

RESUMEN ACTIVIDAD ACADÉMICA

La innovación tecnológica y la modernización de las FAS (Fuerzas Armadas)*

Dr. D. Jesús Carlos Gómez Pardo

General de División del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército de Tierra, Subdirección General de Sistemas Terrestres del INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas)

joseramon.casar@upm.es (Coord.)

1.- INTRODUCCIÓN

Estamos siendo testigos de terribles conflictos que están afectando a la seguridad global y que suponen enormes desafíos para nuestra forma de vida. En estos conflictos hemos visto el empleo de tecnologías disruptivas que están modificando sustancialmente los procedimientos operativos en el campo de batalla. Las lecciones aprendidas ponen de manifiesto la necesidad de dotar a nuestros combatientes de capacidades militares inicialmente no previstas. A lo largo de la ponencia se analizarán cuáles son esas capacidades militares, como es el proceso de planeamiento para su consecución, qué tecnologías debemos desarrollar para obtener sistemas de armas, tecnológicamente avanzados, que proporcionen al combatiente una ventaja operativa clara en el campo de batalla y, finalmente, qué proyectos, para el desarrollo de estas tecnologías emergentes y disruptivas (EDT), están en marcha.

2.- EL ENTORNO GEOESTRATÉGICO Y TECNOLÓGICO

Vivimos en un mundo convulso. Un mundo que, en nuestro afán sistematizador, denominamos **VICA**, acrónimo de **volátil, incierto, complejo y ambiguo**, siglas que caracterizan nuestro entorno vital desde la caída del muro de Berlín. En el año 2020, aparece un nuevo cisne negro, la pandemia de la COVID-19, que impacta notablemente en nuestras vidas. Tras la pandemia, se acuña el concepto **FANI, frágil, ansioso, no lineal e**

* Sesión académica de la RADE celebrada el 29-11-2023 con el título *La tecnología y la innovación en el nuevo contexto geopolítico*.

incomprensible, que hace referencia a lo quebradizo de estos tiempos. Mientras que VICA pone el foco en los factores que causan la incertidumbre y la complejidad, FANI lo hace en los efectos que estas producen en las organizaciones.

El mundo estable de la guerra fría, un mundo de bloques, conocido, parametrizable, de futuro predecible, ha pasado a la historia. En 1989 cae el muro de Berlín, se rompe el equilibrio geopolítico y los acontecimientos se precipitan. En Europa, al euromaidán ucraniano de 2013, le sucede la anexión ilegal de la península de Crimea en 2014 por la Federación Rusa, y la posterior invasión en 2022 de otra parte del territorio de Ucrania. El impacto en nuestra sociedad está siendo enorme. Este conflicto ha dinamitado las débiles estructuras transnacionales, haciendo saltar por los aires la economía global. Estamos viendo un retorno al proteccionismo económico, al menos en aquellos recursos y tecnologías que garantizan nuestra independencia estratégica como nación y, en nuestro caso, como europeos.

En el resto del planeta la inestabilidad impera, así, el conflicto de Gaza, las tensiones entre EE. UU. y China, el deshielo del Ártico o el debilitamiento de los lazos trasatlánticos, nos llevan a pensar que el mundo que hemos vivido no volveremos a conocerlo.

España no queda al margen de esta complicada realidad geopolítica que introduce enormes desafíos para la seguridad global. Comprometida con sus socios internacionales, nuestros ejércitos y la Armada participan en **17 operaciones en el exterior**¹ en las que tenemos a 3000 soldados y guardias civiles desplegados en cuatro continentes.

Por otro lado, esta inestabilidad e incertidumbre de la geopolítica global, se ve catalizada por la **revolución tecnológica** en la que estamos inmersos. Es patente que nuestra sociedad evoluciona de manera vertiginosa al compás de la irrupción de nuevas tecnologías. Tecnologías emergentes que introducen cambios profundos en nuestra forma de pensar y actuar, y que están acelerando la transición hacia la era digital.

Nuestros Ejércitos y Armada, parte integrante de la sociedad, están sumidos en un proceso de **transformación digital** que modifica el arte de la guerra. Un **campo de batalla digitalizado**; hiperconectado; operaciones en red; combatientes bien pertrechados que se constituyen en nodos de la red de combate; o el uso generalizado de vehículos no tripulados, sistemas autónomos, drones, robots armados, actuando de manera individual o colaborativa; son ejemplos de una realidad que está modificando sustancialmente los actuales conceptos operativos.

¹ Para más información consultar el enlace: https://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/

Retos tecnológicos, futuros desconocidos, enormes desafíos para la seguridad, ante los cuáles, sólo podemos actuar creando estructuras ágiles, en permanente adaptación a la rápida evolución del entorno, y dotándonos de organizaciones más flexibles y resilientes, que nos permitan sobrevivir y operar en un mundo cada vez más incierto y complejo.

3.- LECCIONES APRENDIDAS DE LOS CONFLICTOS ACTUALES

De la guerra de Ucrania podemos extraer, con cautela, las primeras lecciones aprendidas².

La invasión ilegal de Ucrania por la Federación Rusa nos devuelve, aparentemente, a un conflicto convencional de alta intensidad, pero con algunas salvedades: ambos bandos están haciendo uso extensivo de ciertas **tecnologías emergentes y disruptivas**, características de un conflicto moderno; existe, además, un claro **enfrentamiento** entre Rusia y Occidente en la **zona gris**; y, todo ello, con el telón de fondo de la **amenaza nuclear**.

Las **operaciones** se están llevando a cabo en el **multidominio** que integra los ámbitos de operación físicos, tierra, mar y aire, incluyendo el espacio ultraterrestre, y los dominios no físicos, el ciberespacio y el espacio cognitivo, que establece la doctrina española.

Por otro lado, se han puesto de relieve algunos cambios fundamentales en la batalla asociados a la digitalización, destacando sobremanera el **uso masivo de drones** del que hablaremos posteriormente.

De este terrible conflicto, de elevada atrición, podemos extraer, centrándonos en aspectos tecnológicos: que las **capacidades de inteligencia, vigilancia, reconocimiento y adquisición de objetivos** son claves para la superioridad en las operaciones; que en el campo de batalla resulta crítico disponer de **fuegos precisos y de largo alcance** para batir objetivos con precisión, minimizando daños colaterales; que es necesaria una gran **potencia de fuego** para saturar al adversario; que la **digitalización del campo de batalla** es ya una realidad, habiendo quedado patente que para que las operaciones en red sean posibles, debe garantizarse la **interconexión de los sensores y sistemas de combate con los centros de gestión y elementos productores de fuegos o efectos**; y, por último, que para garantizar dicha interconexión es imprescindible disponer de **sistemas C2³ de mando y control** robustos, redundantes y de alta movilidad, así como de **capacidades de guerra electrónica** para operar en el espectro electromagnético con la necesaria superioridad, de

² Conclusiones iniciales de la guerra en Ucrania. Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos. Estado Mayor Conjunto, marzo 2023.

³ C2: Command and Control. Mando y Control.

manera que pueda garantizarse la operatividad en entornos degradados y la libertad de acción en los cinco dominios de las operaciones.

Resulta, por tanto, fundamental disponer de potentes sistemas de guerra electrónica con capacidad para interferir las **señales PNT** (acrónimo de posición, navegación y tiempo) del adversario, pero sin afectar a los sistemas propios.

En el conflicto de Gaza la situación es similar. La omnipresencia de la guerra electrónica israelí impide el uso adecuado de los sistemas de armas de Hamas, Hizbullá y de cualquiera que opere en la zona y que no tenga superioridad PNT.

Esto es lo que se conoce como **guerra de navegación, NAVWAR**, concepto que analizaremos en el siguiente punto.

De estas lecciones aprendidas se deriva la necesidad de dotar a nuestras tropas de nuevas capacidades militares asociadas a la aparición en el campo de batalla de las tecnologías disruptivas que pasamos a describir a continuación.

4. NUEVAS CAPACIDADES MILITARES ASOCIDAS A LAS EDT

4.1.- Guerra de Navegación.

La mayoría de los sensores y sistemas empleados en el campo de batalla, como el mando y control, las comunicaciones o los subsistemas de navegación y guiado, embebidos en sistemas de armas, drones o vehículos militares autónomos o tripulados, utilizan la señal de navegación por satélite para disponer de una PNT precisa. Sin embargo, presentan graves vulnerabilidades relacionadas con la degradación del rendimiento o la denegación, no disponibilidad, de la señal de navegación por satélite. Al tratarse de sistemas muy dependientes de esta señal resultan muy sensibles a los **ataques de denegación** (*jamming*) **y de suplantación** (*spoofing*). Si tenemos en cuenta que el uso de perturbadores (*jammers*) se ha generalizado en todo tipo de conflictos por su eficiencia, bajo coste y facilidad de implementación podemos comprender la enorme vulnerabilidad de estos sistemas.

La pérdida de la señal de navegación por satélite hace que los errores de posición se incrementen y que, por tanto, los sistemas de armas que utilizan la navegación por satélite en entornos no estructurados (señal denegada o degradada), queden anulados para el combate.

Entendemos por **guerra de navegación** al conjunto acciones y medidas técnicas que permitan asegurar la superioridad de la información PNT. La NAVWAR se encarga de proteger los sistemas de navegación propios, los que proporcionan posición geográfica y

aquellos que facilitan señales horarias de referencia, siendo también la responsable de degradar la información de posición, navegación y tiempo, del adversario.

Para garantizar una señal PNT precisa, podemos actuar de tres maneras: en primer lugar, **protegiendo los sistemas propios de navegación por satélite**, mediante el empleo de antenas *antijamming* o introduciendo mejoras en el sistema (por ejemplo el uso del código M, servicio de Código Militar GPS que proporciona mayor seguridad y robustez que el código utilizado para aplicaciones civiles); en segundo lugar, generando una **referencia de tiempo independiente**; y, finalmente, utilizando **sistemas de navegación alternativos**, entre los que destacan, por su amplia difusión, los sistemas de navegación basada en terreno.

En el conflicto de Ucrania hemos visto como los equipos de guerra electrónica de última generación empleados por el Ejército ruso, en particular sus bloqueadores de la señal GPS capaces de actuar a más de 500 km, permiten interferir las señales de orientación y posicionamiento de los satélites ucranianos, impidiendo así el empleo de municiones guiadas de precisión, dotadas de un guiado terminal GPS-inercial, o la operación de los drones ucranianos. Estas capacidades de Guerra Electrónica, de las más importantes del mundo, han obstaculizado seriamente la contraofensiva del ejército ucraniano.

El asunto es de tal relevancia que el departamento de defensa americano creó en 2004 el **Centro Conjunto de Guerra de Navegación**⁴.

Debemos, por tanto, trabajar en el desarrollo de tecnologías que nos permitan, por un lado, garantizar una señal PNT robusta a los sistemas propios que utilizan la navegación por satélite, como la munición de precisión EXCALIBUR, las municiones merodeadoras, los drones y sistemas antidron o los sistemas de navegación de los vehículos de combate propios y, por otro lado, denegar la del adversario. Estas tecnologías EDT dotarán a nuestras Fuerzas Armadas, FAS, de las capacidades militares necesarias para la NAVWAR.

4.2.- Defensa antidron

Otro aspecto importante del conflicto de Ucrania ha sido que, por primera vez, hemos observado el empleo masivo de drones en tareas de inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos, reconocimiento, así como para la destrucción de objetivos tácticos, empleados como armas baratas de precisión, o para colapsar las defensas antiaéreas mediante ataques en enjambre.

El ejército ruso está utilizando, en sus operaciones, drones sencillos, como el **Orlan-10**, para misiones de vigilancia, reconocimiento o guerra electrónica. Asimismo, dispone de drones

⁴ Para más información consultar el enlace: <https://www.kirtland.af.mil/Units/Joint-Navigation-Warfare-Center/>

de mayor capacidad, como el **Shahed-136** de procedencia iraní, cuyo empleo en enjambre y como **dron kamikaze** produce efectos físicos y psicológicos devastadores.

El ataque de un **enjambre de drones** se constituye, por tanto, en una verdadera amenaza para la que actualmente no estamos adecuadamente preparados. Ya en la última cumbre de la OTAN en Madrid, en julio de 2022, se apreciaron carencias para la defensa contra este tipo de amenaza. En este sentido, la OTAN exige unas capacidades mínimas a los sistemas C-UAS (*Counter-Unmanned Aerial System*)⁵.

El desarrollo de **tecnologías antidron** pasa, así, a ser absolutamente prioritario. Disponer de un catálogo amplio que nos permita la **localización, identificación y seguimiento**⁶ de la amenaza, drones o enjambres de drones, así como su **neutralización**, bien con medios de guerra electrónica, que actúen sobre el radioenlace o la señal de geolocalización del dron, lo que se conoce como **soft kill (jamming o spoofing)**, o bien con medios físicos de destrucción, como efectores cinéticos (proyectiles, cohetes, o sistemas de protección activa), redes, pulso electromagnético, arma láser, enjambres defensivos, etc., lo que conocemos como **hard kill**, resulta vital para garantizar la seguridad de cualquier operación. Además, será necesario desarrollar aplicaciones de inteligencia artificial, IA, para una **simulación completa del entorno de batalla** y para la **gestión integral del combate C-UAS**.

4.3.- Vehículos autónomos.

En el conflicto ucraniano se está haciendo, asimismo, un uso extensivo de **vehículos autónomos terrestres**, y, sobre todo, **navales**, con cuyo empleo UKR está teniendo notables éxitos en sus operaciones en el mar negro.

Es, por tanto, necesario el desarrollo tecnológico en los campos de la robótica y los vehículos autónomos para: **automatizar los sistemas heredados (drive-by-wire)**; **desarrollar interfaces avanzados conductor-vehículo**; y **desarrollar tecnologías para la interacción UGV-UAV**⁷. Otras tecnologías críticas que, para su maduración, utilizan **modelos y algoritmos de IA**, son: la fusión de sensores; el posicionamiento preciso en entornos complejos; la navegación autónoma en entornos no estructurados; el desarrollo de algoritmos de automatización; la planificación de itinerarios; y el funcionamiento colaborativo.

⁵ OTAN publicará este año la doctrina contra dron que incluirá lecciones aprendidas de los conflictos de Nagorno Karabaj y Ucrania. Consultar, por ejemplo, el siguiente enlace: <https://www.janes.com/defence-news/news-detail/nato-to-publish-first-c-uas-doctrine-this-year>

⁶ Localización, identificación y seguimiento por medio de: radares bi-tridimensionales para detección y seguimiento de enjambres; detectores IR/VIS con capacidad de detección y seguimiento de enjambres; detección y localización de emisiones RF de drones (IA); identificación de amenazas y localización por protocolo MAVLINK.

⁷ Unmanned Ground Vehicle-Unmanned Aerial Vehicle. Vehículos no tripulados terrestres y aéreos respectivamente.

4.4.- La transformación logística y la IA.

La enorme capacidad de computación actual está permitiendo el desarrollo de herramientas que están transformando nuestra manera de hacer las cosas. La IA, los sistemas ciber físicos, el *machine learning*, los gemelos digitales, los sistemas *cloud*, el *Big Data*, y, así, las doce tecnologías asociadas a la **industria 4.0** van a optimizar los procesos logísticos. Los mandos de apoyo logístico de los Ejércitos y de la Armada están inmersos en una profunda transformación de sus estructuras logísticas que están evolucionando de una logística reactiva-preventiva, logística 3.0, a una **predictiva, logística 4.0**, basándose en la transformación industrial. Los nuevos procesos logísticos permitirán **maximizar la disponibilidad operativa** de los sistemas de armas, fin último de la logística militar.

De esta manera, será difícil cometer errores logísticos como los que hemos visto, en los comienzos de la invasión de Ucrania, en el despliegue del ejército ruso.

Disponer de capacidades para el desarrollo de tecnologías y herramientas para el mantenimiento predictivo de edificios y sistemas de armas, mediante el empleo de la **IA y el Big Data**, será prioritario.

Por otro lado, la IA se concibe como una herramienta horizontal capacitadora. Hemos visto que tanto las tecnologías asociadas a la NAVWAR como al desarrollo de vehículos autónomos y sistemas antidron necesitan del concurso de aplicaciones de IA. Los desarrollos de IA estarán orientados a poder llevar a cabo: el **análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos** procedentes de sensores de sistemas de armas; el desarrollo de tecnologías para el **mantenimiento predictivo de plataformas**; y el **análisis inteligente de fuentes de información** en apoyo a la decisión.

5.- EL PROCESO DE PLANEAMIENTO Y LA I+D+I DE DEFENSA

Hemos visto como los conflictos en liza dejan manifiesta la necesidad de implementar metodologías para el desarrollo ágil de aquellas tecnologías de la Seguridad y la Defensa que nos permitan afrontar con éxito los enormes desafíos descritos.

Pero ¿cómo es el proceso para obtener las capacidades militares que demandan los nuevos entornos para las operaciones militares?

El planeamiento de la defensa⁸ es un proceso cíclico y ordenado que traduce objetivos políticos generales de defensa en capacidades militares específicas. En el proceso de

⁸Orden Ministerial 60/2015 de 3 de diciembre por la que se regula el proceso de planeamiento de la Defensa. BOD 240, 10 de diciembre de 2023, página 29802.

planeamiento se fijan los objetivos, se determinan las prioridades, se asignan los recursos y se ejecutan todas aquellas actividades necesarias para lograr una estructura de fuerzas y unas capacidades militares que permitan alcanzar los objetivos de defensa establecidos por la **Directiva de Defensa Nacional** en curso (DDN-2020).

El planeamiento de la Defensa se inicia con la **Directiva de Política de Defensa**⁹, DPD, que emite la Ministra de Defensa. Es un **proceso concurrente** entre el **planeamiento militar**, que comienza con el concepto de empleo de las FAS y con la directiva del planeamiento militar, DPM, y el **planeamiento de los recursos**. La salida del proceso es el **objetivo de capacidades militares, OCM**. En la figura 1 puede verse el esquema del proceso de planeamiento.

Con el proceso de planeamiento se busca, en definitiva, obtener los recursos humanos, equipos, sistemas, infraestructuras y Unidades que satisfagan las necesidades militares fruto de las misiones que se realizan en la actualidad y de las directrices político-estratégicas que rigen la Defensa Nacional.

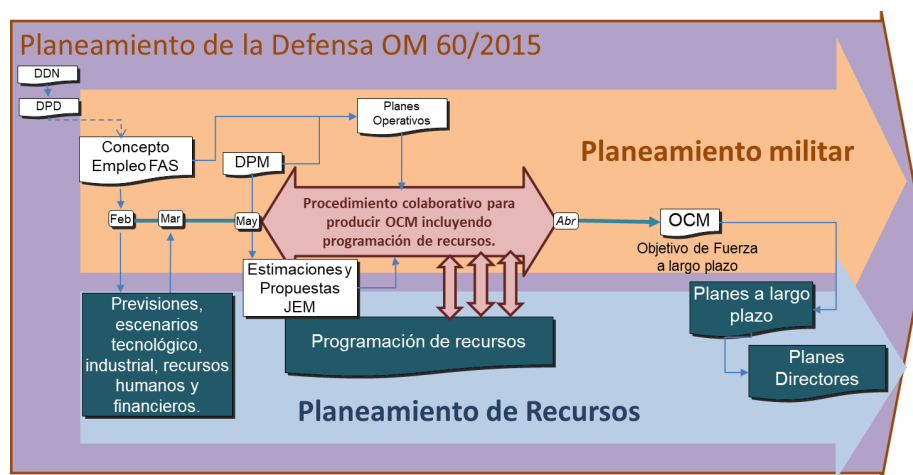


Figura 1.- Esquema del proceso de planeamiento de la Defensa.

El proceso tiene una **duración de 6 años**, los dos primeros de preparación y los cuatro siguientes de ejecución. Los dos últimos años de ejecución coinciden con los de preparación del siguiente **ciclo de planeamiento**.

El planeamiento de la defensa se lleva a cabo en **tres horizontes temporales**: a) corto plazo (tres años), para fijar las necesidades presupuestarias y ajustar la programación de los recursos disponibles; b) medio plazo (seis años), para programar el empleo de los recursos

⁹Directiva de Política de Defensa 2020 Cód. Informático: 2020017023. BOD Núm. 159, 6 de agosto de 2020, Sec. I. Pág. 19551.

económicos, materiales y humanos; y c) largo plazo (de quince a veinte años), para orientar la transformación de las FAS.

El planeamiento a largo plazo determina el objetivo de capacidad militar (OCM) a largo plazo, es decir, las capacidades necesarias, en los próximos 15-20 años, para lograr el **objetivo de fuerza a largo plazo (OFLP)**, así como los recursos necesarios para conseguirlo. En este sentido, es bien conocida la visión del Jefe del Estado Mayor del ET (Ejército de Tierra) para el Ejército 2035 en el que la **Brigada 2035** se constituye como sistema de combate integral.

En el proceso de planeamiento, la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) es responsable de la planificación de los recursos financieros y materiales¹⁰. Es también responsable de la I+D+i y, por tanto, de elaborar la política de I+D+i del Departamento y su planificación.

La I+D+i de Defensa tiene dos claros objetivos: Contribuir al **desarrollo de las capacidades militares**, incorporando a los sistemas de armas las tecnologías más avanzadas que proporcionen al combatiente una ventaja operativa; y contribuir a **conformar una Base Tecnológica e Industrial de la Defensa**, en adelante BTID, que garantice la libertad de acción.

Se fundamenta en tres pilares: Los **objetivos tecnológicos** que se logran a través de las actividades y proyectos de I+D; la **cooperación** que engloba actividades de cooperación entre instituciones y organismos tanto nacionales como internacionales; y finalmente la **mejora continua**.

6.- LA ESTRATEGIA DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA LA DEFENSA. MARCO PARA LA I+D+i DE DEFENSA

Del plan de recursos a largo plazo, surge el plan de I+D+i del Departamento, perfectamente incardinado en el Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación¹¹, también llamado Plan Nacional de I+D+i.

Existe un documento clave para toda la comunidad de Defensa que **transforma el objetivo de capacidades militares y de fuerza a largo plazo en metas tecnológicas**. Este documento, que nos permite transitar desde el ámbito operativo al tecnológico de una

10 Instrucción 2/2011, de 27 de enero, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se regula el proceso de Planeamiento de los Recursos Financieros y Materiales.

11 El Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023 puede descargarse en el enlace: <https://www.ciencia.gob.es/Estrategias-y-Planes/Planes-y-programas/PEICTI.html>

forma coherente y sistemática, es la estrategia de tecnología e innovación para la Defensa, ETID¹². Aunque no es propiamente un documento del proceso de planeamiento, sí que deriva de este y apoya su desarrollo a través de la capacitación de la BTID.

La Estrategia se organiza en tres niveles: **Áreas de actuación funcional, líneas de actuación funcional y metas tecnológicas**.

La ETID es el **marco para la I+D+i** de Defensa. De esta manera, la ejecución de los proyectos de I+D+i lleva aparejada el crecimiento tecnológico hasta niveles de madurez adecuados para que las tecnologías desarrolladas puedan incorporarse a sistemas de armas avanzados. La **capacitación de la BTID** en las nuevas tecnologías, junto con sus capacidades industriales enmarcadas por la **estrategia industrial de Defensa**¹³, permite a las FAS abordar los **programas de obtención** que consoliden las capacidades militares objetivo. En este sentido, a diferencia del mundo civil, **la I+D+i de Defensa es finalista**; su objeto no es sólo generar conocimiento sino conseguir tecnologías y sistemas de armas que resuelvan capacidades militares.

7.- EL MODELO DE INNOVACIÓN DE DEFENSA

Como hemos visto, la ETID transforma el objetivo de capacidad militar, que surge del proceso de planeamiento a largo plazo y de los planes estratégicos en los que este proceso se basa, en objetivos tecnológicos. Además, tiene en consideración el estado del arte de la tecnología. Para ello la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación de la DGAM (SDGPLATIN) dispone de un **sistema de observación y prospectiva tecnológica** (SOPT) formado por once observatorios tecnológicos.¹⁴

Otra de las líneas de trabajo del SOPT es **capturar el conocimiento** creado por aquellos equipos de investigación de Universidades y Centros Tecnológicos que trabajan en tecnologías de interés para la Defensa, a los que identifica a través del **subproceso de vigilancia y prospectiva tecnológica**. Una vez capturado el conocimiento en un estado TRL¹⁵ bajo, se procede a su crecimiento en centros tecnológicos o empresas con capacidad para la I+D+i. En el ámbito de Defensa, es al **INTA**, organismo autónomo adscrito a la

12 La ETID-2020 puede descargarse en el enlace: <https://publicaciones.defensa.gob.es/estrategia-de-tecnologia-e-innovacion-para-la-defensa-etid-2020-libros-pdf.html>

13 La EID puede descargarse en el enlace: <https://publicaciones.defensa.gob.es/estrategia-industrial-de-defensa-2023.html>

14 Observatorios tecnológicos: Armas y municiones; Defensa NRBQ; Electrónica; Energía y propulsión; Materiales; Óptica, optrónica y acústica; Plataformas navales; Plataformas terrestres; Tecnologías de la información, ciberdefensa, comunicaciones y simulación; Plataformas aéreas; Satélites y espacio.

15 TRL: *Technology Readiness Level*. Nivel de madurez tecnológica.

Secretaría de Estado pero que se rige por la Ley de la Ciencia, al que le corresponde la ejecución de la I+D del Departamento.

Para el desarrollo tecnológico se cuenta con herramientas de financiación de la I+D+i de Defensa, tanto nacionales como internacionales, así como con el **programa COINCIDENTE**, herramienta propia del Departamento orientada a financiar la construcción de demostradores tecnológicos de tecnologías maduras en la vida civil que puedan aplicarse a la consecución de capacidades militares (**tecnologías duales**). No olvidemos que otro de los objetivos de la I+D+i de la Defensa es el de fortalecer la BTID por lo que las herramientas de financiación, tanto a nivel nacional como europeo, favorecen la formación de consorcios empresariales. En este **subproceso de estructuración del conocimiento**, las tecnologías van madurando hasta alcanzar un nivel suficiente, TRL 7 u 8, momento en el que se transfieren a las empresas de la BTID.

La Industria integra esas tecnologías en productos, sistemas de armas, que satisfacen la necesidad militar, capacitándose, además, para proporcionar los Servicios que demanden las FAS. Este último proceso de **explotación de resultados**, en el que las empresas generan riqueza y los Ejércitos consiguen sus capacidades militares, cierra la cadena completa de **generación de valor**. El esquema de este modelo de innovación tecnológica de Defensa puede verse en la figura 2.

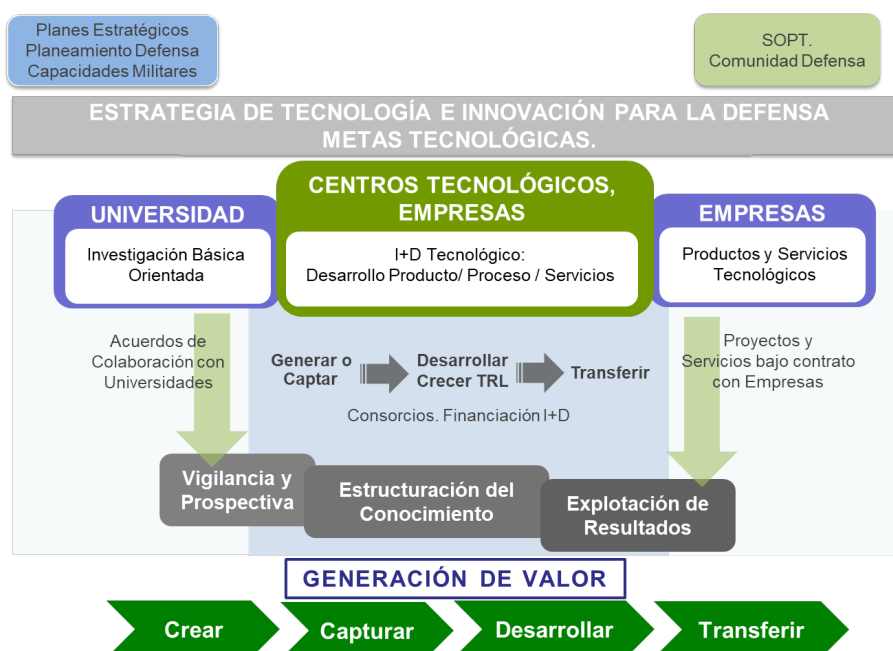


Figura 2.- Modelo de innovación tecnológica de Defensa.

8.- LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA FACTOR CLAVE EN LA MODERNIZACIÓN DE LAS FAS. PROYECTOS DE I+D PARA EL DESARROLLO DE EDT

Siguiendo el modelo de innovación descrito en el párrafo anterior, se desarrollan las tecnologías EDT que habilitan a nuestras FAS a combatir en los nuevos escenarios para la batalla. Las empresas de la BTID fabrican sistemas tecnológicamente avanzados que los Ejércitos y Armada adquieren para lograr una ventaja operativa clara en el enfrentamiento. Este modelo de innovación contribuye a la creación de estructuras ágiles en permanente adaptación al entorno VICA-FANI descrito al comienzo, y a dotar de flexibilidad y resiliencia a las Unidades Militares. En definitiva, un modelo necesario para la adecuada **modernización de nuestras FAS** ante un futuro desafiante.

Conocidas las capacidades militares necesarias y su proceso de obtención, así como el modelo de innovación tecnológica, vamos a revisar, a continuación, las iniciativas de I+D+i en marcha, las más importantes, para el desarrollo de las tecnologías clave que dotarán a nuestros combatientes de esas capacidades.

8.1 Proyectos NAVWAR

En relación con la NAVWAR la SDGPLATIN ha lanzado los proyectos: **K-A KEPLER ADVANCE**, navegación y posicionamiento en entornos de GNS (Global Navigation Sattelite) denegado o degradado; y **SISNAVALT**, posicionamiento en base a alternativas embarcables en RPAS de Clase I.

8.2 Proyectos de vehículos autónomos

En relación con los UAS y sus sensores tenemos los proyectos: **RAPAZ**, evaluación, adaptación y adquisición de RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) CLASS I (Micro, Mini y Small); y **ART-SAR**, desarrollo e integración de un radar SAR (Synthetic Aperture Radar) en RPAS de clase I.

En cuanto a los UGV, podemos distinguir tres grupos de proyectos: a) UGV en apoyo al combatiente a pie con los proyectos: **ALANO**, desarrollo de un asistente logístico autónomo a núcleo operativo; **URBAN**, mini UGV autónomo para la superioridad de la información en entornos urbanos; y **UGV RECO**, diseño y fabricación de un vehículo autónomo de exploración y reconocimiento; b) Robotización de plataformas y convoy de vehículos, grupo de proyectos en el que podemos reseñar: **ARVEM** (Aplicación robótica para vehículo en misiones logísticas), robotización de plataformas tripuladas para su funcionamiento no tripulado; y **COMMANDS** (*Convoy Operations with Manned-Unmanned Systems*), proyecto europeo EDF (Fondo Europeos de Defensa) para el desarrollo de nuevas tecnologías aplicables a sistemas terrestres tripulados y no tripulados; y c) Proyectos de Integración de

UGV, entre los que destacan: **iMUGS** (*Integrated Modular Unmanned Ground System*), proyecto europeo, liderado por GMV (Grupo Mecánica de Vuelo), para integrar sistemas robóticos con la tecnología tripulada existente en las fuerzas de defensa europeas; y **ESCORPIÓN**, proyecto, asimismo, para la integración de soluciones existentes.

Por su parte, los proyectos relativos a la robótica naval podemos subdividirlos en dos grupos: a) UUUV (vehículos submarinos no tripulados) grupo en el que destaca el proyecto **BARRACUDA**, análisis del estado del arte a nivel nacional; y b) USV (vehículos de superficie no tripulados) con los proyectos: **ORCA**, desarrollo de plataformas de superficie no tripuladas; **SIMBAAD**, mejora de los sistemas de comunicación entre redes de sensores fijos y móviles (plataformas no tripuladas); y **FAVENTAN**, mejora de las capacidades de mando y control de plataformas USV.

8.3- Proyectos antidron

El ET dispone ya de un primer sistema antidron operativo: el CERVUS II. Carece de algunas tecnologías clave como la inteligencia artificial, el *machine learning* y la capacidad de disparar munición, lo que lo hace bastante limitado. **CERVUS III** es una evolución muy importante del anterior que incorpora dichas tecnologías. Está siendo desarrollado por la empresa TRC e integra la torre Guardian 2.0 y el sistema de detección OTEOS de la compañía *Escribano Mechanical & Engineering*, lo que le capacita para la detección, seguimiento y neutralización de la amenaza tanto *soft kill* (inhibición y perturbación) como *hard kill* (lanzagranadas de 40x 53 mm de la empresa Nammo Palencia).

Además, se están llevando a cabo diversos programas de I+D+i para la localización y el seguimiento de amenazas, como son: **SEDIM**, sistema electroóptico; o **ART-CRAM**, radar persistente 3D C-RAM (contra cohete artillería y mortero); y para su neutralización por distintos medios, como son: **DIAL**, fabricación de un demostrador instrumental de arma láser; **CONDOR**, evaluación, adaptación y adquisición de sistemas fijos y portátiles contra-RPAS; o **JEY-CUAS** (*Joint European System for Countering Unmanned Air System*), programa europeo para el desarrollo de un sistema antidron europeo.

8.4- Inteligencia artificial y logística predictiva

En el campo de la logística predictiva e IA tenemos los siguientes proyectos: a) Mantenimiento predictivo: **SILPRE**, sistema de logística predictiva del Ejército; **MAPRE**, mantenimiento predictivo para los arsenales 4.0 de la Armada; y el **MP C16**, mantenimiento predictivo del *Eurofighter*; y b) Inteligencia Artificial: **MADS**, detección de elementos y anomalías en el entorno marítimo; y **PEONEER** (*Persistent Earth Observation For Actionable Intelligence, Surveillance And Reconnaissance*), proyecto europeo para el desarrollo de técnicas de IA para automatizar el análisis de una gran cantidad de datos de interés militar.

8.5.- Los proyectos tecnológicos en CETEDEX

Es en este nuevo contexto para la Seguridad y la Defensa en el que se plantea la actividad del Centro Tecnológico de Desarrollo y Experimentación de Jaén, CETEDEX, concebido como un Centro para el desarrollo ágil de aquellas tecnologías de la Seguridad y la Defensa, estructuradas en tres pilares fundamentales: vehículo autónomo y conectado; desarrollo y experimentación antidrone; e inteligencia artificial, que nos permitan afrontar con éxito los enormes desafíos descritos.

Los proyectos vertebradores del CETEDEX que se están actualmente poniendo en marcha son los siguientes: a) Proyectos NAVWAR: **Safe PNT**, conjunto de actividades para asegurar la superioridad en el enfrentamiento NAVWAR, en ambiente en ambiente GNS denegado o degradado; b) Proyectos antidron: **Zero Threat Drone**, simulador parametrizable del sistema antidron completo, con gemelos digitales de todos los subsistemas; **Sistema de amenazas y drones de defensa**, desarrollo de un sistema con drones amenaza reales y de enjambres con capacidad antienjambre; **Sistema de neutralización**, desarrollo de tecnologías de neutralización *soft kill* y *hard kill* cinético con proyectiles, micromisiles, arma láser, etc.; c) Proyectos de Inteligencia Artificial: **Prototipo módulo de procesamiento IA**, desarrollo de aplicaciones de IA con capacidades de *Big Data* y *Machine Learning*.

9.- CONCLUSIONES

Hemos hablado de la complejidad e incertidumbre del contexto geopolítico global. Hemos recogido las lecciones aprendidas de los conflictos actuales, guerras modernas que generan enormes desafíos para la seguridad y la defensa y que obligan a los ejércitos a disponer de nuevas capacidades militares y a implementar metodologías ágiles para el desarrollo de las tecnologías necesarias para su consecución. Hemos visto como la digitalización del campo de batalla es una realidad que da lugar a nuevos escenarios tácticos para los que no estamos adecuadamente preparados. Y en ese sentido, hemos visto lo crítico que resulta obtener capacidades militares y desarrollar tecnología en el ámbito de la guerra de navegación, la defensa antidron, los vehículos autónomos, la transformación logística y la IA.

Posteriormente, hemos descrito el proceso de planeamiento que regula la obtención de esas nuevas capacidades militares y el modelo de innovación tecnológica de defensa para el desarrollo tecnológico. El modelo de innovación es un macroproceso que estructura el conocimiento a medida que avanzamos en la cadena de generación de valor hasta que las tecnologías, ya maduras, se transfieren a las empresas de la BTID para su incorporación en sistemas de armas, tecnológicamente avanzados, que aportan al combatiente una ventaja

operativa clara en el campo de batalla. El desarrollo de tecnología se enmarca en la ETID, documento que surge del planeamiento a largo plazo.

Finalmente, hemos procedido a la revisión de los múltiples proyectos de I+D+i del departamento, en los ámbitos tecnológicos reseñados, que dejan patente la relevancia de estas EDT para la defensa. Asimismo, hemos comentado cómo la creación del CETEDEX, Centro de excelencia en la I+D+i de la Defensa, va a aglutinar el desarrollo de la mayoría de las tecnologías antidron, de vehículo autónomo y conectado y de IA.

Nuestros combatientes demandan nuevas capacidades militares vitales para las operaciones en los nuevos escenarios y dominios de la batalla, en un mundo globalizado y cada más incierto, complejo y quebradizo.

La necesidad es clara. El desafío está servido.