

EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA MILITAR Y SU «IMPACTO EN ESPAÑA»

Por LUIS A. GUTIÉRREZ DÍEZ

Definición y contenido

Entenderemos por tecnología militar a la aplicada a productos que responden a una especificación militar, es decir, a aquellos productos que son de utilización casi exclusiva por tropas combatientes. En este trabajo se hace un repaso general de la evolución histórica de esta tecnología, con un tratamiento particularizado de la tecnología militar en España, su estado actual y su impacto sobre las industrias españolas que fabrican productos militares.

En la última parte, se exponen algunas ideas sobre el futuro de la tecnología militar, a la vista de las condiciones geopolíticas actuales y la previsión de su evolución en los próximos años.

Es preciso señalar que cada vez será más difícil poder individualizar la tecnología específicamente militar con relación a la que se aplica a los bienes de consumo.

En muchos casos, las necesidades militares han dado lugar a nuevos adelantos tecnológicos muy beneficiosos para la humanidad.

Pero actualmente las circunstancias no son las mismas. Los conflictos bélicos, afortunadamente, son cada día menores y de menor duración. Tradi-

cionalmente, los períodos de guerra son períodos revolucionarios en lo que se refiere a los avances tecnológicos. Los períodos entre guerras son, sin embargo, períodos de evolución. Estamos viviendo uno de los períodos de evolución más largos que jamás se habían experimentado. El último gran período de evolución se extendió desde 1871 hasta 1914, 43 años. El presente tiene más de 45 años y probablemente se prolongará durante varias décadas más. Por consiguiente, los técnicos y científicos dedican más parte de su vida a investigar adelantos tecnológicos de aplicación civil que el que empleaban en el pasado.

Nos podemos preguntar qué invenciones e innovaciones se habrían realizado sino hubiera habido grandes guerras en este siglo.

La cuestión, evidentemente, no puede ser contestada; lo único que podemos decir es que muy probablemente la evolución tecnológica hubiera sido diferente.

En estos momentos el mercado de bienes de consumo ha llegado a ser el principal promotor de un creciente número de áreas relacionadas con los productos militares, tales como las de satélites, componentes electrónicos, ordenadores y telecomunicaciones, de tal manera que en el futuro la industria de defensa estará basada en tecnologías que se desarrollarán fundamentalmente en el sector civil.

En los últimos años de la guerra fría, se venía experimentando lo que se conoce por «desarme estructural», fenómeno motivado por la tendencia constante al incremento del coste unitario de los materiales, a base de exigir a estos cada vez más prestaciones. El coste del material convencional se ha venido duplicando, en valores constantes, cada diez años, y el de los materiales de mayor complicación tecnológica se ha cuadruplicado en el mismo período de tiempo. Esto significaba, a su vez, series de fabricación más cortas, para adaptarse al presupuesto disponible. En la industria civil, sin embargo, la tendencia era justamente lo contrario, fabricar grandes series de productos relativamente sencillos, a un coste unitario cada vez más bajo.

El final de la guerra fría ha supuesto una gran disminución de la demanda de productos militares, lo que ha obligado a las industrias a reestructurarse y a diversificar su fabricación. A su vez, los Ministerios de Defensa están haciendo mucho menos duras las especificaciones de los productos militares, siempre que no se vaya en detrimento de la fiabilidad o de las prestaciones operativas, con objeto de poder utilizar bienes de consumo común y conseguir un precio más bajo, lo que permite hacer una utiliza-

ción más eficaz de los recursos económicos, cada vez más escasos, con motivo de los conocidos «dividendos de la paz».

La caída de los presupuestos obliga a los militares a buscar una mejor relación coste/eficacia de los armamentos, lo que da lugar a lo que se puede denominar el *spin-in* o aplicación de la tecnología de ámbito civil hacia el militar. Las tecnologías duales afectan principalmente al campo de las telecomunicaciones, la información, el transporte, los sensores, la microelectrónica, los materiales especiales, etc. Hay que significar que actualmente son mucho más numerosos los productos desarrollados para una aplicación civil y adaptados a las aplicaciones militares, que los concebidos desde una perspectiva militar y extendidos seguidamente a una aplicación civil. Pocos productos, en origen militares, se manifiestan suficientemente competitivos en un mercado civil, en donde domina una fuerte competencia y en donde la relación calidad/precio predomina sobre el concepto puro de prestaciones o de características.

Evolución de la tecnología militar

El primer propósito constructivo del hombre fue crear una industria armera que le permitiera protegerse de los ataques de los animales (armas defensivas) o atacarlos (armas ofensivas) para conseguir comida y poderse vestir. Al fabricar sus primeras armas, el hombre no piensa en la guerra, sino en su supervivencia. La guerra vendría después, cuando, a medida que el hombre se fue organizando en sociedad, vinieron los conflictos por intereses comunes.

Así pues, el hombre utiliza inicialmente las armas para la propia defensa y para la caza. Al mismo tiempo puede apoderarse de animales libres y tenerlos siempre a su disposición. Nace, pues, el pastor, y más tarde el agricultor. Desgraciadamente, comienzan los conflictos sociales entre los hombres y éstos se ven obligados a defender su ganado y sus tierras y, para ello, necesitan armas.

Las primeras armas se utilizaron siempre unidas a la mano del hombre (armas de mano), como la espada, la maza y el puñal, con lo que, además de peligroso, en ocasiones resultaban insuficientes por la mayor velocidad de la mayoría de los animales. Esto dio lugar a la aparición de las armas arrojadizas (jabalina y dardos) y más tarde a las armas de proyección, el arco y la flecha, la honda y la ballesta.

Desde épocas muy remotas, las ballestas habían sido las principales armas de los ejércitos. La ballesta tenía dos características destacadas.

En primer lugar, era de muy fácil manejo. No se necesitaba una fuerza especial para armarla y, conseguido esto, bastaba con que el arquero colocara la flecha en posición de disparo y la dirigiese hacia su blanco. Por el contrario, el arco requería mucha práctica para desarrollar la fuerza suficiente para tensarlo al máximo.

Al complicado conjunto de armamento formado por máquinas lanzadoras de piedras, flechas y materiales incendiarios se sumaron, hacia el año 1000, mezclas explosivas, incluida la pólvora. Los explosivos fueron utilizados inicialmente como material incendiario, pero los chinos comenzaron a explotar el poder propulsor de la pólvora a partir de 1290 cuando, al parecer, fueron inventadas las verdaderas armas de fuego.

Probablemente la pólvora fue empleada por la artillería árabe en el siglo XIII (sitio de Niebla, 1275), generalizándose su uso en el siglo XIV. Fue utilizada por los árabes en Algeciras (1342), por los ingleses en Crezy (1346) y por los venecianos en Chioza (1380).

El origen de la pólvora es casi con toda seguridad oriental, pero no es posible determinar si del Oriente Próximo o del Lejano, pues parece ser que las últimas investigaciones descartan un origen chino de la pólvora. En cualquier caso, constituye uno de los hechos fundamentales de la humanidad.

La idea de que el poder explosivo de la pólvora podía disparar un proyectil con una fuerza hasta entonces inasequible parece haber surgido casi simultáneamente en Europa y en China. Los primeros dibujos que atestiguan claramente la existencia de armas de fuego datan de 1326 en Europa y de 1332 en China.

Hasta mediados del siglo XIX la pólvora negra fue uno de los principales medios de guerra. La obtención de la nitrocelulosa para pólvoras por Branconort (1832) y de la nitroglicerina por Sobrero (1847) dio origen a las pólvoras sin humo, que han desplazado a la pólvora negra de casi todos sus usos militares.

Pero incluso si la idea de las armas de fuego, como la de la pólvora, hubiese llegado a Europa desde Oriente, sigue en pie el hecho de que los europeos aventajaron rápidamente a cualquier otro pueblo en el diseño de las armas y continuaron disfrutando de una clara superioridad en este terreno hasta la Segunda Guerra Mundial.

El esfuerzo invertido en la construcción de las primeras armas de fuego excedió en mucho a la eficacia de éstas, ya que durante más de un siglo, las catapultas siguieron superando todo lo que un arma de fuego pudiera hacer. Sin embargo, esto no detuvo la experimentación.

Inicialmente, se fabricaron unas armas de fuego gigantes, soldando juntas barras de hierro forjado. Una solución más satisfactoria consistió en emplear las técnicas de la fundición del metal que los fabricantes de campanas ya habían llevado a un alto grado de perfección.

Así pues, hasta que se descubrió cómo fundir satisfactoriamente cañones de hierro, los suministros de cobre y estaño para hacer bronce, y de cobre y zinc para hacer latón, fueron considerados como estratégicos por los gobernantes de Europa, hasta que se descubrió en el año 1543 cómo fundir satisfactoriamente cañones de hierro. No obstante, hasta la década de 1660 los cañones de bronce y latón siguieron siendo los preferidos.

En el año 1734 el ingeniero suizo afincado en Francia Jean Maritz (1680-1743) vio que era posible lograr unos resultados mucho más precisos y uniformes fundiendo el cañón como una pieza maciza de metal y tala-drando después el ánima.

Gribeauval, entre los años 1763 y 1767 introdujo una transmisión por sector dentado para dotar al cañón de un mecanismo de elevación para modificar el ángulo de tiro, así como un sistema de puntería a base de una mira, que permitieron mejoras considerables en la precisión del tiro. También, inició la técnica de lo que más adelante sería el disparo de bala y pólvora en un único elemento, con lo que se facilitaba mucho la operación de carga y se aumentaba la cadencia de tiro. Finalmente, Gribeauval desarrolló diferentes tipos de bala —macizas, de camisa y de metralla— para diferentes blancos, asegurando así la versatilidad de los cañones.

Durante la década de 1780 se habían producido en Gran Bretaña técnicas nuevas y avanzadas de fundición del hierro. A destacar, el invento de Henry Cort, en 1784, de la llamada «pudelación» y, sobre todo, el descubrimiento del «proceso Bessemer» para la elaboración del acero, los cuales permitieron la producción de acero a gran escala y una regulación más precisa de su contenido químico y estructura, que la posible hasta entonces.

En lo que se refiere a las armas de fuego portátiles, diremos que entre los siglos XIV y XVI apareció el arcabuz, de carga por la boca y cañón de ánima lisa que disparaba bolas de hierro. El sistema de encendido fue primero de mecha y después de chispa. El arcabuz fue evolucionando hacia el mosquete, arma muy utilizada por los Tercios de Flandes.

A mediados del siglo XIX apareció el fusil máuser, de cierre de cerrojo y ánima rayada, que disparaba tiro a tiro. Posteriormente, ya en el siglo XX, aparecieron los fusiles con un tipo de cierre más avanzado que permitían tirar también a ráfagas.

En el arsenal de Springfield, Massachusetts, en Estados Unidos, se desarrolló lo que en Europa se conoció como «sistema americano de fabricación», cuyos resultados se pudieron conocer en la Gran Exposición de 1851, en la que Samuel Colt exhibió revólveres y demostró la intercambiabilidad de las piezas desmontando una serie de ellos, mezclando las piezas y volviendo a montarlos para formar de nuevo revólveres que funcionaban con igual calidad que los iniciales.

La fabricación en serie no se limitó a las armas, sino que también se aplicó a las balas, llegándose a disponer de maquinaria que producía 200.000 cartuchos completos al día.

Otra consecuencia de la fabricación en serie fue la siguiente. Antes de la década de 1850, cambiar el diseño de unas armas ligeras distribuidas entre cientos de miles de soldados habría sido una empresa interminable y tremendamente difícil. A ello se debía que los mosquetes europeos hubiesen permanecido durante ciento cincuenta años prácticamente iguales. Sin embargo, con la maquinaria automática, una vez realizadas las plantillas, podían producirse en un solo año cientos de miles de armas de fuego de nuevo diseño.

En el año 1866 fue inventado el torpedo autopropulsado por el británico Whitehead. Este torpedo estaba basado en un arma de superficie inventada en 1860 consistente en un bote de hélice que portaba una carga explosiva; un mecanismo de relojería accionaba la hélice y uno de percusión hacía funcionar la carga. El torpedo de Whitehead pesaba 136 kg, medía 3,53 m de longitud y 356 mm de diámetro y podía alcanzar un blanco a 200 m a una velocidad de 5 nudos. A principios de siglo el torpedo llevaba una carga de 100 kg y alcanzaba un blanco a 1600 m a una velocidad de 40 nudos. Los pequeños y rápidos torpederos tenían poco que temer de los acorazados existentes en 1880.

En la primera guerra mundial los alemanes adaptaron el torpedo al submarino, causando el 60% de las pérdidas aliadas en navíos mercantes.

A principios de la década de 1880, cuando la amenaza de los torpedos era reciente, se definieron las características de un arma de tiro rápido necesaria en los barcos de guerra para combatir el peligro que suponían los torpedos. Lo que se deseaba era un arma capaz de hacer fuego con una cadencia alta, lo suficientemente poderosa como para detener a un torpedero que se aproximase por el agua antes de llegar a los 600 m, distancia que entonces representaba el alcance eficaz de los torpedos autopropulsados.

En el año 1886 Armstrong desarrolló cañones de gran calibre de tiro rápido que utilizaban cilindros de retroceso hidráulicos para colocar automática-

mente el cañón en posición de fuego una vez disparado. Esto, junto con unos mecanismos de cierre radicalmente mejorados y un sencillo dispositivo para obturar la recámara en el momento de la ignición, hicieron que los cañones de tiro rápido de Amstrong fueran profundamente revolucionarios. Toda la artillería posterior, de hecho, se deriva básicamente de esta combinación de características que permitían al cañón disparar varias veces por minuto y con gran precisión.

Las primeras experiencias encaminadas a obtener un ingenio que pudiese navegar sumergido fueron realizadas por los británicos: Bruce (1580), Prebbel (1620), Symons (1747). Los norteamericanos fueron los primeros que aplicaron estas experiencias con fines bélicos en el año 1776. Durante la primera mitad del siglo XIX se diseñaron varios tipos de submarinos, entre ellos el *Ictineo* de Monturiol movido por máquinas de vapor. En 1888 Peral construyó en Cádiz un submarino de 22 m de eslora y de 75 a 85 tn y que iba equipado con dos motores eléctricos de 30 CV alimentados por baterías de acumuladores y armado con dos torpedos *Schwartzoff* de 450 mm.

En el año 1887, el francés Gustave Zédé proyectó el primer submarino viable de alta mar. En 1903, los periscopios proporcionaron a los submarinos el medio por el cual podían apuntar los torpedos hacia sus blancos mientras permanecían sumergidos.

En este siglo, el avance de la tecnología militar ha sido realmente espectacular. Veamos cómo se han ido produciendo las variaciones en las armas utilizadas por los ejércitos, en función de los avances tecnológicos acaecidos.

En 1900, las principales armas terrestres eran los fusiles de cerrojo, pocas ametralladoras y piezas de artillería ligera (principalmente de calibre 75 mm). En el mar, el principal arma era el crucero equipado con cañones de 155 mm. En 1906, los aviones se estaban desarrollando ya rápidamente. A partir de esta época, las industrias de armamento se convierten en pioneras de una nueva tecnología tras otra, metalurgia del acero, química industrial, maquinaria eléctrica, radiocomunicaciones, turbinas, motores diesel, óptica, calculadoras, maquinaria hidráulica, etc. Al principio de la Primera Guerra Mundial, surgió la idea de que un vehículo blindado sobre orugas podía ser capaz de cruzar con impunidad las trincheras enemigas. Si se le equipaba con cañones apropiados, este vehículo podía destrozar las ametralladoras enemigas y abrir camino a un avance general.

En el año 1920, las Fuerzas Terrestres tenían gran cantidad de fuerzas dotadas de fusiles de cerrojo, muchos morteros y artillería más pesada

(calibre 105 mm). Se empezaron a utilizar vehículos blindados elementales y muchos camiones. Las armas químicas habían sido desarrolladas y utilizadas, pero pocos querían volverlas a utilizar. La mayor parte del material pesado era transportado por caballos. En el mar, el buque principal era el acorazado. El arma nueva era el submarino, que básicamente era un pequeño buque torpedero que podía viajar sumergido durante un pequeño número de horas. Los buques de superficie tenían solamente un sonar muy sencillo y cargas de profundidad para combatir contra los submarinos. En el aire, había unas armas totalmente nuevas: aviones biplanos de madera y tela que llevaban ametralladoras y bombas pequeñas. Todas las tropas utilizaban la radio y el teléfono.

En 1940, las Fuerzas Terrestres tenían más y mejores vehículos blindados y un 5 a un 10% de las tropas eran Unidades mecanizadas. En el mar había ahora portaaviones y muchos más submarinos. Desaparecieron los acorazados. En el aire había aviones metálicos de hélice predecesores de los modernos aviones de combate, así como aviones de bombardeo de cuatro motores. Las Fuerzas Terrestres y la Armada tenían miles de ametralladoras y cañones antiaéreos. Poco antes de la Segunda Guerra Mundial científicos e ingenieros británicos descubrieron cómo utilizar la reflexión de las ondas electromagnéticas para localizar aviones a una distancia que permitiera a pilotos de cazas interceptarlos. La serie de estaciones radar que montaron los ingleses, atentas a los vuelos procedentes del continente, se demostraron determinantes en la señalización de aviones de bombardeo alemanes durante la batalla de Inglaterra. El radar siguió desarrollándose muy rápidamente durante la guerra y encontró nuevos usos en la navegación de los aviones, el tiro y la técnica aeroespacial.

Había muchas más radios y un sonar mejorado. En el año 1944 fueron utilizadas por los alemanes las famosas bombas V-1, bombas volantes parecidas a aviones sin piloto que podían transportar una carga explosiva de 800 kg a una distancia de 300 km, y V-2, con una fase caliente inicial propulsada por los gases procedentes de la combustión de alcohol y oxígeno líquido y una fase final balística, con capacidad de transportar una carga explosiva de 1000 kg a 350 km de distancia. Tras laboriosos estudios llevados a cabo durante la Segunda Guerra Mundial y el experimento definitivo realizado el 16 de julio de 1945 en Los Álamos (Nuevo México), los americanos lanzaron sobre Hiroshima y Nagasaki (6 y 9 de agosto de 1945, respectivamente) dos bombas atómicas, una de uranio y otra de plutonio, cuyos efectos fueron tan devastadores que Japón aceptó el 10 de

agosto el ultimátum aliado de Postdam, que había rechazado el 28 de julio. Con estas dos explosiones se iniciaba una nueva era en la historia militar: el acontecimiento atómico dominó la política militar de los años subsiguientes al conflicto.

En 1950, el Gobierno americano reaccionó ante la pérdida de su monopolio atómico —los rusos cinco meses después de que se creara la OTAN habían hecho estallar su primer ingenio nuclear— decidiendo seguir adelante con el desarrollo de un arma mucho más terrible, la bomba de fusión o bomba H. Los rusos siguieron sus pasos, experimentando su primera bomba de hidrógeno nueve meses después de que Estados Unidos, en noviembre de 1952, experimentó la reacción de fusión en el atolón de Eniwetork, en el Pacífico. Desde comienzos de la década de 1950, los americanos impulsaron la investigación y el desarrollo de los cohetes, pero los rusos comenzaron mucho antes que Estados Unidos y en octubre de 1957 lanzaron un cohete que consiguió poner en órbita alrededor de la Tierra un pequeño satélite —el *Sputnic*— y en meses posteriores enviaron al espacio cargas útiles cada vez mayores.

En el año 1960, se introdujeron las armas nucleares tácticas. Los vehículos blindados eran mayores y más numerosos. La mayor parte de las naciones tenían ejércitos completamente mecanizados. El calibre más utilizado de artillería era de 155 mm y en gran parte la artillería era autopropulsada. El ejército utilizaba muchos medios electrónicos principalmente el radar, y radios mucho más capaces. Las Armadas reconocían la supremacía de los portaaviones, pero surgió el primer submarino nuclear y la guerra antisubmarina alcanzó nuevas cotas de eficacia con cientos de aviones de patrulla marítima equipados con ordenador, más sensores estacionarios bajo el agua. Las Fuerzas Aéreas ya tenía aviones de combate supersónicos armados con misiles así como pesados aviones de bombardeo a reacción. En julio de 1969 los americanos llegaron a la Luna.

En el año 1980, las Fuerzas Terrestres habían introducido versiones más capaces de las armas y materiales de 1960. Se disponía de misiles guiados anticarro y blindajes más eficaces. Las principales Armadas tenían más submarinos nucleares y portaaviones. Las Fuerzas Aéreas tenían aviones más capaces. Los misiles eran más complejos y eficaces. Los aviones de bombardeo de largo alcance habían sido complementados por los Misiles Intercontinentales Balísticos (ICBM,s). Se empezaron a utilizar armas inteligentes que podían combatir por sí solas.

Estado actual y tendencias de la tecnología militar

El estado actual de la tecnología militar está íntimamente ligado al desarrollo de la electrónica. Sin duda alguna, la electrónica ha transformado más la cara de la tecnología militar moderna que los avances en cualquier otra área. Los progresos en otros campos como la propulsión, la aerodinámica, los materiales y los explosivos han sido importantes, pero ninguna otra tecnología ha tenido un efecto tan radical en el diseño y empleo del armamento moderno.

Los sistemas de armas, tales como aviones, misiles, carros de combate y sistemas navales incorporan cada vez más electrónica, al mismo tiempo que los sistemas electrónicos propiamente dichos, tales como los radares, las redes de comunicaciones, los equipos de guerra electrónica, los sistemas de navegación y los sistemas de información del campo de batalla se despliegan más extensamente y son los principales «multiplicadores de fuerza» que permiten que las armas sean empleadas más eficazmente, con nuevas modalidades y en nuevas misiones.

Además, los sistemas electrónicos representan un papel cada vez mayor en el diseño y producción de armas, así como en la simulación, entrenamiento, verificación y mantenimiento.

Los componentes electrónicos disminuyen constantemente de tamaño y consumo de potencia, al mismo tiempo que aumentan sus capacidades. En consecuencia, sus aplicaciones han aumentado extraordinariamente. En la actualidad están desarrollados circuitos integrados de muy alta velocidad VHSIC (*Very High Speed Integrated Circuits*) y circuitos monolíticos integrados de microondas MMIC (*Monolithic Microwave Integrated Circuits*). La función principal de estos circuitos es producir sistemas electrónicos con una combinación sin precedentes de alta capacidad, tamaño reducido, flexibilidad y fiabilidad.

El objetivo es producir circuitos integrados de un tamaño cinco veces menor que los actuales, conteniendo a su vez 30 veces más elementos que ellos y operando a una velocidad 10 veces mayor. En términos prácticos esto se reduce a conseguir sistemas electrónicos que requieran menos componentes, menos cableado y menos paneles de control. Por ejemplo, ahora un soldado de Infantería puede transportar en su mochila una capacidad de comunicaciones que hace 20 años requería tener un pequeño camión para ser transportada.

Los avances en la tecnología electrónica afectan significativamente al campo de los sensores. En concreto, las longitudes de ondas milimétricas están recibiendo mayor atención porque las nuevas tecnologías —sobre todo el uso de los circuitos integrados de arseniuro de galio— sólo han estado disponibles desde hace relativamente poco tiempo y éstos son esenciales para la explotación de estas longitudes de onda.

Las ondas de muy baja frecuencia y las ondas de radio de baja frecuencia están siendo ya utilizadas para conseguir comunicaciones fiables, particularmente con submarinos sumergidos y están en desarrollo nuevos sistemas para facilitar las comunicaciones a profundidades mayores. En el otro extremo del espectro, se vienen utilizando ondas denominadas milimétricas de frecuencias muy altas, entre 30 y 300 gigaherzios, para comunicaciones y nuevos tipos de sensores.

Las ondas milimétricas pueden portar una gran cantidad de datos y producen un haz muy estrecho con lóbulos laterales muy pequeños, haciendo extremadamente difícil su detección. Las ondas milimétricas se pueden utilizar activa o pasivamente y pueden conseguir unas resoluciones muy altas con antenas de tamaños moderados. En su modo pasivo, operando como sensores de infrarrojos, no producen emisiones detectables, y en su modo activo, operando como radar, producen un haz muy estrecho igualmente difícil de detectar. La resolución de estas ondas es tan elevada que es posible dirigir con ellas un misil hacia el punto del blanco que se desee.

Otro adelanto que ofrece profundas mejoras es la tecnología de la fibra óptica. Las fibras ópticas se utilizan ya con cierta profusión, pero existen todavía unas posibilidades enormes para substituir los cables de cobre utilizados para la transmisión de datos. Las fibras ópticas tienen un diámetro 20 veces menor que el de los cables de cobre a los que reemplazan; no requieren protección contra emisiones o interferencias externas, tales como el pulso electromagnético de las explosiones nucleares; no suponen el riesgo de generar chispas; y su capacidad de transmitir datos es aproximadamente 5.000 veces mayor que la de un cable de cobre.

Las principales aplicaciones militares de la fibra óptica serán el guiado de misiles y torpedos, técnicas mejoradas de detección de submarinos, giróscopos ópticos, etc.

También se están desarrollando medios electrónicos que mejorarán considerablemente el sistema de explotación y recogida de la información en el campo de batalla, con lo que se podrá disponer de una información actua-

lizada de las órdenes, planes, operaciones, terreno, cobertura de defensa aérea, etc.

El desarrollo continuo de los microordenadores ha introducido algunas oportunidades revolucionarias en el diseño y la fabricación del armamento.

Cada vez más, los ordenadores y sus programas pueden conducir otros equipos electrónicos. Un ejemplo actual son los utilizados en los sistemas de guerra electrónica tipo ECM (*Electronic Counter Measures*) que almacenan las características de los radares enemigos y seguidamente los reconocen y perturban rápidamente. Los radares y los sonares se benefician enormemente de los ordenadores cada vez más baratos y más potentes, haciendo posible interpretar correctamente la señal desvanecida que rebota del blanco. Es posible fabricar radares que puedan localizar aviones *stealth*, pero exige disponer de calculadores con potencia suficiente para interpretar correctamente las señales recibidas.

Asimismo, en el futuro próximo estará disponible un dispositivo para generar un pulso electromagnético similar al que originan las explosiones nucleares y que son capaces de destruir los equipos electrónicos que no estén protegidos adecuadamente.

Las armas de energía dirigida emergerán probablemente en los próximos años en el campo de batalla. De hecho, el láser está siendo ya empleado con profusión en la designación de blancos y en los telémetros. Esto presenta una gran amenaza contra personal no protegido. Sin embargo, son viables ciertas contramedidas y existen ya gafas protectoras, aunque no contra todo el espectro de longitudes de ondas a las cuales es vulnerable el ojo humano.

Las microondas de gran potencia se podrán utilizar probablemente para perturbar circuitos electrónicos, incluso los diseñados para poder soportar el pulso electromagnético. No obstante, el futuro de estos medios no está suficientemente claro, ya que una fuente de gran energía electromagnética sería fácilmente localizada y neutralizada.

Se dispone de sistemas de reconocimiento e inteligencia basados en tierra, en el aire y en el espacio, que señalan el blanco, así como la información adicional necesaria para los sistemas de ataque aéreo. Igualmente, se cuenta con radares de apertura sintética y medios de alerta y control, no solamente para el reconocimiento del espacio aéreo, sino también para el reconocimiento del espacio terrestre.

Uno de los sistemas de vigilancia y reconocimiento terrestres está constituido por sensores desplegados en el campo de batalla propio o dispersados en el del enemigo. Estos sistemas incluyen sensores radar, sísmicos, magnéticos, de infrarrojos y fotoópticos, que pueden proporcionar información sobre la actividad en una zona determinada y observar la actividad del enemigo, especialmente por la noche.

Se están desarrollando sistemas transmisores de imágenes integrados en proyectiles de artillería. Un proyectil de 155 mm equipado con un sistema de este tipo puede transmitir imágenes a un ordenador estacionado en tierra y obtenerse imágenes del terreno claramente visibles a los pocos segundos del lanzamiento del proyectil.

Uno de los sistemas basados en el aire son los aviones utilizados en una gran variedad de maneras. La más directa, aunque la más peligrosa, es la de instalar cámaras fotográficas a bordo y fotografiar objetivos, volando relativamente próximo a ellos. Se están desarrollando sistemas que permiten transmitir directamente las fotografías a tierra para ser explotadas en tiempo real. Otros sistemas consisten en instalar en aviones radares y sensores ópticos, para obtener información sobre una zona amplia y durante un período de tiempo en condiciones de relativa seguridad, fuera del alcance de las defensas antiaéreas del enemigo.

El objetivo más ambicioso es disponer de un sistema adecuado para la vigilancia del campo de batalla que pueda detectar mediante radar, dentro de un alcance de unos 400 km, todos los movimientos de los vehículos terrestres que se produzcan y que estos sean discriminados del *clutter* terrestre.

Otro medio de vigilancia y reconocimiento está constituido por los vehículos aéreos no tripulados, en su versión de vehículos pilotados con control remoto o en la de drones, es decir, que vuelan a través de rutas programadas. Su tamaño pequeño y su baja firma antirradar e infrarroja les hacen extremadamente difíciles de detectar y, con una alta probabilidad de supervivencia, pueden volar por encima del territorio hostil con relativa impunidad y sin poner en peligro la vida de un observador avanzado o de un piloto de avión.

Un medio de gran utilidad son los satélites de reconocimiento que pueden proporcionar imágenes detalladas de áreas de interés, utilizando sensores ópticos, de infrarrojos y radares de alta resolución. Suelen estar situados en una órbita terrestre a altitudes entre 250 y 300 km. Son muy difíciles de

neutralizar y pueden inspeccionar cualquier área de la superficie terrestre y, en el caso de sensores radar, obtener imágenes incluso en condiciones climatológicas adversas, tal como zonas cubiertas por nubes. Otros satélites son los situados en órbitas estacionarias a 36.000 km por encima de la tierra, utilizando sensores de infrarrojos que pueden detectar lanzamientos de misiles en cuanto estos han atravesado la capa de nubes.

Una consecuencia lógica del progreso tecnológico de los sistemas de armas es el continuo incremento de la complejidad de la guerra. A medida que las armas operan más rápidamente y con alcances cada vez mayores y que los sistemas de sensores incrementan el volumen de datos disponibles, adquiere mayor importancia que nunca el procesamiento y diseminación eficaces de la información. Esto requiere enormes capacidades de comunicaciones y de procesamiento de datos relativos a la vigilancia y designación de objetivos, mensajes de mando y todas las demás señales asociadas con las operaciones militares. Además, hay que hacerlo a pesar de los esfuerzos del enemigo en perturbar, engañar y destruir los sistemas que llevan a cabo estas tareas. Para evitarlo, se utilizarán cada vez más los sistemas de comunicaciones criptográficos, con salto de frecuencias.

A juzgar por el estado actual de la tecnología y de los desarrollos que actualmente se están llevando a cabo, las previsiones para el futuro son las siguientes:

Sistemas terrestres

En el futuro, en función de la tecnología disponible, el equipamiento de las tropas podría estar dentro del campo de lo que hoy denominamos ciencia ficción. Además de un uniforme protector más eficaz, la parte más importante del nuevo equipo será electrónico. Algunas armas individuales tendrán equipos electrónicos especiales de puntería (reforzadores de imagen para ver a través de la noche y la niebla) con dispositivos de señalización por láser. Un microordenador de peso inferior al de una granada de mano y del tamaño de una caja de cigarrillos podrá dirigir la navegación, las comunicaciones, la inteligencia y la logística individual del soldado.

En los carros de combate se están produciendo continuas mejoras y cada vez incorporan mayor número de sistemas, tales como las direcciones de tiro, los telémetros láser o los radares de vigilancia y sensores con capacidad en todo tipo de condiciones. Se utilizarán blindajes constituidos por capas de acero, cerámica y materiales compuestos que son más elásticos que los blindajes convencionales y son considerablemente más ligeros y

que absorben energía de radiación electromagnética, por lo que les hacen menos detectables. Se están investigando blindajes que utilizan un nuevo material muy elástico basado en uranio empobrecido, así como otros a base de materiales compuestos. En el campo de las municiones se están desarrollando municiones inteligentes contra helicóptero con guiado hacia el blanco por láser o por ondas milimétricas.

Asimismo, los sistemas de carga automática permitirán reducir el tamaño de las tripulaciones, aumentar la cadencia de fuego y disminuir el tamaño del carro. El calibre más utilizado actualmente de 105 mm pasará a 120 mm y ya se piensa que los carros de la siguiente generación incorporarán un calibre de 140 mm. Otras mejoras posibles provendrán de la utilización de la energía electromagnética en el cañón para conseguir velocidades iniciales mucho mayores, comprendidas entre 3.000 y 5.000 m/s, para lo que probablemente habrá que recurrir a propulsantes líquidos o a la propulsión electromagnética. De esta manera, la munición de los carros no sólo podrá penetrar a través de blindajes más eficaces, sino que también hará más difíciles las contramedidas. Se podrán utilizar motores eléctricos y materiales y técnicas *stealth* para la disminución de la firma infrarroja y radar.

En la lucha contracarro, se seguirán utilizando los sistemas portátiles a distancias cortas, así como misiles guiados a distancias medias y grandes, destacando entre los sistemas de guiado el de fibra óptica, que tiene una capacidad de transmisión de datos considerablemente mayor que la del cable de cobre y permite lanzar el misil desde lugares sin visibilidad directa sobre el blanco y a distancias mucho mayores.

La artillería del futuro tendrá que mejorar sus sistemas de contrabatería para evitar ser fácilmente localizada por el enemigo. Para ello, estará dotada probablemente de un sistema de navegación GPS para permitir que cada arma pueda hacer fuego con gran precisión desde asentamientos ampliamente dispersos. En las nuevas armas autopropulsadas la carga y el control del tiro serán automáticos y utilizarán propulsante líquido para disparar proyectiles hasta un alcance de 50 km. El principal desarrollo en curso es el de las municiones de precisión de guiado autónomo, con lo que la artillería adquirirá una gran capacidad anticarro. Se espera que se incremente la utilización de los lanzadores de cohetes múltiples que pueden lanzar en un tiempo extremadamente corto una gran masa de proyectiles, que si están dotados de guiado terminal pueden ser muy eficaces contra formaciones de carros de combate.

En lo que se refiere a las armas para la defensa antiaérea basadas en tierra, se tiene una gran variedad de tipos y otros se encuentran en desarrollo. Desde los misiles portátiles contra aviones que vuelan a distancias de hasta cinco km, hasta los misiles para hacer frente a amenazas aéreas a distancias de 60 km. Los sistemas de guiado son a base de láser, infrarrojos, ópticos, radar, o combinación de algunas de estas tecnologías. Sin embargo, las principales investigaciones se dirigirán a mejorar la capacidad de los misiles antimisil, que sean capaces de interceptar en vuelo misiles balísticos tácticos que se dirigen hacia blancos propios.

Sistemas navales

En el campo de las tecnologías de aplicación naval, hay que señalar la gran importancia de las armas antimisil en los buques de superficie. Estas armas han sustituido a los grandes cañones navales como principal medio de hacer frente a los barcos de superficie enemigos. La tendencia en este sentido es hacia los misiles de lanzamiento vertical. Los misiles antimisil han ampliado mucho las distancias de enfrentamiento entre buques, con lo que será necesario que estos dispongan de medios de detección a grandes distancias y que operen conjuntamente con otros medios navales. Por esta razón, los buques modernos disponen de radares, equipos de comunicaciones, sistemas de navegación, procesadores de datos y dispositivos de escucha electrónicos, para detectar las emisiones electromagnéticas del enemigo, así como dispositivos de contramedidas electrónicas.

Otro cambio importante es el experimentado por las corazas de los cascos. Cuando la principal amenaza eran los grandes cañones navales, era necesario poder soportar los efectos del impacto de un proyectil de grueso calibre. Pero estos han dado paso a los misiles de mucha mayor precisión y alcance. Ahora, la verdadera defensa consiste en ser capaces de inutilizar las plataformas enemigas de lanzamiento de misiles antes de que puedan ser utilizadas o de desviar o interceptar los misiles que se dirigen al buque.

Para aumentar las dificultades de ser detectados, los barcos modernos disponen de materiales y medios motores que hagan mínima las firmas radar, magnética, acústica e infrarroja. Así, se utilizarán cada vez más materiales absorbentes de la radiación electromagnética, materiales no magnéticos, motores y cajas de cambio aislados del casco y enfriamiento de los gases de escape.

Para detectar objetivos a gran distancia, se utilizarán cada vez más los satélites que dispongan de radares de localización y de detección de emi-

siones radar y radio. También se utilizarán radares que emiten y reciben por encima del horizonte utilizando las capas de la ionosfera (radares OTH).

Los misiles antibuque rozaolas tendrán una velocidad mucho mayor que los actuales, mayores alcances y mayor resistencia a las contramedidas.

Los futuros avances de los torpedos se prevén en mejoras en el alcance, velocidad, profundidad y sistema de guiado. Los sistemas de control de tiro asociados a los torpedos se podrán mejorar proporcionando la capacidad de lanzar varios torpedos y hacer que incidan simultáneamente sobre distintos puntos del blanco.

Las medidas defensivas contra torpedos, son fundamentalmente las maniobras evasivas y los señuelos. Los barcos de superficie pueden remolcar objetos que hagan ruido con objeto de atraer hacia ellos los torpedos enemigos y los submarinos pueden lanzar señuelos que emiten sonidos como los emitidos por los submarinos.

Las minas marinas actúan normalmente por contacto con el barco, pero también las hay que son activadas por ruido, un campo magnético o los cambios de presión que se producen cuando un barco pasa por sus proximidades. La revolución electrónica ha facilitado el desarrollo de nuevas minas «inteligentes» con sensores más avanzados y hace más difícil las contramedidas contra las minas.

En relación con la tecnología de los submarinos, el mayor avance se ha conseguido con la propulsión nuclear. Antes de que apareciera esta propulsión, los submarinos eran simplemente unos barcos que podían permanecer sumergidos durante algunos días. Sin embargo, con los sistemas de propulsión nuclear, se consiguen verdaderos submarinos, que pueden permanecer sumergidos durante meses a causa de que el suministro de energía es independiente de la atmósfera y pueden producir oxígeno y agua dulce a partir del mar, por lo que si es necesario, sólo emergen circunstancialmente a la superficie. Los inconvenientes de esta propulsión son su coste elevado y la oposición pública a la utilización de la tecnología nuclear en la producción de energía.

Se están investigando algunos sistemas de propulsión independiente de la atmósfera que no utilizan la energía nuclear, a base de oxígeno líquido y con gases de escape que se disuelven en el agua y no producen burbujas. Estos sistemas permiten navegar sumergido durante 17 días a una velocidad de siete nudos.

Con relación a la propulsión eléctrica, la investigación se dirige hacia la utilización de materiales superconductores. Asimismo, se está investigando la propulsión magnetohidrodinámica, mediante la cual se utilizan campos eléctricos para bombear agua.

El armamento de los submarinos incluye los torpedos, tanto guiados, como no guiados y misiles de crucero lanzados desde el mar para atacar blancos en tierra y barcos en superficie, misiles antisubmarinos y minas. Las principales mejoras con respecto al estado actual de estas armas podrían esperarse en el ámbito del sistema de propulsión y de guiado de los torpedos y en la precisión y el alcance de los misiles balísticos lanzados desde debajo del agua.

Un problema que se mantiene en los submarinos es el de las comunicaciones. Las ondas radio a las frecuencias de comunicaciones normales penetran solamente unos pocos metros por debajo de la superficie del mar, lo que significa que los submarinos tienen que elevarse a la superficie para la recepción de mensajes, operación que puede resultar peligrosa. Una solución parcial a ese problema ha sido el desarrollo de transmisores radio a frecuencias extremadamente bajas cuyas señales pueden penetrar a una profundidad de varios cientos de metros, pero con unas velocidades de transmisión de datos muy pequeñas. Para mejorar esta situación, se están investigando técnicas de comunicación láser, utilizando haces de láser que pueden penetrar en el agua del mar. El haz del mensaje sería transmitido desde tierra y reflejado por un espejo espacial hacia la zona de operación del submarino, o podría ser transmitido a un satélite utilizando un enlace radio y el satélite emitiría entonces una señal de comunicación láser. Alternativamente, la señal láser podría ser transmitida por un avión.

En los medios navales de superficie, se incrementará la utilización de la tecnología *stealth* experimentada en los aviones, para la construcción de los buques, dando lugar a una sensible reducción en las posibilidades de ser observados con radar.

En el campo de los submarinos, la tecnología de los sensores parece dispuesta para un gran salto hacia adelante. Parte de éstos pueden ser accionados por el reciente descubrimiento de la superconductividad. Mientras tanto, los grandes incrementos en la potencia de cálculo hacen más eficaz el análisis de los datos recogidos. Más potencia de cálculo hace más prácticos a algunos sensores. Sensores que detectan neutrinos, calor, color y otras características de los submarinos pueden hacer realmente el océano transparente.

La tendencia es a utilizar submarinos de mayores dimensiones con sensores más potentes y minisubmarinos de control remoto que podrían actuar como vehículo explorador para encontrar una trayectoria a través de un campo de minas. Sonares activos y pasivos con mayor poder de discriminación están siendo estudiados también para navegar a través de campos de minas.

Sistemas aeroespaciales

En la guerra moderna el papel de la tecnología aeroespacial es de suma importancia. Los aviones se utilizan para defender el espacio aéreo contra ataques de aviones y misiles de crucero enemigos; se utilizan también para atacar objetivos en el campo de batalla y situados en profundidad con relación a la línea frontal; proporcionan plataformas para sistemas de vigilancia que controlan la actividad en aire y en tierra dentro de grandes radios de acción; pueden transportar equipos de reconocimiento para fotografiar fuerzas e instalaciones enemigas; proporcionan movilidad a las Fuerzas Armadas en largas y cortas distancias. Asimismo, se utilizan los aviones como plataformas para conducir la guerra electrónica, guerra anti-submarina y misiones de búsqueda y recate.

En lo que se refiere a los materiales para aviones, el aluminio y sus aleaciones que tradicionalmente se vienen empleando desde finales de los años sesenta, puede ser sustituido por una aleación de aluminio y litio que se está experimentando actualmente, la cual es más ligera y más resistente.

En algunos aviones modernos están siendo utilizados los materiales compuestos, a base de fibras de vidrio, de boro, de plástico o de carbono, moldeadas en una resina epoxy. Estos materiales son más resistentes y ligeros, mejor resistentes a la corrosión y a la fatiga, y permiten ser moldeados en formas muy complejas. Además, como los materiales compuestos reflejan muy poco las señales radar, son especialmente útiles para producir bajas secciones radar. Dentro de esta gama de materiales, se pueden citar también los materiales termoplásticos que son más resistentes a las temperaturas y permiten ser fabricados por métodos tradicionales de fabricación en serie, como el moldeo por inyección.

En cuanto a los sistemas de propulsión, las mejoras irán dirigidas a conseguir motores de mayor potencia y menor consumo de carburante. También se están efectuando estudios para mejorar las características de los álabes de las turbinas, utilizando metales monocristalinos, en los que al no



existir bordes entre cristales adquieren una mayor resistencia mecánica y mayor resistencia a la corrosión.

Para resolver el problema de la detección por el enemigo, se incrementarán notablemente las tecnologías *stealth*, entendiéndose por tal al conjunto de tecnologías que reducen las características observables de un avión u otro vehículo. Por ejemplo, para disminuir la sección radar, la forma es más importante que el tamaño, con lo que interesarán perfiles muy redondeados, antes que formas planas con aristas muy pronunciadas. También es muy eficaz recubrir ciertas partes de un avión con materiales especiales, tales como las ferritas o polímeros orgánicos que contiene ciertas sales, que absorben energía electromagnética, o utilizar, como ya se ha indicado, los materiales compuestos.

También habrá que disminuir todo lo posible la firma infrarroja, colocando las toberas en la parte superior del avión para que queden enmascarados desde abajo y desde los lados, así como la mezcla de los gases con aire frío y la utilización de materiales especiales para las toberas.

Los progresos en la aviónica irán asociados evidentemente a los progresos de la electrónica y la informática. Como muchos sistemas de armas pueden batir blancos que están más allá del alcance visual, será muy importante disponer de un buen sistema de identificación de aviones amigos y enemigos.

Un elemento indispensable en las Fuerzas Armadas modernas son los helicópteros. Estos pueden transportar fuerzas ligeras muy rápidamente de un lugar a otro; pueden proporcionar información de reconocimiento; atacar formaciones blindadas y combatir contra helicópteros enemigos, así como realizar rápidas evacuaciones médicas. En el mar, pueden realizar funciones de alerta temprana con medios aeroportados, señalamiento de blancos más allá del horizonte de los barcos, ataque a barcos de superficie, guerra submarina, asaltos anfibios, transporte y búsqueda y rescate.

Los materiales que estos vienen utilizando tradicionalmente son enteramente metálicos, pero la tendencia es a ir sustituyéndolos por aleaciones más ligeras y materiales compuestos. Se están estudiando también mejoras en el sistema de propulsión, al objeto de conseguir motores más potentes y más fiables. Como en el caso de los aviones, la aviónica de estos aparatos se verá muy beneficiada de los avances de la electrónica y la informática.

En cuanto a los sistemas de armas que llevan aviones y helicópteros, los principales avances se esperan en las mejoras que introduzcan los avances en la electrónica. Así, se obtendrán sensores y sistemas de guiado cada vez más pequeños, más capaces y más fiables, con lo cual los misiles podrán ser más pequeños, más ligeros, de mayor alcance y más resistentes a las perturbaciones. Los progresos en la tecnología de la propulsión han facilitado todavía más la reducción de tamaño al mismo tiempo que se obtienen mayores alcances. Los motores de propulsante sólido pueden utilizar ahora propulsores que reducen la firma infrarroja y la firma radar de los gases de salida.

Asimismo, se mejorarán los sistemas láser y electroópticos de guiado de bombas, así como las bombas de aire combustible, —que distribuyen un fino aerosol sobre una zona muy amplia, al cuál se da fuego contando con el aire de la zona para proporcionar el oxígeno necesario para una explosión— y las tipo cluster, que combinan el efecto de las municiones contra blindados ligeros y contra personal. Dentro de los misiles aire tierra están tomando mucha importancia los denominados *stand-off*, los cuales son lanzados desde grandes distancias al blanco, decenas de kilómetros, para evitar que los aviones tengan que penetrar zonas con fuerte dispositivo de defensa antiaérea en las proximidades del blanco.

Los avances en la tecnología de los ordenadores, sensores, robótica e inteligencia artificial, permitirán equipar a los aviones de combate con «pilotos asociados», sistemas que llevarán a cabo los aspectos más técnicos y de rutina del vuelo y se comunicarán con el piloto en lenguaje hablado. El piloto podrá preguntar a su ayudante electrónico cuál de las opciones debe elegir ante una situación complicada de combate; el radar normalmente detectará un avión enemigo mucho antes de que puedan ser utilizadas las armas o que el avión enemigo pueda ser detectado visualmente; pueden haber también sistemas de misiles basados en tierra con los radares apuntando hacia él. Entonces hay que elegir entre intentar batir el avión con misiles de gran alcance, o aproximarse más e intentar batirlo con cañones y misiles de corto alcance y mayor precisión. También se puede estar preocupado por problemas de disponibilidad de carburante a bordo. La memoria del ordenador de inteligencia artificial contiene la experiencia de muchos pilotos más experimentados, así como información instantánea de la situación rápidamente cambiante. El piloto puede preguntar a su ayudante electrónico cuál de las opciones tiene mayor probabilidad de éxito.

Evolución de la tecnología militar

En España se dieron algunas de las culturas prehistóricas más importantes del mundo de la que existe una gran variedad de vestigios, tales como las cuevas de Altamira (Cantabria) y Candamo (Asturias).

La primitiva industria del bronce en España data posiblemente de hace más de 4.000 mil años y se localizó principalmente en la zona del Sur, disponiéndose de unos hallazgos en Huelva con muestras de espadas de dicho metal.

En España la «edad del hierro» entró entre los siglos V y VII y los celtíberos llegaron a poseer unas técnicas muy perfectas en la fabricación de armas de hierro. Una de ellas fue la famosa espada que los romanos denominaron *gladius hispaniensis*. Existían famosas factorías de armas de hierro en Tarazona y en Calatayud.

Cuando se fijó en Toledo la capital de la España visigoda, se desarrolló allí un gran centro productor de armamento. Lo mismo ocurrió en Córdoba, Sevilla y Mérida. También en Asturias existió una industria consolidada de armas de hierro. Asimismo, en el País Vasco, en el que se disponía de los tres elementos fundamentales para la industria férrea (hierro, madera y agua) se fue desarrollando una industria siderometalúrgica que fue la más importante de España en la baja Edad Media.

En Granada instalaron los árabes, a principios del siglo XIV una fábrica de pólvora que es probablemente la más antigua del mundo en su género.

En cuanto a la fabricación de armaduras, eran de gran renombre la fabricadas en Toledo, Sevilla, Zaragoza, Barcelona y Tolosa.

En los siglos XIV y XV se utilizó mucho en España la ballesta, por lo que su fabricación se encontraba muy extendida.

La península Ibérica fue uno de los primeros lugares, sino el primero, en donde se utilizó la artillería. Los árabes la utilizaron en el sitio de Alicante en 1331, en el de Tarifa en 1340 y en Algeciras en 1342 y los cristianos en España la tuvieron poco después.

En cuanto a su empleo naval, no parece caber duda de que fueron los españoles los primeros. Se sabe que en 1359 fue utilizada por naves catalanas que defendían el puerto de Barcelona contra la flota de Pedro I de Castilla.

Una vez descubierta la pólvora, las primeras piezas de artillería que se fundieron en España posiblemente corresponden a fundiciones establecidas en Barcelona y Zaragoza para el Reino de Aragón, y Valladolid, Medina del Campo y Sevilla para la Corona de Castilla.

A mediados del siglo XIV aparecieron las primeras armas portátiles que en España recibieron inicialmente la denominación de ballestas de trueno y más adelante los nombres de espingardas, escopetas, arcabuces, mosquetes y trabucos. Uno de los mecanismos de disparo de estas armas fue denominado de *miquelet*, inventado al parecer por un arcabucero de Felipe II y Felipe III a finales del siglo XVI. Su nombre fue dado por los franceses por haberlo visto a las milicias españolas de los miqueletes catalanes.

Desde el año 1540 se tienen referencias de una fundición de Sevilla, que vendía al emperador Carlos I armas de fuego construidas en sus talleres. En 1634, se acordó establecer la producción por cuenta del Estado. Para ello, se adquirieron los terrenos donde se levantaría la fábrica que ha venido funcionando hasta nuestros días. Durante el reinado de Carlos III se adquiere lo que es parte del edificio actual, al que da acceso una notable portada que comenzó a edificarse en 1757.

En Trubia (Oviedo), se instaló una manufactura real de armas, base de lo que más adelante sería una importante industria siderometalúrgica: en el año 1840 se inauguró el primer horno alto (a base de carbón vegetal) del norte de España.

En 1760, Carlos III funda en Toledo la Real Fábrica de Espadas, dependiente de la Corona, con objeto de reunir en un solo establecimiento, las numerosas fraguas y herrerías diseminadas por la ciudad, en los que, desde tiempos remotos, se forjaban las mundialmente célebres espadas toledanas.

La fábrica de armas de Oviedo tuvo su origen en 1794, aunque la fabricación propiamente dicha no surge hasta el año 1855.

En el reinado de Felipe III existía un molino de pólvora de propiedad particular en el lugar en donde hoy se encuentra la fábrica de Murcia. Este molino pasó en 1802 a depender del Cuerpo de Artillería. Iniciadas las mejoras de la fábrica, al hacerse cargo de ella el Cuerpo de Artillería, quedaron aquéllas interrumpidas durante la Guerra de la Independencia. Vuelve a la normalidad en 1820.

Las fábricas de Valladolid, La Coruña y Palencia son de creación reciente y están dedicadas, respectivamente a las pólvoras y explosivos; armamento ligero; y munición ligera y de calibre medio.

En el año 1960 se creó la empresa nacional Santa Bárbara dentro del Instituto Nacional de Industria y todas las fábricas antes citadas, salvo las de Trubia, Valladolid y Murcia, que lo hicieron en 1986, se integraron en esta empresa.

En lo que respecta a la construcción naval, en 1947 se fundó la empresa nacional Bazán, como sucesora del Consejo Ordenador de Construcciones Navales Militares, que, creado en 1939, venía realizando con carácter transitorio la ejecución de los programas navales de la Marina de guerra y sus obras complementarias. Posee astilleros en El Ferrol, Cartagena y San Fernando (Cádiz).

En el año 1923 se fundó la empresa española aeronáutica Construcciones Aeronáuticas, S. A., que en 1971 absorbió a la empresa nacional de Motores de Aviación. Actualmente posee factorías en Madrid, Sevilla y Cádiz.

En 1992 se creó la empresa INDRA con la fusión de CESELSA e INISEL, pasando a ser el grupo industrial de defensa de más reciente creación y cuya actividad está consagrada a misiles, direcciones de tiro y otros equipos electrónicos, no sólo para usos militares sino también para usos civiles.

Hoy día, el tejido industrial de defensa en España es muy amplio y, al mismo tiempo, muy difícil de definir y delimitar. Si nos ceñimos a aquellas empresas cuya fabricación principal es para defensa, podíamos hablar de un colectivo de unas 45 empresas, entre las públicas y las privadas, muy desiguales en cuanto a facturación y personal. Así tenemos que las cinco empresas mayores totalizan el 75% de la producción y el 80% del personal. Estas empresas son las públicas, es decir Santa Bárbara, Bazán, Construcciones Aeronáuticas y el Grupo INDRA.

La desaparición de bloques, de la guerra fría y la firma de algunos tratados de reducción de armas, supone una profunda modificación del mercado de defensa, que se traduce, en una fuerte reducción de la demanda y un exceso de material sobrante. Esto último ha dado lugar a la aparición en el mercado de productos de buena calidad a precios muy interesantes, que tiene su correspondiente efecto añadido al de la disminución de la demanda motivado por la disminución de la tensión entre bloques.

En los próximos años podemos ser testigos de profundos cambios en este sector industrial promovidos fundamentalmente por la sobrecapacidad existente en algunos subsectores, la disminución de la demanda de productos militares y el progresivo avance hacia una Unión Europea (UE), en

la que su seguridad no sea considerada como la suma de las seguridades de cada una de las naciones que la integran, sino con un concepto de seguridad global.

El impacto en España de los avances de la tecnología militar

España estuvo sometida a un aislamiento político y económico por parte de los gobiernos de los países occidentales, que duró desde 1936 hasta 1953, en que los Estados Unidos de América, haciendo gala de un espíritu pragmático importante, firmó con España un Tratado de Cooperación y Amistad.

Aunque fuera una decisión dictada sólo por motivos de propia conveniencia, nuestras Fuerzas Armadas tuvieron la oportunidad de salir del profundo foso en el que estaban sumidas; además, durante los años del aislamiento español se produjeron entre los países de nuestro entorno profundas transformaciones mediante la creación de organizaciones defensivas y de tipo económico, de las que España estuvo excluida. Por otra parte, el Plan Marshall, que tampoco afectó a España, permitió que los países occidentales aliados de los americanos iniciaran su reconstrucción después de finalizada la Segunda Guerra Mundial. Todos estos acontecimientos fueron la causa de que se produjera un gran distanciamiento tecnológico de estos países con relación a España. Así, en el año 1953, pocos eran los militares españoles que habían visto alguna vez un avión de reacción, un radar o cualquier otro sistema de detección o electrónico de cualquier especie.

Con la entrega del material militar de ayuda americana a los tres Ejércitos y con los cursos de adiestramiento que, en un gran número de casos, tuvo que hacer el personal encargado de su manejo, se inició un lento proceso de acercamiento a los países más desarrollados, principalmente en la Armada y el Ejército del Aire.

El primer paso en el proceso de internacionalización de la industria militar española, fue el lanzamiento de importantes programas de producción nacional bajo licencia extranjera.

Así, se inició en España la fabricación, bajo licencia americana, de 70 aviones F-5. Este contrato firmado en 1965 y que marcó la primera penetración importante de la industria extranjera en la industria militar nacional desde el final de la guerra civil, supuso un gran esfuerzo de equipamiento de la industria aeronáutica española y un buen adiestramiento de su personal.

Asimismo, en 1967 se comenzó en los astilleros españoles la fabricación bajo licencia americana, de cinco fragatas DEG-7 y dos submarinos *Delfín*.

En 1973, se inició la fabricación de 280 carros de combate AMX-30 bajo licencia francesa, lo que significó también un importante esfuerzo en modernización.

Pero esto, indudablemente, no fue suficiente. Las industrias militares españolas disponían esencialmente de la tecnología relativa a la producción de armamentos terrestres (cañones, armas ligeras, municiones) y navales de escasa capacidad, orientada hacia el mantenimiento del orden y a la exportación a países del Tercer Mundo. Todos los países de nuestro entorno pertenecían a la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), en la que se estaban estudiando normas de interoperabilidad, tanto desde el punto de vista operativo, como del de los materiales, y a medida que transcurrían los años, sentíamos una gran necesidad de poder armonizar nuestros procedimientos con los de los países más avanzados. Esta oportunidad no llegó hasta el año 1982, en que pasamos a formar el decimosexto país de la OTAN. Luego vendría, en el año 1983, nuestra incorporación al Grupo Europeo Independiente de Programas (GEIP), hoy Grupo de Armamentos de Europa Occidental (GAEO) integrado en la Unión Europea Occidental (UEO); en el año 1986, nuestra incorporación a la Comunidad Económica Europea (CEE) y en el año 1988, nuestra incorporación a la UEO.

Con la participación en las reuniones internacionales de cooperación de armamentos en los foros antes citados, y con la iniciación de contactos bilaterales con países aliados y amigos, se abrieron muchas oportunidades de participar en programas en cooperación, lo que hizo que las industrias y la Administración fueran adoptando paulatinamente los procedimientos utilizados por los países occidentales más avanzados para abordar de manera fiable los programas de desarrollo.

La actividad internacional se vio muy favorecida por la creación de un Ministerio de Defensa en el año 1977, aunque realmente no contó con una estructura mínimamente funcional hasta mediada la década de los años ochenta, estableciéndose organismos dedicados específicamente a las relaciones internacionales aplicables en beneficio de los tres Ejércitos. Dentro del ámbito del armamento y material, se creó en de la Dirección General de Armamento y Material una Subdirección General para el Desarrollo de las Relaciones Internacionales, tanto las de tipo bilateral, de país

a país, como las multilaterales, es decir relaciones con organismos internacionales de carácter permanente, principalmente La Conferencia de Directores Nacionales de Armamento (CNAD) de la OTAN y el GAEO de la UEO.

Vamos a tratar ahora brevemente de la cooperación internacional en el desarrollo de sistemas de armas y materiales para los Ejércitos, como sistema de transferencia de tecnología y posible dinamizador del tejido industrial y tecnológico, para un país de tipo medio como España.

Por medio de la cooperación, se evita la duplicación de esfuerzos dentro de la investigación, compartiendo costes no recurrentes y se pueden lanzar grandes series de fabricación con precios, en consecuencia, más económicos, con lo que, dentro de unos recursos presupuestarios siempre limitados, se podrán adquirir mayor número de equipos.

Por otra parte, el desarrollo de armamentos comunes entre distintos países significa alcanzar altas cotas de interoperabilidad y normalización, facilidad de municionamiento y de mantenimiento y el desarrollo común del ciclo de vida de los sistemas de armas.

Indudablemente, la futura producción de las grandes plataformas de defensa será posible solamente a través de algún tipo de colaboración internacional. En efecto, prácticamente ningún país dispone de todas las tecnologías, ni las domina a todos los niveles y, en muchos casos, tampoco se dispone individualmente de los recursos disponibles para abordar un gran programa.

No obstante, hay que reconocer que la contrapartida es la gran dificultad de llevar a cabo con éxito programas de cooperación.

En efecto, es bien conocida la dificultad de armonizar los requisitos técnico-operativos de los distintos países, a través de contactos y reuniones de expertos, lo que origina retrasos en la definición final de las correspondientes especificaciones. El consenso de esta armonización provoca muchas veces el sobredimensionamiento de la capacidad operativa del sistema de armas y esto puede dar lugar a desarrollos que van muy por encima de las posibilidades de algunos países, los cuales, al final de un largo período de negociaciones, pueden verse obligados a retirarse por falta de recursos económicos para financiarlos.

Por otra parte, las condiciones de realización de transferencia de tecnología pueden presentar dificultades, tanto más acusadas, cuanto mayor es

el desnivel tecnológico entre los países implicados. Por lo general, las naciones cedentes de tecnología tienen que respetar un marco legislativo nacional muy estricto. Ante esto, algunas naciones no se resignarán a participar en colaboraciones en las que su trabajo no suponga una adquisición de tecnología que no justifique el esfuerzo económico que realiza.

Finalmente, existen dificultades de tipo administrativo y de gestión que se derivan de la coordinación de programas entre países distintos desde el punto de vista económico, jurídico, administrativo y cultural, lo que puede dar lugar a grandes retrasos en el desarrollo de programas en cooperación.

Ante los pros y contras que acabamos de exponer, será necesario evaluar bien las condiciones que se presenten en cada caso para una toma de decisión acertada. Elemento fundamental a tener en cuenta es el número de países involucrados, cuanto mayor es el número de éstos mayor es la probabilidad de fracaso del programa. En cuanto a la modalidad de participación, se deberá conseguir que los fondos públicos destinados a Investigación y Desarrollo (I+D) militar, retraídos de otras necesidades sociales, tengan un efecto dinamizador del tejido industrial.

Ahora mismo, se están desarrollando en España importantes programas de cooperación. Entre ellos destacaríamos un vehículo de combate, un buque de aprovisionamiento, una fragata, un avión de combate y ataque, un avión de transporte, un satélite de observación, un sistema multifuncional de distribución de información y programas de guerra electrónica. También se está abordando en cooperación algún programa importante de modernización.

En el campo de la investigación, se está participando en el programa que dentro de la organización de la UEO se está promoviendo para desarrollar programas de investigación en cooperación entre los países europeos miembros de ella, con objeto de contribuir al reforzamiento de la base industrial y tecnológica europea.

De toda esta cooperación, se esperan obtener efectos dinamizadores en tecnologías aplicables a los campos de la aeronáutica, la electrónica, la aviónica, la navegación marina y las comunicaciones, con un potencial efecto multiplicador muy importante, aplicable a tecnologías de uso civil.

Otro aspecto de la cooperación es a través de las compensaciones que se puedan conseguir como contrapartida de adquisiciones que se realicen a otros países. Utilizando bien este instrumento, se podría conseguir absor-

ción de tecnología que permitiera ir progresando en sectores en los que se esté mejor preparado, para poder tener acceso a determinadas cotas de mercado, en un futuro ambiente que se prevé muy liberalizado y sometido a la libre competencia.

Los desarrollos militares que se están abordando actualmente en España, constituidos fundamentalmente por programas de I+D nacionales y en cooperación, y programas de modernizaciones, han dado la oportunidad a las industrias de adquirir una cierta capacidad en una amplia gama de tecnologías, además de las que tradicionalmente se venían utilizando, bien como consecuencia de desarrollos propios, o como consecuencia de acuerdos de cofabricación o de fabricación bajo licencia.

En el ámbito del armamento y la munición, se fabrica armamento ligero y su munición, lanzagranadas, morteros y su munición, armas de múltiples tubos, artillería y cañones de carro y su munición, lanzacohetes, pólvoras y explosivos, bombas de aviación, espoletas, minas y cohetes y misiles contracarro. También se está iniciando una cierta actividad en el campo de las armas modulares lanzadas por avión desde distancia de seguridad, con capacidad antipersonal, antiblindajes, anulación de pistas de aterrizaje, o contra defensas antiaéreas enemigas.

En el sector de la automoción, se fabrican vehículos lanzapuentes sobre cadenas, vehículos para ingenieros, y una amplia gama de vehículos ligeros, medios y pesados de transporte y de combate de Infantería.

En el ámbito de la construcción naval, con las últimas construcciones que se están abordando, la industria nacional se está capacitando como proyectista de buques propios, tales como portaaviones, fragatas, corbetas, patrulleros, buques de apoyo, submarinos, buques especiales, buques anfibios, dragaminas y cazaminas, incorporando a ellos sistemas nacionales de reciente desarrollo, tales como sistemas de guerra electrónica, dirección de tiro naval y sistemas antimisil y antiaéreos de defensa de punto. Asimismo, se dispone de la tecnología para la fabricación de vehículos navales sobre colchón de aire, de gran aplicación en las acciones de desembarco. Recientemente se está iniciando la capacidad para construir sistemas de propulsión de submarinos independientes del aire, que permitirá que el submarino permanezca sumergido un tiempo de tres a cinco veces mayor que con el sistema de propulsión diesel eléctrico.

En el sector de la aeronáutica, se dispone de capacidad de fabricación de aviones de transporte ligero, vigilancia costera y vigilancia electrónica. Asi-

mismo, se fabrican aviones de ataque y entrenamiento. Se está iniciando la fabricación de vehículos no tripulados de control remoto para reconocimiento, vigilancia y designación de objetivos. Con la participación de España en la fabricación de algunos componentes específicos del motor para el programa del futuro caza europeo, a través del consorcio encargado del desarrollo del motor del avión, se reanudó la actividad de la fabricación de España en motores de aviación, interrumpida hace tres décadas; desde entonces se mantenía únicamente una capacidad de mantenimiento.

En el sector aeroespacial, se dispondrá en breve de cohetes que permitan poner en órbita microsátélites de hasta 100 kg. Asimismo se está participando en la fabricación de un satélite de observación fotográfica para usos militares.

En el ámbito de la simulación, se dispone de la tecnología para el diseño de simuladores de sistemas de combate, nacida como consecuencia de la necesidad de contar con estos medios, fundamentalmente para la instrucción de pilotos de aviones de combate y de hecho, ya se han fabricado simuladores para diversos aviones de combate.

En el ámbito de la vigilancia y mando y control, se dispone de tecnología para la fabricación de radares para la utilización por la Infantería/Caballería, radares para control del tráfico aéreo y radares tridimensionales para los sistemas de mando y control de la defensa aérea.

En el campo de la informática, se están desarrollando programas operativos que permiten introducir en los ordenadores de los aviones de combate las órdenes precisas para cada misión con datos de objetivos, armamento, combustible, perfil de vuelo, amenazas, etc.

Actualmente, se dispone también en España de tecnologías para desarrollar equipos utilizados en una de las formas de combate más intensa que discurre en silencio, e incluso en período de paz. Se trata de la guerra electrónica, una batalla constante de señales e interferencias, que en los últimos años ha alcanzado un nivel muy complejo, como es el de la inteligencia de señales, que comprende especialmente el espionaje de las frecuencias y modo de operaciones de radares enemigos fijos o móviles, fundamentalmente para poder cegarlos y neutralizarlos en época de crisis. Se ha desarrollado un equipo detector de amenazas radar y que ha sido instalado en aviones de combate del Ejército del Aire español. También se dispone de la tecnología para simuladores de inteligencia electrónica a

base de generadores de señales de radar que ofrecen todos los parámetros que en realidad presentarían diferentes emisores enemigos.

En el campo de los nuevos materiales, se han puesto en funcionamiento fábricas e instalaciones para su fabricación y montaje, principalmente en estructuras de aviones y cascos de barcos, con las consiguientes ventajas de disminución de peso y absorción de la energía electromagnética que les hace menos detectables.

Si bien la industria básica de construcción de plataformas terrestres, navales y aéreas se ha establecido sobre una industria militar tradicional en España, hay que destacar, sin embargo, el impulso que ha recibido la industria electrónica, que ha pasado en España en los últimos años, de constituir una industria auxiliar, a una industria con naturaleza propia, en el campo de la simulación, la navegación, la guerra electrónica y los sistemas de mando y control, por citar sólo unos ejemplos.

No obstante, hay que advertir que la capacidad tecnológica media de nuestras empresas de defensa es limitada. Aún cuando se dispone de una capacidad de ingeniería apreciable y los productos propios son aceptables, sin embargo, éstos no constituyen productos de tecnología punta y, con frecuencia, tienen que incorporar elementos de importación. Podíamos decir que la tecnología del sector de aeronáutica militar en España es aceptable y que lo mismo sucede con la electrónica y el sector naval militar. Estos tres sectores, que representan más del 80% de la industria militar, están en una situación positiva.

Frente a la tecnología de tipo medio correspondiente al desarrollo de las armas clásicas de Infantería y Artillería y al de sus municiones, y a los vehículos de transporte y de combate de tipo medio, que se mantendrá en el futuro, se irá progresando en otras tecnologías correspondientes principalmente al sector de la electrónica y la aeronáutica, así como en el la misilística anticarro, actividad en período actual de iniciación a través de la cooperación con una empresa americana.

Para analizar el futuro de la tecnología militar en España, hay que hacer algunas consideraciones previas. La CEE va evolucionando hacia lo que hoy es la UE, en la que el mercado de los bienes comunes de consumo está regido por la libre competencia, cuestión que afecta directamente a los productos de doble uso (civil y militar). Los productos militares, por el contrario, están amparados por el artículo 223 del Tratado de Roma, artículo conservado íntegramente en el Tratado de la Unión, de Maastrich,

por el cuál los productos contenidos en una lista de equipos militares pueden ser adquiridos por los países de la manera que consideren más adecuada, atendiendo a razones de seguridad.

Ahora bien, las amenazas no han desaparecido, aun cuando son distintas. Los futuros conflictos se enmarcan sobre todo en los de tipo regional y en las operaciones de paz (reforzamiento de la paz, mantenimiento de la paz y ayuda humanitaria). En este sentido hay que tener en cuenta que la tecnología militar se tendrá que orientar a este tipo nuevo de operaciones militares, al objeto de poder proporcionar a los ejércitos, no necesariamente las armas más avanzadas y de mayor poder letal que el hombre pueda imaginar, sino, todo lo contrario, el tipo de armamento que, produciendo el menor número de bajas humanas, sea capaz de desarrollar eficazmente su misión. Se abre, pues, todo un nuevo horizonte a explorar, como es el de las armas no letales. Las empresas españolas de productos militares deberán dar a este tema la importancia que realmente tiene. De hecho, a partir de la reunión de abril de 1994 de la Conferencia de Directores Nacionales de Armamento de la OTAN se ha decidido que el tema de las armas letales figure en el orden del día de las reuniones de los grupos principales dependientes de dicha conferencia.

Bibliografía

- «A survey of Defense in the 21st Century». *The Economist*. Septiembre, 1992.
- CARDWELL, D. *The Fontana History of Technology*. Fontana Press, 1994.
- CASARIEGO, J. E. *Las armas en España*. Ediciones de Arte y Bibliografía. Madrid, 1984.
- «De la *blitzkrieg* a la *schwarzkopkrieg*». *Revista Español de Defensa*, número 78.
- DUNNIGAN J. F. «How to make war». *Third Edition*. William Morrow and Company, Inc. Nueva York, 1993.
- «Emerging Technology and Defense». *Scientific and Technical Committee*. North Atlantic Assembly Papers, 1991.
- HOBBS, D. «Tecnología y seguridad». *Revista de Economía*, número 668. Abril, 1989.
- LAPUENTE GIVAJA, A. «La década de los ochenta». *Revista Ejército*. Junio, 1993.
- MCNEILL H. W. *La búsqueda del poder*. Siglo XXI Editores. Octubre, 1988.
- *Military Technical Revolution*. Center for Strategic and International Studies. Washington D. C. Marzo, 1993.
- MOLAS-GALLART, J. «Spanish participation in the international arms development and production programmes». *Defence Analysis*, volumen 6. 1990.
- «Scientific and Technical Committee». *Emerging Technology and Defense*. North Atlantic Assembly Papers.
- *Tecnologías de doble uso*. Colección: Forum electrónica militar. 1993.
- ZAKS, A., GILLIS, P. y WAUTELET, M. *Diversification et reconversion de l'industrie d'armement*. Les dossiers du GRIP. 1992.