



XXXII CAGLOG

# **IMPACTO DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ARMAMENTO Y MATERIAL**

**SECCIÓN DE ALTOS ESTUDIOS**

**J. Daniel GONZALEZ GALDO**

10 de Mayo de 2024

**ESCUELA SUPERIOR DE LAS FUERZAS ARMADAS**

**PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO**

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	1
IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ARMAMENTO Y MATERIAL (AYM) .....	1
1. Introducción .....	1
2. Objeto .....	2
3. Análisis .....	2
3.1. El proceso de obtención de Armamento y Material .....	2
3.2. Las Tecnologías Digitales y la IA .....	3
3.3. Características de la IA. ¿Qué la hace diferente? .....	4
4. Conclusiones .....	6
BIBLIOGRAFÍA .....	1

**PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO**

## **IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ARMAMENTO Y MATERIAL (AYM)**

### **1. INTRODUCCIÓN**

A lo largo de la historia, la tecnología ha jugado un papel fundamental en el devenir de los conflictos. No solo a la hora de establecer la relación de fuerzas entre contendientes, sino como elemento de disuasión en prevención de posibles enfrentamientos.

No cabe duda de que actualmente nos encontramos en plena carrera tecnológica, pero si hay algo que la diferencia de otras en el pasado, podemos decir que es la velocidad con la que las tecnologías actuales evolucionan y la fácil accesibilidad de estas.

Por un lado, la velocidad obliga a realizar un esfuerzo constante en monitorización, desarrollo e implementación con el fin de mantener esa capacidad de disuasión que nos ofrece el salto tecnológico, pero eso sí, tratando de evitar el riesgo de caer en soluciones inmaduras, poco desarrolladas o que no responden de manera completa a las necesidades.

Encontrar ese adecuado equilibrio entre la rápida adopción de las nuevas tecnologías, asegurando a la vez su eficacia operativa, debe convertirse en el foco fundamental a la hora de valorar los esfuerzos en el desarrollo tecnológico.

Por otro lado, la accesibilidad tecnológica, amplía el espectro de posibles amenazas y potenciales adversarios y difumina los espacios entre guerra y paz.

En este contexto, las tecnologías digitales destacan como unas de las que más impacto tienen en el panorama actual, destacando por encima de todas la Inteligencia Artificial (IA). Esta tecnología no solo tiene un fuerte potencial de desarrollo, sino que, las aplicaciones ya existentes pueden alterar de manera significativa muchos de los procesos asociados a la identificación, desarrollo y obtención de capacidades militares.

En particular, en el presente trabajo analizaremos los posibles impactos que la IA puede tener en el proceso de obtención de capacidades militares.

## **2. OBJETO**

El presente trabajo analiza el impacto de la IA en la optimización del proceso de obtención de capacidades militares, evaluando la posible necesidad de adaptar procedimientos y proponiendo recomendaciones de mejora.

## **3. ANÁLISIS**

### **3.1. EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ARMAMENTO Y MATERIAL**

La mayoría de los países industrializados en el mundo han desarrollado y tienen implementados procesos específicos para la obtención de sistemas de defensa. El hecho de que se trate de sistemas complejos, con una gran componente tecnológica y con fuertes requisitos técnicos que les permitan operar en entornos de máxima exigencia, hace que la conceptualización, el diseño, la fabricación y la adquisición de estos sistemas conlleve un proceso elaborado en el que múltiples organismos y organizaciones, tanto públicas como privadas, tomen parte.

El proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de defensa en España se enmarca en una estructura organizativa y normativa, cuyo fin último es garantizar la eficacia y eficiencia en la gestión de los recursos necesarios para cumplir con las misiones encomendadas a las Fuerzas Armadas.

Este proceso se rige por un conjunto de normativas y directrices que aseguran la transparencia, la competencia y la obtención de material y servicios que cumplen con los requisitos operativos y técnicos establecidos.

La normativa clave en el proceso de obtención de recursos materiales es la Orden Ministerial 60/2015 (ES, 2015), junto con las instrucciones complementarias emitidas por la Secretaría de Estado de Defensa (SEDEF). Estos documentos establecen el marco normativo y los procedimientos administrativos a seguir para la adquisición de armamento, material y servicios necesarios.

Por un lado, la Instrucción SEDEF 2/2011 (ES, 2011) regula el proceso de planeamiento de los recursos financieros y materiales del Ministerio de Defensa y sus desarrollos complementarios, sentando las bases para un enfoque integrado en la gestión de adquisiciones.

Por otro lado, las Instrucciones 67/2011 (ES, 2011) y 72/2012 (ES, 2012) están específicamente orientadas a regular el proceso de obtención del armamento y material y la gestión de sus programas.

Este proceso de obtención se estructura en varias fases clave, desde la identificación de necesidades hasta la baja y sustitución del equipo. De forma resumida, podemos identificar las fases que contempla como las siguientes:

1. Identificación de Necesidades.
2. Evaluación y Selección de Alternativas.
3. Adquisición y Desarrollo.
4. Pruebas y Certificación.
5. Integración Operativa y Formación.
6. Sostenimiento y Mejora.
7. Desmantelamiento y Baja.

### 3.2. LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES Y LA IA

Al igual que muchos otros sectores, la Defensa está experimentando una revolución tecnológica evolucionando desde un enfoque tradicionalmente centrado en el *hardware* hacia uno en el que el *software* juega un papel cada vez más relevante en las capacidades militares.

El *software* es un elemento de relativa reciente incorporación en la sociedad y en la defensa. Inexistente con anterioridad al siglo XX, se fue incorporando de forma paulatina durante la segunda mitad de ese siglo, si bien la primacía del *hardware* en los sistemas de defensa era indiscutible.

Es en los últimos años de ese siglo, con el fuerte desarrollo de las comunicaciones y de la capacidad de computación, donde el *software* sufre un fuerte desarrollo encontrando cada vez más aplicaciones y usos, principalmente en el sector civil.

Más recientemente, este desarrollo se acelera más aún si cabe a partir de la década del 2010 al disponer, no solo de capacidad de computación y comunicaciones sino, además, de grandes cantidades de datos e información que, de forma global se ha venido creando y almacenando, principalmente en la *WWW* (World Wide Web).

Son estos tres elementos, computación, comunicaciones y datos, los que permiten hacer renacer técnicas de computación y análisis de información con un potencial de mejorar cualquier aspecto de la sociedad en general nunca visto antes (no olvidemos que la IA nace y se desarrolla inicialmente en la década de los 60 del s.XX).

Esto, sumado a la ambición global de nuevos actores geoestratégicos (China a la cabeza, aunque no exclusivamente), que utilizan el desarrollo tecnológico como herramienta de posicionamiento global, redundando en una explosión en el uso de las tecnologías digitales, y más en particular de la IA.

En el ámbito de la defensa nace entonces lo que algunos autores (FMoD, 2023) han dado en denominar como Defensa Definida por Software, impulsado por las exigencias de conceptos como el multidominio, la interoperabilidad, la superioridad de la información, etc. todas áreas donde el *software* desempeña un papel crucial.

La evolución hacia un enfoque de este tipo se fundamenta en varias características distintivas, entre las que destaca el hecho de que el *software* se desarrolle, pruebe y despliegue mucho más rápidamente que el *hardware* a la vez que resulta mucho más accesible y mucho menos costoso de obtener.

Esta rapidez genera una carrera por ver quien es capaz de desarrollar antes y mejor. Provoca una disminución de la ventaja disuasoria que ofrece el salto tecnológico y acelera la obsolescencia de sistemas, procedimientos o incluso doctrinas y estructuras organizativas que han sido diseñadas para otros *tiempos* y otros *tempos*.

A su vez, la fácil accesibilidad de estas tecnologías atrae a nuevos actores no tradicionales que se mezclan con otros que sí lo son, genera zonas grises, y produce amenazas en muchos casos no predecibles.

En definitiva, la transición hacia este enfoque orientado hacia el *software* nos trae importantes desafíos de los cuales, los procesos de obtención de capacidades militares no están exentos.

Existen, sin embargo, otros retos no tan obvios, pero no por ello menos relevantes. Más bien al contrario, la utilización de prácticas de adquisición desactualizadas, el desfase que existe entre los ciclos de desarrollo de *hardware* y *software* o la propia falta de resiliencia de las instituciones a la hora de responder de forma ágil a los cambios que exige este nuevo escenario, son retos de especial relevancia.

Esta transición no es simplemente una cuestión de adoptar nuevas tecnologías, sino que puede exigir incluso la necesidad de repensar los procesos con los que se obtienen las capacidades militares para adaptarlas de forma más ágil a todos estos retos manteniendo una capacidad de disuasión y de operación acorde al contexto global.

### **3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA IA. ¿QUÉ LA HACE DIFERENTE?**

Dentro de esta transición hacia un entorno digital, quizá la tecnología que más capacidad tiene para impactar sobre cualquier aspecto de la sociedad y, en particular, de la Defensa, es la IA.

Sin entrar en la discusión existencial sobre el concepto de inteligencia, la realidad actual es que nos encontramos con un conjunto de herramientas matemáticas (algoritmos) que tratan la información de forma muy diferente a como se venía haciendo tradicionalmente y que ofrece resultados (al menos en algunos campos) muy superiores y de forma mucho más rápida que hasta ahora.

Desde el punto de vista del presente trabajo, las características que podemos considerar más importantes de esta nueva algoritmia son las siguientes:

**Efecto multiplicador.** Desde el punto de vista más operativo, la propia definición de IA por parte de la RAE<sup>1</sup> se refiere a la “capacidad de realizar tareas comparables a las que realiza la mente humana”.

A su vez, los sistemas que implementan IA pueden manejar y analizar grandes cantidades y variedades de datos a una escala no factible para analistas humanos u otros métodos tradicionales (EC, 2019). Esta capacidad se complementa con la habilidad de modelar relaciones dentro de los datos que pueden ser demasiado sutiles o complejas para que los algoritmos tradicionales los detecten.

La realización de estas operaciones por parte de dispositivos con alta capacidad computacional implica la posibilidad de multiplicar en cantidad, complejidad y velocidad la capacidad de realizar tareas que hasta ahora solo podían realizarse con capital humano.

**Variabilidad de resultados.** Los algoritmos de IA, especialmente aquellos basados en aprendizaje automático, pueden adaptarse y mejorar con el tiempo a medida que se exponen a más datos. Esta adaptabilidad permite que los sistemas de IA afinen sus predicciones o decisiones a medida que procesan más información (EC, 2019).

Los algoritmos tradicionales típicamente realizan cálculos deterministas, lo que lleva a resultados predecibles y repetibles. En contraste, muchos sistemas que implementan IA, proporcionan análisis probabilísticos basados en la confianza estadística de los resultados, reconociendo un grado de incertidumbre en las decisiones o predicciones.

Este es un elemento diferenciador con algoritmos tradicionales donde, una vez implementados ante unos parámetros de entrada, responden siempre con los

---

<sup>1</sup> Según la Real Academia Española (RAE) se define la IA como: “Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico.”

mismos parámetros de salida, a lo largo de todo su ciclo de vida, aspecto éste que no se corresponde con el de algoritmos basados en IA.

**Autonomía:** Al menos aparentemente, los sistemas basados en IA pueden tomar decisiones y realizar acciones con cierto grado de autonomía (EC, 2019).

Lo verdaderamente relevante de este aspecto, no es tanto la capacidad de decisión propia del algoritmo, sino las consecuencias, tanto operativas como morales y legales que puede tener el delegar la responsabilidad de toma de acción.

En este punto, entran aspectos como las preocupaciones éticas asociadas al desarrollo de sistemas basados en IA o la necesidad de establecer mecanismos que permitan asegurar la fiabilidad y confianza en estos sistemas. Al fin y al cabo, se trata de asegurar que estos sistemas funcionen como se espera bajo todas las condiciones y circunstancias (GAO, 2022).

Estas características implican que se debe fomentar la explicabilidad e interpretabilidad de los algoritmos, convirtiéndolo en uno de los criterios de diseño fundamentales para asegurar que las decisiones autónomas sean las correctas en todo momento.

Ello implica el uso de métodos y técnicas que posibiliten que los resultados sean comprensibles de manera general. Lograr que las salidas de un sistema de IA sean altamente explicables permitirá su interpretación no solo por el equipo que lo desarrolla, sino también por otros suministradores que puedan dar apoyo a lo largo del ciclo de vida (GAO, 2022).

#### **4. CONCLUSIONES**

A medida que la IA continúa evolucionando y ampliando capacidades integradas en sistemas militares, el reto asociado al desarrollo y la obtención de éstos se incrementa significativamente. Del análisis del proceso de obtención de capacidades militares y de las características propias de la IA, podemos determinar que los retos derivados pueden categorizarse en tres ámbitos diferenciados.

En primer lugar, se puede considerar el uso de la IA como herramienta de apoyo a la ejecución de las diferentes fases dentro del actual proceso de obtención de capacidades militares. Actividades como la elaboración de requisitos, el diseño, la producción, así como las pruebas y validación, pueden verse significativamente mejoradas gracias al uso de herramientas que hagan uso de la IA.

La IA puede analizar grandes conjuntos de datos para identificar los parámetros de diseño óptimos o predecir el rendimiento del sistema bajo múltiples escenarios, lo

que ayuda en la realización de especificaciones y requisitos de forma más efectiva y precisa. A su vez, las simulaciones y modelos apoyados en IA pueden acelerar las fases de prueba y validación, reduciendo así tiempo y costes asociados con los métodos tradicionales.

Podría decirse que este uso de la IA en las fases del actual proceso de obtención representa quizá el conjunto de implicaciones más directo, viable y fácil de llevar a cabo de los que aquí se mencionan.

En segundo lugar, la utilización de sistemas basados en IA implica un rediseño de los actuales métodos y procedimientos de evaluación y pruebas de los sistemas. Esto es así en la medida en que el comportamiento de éstos difiere en gran medida del de algoritmos tradicionales deterministas.

Características como la adaptabilidad, el no determinismo y las capacidades de aprendizaje implican nuevas metodologías en el ámbito de la ingeniería de sistemas que ofrezcan procesos de validación y verificación que garanticen un comportamiento óptimo en cualquier circunstancia. A su vez, estos procesos deben hacer frente a retos de componente ética y de seguridad intrínsecas a la IA.

Así, por ejemplo, la capacidad de constante aprendizaje de la IA puede implicar la necesidad de monitorización continua y validación iterativa a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema.

Finalmente, es necesario evaluar la posible necesidad de revisar el proceso de obtención en su conjunto para adaptarse a la naturaleza dinámica de las tecnologías digitales y, en particular, de la IA. Esta quizá sea la implicación más profunda y con mayor impacto a la hora de integrar la IA en el proceso de obtención.

Los procesos de obtención de capacidades militares actuales (tanto a nivel nacional como en otros países) están diseñados en base al desarrollo de sistemas militares con largos ciclos de vida, con una componente de *hardware* muy superior a la del *software* y en base a un contexto y unas amenazas resultado de las dos guerras mundiales del s.XX y la posterior guerra fría.

La rápida digitalización de la sociedad implica el uso de nuevas herramientas que requieren un enfoque más dinámico, rápido y flexible en su obtención y gestión del ciclo.

Todo ello, implica ciclos de adquisición más cortos, diseños más modulares y actualizables, y un mantenimiento y mejora continuos. En este sentido, los procesos y estrategias de obtención deben adaptarse para asegurar que los sistemas digitales, y en particular los que integran IA, puedan actualizarse y mejorar con los rápidos avances en tecnología y cambios en los requisitos operativos sin necesitar

revisiones completas del sistema, asegurando así la viabilidad y efectividad a largo plazo de las capacidades militares.

Todo ello, sin olvidar que los grandes sistemas militares posiblemente continúen estando basados en plataformas “*hardware*” cuyos ciclos de vida seguirán siendo extensos y, por tanto, cuyas capacidades deberán hacer frente a múltiples tipos de amenazas y escenarios a lo largo del tiempo.

En consecuencia, podemos afirmar que el proceso de obtención de capacidades militares no solo debe adaptarse para ser más dinámico y ágil, sino que debe ser capaz de combinar adecuadamente el desarrollo o adquisición de sistemas tradicionales con largos ciclos de vida pero que a su vez integran otros, con fuerte componente digital y con unas ratios de obsolescencia y evolución infinitamente más rápidos.

Considerando estos tres aspectos en los que el uso de la IA impacta en el proceso de obtención, pueden identificarse algunas recomendaciones que a continuación se describen.

Por un lado, dentro del proceso de definición de la necesidad y especificación de las posibles soluciones, podemos pensar en la elaboración de procedimientos o guías de buenas prácticas detalladas para la redacción de requisitos de sistemas o subsistemas que empleen IA.

Deberían incluirse aspectos fundamentales como la identificación de las técnicas de entrenamiento utilizadas para los algoritmos de IA, los conjuntos de datos (*datasets*) empleados en el aprendizaje y, en general obligar al suministrador del sistema que detalle todas las técnicas utilizadas para el diseño y el aprendizaje por parte de la algoritmia de IA.

Es esencial que el suministrador proporcione referencias claras y completas de todos los algoritmos y métodos utilizados. Esto, no solo facilita la transparencia y comprensibilidad del sistema de IA, sino que también asegura que el proceso de validación y verificación posterior pueda ser llevado a cabo de manera efectiva desde las fases iniciales de diseño del sistema.

Igualmente, resulta imprescindible disponer de procedimientos o guías para la elaboración de planes de prueba de sistemas o subsistemas que implementen IA con el objeto de considerar su naturaleza no determinista y su capacidad de aprendizaje continuo.

La reproducibilidad y la consistencia de los resultados obtenidos en diferentes instancias de una misma prueba no es en ningún caso equivalente a la de otros sistemas más “tradicionales”, lo cual exige replantearse los métodos y

procedimientos utilizados para asegurar la adecuada operatividad a lo largo de toda la vida del sistema.

Deberán desarrollarse planes para la monitorización continua o rutinaria del sistema que implementa IA y documentar resultados y acciones correctivas tomadas para asegurar que el sistema produzca los resultados deseados (GAO, 2022).

En particular, un aspecto fundamental a considerar es el referido a los datos utilizados como base del entrenamiento de los algoritmos de IA. Dado que la efectividad de estos sistemas depende en gran medida de la calidad y representatividad de los conjuntos de datos empleados, es fundamental asegurar la procedencia y la legalidad de estos.

Los conjuntos de datos pueden ser propietarios, recopilados específicamente por el cliente o el contratista, o bien ser abiertos, obtenidos de terceras fuentes o públicos.

La tendencia actual en el ámbito civil es la de utilizar grandes conjuntos de datos generalistas donde resulta muy complicado identificar tendencias no deseadas o sesgos que no favorecen el objetivo último del sistema pero que, de forma general, están demostrando ofrecer muy buenos resultados.

Si bien en el caso de sistemas militares se tiende a mantener un control férreo sobre los datos de entrenamiento, puede darse el caso de que el uso de datos genéricos ofrezca mejores resultados y sean utilizados por potenciales adversarios. Esto puede obligar a hacer uso de estos conjuntos de datos genéricos sobre los que no se dispone de un control o conocimiento absoluto, con el riesgo que ello implica.

El desafío es entonces asegurar una verificación y autenticidad de estos datos, así como la identificación de sesgos o comportamientos no deseados, con el fin de mitigar riesgos tanto operativos como éticos, especialmente cuando la trazabilidad y la valoración del origen de los datos no son transparentes.

En consecuencia, podemos afirmar que el avance de la IA puede provocar un replanteamiento de base del proceso de obtención de capacidades militares, exigiendo métodos más dinámicos y adaptativos que garanticen una implementación de esta tecnología segura, efectiva y confiable a lo largo de todo el ciclo de vida de los sistemas.

Madrid, 10 de mayo de 2024

Fdo.: J. Daniel GONZÁLEZ GALDO

## BIBLIOGRAFÍA

- EC. 2019.** *HIGH-LEVEL EXPERT GROUP ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE ARTIFICIAL INTELLIGENCE.* Bruselas : s.n., 2019.
- **2018.** *Inteligencia artificial para Europa. COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES.* Bruselas : s.n., 2018.
- Ehn, Eric J. 2017.** *Artificial Intelligence: The Bumpy Path Through Defence Acquisition.* Monterrey : s.n., 2017.
- ES. 2011.** *Instrucción 2/2011, del SEDEF, proceso de planeamiento y programación de recursos financieros y materiales.* . 2011.
- **2011.** *Instrucción 67/2011, del SEDEF, proceso de obtención de recursos materiales.* 2011.
- **2012.** *Instrucción 72/2012, del SEDEF, gestión de programas de armamento y material.* 2012.
- **2015.** *OM 60/2015 de 3 de Diciembre por la que se regula el proceso de Planeamiento de la Defensa.* Madrid : s.n., 2015.
- **2020.** *PLAN DE ACCIÓN DEL MINISTERIO DE DEFENSA PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL.* 2020.
- FMoD, BDSV, BDLI, Bitkom. 2023.** *Position Paper Software Defined Defence.* 2023.
- GAO. 2022.** *Status of Developing and Acquiring Capabilities for Weapon Systems, Report to the Committee on Armed Services, U.S. Senate.* 2022.
- GOV, UK. 2023.** *Defence's Response to a More Contested and Volatile World.* 2023.

**Khlood Ahmada, Mohamed Abdelrazeka, Chetan Aroraa, Muneera Banob and John Grundyc. 2020.** *Requirements Engineering for Artificial Intelligence Systems: A Systematic Mapping Study.* 2020.

**MIT. 2022.** *Artificial Intelligence Acquisition Guidebook.* s.l. : Massachusetts Institute of Technology, 2022.

**NIST. 2023.** *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0).* s.l. : National Institute of Standards and Technology, 2023.

**Renata Guizzardi, Glenda Amaral, Giancarlo Guizzardi, John Mylopoulos. 2020.** *Ethical Requirements for AI Systems.* ResearchGATE : s.n., 2020.

**Tingting, Hou, Rui, Cheng y Zhiyu, Sun. 2021.** *The Digital Transformation and Application Prospect of Military Procurement Management.* s.l. : E3S Web of Conferences, 2021.

**UK NCSC y US CISA. 2023.** *Guidelines for secure AI system development.* 2023.