

ARTÍCULO ORIGINAL

MITOS Y REALIDADES DE LAS TECNOLOGÍAS DUALES. HACIA UN NUEVO ECOSISTEMA EMPRESARIAL EN LA INDUSTRIA DE LA DEFENSA Y SEGURIDAD* Myths and realities of dual-use technologies: building a new business ecosystem in the defense and security sector

Félix Pérez Martínez

Académico de Número de la Sección de Ingeniería de la Real Academia de Doctores de España

felix.perez.martinez@upm.es

RESUMEN

La creciente complejidad e incertidumbre del escenario geopolítico internacional exige que nuestras Fuerzas Armadas desarrollen nuevas capacidades militares esenciales para garantizar el cumplimiento de sus misiones. Paralelamente, los compromisos internacionales asumidos implican un incremento significativo de los presupuestos de Defensa en los próximos años, abriendo la oportunidad de avanzar hacia una mayor autonomía estratégica, tanto nacional como europea, sustentada en la soberanía tecnológica en ámbitos críticos como la ciberdefensa, la inteligencia o las plataformas autónomas de nueva generación.

Ante este panorama, el sector industrial de la Defensa se enfrenta a la necesidad de transformarse para afrontar los nuevos desafíos y configurar un ecosistema empresarial más sólido, eficiente y competitivo. La naturaleza dual de muchas tecnologías empleadas representa una herramienta clave para alcanzar este objetivo. No obstante, persisten importantes obstáculos y barreras que dificultan su adaptación a las nuevas demandas, tanto para las empresas ya consolidadas en el sector como para aquellas que buscan incorporarse a él.

PALABRAS CLAVE: Tecnologías duales, contexto geopolítico, ecosistema empresarial, industria de defensa, soberanía tecnológica, autonomía estratégica, defensa, seguridad.

ABSTRACT

The growing complexity and uncertainty of the international geopolitical landscape requires our Armed Forces to develop new military capabilities that are essential to fulfilling their missions. At the same time, the international commitments undertaken entail a significant increase in Defense budgets over the coming years, opening the door to progress toward greater strategic autonomy—both national and European—based on technological sovereignty in critical areas such as cyber defense, intelligence, and next-generation autonomous platforms.

In this context, the Defense industrial sector faces the need to undergo a transformation in order to meet new challenges and build a more robust, efficient, and competitive business ecosystem. The dual-use nature of many of the technologies employed constitutes a key instrument for achieving this goal. Nevertheless, significant obstacles and barriers remain that hinder adaptation to new requirements, both for established companies within the sector and for those seeking to enter it.

KEYWORDS: Dual-use technologies, geopolitical context, business ecosystem, defense industry, technological sovereignty, strategic autonomy, defense, security.

* Sesión académica de la RADE celebrada el 17-12-2025 con el título *Mitos y realidades de las tecnologías duales: barreras y oportunidades en el futuro ecosistema empresarial de defensa y seguridad en España*.
<https://www.rade.es/pagina.php?item=1982>

La invasión de Ucrania por parte del ejército ruso en febrero de 2022, precedida ocho años antes por la anexión de la península de Crimea, evidenció que los Estados mantienen intereses estratégicos propios y que, en determinadas circunstancias, están dispuestos a emplear la fuerza militar para alcanzarlos. El ideal que, tras la caída del Muro de Berlín, proyectaba un orden internacional basado en la resolución pacífica de los conflictos, se ha desvanecido. En la actualidad, pocos discuten que disponer de unas Fuerzas Armadas (FAS) y de unas Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado (FCSE) capaces de garantizar la seguridad exterior e interior constituye el instrumento de disuasión más eficaz para preservar el estado del bienestar consolidado a lo largo de décadas de paz y prosperidad.

En el nuevo contexto geopolítico internacional, ampliamente reconocido, se constata además una vulnerabilidad estructural derivada de la globalización: en situaciones de crisis, la dependencia tecnológica e industrial provoca la interrupción de las cadenas de suministro y compromete de manera significativa nuestro modo de vida. La búsqueda de una autonomía estratégica sustentada en la soberanía tecnológica se ha convertido, por ello, en una prioridad nacional y europea. Este objetivo exige no solo una transformación profunda de la industria de defensa y seguridad, sino también una reconfiguración del ecosistema actual, con la incorporación de nuevos agentes y la revisión de sus reglas de funcionamiento.

En el ámbito europeo, la prolongada sensación de seguridad ha conducido durante décadas a una contención de los esfuerzos dedicados a la defensa. Si bien esta política ha contribuido a mejorar el nivel de vida de los ciudadanos, también ha limitado la capacidad operativa de las naciones para responder a las amenazas emergentes. La confianza en la capacidad de respuesta del aliado estadounidense ya no puede sostenerse indefinidamente y, en consecuencia, los Estados europeos están incrementando de forma sustancial sus presupuestos de defensa para adaptarse al nuevo escenario estratégico.

1. A MODO DE INTRODUCCIÓN: LAS TECNOLOGÍAS DUALES EN EL NUEVO CONTEXTO GEOPOLÍTICO

Las tecnologías de aplicación dual representan, sin lugar a dudas, el principal vector para la incorporación de nuevos actores a un sector que experimentará un crecimiento acelerado en los próximos años. El presente artículo analiza las principales barreras y desafíos asociados a este proceso, así como las transformaciones necesarias en los agentes ya consolidados, con el fin de alcanzar un objetivo compartido: garantizar que nuestras FAS y FCSE dispongan de los sistemas y equipos adecuados para el cumplimiento de sus futuras misiones, sustentados mayoritariamente en capacidades tecnológicas y cadenas de suministro nacionales. El fortalecimiento de la industria de defensa y seguridad, apoyado en la dualidad tecnológica, debe convertirse en uno de los motores de la reindustrialización

imprescindible para el futuro desarrollo económico y estratégico de nuestro país y de sus socios europeos.

La dualidad en la aplicación de las tecnologías alcanza a todos los elementos de la actividad económica: productos, infraestructuras, procesos y servicios y afecta tanto a las tecnologías habilitadoras (semiconductores, materiales, IA...) como a las transversales (ciberseguridad, simulación...) o las más específicas asociadas a la aplicación (como la propulsión o los sensores de un dron) (León Serrano G., 2025). Todas ellas comparten una serie de características asociadas a su doble propósito de diseño y aplicación:

- En general se trata de tecnologías versátiles, muy avanzadas, incluso disruptivas, que en la mayoría de los casos se están desarrollando en el ámbito civil.
- Están en constante evolución y, por tanto, la innovación es intrínseca a su desarrollo y la garantía de su aceptación.
- Son muy sensibles en su transferencia y control, estando fuertemente reguladas por motivos de seguridad nacional.
- Los gobiernos y las organizaciones internacionales suelen invertir y monitorizar su desarrollo, dedicando muchos recursos a tal fin pues las consideran de interés estratégico.
- Su doble uso permite a las empresas superar con más facilidad los ciclos económicos pues suelen ir en contrafase los ciclos expansivos y restrictivos de los ámbitos civiles y militares.

Todo lo cual las hace muy atractivas para las empresas. Sin embargo, esta visión positiva convive con una serie de mitos que, si no se abordan adecuadamente, pueden generar expectativas irreales o frustraciones innecesarias entre las empresas, especialmente entre las pequeñas y medianas.

2. BARRERAS Y RETOS DE LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DUALES EN EL SECTOR DE LA DEFENSA Y LA SEGURIDAD

Para poner de manifiesto las principales barreras y retos a la aplicación de dualidad de las tecnologías en el futuro sector de la defensa y seguridad, en este apartado se describirán algunos de los mitos y realidades del sector.

2.1. Primer mito: recursos ilimitados

Uno de los mitos más extendidos es la idea de que el sector de la defensa dispondrá en los próximos años de recursos prácticamente ilimitados. Si bien es cierto que los gastos en defensa han aumentado de forma significativa en los últimos años, especialmente en el entorno europeo y atlántico, estos recursos no son infinitos ni están garantizados para todos

los actores. A modo de ejemplo, en el Plan ReArmar Europa / Preparación 2030 presentado por la presidenta de la Comisión, Ursula von der Leyen, los 800.000 millones de euros anunciados se corresponden con 150 millones de euros en préstamos, y el resto son meras autorizaciones que los gobiernos de los países miembros pueden utilizar o no. En ningún caso son volúmenes de financiación asegurados.

La realidad es que los recursos invertidos en el sector serán muy superiores a los actuales. En la figura 1 se presentan los porcentajes medios del PIB gastados por los países miembros de la UE entre el año 2014 y el 2023, así como el invertido en 2024. Algunas conclusiones son evidentes: a) España ocupa el último lugar con una inversión en torno al 1% en los últimos años; b) En el año 2024, tras el conflicto de Ucrania, subió al 1,3%; c) La mayoría de los países está muy lejos del 3,5% que se maneja como cifra realista para que Europa tenga la capacidad de disuasión que necesita (Clapp, S. & Höflmayr, M., 2025).

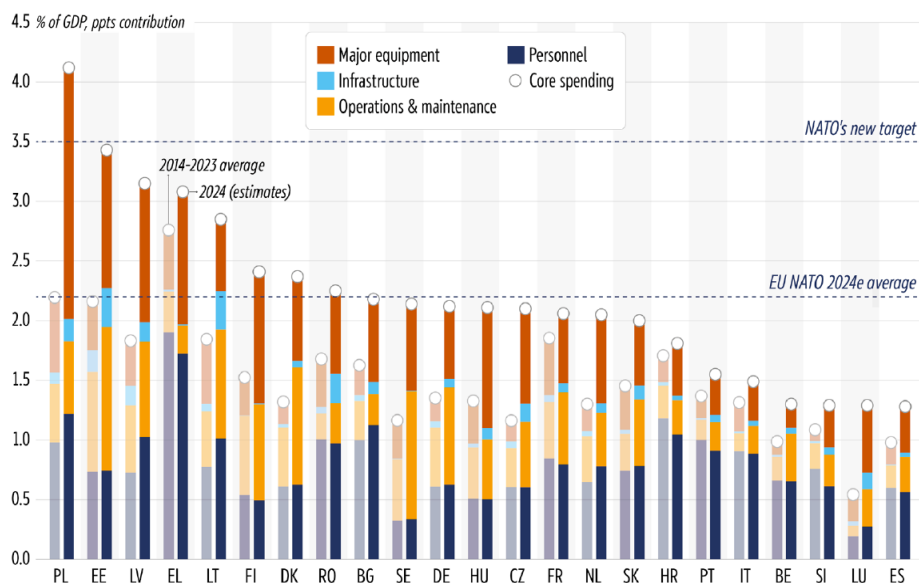


Figura 1. Porcentajes del PIB en Gasto de Defensa de los países EU-NATO.

Fuente: Clapp, S. and Höflmayr, M. (2025). Building a common market for European defence. Briefing. EPRS | European Parliamentary Research Service. PE 775.924 – September 2025.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775924/EPRS_BRI\(2025\)775924_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775924/EPRS_BRI(2025)775924_EN.pdf)

En España, a lo largo del año 2025 se ha subido al 2%, saturando la capacidad de respuesta de las empresas del sector. Es previsible que, dada la evolución del contexto geopolítico, en los próximos años se pase a unos gastos entre el 3% y el 3,5%, lo que permite asegurar que pasaremos de un sector con recursos escasos a un sector con dificultad de gastarlos bien, es decir, gastarlos con un elevado valor añadido nacional.

2.2. Segundo mito: las dificultades burocráticas como barrera de acceso al sector

Si bien es cierto que el marco regulatorio es complejo y restrictivo, con limitaciones a la exportación, que los procedimientos administrativos son lentos y tediosos o que los

requisitos de seguridad y confidencialidad son muy exigentes (habilitaciones, zonas de acceso restringido, etc.), también lo es que los procedimientos administrativos, aunque exigentes, son accesibles cuando existen protocolos bien definidos y una adecuada cultura de seguridad dentro de la organización. En muchos casos, las dificultades surgen porque las empresas, especialmente las pymes, no cuentan con la estructura, el conocimiento o la financiación necesarios para abordar los procesos.

Esto pone de relieve la importancia de programas de acompañamiento, formación y apoyo institucional que permitan reducir las barreras de entrada sin comprometer los requisitos de seguridad y confidencialidad inherentes al sector. La simplificación de procedimientos, la estandarización y la transparencia pueden contribuir significativamente a ampliar la participación de nuevas empresas.

2.3. Tercer mito: facilidad de aplicación de tecnologías en el ámbito militar por el hecho de ser duales

Quizá uno de los malentendidos más críticos es la creencia de que una tecnología con éxito en el ámbito civil puede trasladarse de forma directa al ámbito militar. La realidad es que los requisitos operativos, técnicos y logísticos de los sistemas militares son sustancialmente más exigentes.

Los sistemas de defensa deben operar en condiciones extremas, con tolerancias al fallo muy reducidas y ciclos de vida prolongados. Además, requieren capacidades industriales avanzadas para su producción, mantenimiento y escalado, así como una logística robusta y segura. El riesgo de fracasar es especialmente significativo cuando se trata de tecnologías habilitadoras y transversales (microelectrónica, Inteligencia Artificial (IA)...) pues su rápida evolución puede traducirse en que se alcance su obsolescencia antes de terminar el proceso de adaptación.

Por otra parte, el acceso a los requisitos técnicos militares puede ser difícil y los niveles de estandarización suelen ser menores que en el ámbito civil. Todo ello implica que la dualidad tecnológica no es automática, sino que requiere procesos de adaptación, validación y certificación específicos.

En todo caso, La complejidad del entorno tecnológico y operativo actual exige una revisión profunda de los métodos y procedimientos de obtención de capacidades militares. Los

procesos tradicionales, largos y secuenciales, resultan cada vez menos adecuados para integrar innovaciones rápidas y responder a amenazas emergentes.

Existe una creciente conciencia, tanto en las FAS como en las FCSE, de que es necesario avanzar hacia procedimientos más ágiles, iterativos y colaborativos. La integración temprana de la industria, los usuarios finales y los desarrolladores tecnológicos en los

procedimientos de planeamiento y adquisición puede reducir riesgos, acortar plazos y mejorar la adecuación de las soluciones a las necesidades reales.

En este sentido, los grandes proyectos europeos en materia de defensa, orientados a la protección del flanco oriental, la defensa aérea y espacial o la lucha contra amenazas híbridas, representan tanto un reto como una oportunidad. Su éxito dependerá en gran medida de la capacidad para articular ecosistemas industriales abiertos, innovadores y resilientes.

3. HACIA UN NUEVO ECOSISTEMA EN EL SECTOR DE LA DEFENSA Y LA SEGURIDAD

¿Cómo son las relaciones entre los actores del ecosistema? En la figura 2 se presentan dos modelos conceptuales opuestos, en la práctica se dan situaciones intermedias más o menos sesgadas hacia uno de los extremos. En el modelo jerarquizado, solo se relacionan directamente con las FAS y las FCSE las empresas tractoras que, a su vez, ofertan y reciben e integran los elementos necesarios para implementar los sistemas. Por el contrario, en un sistema distribuido puro, las FAS y las FCSE se relacionan con todas las empresas, organizaciones e instituciones que les suministran todo tipo de productos y servicios de acuerdo con las capacidades de cada empresa.

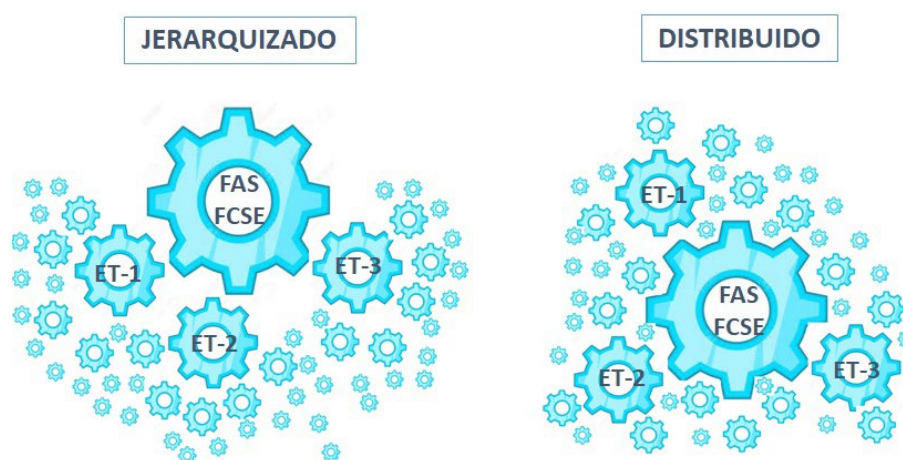


Figura 2. Modelos de ecosistemas industriales. (Fuente: el autor).

El modelo jerarquizado facilita enormemente la gestión y desarrollo de los proyectos a las FAS y FCSE y les da más seguridad en cuanto a las capacidades disponibles, pero les hace más vulnerables al no disponer de alternativas. Por otro lado, este modelo favorece el incremento del tamaño de las empresas tractoras lo que les permite competir con mayores posibilidades de éxito en los mercados globales.

Por el contrario, un modelo distribuido fomenta la innovación, incrementa la competencia, favorece la agilidad de los proyectos y reduce las dependencias estructurales si se dispone

de suficientes recursos para generar diferentes alternativas ante una capacidad necesaria. El principal problema está asociado a que requiere una capacidad de gestión y control por parte de las FAS y FCES muy superior al jerarquizado.

En la práctica ambos modelos son posibles, pero su funcionamiento eficaz requiere reglas de juego adaptadas al mismo y unos actores que compartan una “cultura interna” que minimice los inconvenientes del escogido. Por otro lado, como ya se ha indicado, no es posible implementar un modelo puro, siempre son mixtos con mayor o menos sesgo hacia la jerarquización. En el sector de la defensa por las características de los equipos y sistemas militares, la tendencia a la jerarquización es predominante.

Un punto importante a la hora de valorar los modelos es el hecho de que las empresas tractoras de nuestro país tienen tamaños muy inferiores a sus equivalentes europeas, lo que dificulta su competitividad en un entorno en el que la mencionada autonomía estratégica solo puede conseguirse en un entorno europeo. Sin duda, como ya se ha indicado, un modelo jerarquizado incrementa las posibilidades de éxito de la industria nacional en un mercado que sigue estando muy fragmentado por los intereses de los estados.

3.1. Un nuevo ecosistema industrial para nuestro país con nuevas reglas de juego

El último informe elaborado por TEDAE, la asociación de empresas de referencia en el sector, sobre el ejercicio 2024, (TEDAE, 2025) pone de manifiesto el peso económico y estratégico del sector de la defensa, la seguridad, la aeronáutica y el espacio en España. Según los datos presentados, estas industrias alcanzaron una facturación agregada de 16.153 millones de euros, lo que representa un crecimiento interanual de doble dígito, y generaron una contribución al producto interior bruto cercana a los 22.000 millones de euros, equivalente aproximadamente al 1,4 % del PIB nacional y a una proporción especialmente relevante del PIB industrial.

El informe subraya igualmente el impacto del sector en el empleo, con en torno a 260.000 puestos de trabajo totales —sumando empleo directo, indirecto e inducido—, caracterizados por un elevado nivel de cualificación y una alta productividad. En el plano exterior, las exportaciones concentraron alrededor del 60 % de la facturación, reflejo de una sólida inserción en los mercados internacionales. A ello se añade un esfuerzo inversor en investigación, desarrollo e innovación superior a los 2.600 millones de euros, que sitúa a estas industrias entre los principales motores de innovación tecnológica del sistema productivo español. Cifras que dibujan un sector industrial consolidado intensivo en conocimiento, con una función estructural tanto en la competitividad económica como en el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas y estratégicas de España.

No obstante, a juicio del autor de estas páginas, este complejo industrial debe afrontar una transformación profunda para adaptarse adecuadamente a las nuevas necesidades de las

FAS) y las FCSE, derivadas del actual contexto geoestratégico. Las mejoras necesarias en aspectos como la capacidad productiva, la reducción de los plazos de respuesta, la escalabilidad, la sostenibilidad y el posicionamiento dentro del ecosistema industrial europeo, entre otros, exigen una redefinición de la estructura del sector y de las reglas que rigen su funcionamiento.

Las decisiones tomadas por Gobierno con los planes de especiales de modernización, el principal mecanismo empleado para llegar al 2% el PIB en gastos de Defensa en un tiempo record, ha causado cierta preocupación en el sector al responsabilizar, en exclusiva, a unas pocas empresas tractoras de programas estratégicos en términos tecnológicos y financiados con importantes volúmenes de dinero. De facto, es una apuesta por un modelo de ecosistema jerarquizado que obliga a las pymes a negociar directamente con estas empresas.

Es posible que dadas las circunstancias no fuese posible hacerlo de otra manera, pero lo cierto es que ello obliga a las empresas tractoras, a generar y desarrollar un ecosistema acorde con las actuales circunstancias con el necesario control de la Administración y

particularmente del Ministerio de Defensa. Algo que requiere una generosidad por parte de unos actores que hasta ahora están acostumbrados a competir fieramente por unos recursos escasos.

No debe olvidarse que el papel de las pymes en el sector de la defensa es estructural y estratégico, constituyendo la base de su cadena de suministro y aportando una parte sustancial de su capacidad productiva y tecnológica. En el ecosistema industrial español, las pymes actúan mayoritariamente como proveedores especializados suministrando componentes, servicios avanzados de ingeniería y soluciones tecnológicas de alto valor añadido, sin las cuales los grandes programas de defensa no podrían sostenerse ni escalarse de manera eficiente.

Su relevancia trasciende la mera función productiva. Gracias a su elevada especialización y a estructuras organizativas más ágiles, las pymes se han consolidado como un vector clave de innovación, especialmente en ámbitos tecnológicos de nicho y en el desarrollo de capacidades de uso dual. Esta flexibilidad resulta especialmente valiosa en un contexto caracterizado por la aceleración tecnológica y por la necesidad de reducir los plazos de respuesta de los sistemas de defensa. Además, las pymes contribuyen de forma decisiva a la vertebración territorial del sector y a la generación de empleo cualificado. Obviamente, su potencial se ve limitado por vulnerabilidades estructurales, como la dependencia de pocos programas, las dificultades de financiación o la limitada capacidad de escalado.

El fortalecimiento de las pymes constituye un elemento central para la adaptación y sostenibilidad del sector de la defensa en el actual entorno geoestratégico y obliga a las

empresas tractoras a asegurar que se desarrollan optimizando sus capacidades y favoreciendo su crecimiento y transformación por la vía de la innovación.

3.2. Hacia un nuevo ecosistema para la industria de la defensa y la seguridad

A continuación, se destacan algunas claves para establecer para este nuevo ecosistema:

- Se debe evolucionar desde una cultura centrada en la competencia hacia una cultura basada en la cooperación y la confianza, lo que implica la necesidad de definir y adoptar unas nuevas reglas de juego que fomenten relaciones más colaborativas, sostenibles y orientadas al beneficio colectivo.
- Los proyectos realizados deben demostrar altos niveles de calidad, fiabilidad y resiliencia tecnológica, de modo que los contratos no se adjudiquen únicamente a quien ofrece el menor coste, sino a quien puede garantizar el cumplimiento en tiempo y forma, el uso de tecnologías de soberanía nacional y la agilidad necesaria para la obtención de nuevas capacidades.
- Las actividades y esfuerzos deben estar orientados hacia la innovación y el desarrollo de tecnología propia, reforzando el papel estratégico de las pymes y promoviendo una colaboración estrecha y sincronizada entre empresas tractoras y pymes que permita maximizar capacidades, acelerar el desarrollo tecnológico y fortalecer el tejido industrial.
- Los recursos humanos requeridos, en cantidad y calidad son muy grandes y en estos momentos no están disponibles. Es preciso poner en marcha iniciativas para aumentar los egresados en aquellas titulaciones, universitarias y de formación profesional más necesarias. Simultáneamente, deben implementarse programas de reconversión de técnicos e ingenieros de otras especialidades y sectores.

Se requiere una integración efectiva de las necesidades operativas y las soluciones tecnológicas mediante el trabajo conjunto y continuo de técnicos, tecnólogos y miembros de las FAS y las FCES en todas las fases de los proyectos, desde la definición inicial hasta su implementación y evolución.

4. A MODO DE CONCLUSIÓN

La transformación de la industria de la Defensa exige la incorporación de nuevas empresas a la base tecnológica e industrial del sector, impulsando un crecimiento significativo tanto en la cantidad como en la calidad del catálogo de capacidades industriales disponibles. Este proceso debe ir acompañado de un decidido impulso a la internacionalización, reforzando la posición de nuestras empresas en el mercado global y, en particular, en los programas de I+D y adquisición de las instituciones y organizaciones europeas. El sector de la defensa es especialmente complejo y no responde a una lógica puramente “privada”, sino que tiene un

marcado carácter “público”, con la presencia de empresas tractoras con capital público, lo que hace imprescindible optimizar y fortalecer los modelos de colaboración público-privada, así como incrementar el talento mediante la generación, captación y formación de personas y empresas capacitadas en las particularidades del sector.

Este nuevo escenario requiere la consolidación de ecosistemas con nuevos agentes, pero también con nuevas reglas de juego, tanto escritas como no escritas, que impulsen una nueva cultura basada en la cooperación, la confianza y la orientación a resultados. En este contexto, las administraciones públicas tienen una responsabilidad clave en el diseño, impulso y liderazgo de estos marcos normativos, organizativos y culturales, garantizando entornos estables, transparentes y ágiles que favorezcan la innovación, la integración de capacidades y el desarrollo sostenible del ecosistema de Defensa.

Y una reflexión final: si los recursos que finalmente llegan al sector alcanzan niveles entre el 2 y el 3,5 % del PIB, deben convertirse necesariamente en un verdadero vector de reindustrialización del país, aprovechando de forma inteligente la dualidad de las tecnologías, transfiriendo capacidades desarrolladas en el ámbito militar hacia el conjunto del tejido productivo civil. Este proceso conlleva una enorme responsabilidad compartida para todos los actores implicados —administraciones, industria, centros tecnológicos y ecosistema innovador—, tanto en la gestión de los recursos como en la orientación estratégica de sus impactos económicos, industriales y sociales

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. León Serrano G., Tecnologías de uso dual: relevancia para la industria europea de defensa y seguridad. Anales de la Real Academia de Doctores de España. Volumen 10 - Número 4 - 2ª Etapa - 2025.
2. Clapp, S. and Höflmayr, M. Building a common market for European defence. Briefing. EPRS | European Parliamentary Research Service. PE 775.924 - September 2025.
3. TEDAE, Impacto Económico y Social de la Industria de Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Espacio (2024). Elaborado por pwc. Octubre 2025.