; enzimas y detergentes biológicos; plásticos biodegradables, etcétera).
- Aplicaciones medio ambientales (depuración de residuos; biominería).
- Biosensores y biochips.

Y con aplicación, aunque no exclusivamente en los siguientes productos y/o procesos de uso militar y/o interés para la defensa: diseño, integración;

logística y mantenimiento; dietética; sanidad y farmacia; medicina; defensa química y bacteriológica.

Se entenderá por «tecnología de comunicaciones» la concepción, diseño y fabricación de sistemas y equipos para:

- Comunicaciones por cable y vía radio (tanto públicas como privadas).
- Radiodifusión e imagen.
- Localización e identificación de señales radioeléctricas y procesado de las mismas.

Con aplicaciones entre otras áreas y/o productos COTS en los siguientes:

- Desarrollo tecnológico de equipos dedicados a la comunicación por cable o radio en todas sus versiones y aplicaciones.
- Implantación de la banda ancha nacional.
- Desarrollo de TV de alta definición.
- Tecnología y actividades industriales relacionadas con componentes-equipos-sistemas de microondas y ondas milimétricas.
- Elementos y sistemas de fibra óptica.
- Desarrollo de Circuitos Integrados Monolíticos para Microondas (MMIC).
- Fuentes de alimentación «inteligentes».
- Sistemas de alimentación ininterrumpida.
- Instrumentación de medida para análisis y comprobación.
- Didáctica y sistemas interactivos de enseñanza.
- Equipos de electromedicina.
- Electrónica para automóvil.
- Electrónica para transporte ferroviario, aéreo y naval.
- Sensores, detectores y excitadores.
- Medición y control de emisiones y radiaciones.
- Energía fotovoltaica.

Y posibilidad de uso, aunque no exclusivamente, en los siguientes productos y/o procesos de uso militar y/o interés para la defensa: armas portátiles; guerra electrónica; misiles; designadores y armas electromagnéticas; diseño; integración; evaluación; pruebas y certificación; entrenamiento; defensa química y bacteriológica; medicina, entorno de combate; plataformas —carros de combate, vehículos terrestres, submarinos, buques, aviones— satélites; búsqueda y vigilancia; reconocimiento; C3I; gestión de batalla; identificación no cooperativa; guiado y control de armas.

Entendiéndose por «tejidos» toda la tecnología textil avanzada desde el hilado hasta la confección del tejido en sí, con aplicaciones, entre otras áreas y productos COTS en los siguientes:

- Pigmentación y estampado de los tejidos.
- Corte y confección de patrones óptimos.
- Tejidos compuestos y resistentes para trabajo pesado.
- Maquetismo, modelado y dimensionado.
- Tejidos para protección en medios y ambientes agresivos o contaminados.
- Embalajes, depósitos, contenedores y *shelters* flexibles.

Y con posibilidades de empleo, aunque no exclusivamente, en los siguientes productos y/o procesos de uso militar y/o interés para la defensa: chalecos de protección antimetralla-antibalas ligeros; trajes de protección para guerra química y bacteriológica; redes y tejidos de camuflaje-mimetizaje: sintético, reflectivo ultravioleta; térmico —invernal, desértico, bosque—; espectro radar completo; señuelos físicos inflables-extensibles; embalajes flexibles y automodificables; *shelters* plegables y desenrollables.

Al estimarse que sólo y exclusivamente con una inversión sostenida en estas áreas será posible obtener una mayor participación de la industria española en la generación de sistemas-productos de uso militar y/o de interés para la defensa, así como, una consolidación efectiva de estas áreas tecnológicas y un incremento de la competitividad y posicionado comercial de la industria española de aplicación militar y/o de interés para la defensa.

Conclusiones

Las aplicaciones de los sistemas-equipos COTS a la industria de uso militar podrían pues clasificarse orientativamente según la siguiente triada:

- Aplicaciones de tipo A: se consideran como tales todas aquellas aplicaciones en «Armas» (misiles, cañones, torpedos, minas, etc.); «Plataformas de combate» (aviones, helicópteros, carros de combate, cañones autopropulsados, buques, etc.) y de «Apoyo inmediato al combate» (C3I tácticas en los que la filosofía COTS es utilizable en un pequeño porcentaje de las aplicaciones, estimado del orden del 5 % y al 7 %) y fundamentalmente a nivel de componentes de las aplicaciones.
- Aplicaciones de tipo B: correspondientes a aquellas en las que la filosofía COTS es utilizable en un porcentaje apreciable de la aplicación (estimada del orden del 30 al 50 %) tales como: apoyo logístico, soporte a la dirección de las operaciones y a las tomas de decisión (C3I estratégicas): bases principales de apoyo a las fuerzas.
- Aplicaciones de tipo C: considerando como tales, los sistemas de soporte administrativo, las bases auxiliares de apoyo a las fuerzas en

guerra y a los servicios auxiliares de apoyo en guerra (transporte civil, comunicaciones, etc.), en los que se estima posible llegar a porcentajes de uso de la filosofía COTS del orden del 65 al 75 % de la aplicación.

La denominación de «doble uso» aplicada a tecnologías susceptibles de emplearse tanto en equipos-sistemas de uso militar y/o interés para la defensa como en productos comerciales es una distinción artificial y poco afortunada. Entendemos que la tecnología es única, variando exclusivamente la forma de su aplicación entre los antedichos productos de uso militar y/o interés para la defensa y los de consumo.

Deberían apoyarse, desde los estamentos y organismos industriales y estatales, de forma sosténica, aquellas tecnologías que redunden en una mayor reutilización de equipos-productos básicos generados por la industria española, lo que facilitaría el aumento de la componente industrial autóctona, de los sistemas-productos de interés militar o para la defensa, así como el uso de productos comerciales, o COTS adaptados y mejorados para su empleo en aplicaciones de índole militar con el fin de que esta tendencia tecnológica, contribuya a una mejora de la competitividad de las actuales líneas de productos españoles, así como, a una consolidación del tejido industrial existente y/o a una generación de nuevas áreas competitivas industriales que al mismo tiempo sean de interés para la defensa.

Parece lógico el recomendar que, salvo en el caso de desarrollos específicos de interés para Defensa, el presupuesto dedicado a I+D de interés para la defensa permitiera la adaptación específica de las tecnologías y productos COTS a los sistemas de uso militar, o de interés para la defensa, debiendo las antedichas tecnología y productos generarse dentro de un entorno tecnológico industrial comercial.

Es recomendable la eliminación parcial del carácter cautivo del mercado de sistemas, materiales y productos de uso militar o de interés para la defensa española incrementando la competencia natural industrial de este sector con el fin de adecuarlo y capacitarlo para el futuro mercado unido-armonizado militar o de interés para la defensa, ya sea dentro del marco de la OTAN o de la CEE.

Resulta evidente pues que la industria española de interés para la defensa:

- a) Debería concentrar sus esfuerzos eligiendo unas áreas tecnológicas limitadas en número, y de máximo proyección económica-rendimiento futuro, tanto a nivel industrial como social (por completar y/o desarrollar la infraestructura tecnológica ya existente); en vez de dispersar el esfuerzo económico en una variedad de áreas no especializándose en

ninguna, debiendo incidir pues la concentración de esfuerzos en aquellas áreas y productos que permitan el máximo valor añadido y preferiblemente en productos de filosofía COTS.

- b) La concentración de esfuerzos económicos deberá ir relacionada con un plan definido y concreto de I+D con compromiso de obtención de resultados, que permita la absorción de la tecnología generada por la infraestructura industrial española de interés para la defensa, facilitando la generación de nuevos productos con las antedichas tecnologías de forma que los mismos tengan demanda simultánea tanto en el mercado de consumo como en el de interés para la defensa.
- c) Aceptar la interdependencia multinacional en un amplio espectro de productos y sistemas de uso militar y de interés para la defensa, intentando lograr la máxima reutilización de los productos y líneas industriales comunes.
- d) Planificar e implantar a nivel industrial, incentivando a los trabajadores y empresas, un programa de formación continua y reciclaje-conversión del personal laboral que permita acumular de forma integrada y documentada la experiencia laboral y técnica del personal disponible.

ANEXOS

Anexo A.—Ejemplo de índice de un Manual de Operación y Mantenimiento de un sistema-equipos COTS para uso similar.

- a) *Con respecto a la cobertura de modelos, variantes y versiones de los sistemas-productos*; se debe tener en cuenta que si un manual cubre diferentes modelos, series o configuraciones de equipos-productos las mismas deben estar perfectamente claras e identificadas, mediante el uso de impresos de hojas de datos, erratas, cambios y similares.
- b) *Con respecto al estilo y formato*; se deben tener en cuenta los factores de comprensión, legibilidad, facilidad de uso, dimensiones físicas. También debe contener información sobre: seguridad y precauciones de uso, ilustraciones sobre mantenimiento, etc.
- c) *Con respecto a su contenido*; el mismo puede, orientativamente, tener un índice similar al siguiente:
 - 1. Índice.
 - 2. Normativa de referencia.

3. Condiciones de utilización y seguridad física.
4. Introducción y generalidades.
 - 4.1. Propósito y función manual.
 - 4.2. Información de entorno de uso del sistema-producto.
 - 4.3. Descripción del sistema-equipos (incluyendo: modelo del mismo, dimensiones, peso, volumen, centro de gravedad, potencia, etc.).
 - 4.4. Lista de items suministrados con el sistema-equipos.
 - 4.5. Lista de items necesarios para operación y mantenimiento.
 - 4.6. Herramientas y equipos de pruebas.
 - 4.7. Información sobre garantías.
 - 4.8. Precauciones de manipulación y envío.
 - 4.9. Información sobre las condiciones de almacenamiento.
5. Instrucciones para instalación y pruebas del sistema-equipos.
6. Principios e instrucciones de operación.
 - 6.1. Ilustraciones y explicaciones sobre el uso y función de todos los controles e indicadores del sistema-producto y sus elementos componentes.
 - 6.2. Ajuste inicial.
 - 6.3. Procedimientos de arranque.
 - 6.4. Régimen de operación normal.
 - 6.5. Procedimientos de apagado y desconexión.
 - 6.6. Procedimientos en casos de emergencia.
7. Instrucciones de mantenimiento.
 - 7.1. Mantenimiento preventivo.
 - 7.2. Mantenimiento correctivo.
8. Limpieza, acondicionamiento y lubricación (incluidas condiciones especiales).
9. Verificación de características y prestaciones del sistema-equipos.
10. Instrucciones de inspección.
11. Guía para la resolución de problemas de usuario.
12. Instrucciones para desmontaje, reparación, sustitución y montaje.
13. Instrucciones de preparación para el envío.
 - 13.1. Desmontaje y embalado del material frágil o sensible.
 - 13.2. Embalajes reutilizables.
 - 13.3. Herramientas especiales para manipulación.
 - 13.4. Montaje.
 - 13.5. Aseguramiento y fijaciones.
 - 13.6. Instrucciones para envío y descarga.
14. Instrucciones y condiciones de almacenamiento.

- 14.1 Almacenamiento en interiores y exteriores.
 - 14.2. Temperatura y limitaciones de entorno.
 - 14.3. Facilidades de almacenamiento.
 - 14.4. Necesidades de drenaje.
 - 14.5. Necesidad de revestimiento, preservación y mantenimiento.
 - 14.6. Necesidades de ventilación.
15. Listas de partes, croquis y diagramas (conteniendo orientativamente: bloques funcionales simplificados del sistema-producto, localizadores, tuberías, hidráulicos, eléctricos, digitales, etc.).
 - 15.1. Ilustraciones-fotografías de los croquis, diagramas y partes del sistema-producto.
 - 15.2. Items o componentes comerciales del sistema-producto.
 - 15.3. Ilustraciones operativas y de mantenimiento.
 - 15.4. Código de símbolos utilizado.
 16. Instrucciones de revisión completa de mantenimiento (OVERHAUL) del sistema-producto (cuando aplique).
 - 16.1. Listado o relación de equipo soporte, herramientas especiales y facilidades requeridas.
 - 16.2. Listado o relación de partes y componentes críticos.
 - 16.3. Análisis de preadquisición y compra (cuando aplique).
 - 16.4. Procedimiento o instrucciones detalladas para la realización de todas las acciones de revisión, incluyendo desmontaje, remoción, reemplazo, diagnosis, instalación, reparación, montaje, pruebas e inspección.
 17. Datos suplementarios.
 - 17.1. Hojas de identificación y actualización técnica y operativa.
 - 17.2. Condiciones normalizadas de presentación y estilo (tales como manuscritas, copia por cámara, reproducibles, negativos, fotográficos, medios digitales, imágenes directas, etcétera).
 - 17.3. Contenido (tales como lista de páginas efectivas, avisos y precauciones de seguridad, informe de compra, tabla de contenidos, hojas y registros de mantenimiento, almacenamiento de información, instrucciones de destrucción de interés material militar (para evitar su uso por el enemigo), instrucciones de lubricación, inspecciones y controles de mantenimiento preventivo, lista de piezas y materiales fungibles, lista de repuestos y reparables, cambios recomendados, etc.).

18. Número de catalogación nacional-OTAN del sistema-producto (NSN) *National stock number*.
19. Certificaciones de calidad y pruebas.

Anexo B.—Relación orientativa de tecnologías COTS o de doble uso.

<i>Sector tecnológico civil</i>	<i>Productos- tecnología COTS considerada</i>	<i>Sector tecnológico militar</i>	<i>Posible aplicación mejora</i>
Microelectrónica y electrónica.	<p>Circuitos integrados avanzados (dispositivos de arseniuro de galio, memorias, microprocesadores y periféricos, dispositivos de circuitos VHSIC de muy alta velocidad).</p> <p>Circuito integrado automático e impreso.</p> <p>Probadores de tableros de circuitos.</p> <p>Equipos de Deposición de Vapores Químicos (CVD) metalorgánicos.</p> <p>CAD.</p> <p>Óptica integrada.</p> <p>Equipo de implantación de iones.</p> <p>Equipos de litografía de haces de: electrones, iones y rayos X.</p> <p>Sistemas de Epitaxia por Haz Molecular (MBE).</p> <p>Semiconductores (compuestos III-V y II-VI, materiales heteroepitáxicos, cristalizadores especializados, silicio de calidad).</p>	<p>Misiles.</p> <p>Carros de combate.</p> <p>Vehículos acorazados.</p> <p>MLRS.</p> <p>Construcción naval.</p> <p>Equipos electrónicos.</p> <p>Telecomunicaciones.</p> <p>Aviónica.</p> <p>Sistemas C3I.</p>	<p>Equipos de fotoenmascaramiento.</p> <p>Microelectrónica para sistemas de armas.</p> <p>Memorias para sistemas de control de fuego.</p> <p>Acopladores de carga.</p> <p>Tubos de onda progresiva para comunicaciones satélite.</p> <p>Sistemas de comunicación láser.</p> <p>Tubos de microondas de alta potencia para radar de abordaje contra objetivos de vuelo bajo.</p> <p>Sistemas TV por infrarrojos.</p> <p>Radars de onda centimétrica con proceso digital a bordo.</p> <p>Sistemas de comunicación y telemetría.</p> <p>Ayudas perfeccionadas a la navegación terrestre, marítima y aérea.</p> <p>Radars de apertura sintética.</p> <p>Sistemas de nave-</p>

Sector tecnológico civil	Productos- tecnología COTS considerada	Sector tecnológico militar	Posible aplicación mejora
Ordenadores, Micros y Minis (<i>hardware</i>).	Sistemas de litografía. Fabricación de cubierta de circuitos. Tiristor semiconductor resonadores de cuarzo. Generadores de potencia. Generador de microondas. Microordenadores. CAD. Sistemas de manufactura flexible, etc.	Todos.	gación por culminación Sistemas de radares antibalísticos. Radares de alineamiento tridimensional. Radar suprahorizontal. Radar aéreo de banda corta. Dispositivo de disco. Ordenadores de burbuja magnética. Micros y Minis de aplicación militar (AM 2900; LSI-11H, etc.).
<i>Software</i>	Herramientas y entornos de Ingeniería <i>software</i> . Métricas. Lenguajes normalizados. Diseño modular. Análisis de elementos finitos. <i>Software</i> de control. Robótica. <i>Software</i> básico. <i>Software</i> de integración.	Todos.	<i>Software</i> de combate. Procesadores de matriz de ordenador. Métodos y algoritmos de análisis de espectros: - Acústico. - Electromagnético. Integración de sistemas. Equipos automáticos de pruebas.

Sector tecnológico civil	Productos- tecnología COTS considerada	Sector tecnológico militar	Posible aplicación mejora
C3I (mando, control, comunicaciones e inteligencia).	<p><i>Software</i> C3I. Sistemas de redes y ordenadores. Telecomunicaciones: Sistemas de transmisión por fibra óptica Sistemas de cambio digital Modems de alta velocidad Sistemas de comunicaciones por satélite Pantallas terminales.</p>	Todos.	<p>Modelos para los sistemas de control de tiro. Proceso y transmisión de datos en tiempo real. Entornos de prueba. Simulación y emulación. Comunicaciones. Mando y control.</p> <p>Comunicaciones avión-submarino. Reconocimiento en video. Procesador de video para reconocimiento espacial. Receptor de radar de reconocimiento. Grabadores magnéticos. Cables de fibra óptica. Micros de comunicaciones. Armas guiadas y/o inteligentes. Sistemas de comunicación por fibra óptica. Osciloscopios programables. Procesador digital.</p>
Radares.	<p>Radar de apertura sintética SAR. Técnica ISAR. Radares milimétricos. Primarios. Secundarios.</p>	<p>C3I. Aviación. Buques. Misiles. Blindados y vehículos acorazados.</p>	<p>Detección de aviones. Determinación de firma. Reconocimiento buques y posibles blancos y amenazas.</p>

<i>Sector tecnológico civil</i>	<i>Productos- tecnología COTS considerada</i>	<i>Sector tecnológico militar</i>	<i>Posible aplicación mejora</i>
			<p>Misil anticarro. Cabezas de guías de municiones inteligentes. Telemetría. Tecnología reducción firma.</p>
<p>Construcción e infraestructura.</p>	<p>Estructuras adaptativas. Conformado superplástico. Procesado de materiales avanzados. Uso de fibra óptica para ensayos no destructivos. Teoría estructural de vigas-placas-estructuras de pared delgada. Vibraciones, técnicas de ensayos estructurales y su instrumentación. Nuevos constituyentes estructurales (basados en materiales compuestos).</p>	<p>Construcción e infraestructura.</p>	<p>Puentes. Vehículos terrestres. Edificios. Bases y almacenes. Ingeniería de infraestructura.</p>
<p>Equipamiento industrial (ventilación, automoción, ferrocarril, estabilidad de puentes y cables).</p>	<p>Teorías de flujo laminar natural o híbrido. Control de la turbulencia. Control de ruido aerodinámico. Efectos de viento.</p>	<p>Carros combate. Buques. Aviación. Infraestructura y equipamiento. Misiles.</p>	<p>Simulación. Diseño vehículos, buques y aviones. Dotaciones de instalaciones fijas.</p>
<p>Manufactura, tecnología y materiales.</p>	<p>Aramidas, tejidos sintéticos y kevlar. Manufactura de fibra de vidrio. Sistemas de memo-</p>	<p>Misiles. Generación de potencia. Motores carros de combate, vehículos</p>	<p>Misiles perfeccionados. Tanques de aire a alta presión para submarinos.</p>

Sector tecnológico civil	Productos- tecnología COTS considerada	Sector tecnológico militar	Posible aplicación mejora
	<p>rias de disco. Tecnología memorias de burbuja. Laminado en frío de acero. Blindajes compuestos y laminados. Aluminio metálico. Aluminio reforzado con fibras. Ardil (Compuestos de aluminio). Aleaciones metálicas varias (aluminio altas prestaciones, de magnesio, de níquel, de titanio). Fibra de carbono. Materiales compuestos cerámicos. Materiales termoplásticos. Fibra de vidrio con resinas epoxi y poliéster. Adhesivo para metales estructurales. Equipos para el trabajo del aluminio. Fresado electroquímico. Soldadura. Técnicas metalográficas al vacío. Inspección ultrasónica y radiográfica. Fabricación de carbono-carbono. Revestimientos resistentes a las altas temperaturas. Prensas isostáticas. Equipo de evalua-</p>	<p>acorazados y de transporte. Buques de superficie y submarinos. Turbinas. Carcasas de motores. Aviación. Mejora de la protección estructural de buques, carros de combate y vehículos acorazados. Células de aviación.</p>	<p>Ordenadores militares. Memorias de abordaje para misiles tácticos. Mejoras en blindaje y protección. Aviación de combate de firma reducida y altas prestaciones.</p>

Sector tecnológico civil	Productos- tecnología COTS considerada	Sector tecnológico militar	Posible aplicación mejora
Química, petróleo y petroquímica.	<p>ción y pruebas no destructivas. Láseres para acondicionamiento de superficies y proceso de materiales. Equipo de ensamblaje y empalme de materiales. Hornos de vacío para desarrollo de cristales simples. Moldeadores de precisión.</p>	<p>Misiles. Aviación. Carros de combate y vehículos acorazados y blindados. Buques de superficie y submarinos.</p>	<p>Estatorreactor híbrido para misiles de crucero. Película fotográfica para reconocimiento: aéreo, espacial. Película antiestática para fotorreconocimiento. Combustible sólido para misiles. Sistema fotolitografía microelectrónica. Combustibles reactores aviación. Equipos protección mejorada para pilotos.</p>
	<p>Emulsiones fotográficas y bases películas. Polietileno de baja densidad. Combustibles. Materiales compuestos de poliamida. Producción de fibra de carbono. Pinturas para equipo radioelectrónico. Material aglutinante para naves y estructuras. Resinas de intercambio iónico. Sistemas láser para reconocimiento a distancia químico-biológico. Aceite de motor sintético. Aditivos resistentes a las radiaciones. Aglutinantes de poliuretano. Catalizadores.</p>		

Sector tecnológico civil	Productos- tecnología COTS considerada	Sector tecnológico militar	Posible aplicación mejora
	Selladura de tejido cauchutado. Caucho industrial. Elastómero fluorado de alta y baja temperatura. Revestimiento de camuflaje absorbente-no reflectante no emisor: radar, infrarrojo, electromagnético, etc.		
Producción metálica.	Forjado. Extrusado. Laminado. Conformado en frío y caliente. Calibración.	Producción munición y armas ligeras.	Granadas artillería. Proyectiles subcalibrados. Granada de penetración de wolframio. Vainas de proyectiles. Municiones pequeño calibre. Cuerpo torpedos y misiles. Espoletas (ruido, radioelectrónica, onda milimétrica). Señuelos térmicos. Estructuras de protección explosiones.
Láseres.	Láseres industriales. Diamantes para espejos. Refrigeración y superconductividad. Giróscopo láser. Proceso de separación de isótopos. Láser dinámico de gas.	Blindados, carros de combate, buques, fuerzas de artillería.	Telémetro láser. Sistemas láser. Armas láser de alta potencia por CO/CO ₂ . Arma láser química. Cristales duplicadores. Sistemas holográficos de control de fuego.

Sector tecnológico civil	Productos- tecnología COTS considerada	Sector tecnológico militar	Posible aplicación mejora
Tejidos.	Pigmentación. Producción de hilo. Telares. Corte y confección de patrones. Tejidos compuestos. Maquetismo, modelado, coloreado y dimensionado.	Tejidos de uso general, vestimenta e indumentaria de combate, protecciones físicas personales; protección química y bacteriológica.	Bombas y municiones de guiado láserico. Chalecos antifragmentos-antibala avanzados y ligeros. Trajes de protección química y bacteriológica avanzados. Camuflajes: sintético, reflectivo ultravioleta, térmico invernal; térmico desértico; espectro radar completo. Señuelos físicos inflables, desenrollables, rígidos, ensamblables, articulables y de señal equivalente. Embalajes flexibles y automodificables-adaptables. Depósitos, contenedores y <i>shelters</i> plegables-desenrollables.
Biotecnología	Recombinaciones genéticas (bacterias, levaduras, animales y plantas). Producción de: interferones, hormonas, factores de crecimiento, vacunas (hepatitis A/B/C y malaria); inmunotoxinas; hormotoxinas; anticuerpos clonados.	Medicina y Farmacia. Logística y mantenimiento. Aplicación: general.	Producción de interferones, factores de coagulación, vacunas (hepatitis A/B/C y malaria), inmunotoxinas. Organos artificiales. Genética y manipulación humana. Síntesis de proteínas de alto valor añadido. Fermentaciones (an-

Sector tecnológico civil	Productos- tecnología COTS considerada	Sector tecnológico militar	Posible aplicación mejora
	Organos artificiales. Genética y manipulación humana. Control de plagas. Síntesis y producción de proteínas. Mejora artificial de la cabaña. Fertilización <i>in vitro</i> . Fermentaciones (antibióticos, aminoácidos, etanol). Detergentes biodegradables. Plásticos biodegradables. Biosensores y biochips.		antibióticos, aminoácidos, etanol). Alimentos (cerezas, vinos, quesos, panificación). Plásticos biodegradables. Biosensores y biochips. Detergentes biodegradables.