

## Revista Política y Estrategia Nº 141, (2023)

Editada por: **Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos (ANEPE) Chile.**

Lugar de edición: Santiago, Chile

Dirección web:

<http://www.politicayestrategia.cl>

ISSN versión digital: 0719-8027

ISSN versión impresa: 0716-7415

DOI: <https://doi.org/10.26797/rpye.vi141.1044>

Para citar este artículo / To cite this article: Quiñones Sigala, Manuel: “Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en contribución a la Defensa Nacional de Chile. Una oportunidad para la integración de la defensa, la industria y la academia”.

Revista Política y Estrategia Nº 141. 2023. pp. 155-185

DOI: <https://doi.org/10.26797/rpye.vi141.1044>

Si desea publicar en Política y Estrategia, puede consultar en este enlace las Normas para los autores:

To publish in the journal go to this link:

<http://politicayestrategia.cl/index.php/rpye/about/submissions#authorGuidelines>



**La Revista Política y Estrategia está distribuida bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional**

## APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN CONTRIBUCIÓN A LA DEFENSA NACIONAL DE CHILE. UNA OPORTUNIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE LA DEFENSA, LA INDUSTRIA Y LA ACADEMIA ∞

MANUEL QUIÑONES SIGALA •

### INTRODUCCIÓN

La actual Política de Defensa de Chile establece la importancia de evaluar en forma periódica las capacidades estratégicas, a fin de verificar su coherencia con los desafíos de los nuevos entornos estratégicos y las necesidades del país<sup>1</sup>. En muchos casos, los cambios del entorno provienen del vertiginoso avance de las tecnologías, a veces disruptivas, que ponen en entredicho si las actuales capacidades que se poseen o las proyectadas, serán capaces de enfrentar con efectividad las amenazas y riesgos que se vislumbran a mediano o largo plazo, sin contar con las adecuadas inversiones en investigación y desarrollo.

#### IMAGEN N° 1



*Representación de sistemas de mando y control asistidos por Inteligencia Artificial (IA). Imagen generada por una composición mejorada por IA. (Crédito: Raylex S.A.)<sup>2</sup>*

- General de Aviación en retiro. Oficial de Estado Mayor de la Fuerza Aérea de Chile y de Oficial de Estado Mayor Conjunto del Reino Unido. Magíster en Ciencias de la Administración Militar de la Academia de Guerra Aérea, Master of Arts en Estudios de Defensa del King's College London y el título de Profesor Militar en la asignatura de Operaciones. Egresado del Curso para Comandantes de las Componentes Aéreas de la OTAN en Francia y del Curso Ejecutivo de Seguridad Nacional e Internacional de la Universidad de Harvard. Actualmente se desempeña como Director Ejecutivo la Empresa de Soluciones Tecnológicas GCI Plus Ltda., y como Senior Manager de Nuevas Iniciativas Gubernamentales en la Empresa Raylex S.A. Chile. Presentó este artículo como Investigador Independiente. [manquinones@gmail.com](mailto:manquinones@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7390-9093>.
- ∞ Fecha de recepción: 100623 Fecha de aceptación: 300623.
- 1 Decreto N° 4 del 04 de diciembre de 2020. Política de Defensa Nacional, Edición 2020. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2020. disponible en: <<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1160368>>.
- 2 Imagen de compilación del autor, en base de la imagen generada por el Área de Marketing de Raylex S.A., mediante el sitio <https://bing.com/create>

Esto que parece de naturaleza tan militar, es común a los retos que enfrenta la industria en general, en donde los niveles de obsolescencias suelen ocurrir aún más rápidamente. Por ello, para las empresas pasa a ser imperioso efectuar las inversiones necesarias para mantener las ventajas competitivas con nuevas tecnologías, a riesgo de perder su posición en el mercado.

En ambos casos, no solo se trata de avances tecnológicos tradicionales, aplicables a plataformas y sistemas de armas, o a productos en el caso de las empresas, sino que también, con cada vez mayor relevancia, los desafíos se producen en los procesos relacionados con la toma de decisiones y análisis de datos. Estos procesos exigen hoy una gran agilidad en el manejo de grandes volúmenes de información, con tiempos cada vez más acotados, generalmente no factibles de procesar por la mente humana en los tiempos requeridos. Es en esos ámbitos en donde se hace notorio y cobra cada vez más sentido buscar las respuestas y soluciones en las tecnologías y algoritmos asociados a la llamada Ciencia de Datos, tales como la Inteligencia Artificial, Big Data y Data Analytics.

La pregunta es si a nivel nacional, las instituciones de la Defensa, al igual que el mundo empresarial, pueden enfrentar con éxito esos desafíos de manera individual, aprovechando solo sus propios recursos en materia de investigación e innovación. Ello, con los montos suficientes que les permitan el desarrollo de capacidades en sistemas de alta tecnología en el procesamiento de datos, para lograr y proyectar a futuro una superioridad operacional (o comercial) o lograr mayor eficiencia en aspectos de sostenimiento y disponibilidad de medios. Todo lo anterior en un ambiente de limitación de recursos.

Por otra parte, se encuentra el mundo de la Academia que, en su relación con la Defensa y la Industria, está representada por los Centros de Investigación, Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico, tanto de carácter público como privado. Estos Centros o Instituciones afines, en especial los que se dedican a la Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial, requieren de grandes inversiones, de carácter permanente, de manera que puedan contar con la infraestructura y con los científicos y técnicos que puedan asumir los desafíos de estas nuevas tecnologías. Estos fondos, por lo general de carácter estatal y concursables, no suelen ser suficientes para apoyar a las necesidades de la Industria, y mucho menos para apoyar a las de la Defensa.

La respuesta a la pregunta aparece como bastante obvia: se requiere una integración entre las necesidades de la Defensa y la Industria y las soluciones que se podrían generar desde la Academia. Sin embargo, su implementación no es tan sencilla existiendo muy pocos ejemplos de éxito a nivel nacional en esta esperada integración.

Por lo anterior, este trabajo buscará dar a conocer en forma genérica los principales avances en materias de Inteligencia Artificial en relación a sus principales usos en el mundo de la Defensa para, posteriormente, analizar en detalle las principales aplicaciones de IA en distintas áreas del quehacer militar, su importancia en las operaciones militares, las amenazas y los desafíos e implicaciones que ellas conllevan, tratando en cada caso de referir dichas aplicaciones al caso nacional.

Con esto, se pretende contribuir a compartir conocimientos y experiencias en las aplicaciones de IA en el campo militar con las organizaciones de la Defensa, las empresas especializadas y a los centros de investigación y desarrollo del país, tanto del ámbito público como privado, de manera de buscar en conjunto nuevas oportunidades para la integración

de la triada Defensa-Industria-Academia. Asimismo, sacando provecho de los ejemplos que han mostrado algunos avances para aplicarlos en los desafíos que se nos presentan en materias de Defensa en las áreas de Ciencia de Datos en general, y en particular en el ámbito de la Inteligencia Artificial.

## II. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SUS USOS EN DEFENSA

Una de las primeras interrogantes en el análisis del tema es entender a qué nos referimos en particular cuando hablamos de Inteligencia Artificial o IA. Seguidamente, es necesario saber por qué se han vuelto tan importantes para la Defensa, cuáles son sus principales aplicaciones, y cómo influyen en las capacidades militares, generando fortalezas o vulnerabilidades que pueden afectar a la Seguridad de un país en su conjunto. Para ello, el siguiente cuadro contiene algunas definiciones aclaratorias:

GRÁFICO N° 1



*Definiciones más comunes asociadas a la Inteligencia Artificial y la Ciencia de Datos. Las definiciones son una adaptación de las consultadas a ChatGPT<sup>3</sup>.*

3 Definiciones basadas en la consulta al sitio ChatGPT, disponibles en: <https://chat.openai.com> y adaptadas por el autor para el artículo. ChatGPT es un modelo de lenguaje desarrollado por OpenAI. Se basa en la arquitectura GPT-3.5 y utiliza técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático para generar respuestas en lenguaje natural a partir de las entradas de los usuarios.

El conocimiento de estos temas se ha vuelto una necesidad imperiosa. Tanto así, que ya se señala que a medida que la IA se vuelve más esencial, la capacidad militar de un país ya no se definirá por el tamaño de sus ejércitos, armadas o fuerzas aéreas, sino por el rendimiento de sus algoritmos.

En forma simplificada, y general, a nivel nacional la Inteligencia Artificial se define como “el conjunto de técnicas informáticas que permiten a una máquina (por ejemplo, un ordenador, un teléfono) realizar tareas que, por lo común, requieren inteligencia tales como el razonamiento o el aprendizaje”<sup>4</sup>.

En una definición más específica, la IA se entiende como el desarrollo de sistemas informáticos capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como la percepción visual, el reconocimiento de voz, la toma de decisiones y el publicitado desarrollo experimentado en el procesamiento del lenguaje natural (NLP por sus siglas en inglés), en el que los humanos pueden usar la gramática y la sintaxis típicas para comunicarse con las máquinas, en lugar de tener que ingresar códigos, tal como sucede en la aplicación ChatGPT.

#### IMAGEN N° 2



*Representación de Soldados empleado sistemas de Realidad Virtual/Aumentada en operaciones de combate. Imagen generada por una composición mejorada por IA mediante el sitio Leonardo.ai<sup>5</sup>.*

Sin duda, en el área de las aplicaciones de IA en Defensa, ha existido un progreso significativo en el campo del análisis de imágenes y videos, en donde se han logrado resultados sorprendentes. De hecho, el análisis de imágenes de reconocimiento mediante

---

4 Decreto N° 20 del 20 de septiembre de 2021. Política Nacional de Inteligencia Artificial, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021. Disponible en: <<https://www.minciencia.gob.cl>>. La política incluye una definición genérica de la Inteligencia Artificial, elaborada por la Universidad de Montreal.

5 Composición de imagen del autor de un grupo de soldados usando equipos asistidos por IA, siguiendo las directrices del sitio de <https://leonardo.ai>, una plataforma online que utiliza inteligencia artificial para crear imágenes de alta calidad a partir de textos (prompts) y fotografías o imágenes de referencia.



IA es una técnica que se ha venido empleando desde más de una década por la mayoría de las potencias militares. Con ello han surgido técnicas innovadoras, que han revolucionado el campo de la vigilancia de lugares de interés, tal como la llamada “Computer Vision” (visión por computadora). La Computer Vision es uno de los tipos de IA más efectivos y poderosos. Se trata de una tecnología que avanza rápidamente y que tiene como objetivo permitir que las computadoras obtengan automáticamente una comprensión de alto nivel del contenido de una imagen o video a través de técnicas de “Machine Learning” (aprendizaje automático) y “Deep Learning” (aprendizaje profundo), para que puedan ver e interpretar las cosas de la manera en que lo hacen los humanos. Esta tecnología va más allá del procesamiento de imágenes estándar y se puede utilizar para identificar, rastrear, detectar y clasificar objetos en imágenes y videos.

En términos simples, esta técnica le da la capacidad a las computadoras de ver y comprender cosas del mundo real y tomar decisiones con respecto a lo que han visto, aumentando y automatizando las percepciones visuales de los humanos. La inteligencia de videos o también llamado “Video Analytics”, reforzado por la Computer Vision, ayuda a identificar los objetos de interés en un video con marcas identificatorias (normalmente cuadros o líneas enmarcadoras) que siguen a los objetos o personas y analizan sus movimientos y comportamientos, lo que permite automatizar y mejorar la eficiencia operativa de la vigilancia en áreas de interés para la Seguridad y Defensa, como aeropuertos, estaciones de metro o de trenes y eventos de concurrencia masiva de personas.

Además de su contribución en el análisis de imágenes y videos, ha habido avances significativos en el uso de la IA para la toma de decisiones y en el desarrollo de sistemas autónomos. Este es quizás el campo más controversial de los avances en IA ya que, con el tiempo, la IA se ha desarrollado para poder realizar trabajos más complejos y casi ha eliminado la necesidad de intervención humana en ciertas situaciones, incluidas las decisiones militares en combate. De ahí los llamados a tomar conciencia de los posibles riesgos de seguridad y los problemas éticos que pueden surgir cuando la IA se utiliza en un contexto de las llamadas “armas autónomas”, referidas al uso letal de armas sin la decisión final de un humano, que está sujeto a responsabilidades legales y administrativas.

### IMAGEN N° 3



*Representación del uso de Computer Vision y de Video Analytics en una situación urbana genérica. (Crédito: Analytics Insight<sup>6</sup>).*

Las aplicaciones militares de la IA se han incorporado en forma constante en las actividades y operaciones militares, con un claro potencial de seguir creciendo en importancia para su incorporación en las capacidades militares y aprovecharla en los conflictos futuros.

En general, las aplicaciones de la IA en el campo militar van desde el procesamiento de datos, la simulación y su empleo real en combate. La lista es larga e incluye las siguientes aplicaciones, de las cuales analizaremos en detalle las más importantes, de acuerdo al siguiente listado:

- Sistemas de Mando y Control, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (C4ISR)
- Explotación en el Espectro Electromagnético
- Sistemas de Armas
- Operaciones de Drones
- Toma de Decisiones Críticas
- Instrucción y Simulación de Combate
- Ciberseguridad/Ciberdefensa
- Sistemas Espaciales de Defensa
- Sostenimiento de las Capacidades Militares
- Sanidad y Atención de víctimas en Situaciones de Combate o Catástrofes

---

6 SRIVASTAVA, Smriti. Computer Vision Solving Real-World Problems with Digital Visuals. [En línea]. Analytics Insight, 17 de abril de 2019. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.analyticsinsight.net>. Foto de archivo del artículo publicada en el sitio mencionado.

### **III. PRINCIPALES ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN DEFENSA**

#### **A. APLICACIONES DE LA IA EN LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL, INTELIGENCIA, VIGILANCIA Y RECONOCIMIENTO (C4ISR)**

Las capacidades de Mando y Control, así como las de las áreas de Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR, por sus siglas en inglés), constituyen dos de las principales áreas de capacidades estratégicas del país, tal como quedara consignado en la Política de Defensa Nacional 2020<sup>7</sup>. Por su importancia e implicancias para las operaciones militares, ambas capacidades se integran normalmente en el concepto de C4ISR, que agrupa las áreas de “Command and Control, Computers, Communications, Intelligence, Surveillance & Reconnaissance”.

Si bien el concepto de C4ISR se entiende como un todo, no cabe duda que la capacidad para generar Inteligencia es la de más alta prioridad para la Seguridad del país, tal como lo señala nuestra Política de Defensa Nacional 2020. Para ello es necesario ...“contar con una arquitectura y sistemas eficaces e integrados de obtención y análisis de información útil”. Agrega la Política que ello ...” incluye inversiones en capital humano, infraestructura, equipamiento y tecnología, como asimismo la adaptación de los procedimientos y la evolución hacia centros de análisis y fusión de información con alta prioridad en el nivel conjunto e interagencial, que sean consecuentes con el alistamiento operacional previsto para las capacidades estratégicas definidas”<sup>8</sup>.

El mensaje no puede ser más claro: la función de Inteligencia en materias de Defensa requiere de tecnologías para el procesamiento de grandes volúmenes de datos, lo que puede llevar mucho tiempo y con ello la información resultante puede no ser oportuna para apoyar a las operaciones. En este sentido, el uso de sistemas y aplicaciones de IA puede ser útil para filtrar los datos más rápidamente y seleccionar la información más valiosa. También puede permitir a las fuerzas adquirir una comprensión detallada de un área de operación mediante el examen de informes, documentos, noticias y otras formas de información, agregando y analizando estas fuentes mucho más rápidamente de lo que los humanos podrían hacerlo.

Asimismo, puede ayudar a agrupar información de varios conjuntos de datos, lo que permite identificar patrones de manera más eficiente, sacar conclusiones más precisas y generar cursos de acción basados en un conocimiento más completo de la situación. Esto se hace más crítico en la medida que se requieran procesar miles de datos, tanto a nivel país, como regional o global, como es el caso de los sistemas de mando y control de las grandes potencias o de las alianzas estratégicas, tales como la OTAN<sup>9</sup>.

---

7 Política de Defensa Nacional, Edición 2020. Loc. Cit. La Política de Defensa Nacional distingue como Áreas de Capacidades Estratégicas a las de Superioridad Operacional, Protección, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR), Mando y Control Integrado, Movilidad y Proyección, Sostenibilidad y al Despliegue Territorial.

8 Ibíd. Tal como se señala en la Política de Defensa Nacional 2020, Capítulo III. “Estrategia de la Defensa”, letra D “Capacidades Estratégicas”, la “Capacidad para Generar Inteligencia” es una de las prioridades dentro de la “Orientaciones para el Desarrollo de Capacidades Estratégicas”.

9 Organización del Tratado del Atlántico Norte o también conocida como NATO, por sus siglas en inglés.



A modo de ejemplo, el nuevo sistema de mando conjunto del Pentágono, llamado “Joint All Domain Command and Control”, o JACDC2, por sus siglas en inglés, tiene diseñado su ciclo de decisión en las llamadas Ciencias de Datos Aplicadas, es decir, “Predictive Analytics”, “Machine Learning” y “A.I.” (Artificial Intelligence)”. En este sistema se pretende procesar toda la data en todos los dominios (aire, tierra, mar, espacio y ciberespacio), para su uso en los futuros escenarios de batalla previstos y “entregar ventajas de información a la velocidad de relevancia”<sup>10</sup>.

El cuadro esquemático a continuación refleja la relación entre los dominios y sus sistemas, los procesos de toma de decisiones en que participan las Ciencias de Datos y los Comandos Combatientes, que utilizarían la información para las operaciones.

#### IMAGEN N° 4



*Representación del flujo decisional del Sistema JADC2 usando Ciencias de Datos Aplicadas. (Crédito: US DoD<sup>11</sup>).*

Al igual que en los EE. UU., nuestro país busca alcanzar capacidades de Mando y Control ágiles y flexibles, en donde se incluyen las capacidades para apoyar la toma de decisiones oportunas, apreciar la situación en forma comprehensiva, crear entendimiento compartido, planificar, preparar, conducir y evaluar las operaciones militares, en todas las situaciones y niveles de conducción, así como en las diferentes dimensiones y escenarios en que debe actuar la Defensa<sup>12</sup>.

10 U.S., Department of Defense. Summary of the Joint All-Domain Command & Control (JADC2) Strategy. [En línea]. Department of Defense, Washington DC, 2022. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.PDF>>. El flujo decisional del Sistema JADC2, y el esquema mostrado están consignados en el documento del Departamento de Defensa de los EE. UU.

11 Ibid.

12 Política de Defensa Nacional Edición 2020. Loc. Cit. En la Política de Defensa Nacional 2020 se destaca además el carácter Conjunto, Interagencial y Combinado de las Capacidades Estratégicas de Mando y Control Integrado.

Estas definiciones han servido de orientación a las distintas organizaciones de la Defensa Nacional que buscan, a través de su planificación de desarrollo, generar proyectos que incorporen el concepto de operaciones multidominio, lo que requiere de sistemas que efectivamente puedan integrar una gran cantidad de datos, que permitan alcanzar la esperada y compleja Conciencia Situacional (o Situational Awareness) en todos los dominios, generando cursos de acción que aseguren el éxito en las operaciones.

Esta compleja integración requiere la participación de múltiples actores, que van desde las orientaciones político-estratégicas de nivel ministerial hasta los conceptos de mando de los Comandantes de las Organizaciones Conjuntas, además de la capacidad de integrar múltiples sistemas institucionales, sistemas de telecomunicaciones, infraestructuras y redes de datos, que dan cuenta de la diversidad de velocidades de maniobra, doctrinas y procesos específicos que conviven en nuestra realidad nacional.

Es en esta necesidad de integración en donde las empresas que se desenvuelven en el área de C4ISR, en conjunto con los centros de investigación, desarrollo e innovación nacionales, pueden interactuar activamente con las organizaciones de la Defensa y sus centros especializados<sup>13</sup>, generando la sinergia necesaria para incorporar los avances y ventajas de los sistemas asistidos por IA. Solo una integración efectiva permitirá hacer frente a los múltiples desafíos, conflictos y nuevas amenazas en Seguridad y Defensa que estamos enfrentando hoy y que surgirán en el futuro en nuestro país, por lo que no se pueden escatimar esfuerzos ni descartar los aportes de todas las instancias que posean las experiencias y conocimientos necesarios para ello.

El resultado de esta integración no solo favorece a la Defensa en sus roles tradicionales, sino que tienen aplicaciones directas en todas las áreas de misión que inciden en la seguridad interna y desarrollo, destacando el empleo de la Defensa durante estados de excepción constitucionales y en emergencias y protección civil, además de la contribución al desarrollo nacional y a la acción del Estado<sup>14</sup>. De esta manera, los sistemas de Mando y Control de la Defensa podrán asumir efectivamente un carácter Interagencial que caracteriza el actuar en las áreas antes nombradas.

Una aplicación directa de esta integración es la estandarización de procesos C4ISR de los Jefes de la Defensa Nacional en las zonas en donde se dispongan estados de excepción constitucional, o de los comandantes conjuntos para operaciones específicas en tiempos de paz o crisis, permitiendo a la conducción de la Defensa ser capaz de anticiparse, adaptarse y responder de manera eficiente y oportuna a los desafíos de seguridad aplicables a las nuevas amenazas, que van más allá de las convencionales, tales como las de carácter híbrido y asimétrico, con actores estatales y no estatales<sup>15</sup>.

---

13 En este sentido cabe destacar al Centro de Investigación e Innovación Tecnológica del Ejército (CIITEC), el Centro de Investigación Tecnológica de la Armada (CITA), el Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aeroespaciales (CIDCA) de la Fuerza Aérea de Chile y entidades tales como Laboratorio de Prospectiva y Simulación (LAPSIM) de la ANEPE, entre otros centros de la Defensa que se dedican a la investigación y desarrollo.

14 Política de Defensa Nacional Edición 2020. Loc. Cit. Las cinco Áreas de Misión de la Defensa se definen en la Política de Defensa Nacional 2020 y cubren la Seguridad Externa y la Seguridad Interna y Desarrollo.

15 Ibíd. El capítulo IV de la Política de Defensa Nacional 2020 se refiere expresamente a los desafíos y avances en materias de Conducción de la Defensa Nacional.

De hecho, la naturaleza híbrida de las potenciales amenazas se caracteriza por la utilización de una combinación disruptiva de modos y medios que escapan a los métodos y amenazas tradicionales. De ahí la noción de responsabilidad que asume la Defensa “de coordinar y fusionar los esfuerzos de, a lo menos, ciberdefensa, inteligencia, operaciones especiales y, fundamentalmente, la capacidad de maniobrar en el ambiente de la información, dada la disputa por la superioridad de influencia en el dominio cognitivo del conflicto”<sup>16</sup>. En la actualidad, no es posible contrarrestar en forma efectiva a las amenazas del tipo híbrido ello sin contar con las capacidades de los sistemas asistidos por IA.

En forma análoga, en la llamada “Batalla de la Información”, los sistemas basados en IA se pueden utilizar para filtrar grandes cantidades de contenido de noticias y medios de comunicación social con el fin de ayudar a identificar nuevas informaciones, eliminar la información repetitiva e inexacta, ayudando a clarificar su pertinencia y veracidad. En tal sentido, a medida que los sistemas de IA se vuelven más sofisticados, resultará aún más difícil detectar las informaciones en textos, imágenes y videos generados por IA por parte de un posible adversario. Estos modelos están alcanzando cada vez mejores niveles de precisión y fluidez, lo que hace imprescindible el uso de sistemas de IA que permitan detectar oportunamente su empleo malicioso. Estos sistemas permiten además un trabajo más eficiente de los analistas de inteligencia y optimizar el proceso de investigación y análisis, ahorrando tiempo y actuando con mayor precisión, reduciendo el error humano.

Junto con las funciones normales de inteligencia, los sistemas de IA en las capacidades C4ISR son de gran utilidad en la Vigilancia y el Monitoreo de las amenazas. Para construir una Defensa efectiva ambas tareas contribuyen a generar el necesario “Situational Awareness”, el punto de partida para cualquier operación militar exitosa. El monitoreo de amenazas, así como el conocimiento de la situación, utilizan sistemas basados en IA que obtienen y analizan información para ayudar en variadas actividades militares.

---

16 Ibid. Una de las Orientaciones para el Desarrollo de las Capacidades Estratégicas considera la “Capacidad para Enfrentar Amenazas Híbridas”, especialmente por su potencial de actuar en todo tiempo, desde diversos orígenes, con efectos aparentemente inconexos y con dificultades en su atribución.

**IMAGEN N° 5**



*Representación de una patrulla militar empleando drones de reconocimiento en una situación de combate urbano. (Crédito: U.S. Army<sup>17</sup>).*

Igualmente, en el ámbito del Reconocimiento, los sistemas de IA presentes en las capacidades C4ISR pueden ayudar a hacer que el análisis de objetivos sea más preciso, aun en situaciones de combate y de alto riesgo. Los sistemas de reconocimiento basados en IA permiten mejorar la capacidad para identificar la posición de los objetivos, predecir el comportamiento del enemigo, anticipar vulnerabilidades, condiciones climáticas y ambientales, evaluar estrategias de misión y sugerir planes alternativos. Todas estas ayudas pueden contribuir en forma significativa al éxito de las operaciones, disminuyendo la posibilidad de bajas propias.

Asimismo, en el área del reconocimiento táctico, hoy son comunes los sistemas no tripulados que pueden ser controlados remotamente o enviados en una ruta preestablecida que utilizan IA para ayudar a las fuerzas a monitorear las amenazas y, por lo tanto, aumentar la conciencia situacional a nivel táctico. Los drones de mayor envergadura y autonomía de vuelo con IA también se pueden usar en estas situaciones. Estos sistemas pueden vigilar áreas fronterizas, reconocer amenazas y alertar a los equipos de respuesta. Asimismo, son una respuesta efectiva para fortalecer las operaciones de protección de la fuerza, tanto para aumentar la seguridad de los soldados en combate, como para la protección de las bases militares e instalaciones críticas.

17 JONES-BONBREST, Nancy. Bring your most innovative ideas, the Army is listening. [En línea]. U.S.Army, 29 de julio de 2019. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://www.army.mil/article/225079>>. Foto de archivo del artículo publicado en el sitio mencionado.

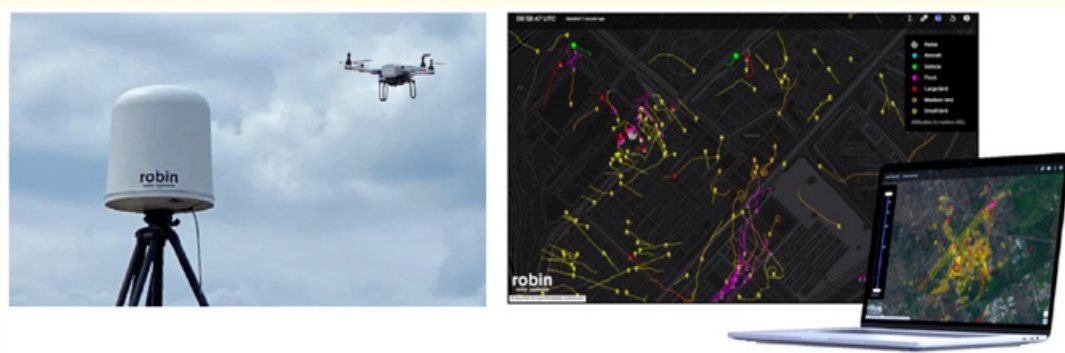
## B. APLICACIONES DE LA IA EN LA EXPLOTACIÓN DEL ESPECTRO ELECTRO-MAGNÉTICO

Otras áreas que se han potenciado por las aplicaciones de los sistemas de IA son las relacionadas con el uso del Espectro Electromagnético, un dominio transversal a los dominios físicos, que se manifiestan principalmente en el rango de las radiofrecuencias, presentes en las telecomunicaciones, sistemas informáticos, además de los sistemas de inteligencia y guerra electrónica.

En muchas de estas áreas los adelantos e innovaciones del mundo civil o industrial han avanzado a una velocidad vertiginosa, siendo las organizaciones de la Defensa las que se han adaptado a esos adelantos, rompiendo la tendencia de las décadas de la guerra fría, en donde la fuente de innovación y desarrollo era liderada mayoritariamente por la Defensa. Es precisamente en las áreas relacionadas con el espectro electromagnético en donde los adelantos en aplicaciones de IA, del mundo civil, pueden apoyar a las funciones de la Defensa en tareas que incluyen análisis de gran cantidad de datos de señales, cuya tarea supera normalmente a las limitadas dotaciones militares con la experiencia requerida.

Las empresas con experiencia en sistemas electrónicos, en conjunto con los centros de investigación, desarrollo e innovación nacionales pueden apoyar con sus capacidades las tareas de análisis con sistemas de IA facilitando las tareas de Inteligencia de señales y explotación del espectro electromagnético. En el primer caso, la gran cantidad de datos de señales que recogen los sensores de la Defensa pueden ser analizados más eficientemente, permitiendo una mejor programación de los sistemas de Contra Medidas Electrónicas (CME) a bordo de aeronaves y buques, actualizadas a las amenazas presentes en los escenarios previsibles.

IMAGEN N° 6



*Representación de un radar IRIS® de detección radárica de drones y su representación gráfica del ploteo de drones de la empresa Robin Radar Systems, que se han beneficiado del análisis de señales usando algoritmos de IA. (Crédito: Robin Radar<sup>18</sup>).*

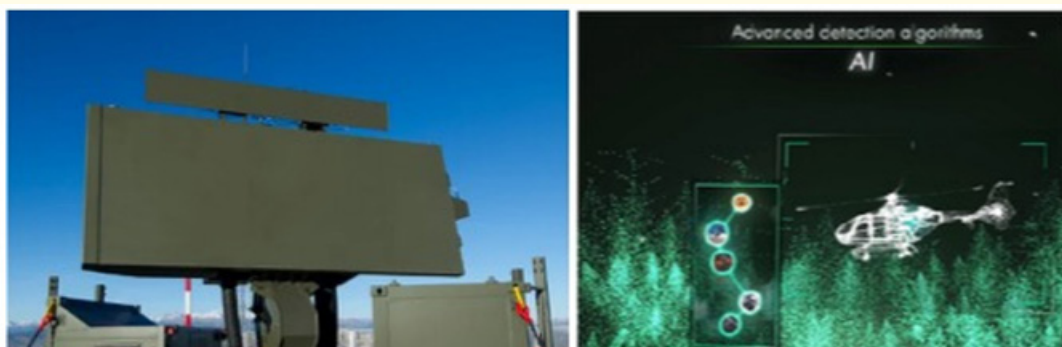
18 Robin Radar Systems. [En línea]. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023] Disponible en: <<https://www.robinradar.com>>. La empresa tiene sede en los Países Bajos y fabrica radares de detección de aves y de drones, como el mostrado en la fotografía de referencia. Su sistema de display de radar se distingue por el uso de algoritmos de IA, que permite una mejor clasificación de objetos pequeños. Imágenes e información disponibles en el sitio señalado.



Otra área que se ha visto beneficiada con la incorporación de sistemas de IA en el campo de la explotación del espectro electromagnético es el análisis de datos de radar. La incorporación de nuevos algoritmos en el análisis de las señales de retorno de las ondas radar han permitido, a manera de ejemplo, una alta precisión 3D en radares livianos y portátiles especializados en la detección de drones los que, junto con incorporar procesos *mini Doppler*, permiten diferenciar drones de aves, detectar drones en vuelos estacionarios, clasificarlos de acuerdo a su tamaño y efectuar un seguimiento preciso, que permite una rápida respuesta de los sistemas contra drones (C-UAS).

En este mismo ámbito, la nueva generación de radares de vigilancia aérea ha incorporado también algoritmos de las señales de retorno de las ondas radar, logrando significativos avances en su velocidad de procesamiento, alcance y detección de blancos complejos, tales como misiles, helicópteros y drones tácticos. Asimismo, radares como el recientemente lanzado GM-400α de la empresa Thales, incorpora también un innovativo algoritmo que le permite mitigar los efectos adversos de las granjas eólicas en la detección radar de baja altura en las cercanías de estas instalaciones. Adicionalmente, los sistemas de IA contribuyen a mejorar la capacidad de los radares de vigilancia aérea para contrarrestar efectos de guerra electrónica y de ciberataques.

#### IMAGEN N° 7



*Representación de un radar de vigilancia GM-400α de la empresa Thales, que publica avances en su capacidad de detección utilizando algoritmos avanzados de IA. (Crédito: Thales<sup>19</sup>).*

En este campo existe experiencia de empresas nacionales que han participado en la integración de las telecomunicaciones asociadas a la información radárica y transmisión remota de voz y data, que se beneficiarían de la incorporación de aplicaciones de IA en sus procesos resultando en mejoras operaciones significativas. A la vez, permite avanzar en mejores niveles de autonomía y control de transmisión y codificación en el área de las radiofrecuencias.

---

19 Thales Group. [En línea]. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://www.thales-group.com>>. La empresa europea es la fabricante del radar GM-400 Alpha (α), clasificado como un radar 3D definido por software, que implementa algoritmos avanzados de detección basados en IA. Imágenes e información disponibles en el sitio señalado.

Una ventaja adicional de incorporar en el trabajo diario a las empresas nacionales con experiencia en el área de telecomunicaciones y electrónica, así como a los centros de investigación, desarrollo e innovación nacionales, es que permitirían apoyar los despliegues operacionales en caso de crisis o conflictos, facilitando el análisis y la explotación del espectro electromagnético en tiempo real, sirviendo de apoyo permanente a las fuerzas de la Defensa en presencia, como sucede en muchos países de la OTAN.

### **C. APLICACIONES DE IA EN SISTEMAS DE ARMAS**

Los sistemas de armas que requieren el uso de sensores, ayudas a la navegación, y el apoyo de reconocimiento y vigilancia pueden hoy emplear las aplicaciones de IA para alcanzar su efectividad operacional, con menos dependencia de la intervención humana.

En términos generales en las aplicaciones relacionadas con los sistemas de armas se pueden dar dos opciones. En un primer caso, los sistemas que utilizan IA y que por definición no requieren de mayor control humano, son los encargados de proveer de datos e información del campo de batalla a los sistemas de armas tradicionales, en donde las decisiones están condicionadas a consideraciones de las tripulaciones humanas. Esta combinación libera a las fuerzas de combate de tareas más rutinarias, de larga duración o de alto riesgo, dejando las decisiones de combate a los humanos.

#### **IMAGEN N° 8**



*Representación de drones de combate experimentales X-45A de la empresa Boeing Aircraft Company. (Crédito: Globalsecurity.org<sup>20</sup>).*

En un segundo caso, son los propios sistemas de armas los que utilizan las aplicaciones de IA y efectúan las operaciones. Estas son las llamadas “armas autónomas” que presentan ventajas, pero también serios cuestionamientos para su uso seguro y ético. La ventaja más aludida para estos sistemas es que se reduce el impacto del error humano.

---

20 Global Security. [En línea]. [Fecha de consulta: 02 de julio de 2023]. Disponible en: <<https://www.globalsecurity.org>>. El X-45A corresponde a un Programa de Demostración del Sistema UCAV para la Marina de los EE. UU. Imágenes e información disponible en el sitio mencionado.

Asimismo, al eliminar la necesidad de una tripulación humana, tanto en su empleo como en su operación rutinaria, por lo general se requiere de sistemas menos complejos de habitabilidad, lo que supone un menor mantenimiento.

El desarrollo de las armas autónomas se considera una de las aplicaciones militares más útiles de la IA y las grandes potencias no han renunciado a continuar en su desarrollo, aunque con mayores precauciones y supervisión, tales como las previstas en la actualización de la “Política de Armas Autónomas” efectuada reciente por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos<sup>21</sup>.

#### **D. APLICACIONES DE IA EN OPERACIONES DE DRONES**

Una de las aplicaciones militares en desarrollo más emocionantes de la IA implica aprovechar la inteligencia de enjambre para las operaciones de drones. Estos enjambres de drones tienen ventajas que les hacen más efectivos que los drones individuales. Cuando un dron del enjambre recibe información valiosa para su misión, no solo puede actuar de manera independiente sino que también comunicarla automáticamente a los otros drones en el enjambre, aumentando las posibilidades de que al menos uno de ellos cumpla el objetivo.

**IMAGEN N° 9**



*Representación de un Enjambre de Drones en operación. Imagen generada por una composición mejorada por IA mediante el sitio Leonardo.ai<sup>22</sup>.*

En términos simples, los enjambres de drones controlados por IA están programados para actuar de la misma manera que los enjambres de insectos actúan en la naturaleza. Por ejemplo, cuando una abeja encuentra algo que podría beneficiar al resto de la colmena, informará esa información en detalle a las otras abejas. Los drones pueden hacer lo mismo. Son capaces de comunicar la distancia, dirección y elevación de un objetivo, así como

- 
- 21 GARAMONE, Jim. DOD Updates Autonomy in Weapons Systems Directive. [En línea]. DOD News, 25 de enero de 2023. [Fecha de consulta: 02 de julio de 2023]. Disponible en: <<https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3278065/dod-updates-autonomy-in-weapons-system-directive>>. La nueva política no prohíbe ciertas capacidades autónomas, pero dispone un proceso exhaustivo de prueba y revisión para los nuevos sistemas. La actualización también crea un Grupo de Trabajo para la supervisión de los de Sistema de Armas Autónomas, presidido por el Subsecretario de Defensa para Políticas.
- 22 Composición del autor de imagen de enjambre de drones operados por sistemas de IA, siguiendo las directrices del sitio de <https://leonardo.ai>

cualquier peligro potencial, al igual que lo hace una abeja.

La utilización de enjambres de drones impulsados por IA en contra de objetivos militares representa hoy una frontera crítica en operaciones militares, como se ha apreciado abiertamente en la invasión rusa a Ucrania. Asimismo, el desarrollo de sistemas antidrones, mediante capacidades C-UAS (Counter Unmanned Air Systems), han significado todo un desafío de investigación militar, generando una competencia por lograr una efectiva Defensa Aérea Integrada mediante sistemas C-UAS también autónomos o basados en las aplicaciones de IA.

## **E. APLICACIONES DE LA IA EN TOMA DE DECISIONES CRÍTICAS**

Los algoritmos de IA son capaces de recopilar y procesar datos de numerosas fuentes diferentes para ayudar en la toma de decisiones, especialmente en situaciones críticas. Por ejemplo, los sistemas de IA pueden analizar más rápida y eficientemente una situación de amenaza inmediata y tomar la mejor decisión para contrarrestarla, como sucede en muchas circunstancias relacionadas con las defensas antiaéreas o antimisiles.

La toma de decisiones bajo presión es una condicionante crítica para la efectividad de los sistemas de armas. La IA es capaz de procesar situaciones apremiantes en forma mucho más rápida que los humanos, e incluso neutralizar algunos prejuicios humanos que pueden demorar decisiones instantáneas. Sin embargo, aún persisten las aprehensiones de que la IA no pueda incorporar las preocupaciones éticas humanas y que, además, exista el peligro de que la IA aprenda de los sesgos humanos que pueden estar insertos en sus bases de datos.

### **IMAGEN N° 10**



*Imagen del Sistema Iron Dome en operación en contra de cohetes lanzadas desde la Franja de Gaza. El éxito de este tipo de sistemas es altamente dependiente de las decisiones automatizadas. (Crédito: The Age<sup>23</sup>).*

---

23 GROCH, Sherryn. What is Israel's Iron Dome? [En línea]. The Age, 19 de mayo de 2021. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://theage.com.au/world/middle-east/what-is-israel-s-iron-dome-20210518-p57t2g.html>>. En el artículo se señala que el sistema Iron Dome ya utiliza IA para analizar rápidamente las trayectorias de los cohetes disparados y de los misiles interceptores.

Lo aprendido hasta ahora en este campo parece indicar que lo más conveniente es que los sistemas de IA y los humanos trabajen juntos para facilitar los procesos de tomas de decisiones críticas, combinando la comprensión ética de los humanos con las rápidas capacidades analíticas de la IA.

## **F. APLICACIONES DE LA IA EN SISTEMAS DE INSTRUCCIÓN Y SIMULACIÓN DE COMBATE**

Los *softwares* de simulación de combate se han utilizado largamente en el entrenamiento militar de las fuerzas militares en todo el mundo. Estos *softwares* son capaces de construir modelos digitalizados que se incorporan o integran a las misiones realizadas con plataformas reales. También pueden integrarse con otros simuladores para incorporar operadores en los distintos dominios, logrando generar “operaciones de combate virtuales”, en donde la acción adversaria genera efectos y bajas en las fuerzas propias, los equipos de guerra electrónica interfieren con las capacidades de coordinación, y los misiles y bombas causan daños que se representan en los modelos, generando un entrenamiento con un gran nivel de realismo e incluso con mayores complejidades que en una misión de entrenamiento real.

Una de las ventajas más importantes de la simulación de combate con nivel de realismo de IA, es que las fuerzas pueden entrenar inmersas en las realidades de la guerra sin estar en peligro. Con ello, se puede aprender de los errores que cobran vidas en combate por decisiones erróneas o tácticas inadecuadas. También ayuda a disminuir los accidentes y bajas producto del entrenamiento en la vida real, con armas, en situaciones de alto riesgo.

### **IMAGEN N° 11**



*Representación futurística de un Entrenador de Combate Aéreo. Imagen generada por una composición mejorada por IA mediante el sitio Leonardo.ai<sup>24</sup>.*

---

24 Composición del autor de imagen de un simulador de avión de combate siguiendo las directrices del sitio de <https://leonardo.ai>



Una muestra de las capacidades de los sistemas asistidos por IA en el entrenamiento fue dada a conocer por DARPA<sup>25</sup>. Durante una competencia de desarrollos de software de IA, una compañía de Maryland (EE. UU.), pudo demostrar que sus algoritmos avanzados eran capaces de realizar maniobras de combate aéreo simuladas, comúnmente conocidas como “*Dogfight*”, ganando incluso cinco a cero en combates contra un experimentado piloto de F-16 de la USAF, mediante “maniobras agresivas y precisas que el piloto humano no pudo superar”.

Los *softwares* de simulación basados en IA no solo pueden mejorar el entrenamiento de las fuerzas, sino que también pueden personalizar los programas de entrenamiento y efectuar análisis para realizar ajustes a los futuros programas. Estos sistemas también pueden utilizarse para evaluar la progresión de alumnos en sus capacitaciones determinando los ajustes necesarios en su preparación, o simplemente evitando anticipadamente fracasos por falta de habilidades o competencias para la operación de sistemas de armas complejos, tales como la aviación de combate, permitiendo ahorrar tiempo y recursos de alto costo mediante la predicción anticipada de riesgos de fracasos.

#### IMAGEN N° 12



*Representación del avión Pillán 2, como parte del nuevo Sistema de Instrucción de Vuelo Integrado de la Fuerza Aérea de Chile. (Crédito: ENAER y Raylex S.A.<sup>26</sup>)*

Hoy la industria nacional de Defensa tiene una oportunidad única de incorporar sistemas de IA en simulación de vuelo y análisis predictivos de habilidades en vuelo, con el desarrollo de los llamados Sistemas Periféricos del nuevo Sistema de Instrucción de Vuelo Integrado del proyecto Pillán 2. Estos sistemas están en etapas iniciales de desarrollo a nivel mundial, por lo que Chile tiene la oportunidad de generar innovación que podría traer

---

25 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency. AlphaDogfight Trials Foreshadow Future of Human-Machine Symbiosis. [En línea]. Outreach@Darpa, fechado el 26 de Agosto de 2020. [Fecha de consulta: 28 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://www.darpa.mil/news-events/2020-08-26>>.

26 Composición de imagen por parte del autor, utilizando una representación artística del futuro avión Pillán II de ENAER, disponible en: <<https://www.enaer.cl/pillan-ii>> y una representación de un piloto alumno, en base de la imagen generada por el Área de Marketing de Raylex S.A., mediante el sitio <https://bing.com/create>

muchos beneficios en términos de costos en los procesos de instrucción de la Fuerza Aérea y, a la vez, convertirse en un nicho de exportación de alta tecnología basada en IA desde nuestro país.

Asimismo, el desarrollo de sistemas innovadores de traqueo en tiempo real de aeronaves considerado en el proyecto Pillán 2, puede tener aplicaciones directas en mejorar las condiciones de seguridad de navegación para el tráfico aéreo civil y militar del país, integrándose a los sistemas de última tecnología en materias de ATM (Air Traffic Management) que ya incorporan sistemas de IA dentro del manejo de la data aeronáutica.

#### **G. APLICACIONES DE LA IA EN SISTEMAS DE CIBERSEGURIDAD Y CIBERDEFENSA**

Tal como lo resaltan las distintas políticas nacionales que tratan los temas de ciberseguridad y ciberdefensa<sup>27</sup>, existe un aumento significativo en los ciberataques y en su complejidad, que son ejecutados diariamente con diversos propósitos e intereses, que van desde el crimen cibernético, las acciones extremas de activistas o incluso sabotajes dirigidos a entidades de gobierno, a la infraestructura crítica o a las instituciones de la Defensa.

Por sus implicancias en un mundo cada vez más globalizado y dependiente de los datos, la amenazas de ataques cibernéticos a la Seguridad y Defensa se sitúa dentro de los escenarios más preocupantes a nivel global, con implicancias geopolíticas, que “complejizan la aplicación de los principios del derecho internacional sobre los dominios tradicionales de tierra, aire, mar, espacio y el ciberespacio”<sup>28</sup>.

En esta área, como en muchas otras, el empleo de aplicaciones y sistemas basados en IA tienen un doble impacto. Por un lado, el uso de sistemas avanzados de IA en materias de programación computacional potencia las capacidades de escribir *malware* que puedan ser empleados en ciberataques. Pero, por otro lado, los sistemas de ciberdefensa basados en IA también pueden ayudar a detectar y mitigar estas amenazas.

---

27 Política Nacional de Inteligencia Artificial. Loc. Cit. El Tema de Ciberseguridad y Ciberdefensa, se trata al menos en la Política Nacional de Ciberseguridad, la Política Nacional de Inteligencia Artificial y en la Política Nacional de Defensa 2020.

28 *Ibíd.*, p. 61. “Ciberseguridad y Ciberdefensa”.

### IMAGEN N° 13



*Representación futurística de una sala de operaciones para enfrentar situaciones de Ciberseguridad y Ciberdefensa, utilizando sistemas asistidos por IA. Imagen generada por una composición mejorada por IA mediante el sitio Leonardo.ai<sup>29</sup>.*

Este doble impacto significa que es fundamental que las organizaciones de Seguridad y Defensa estén en constante desarrollo de capacidades para el manejo de soluciones en el mundo de la IA, como única solución para mantener su eficiencia operacional en medio de un panorama en constante evolución y de riesgos de ciberataques con sistemas asistidos por la IA. En otras palabras, el mantenerse al día en los sistemas basados en IA constituye “un elemento diferenciador para mantenerse a la vanguardia en cuanto al uso de las tecnologías, procedimientos, equipamiento y capacidades de la ciberdefensa nacional, tanto en acciones de legítima defensa, como efectos de disuasión y manejo de crisis... Así, la IA se presenta como una nueva herramienta para mantener el ciberespacio libre, abierto, seguro y resiliente y, con ello, cumplir los objetivos señalados en nuestra actual Política Nacional de Ciberseguridad”<sup>30</sup>.

Sin duda es el área de la Defensa en donde se perciben las mayores preocupaciones y desafíos por la incursión de sistemas de IA en el dominio del ciberespacio. Los ciberataques potenciados por IA pueden poner en riesgo la información clasificada, así como dañar o neutralizar un sistema de armas por completo, lo que puede afectar aspectos claves de la Seguridad Nacional. Esta preocupación se destaca en la Política Nacional de Defensa Nacional 2020, disponiendo orientaciones para generar doctrinas de empleo actualizadas e incorporar entrenamiento avanzado en el ciberespacio como un nuevo dominio, tendientes a la creación de un Comando Conjunto de Ciberdefensa que permita aumentar la ciberseguridad de la infraestructura crítica propia, en especial la disponibilidad de sistemas y redes de comunicaciones, mando y control y sistemas de armas<sup>31</sup>.

---

29 Composición del autor de imagen de un sitio de análisis de ciberdefensa siguiendo las directrices del sitio de <https://leonardo.ai>

30 Política Nacional de Inteligencia Artificial. Op. Cit. pp. 61-62. En la Política Nacional de Inteligencia Artificial se destaca su vinculación con la Política Nacional de Ciberseguridad.

31 Política Nacional de Defensa, Edición 2020. Loc. Cit. Una de las Orientaciones para el Desarrollo de las Capacidades Estratégicas considera varias medidas para potenciar las “Capacidades de Ciberdefensa”.

Este desafío considera que las capacidades de ciberdefensa deben actuar en forma sinérgica y coordinada con el resto de las capacidades de ciberseguridad del Estado, siendo también un imperativo aumentar el número de especialistas con las competencias necesarias en los sistemas asistidos por IA, algo cada vez más complejo dada las restricciones de dotaciones y las escasas oportunidades de capacitación efectivas.

En tal sentido, los sistemas de Ciberseguridad y Ciberdefensa apoyados por IA provistos por empresas seleccionadas pueden ser de gran ayuda para enfrentar estos desafíos en forma más automatizada y, al mismo tiempo, capacitar a un mayor número de especialistas. Los sistemas que emplean IA tienen una mejor capacidad de proteger programas, datos y redes reservadas, y asimismo, mejoran las habilidades para estudiar patrones de ataques cibernéticos y establecer estrategias de protección contra ellos. Muchos de estos sistemas pueden reconocer los comportamientos sospechosos que preceden a los ciberataques, mucho antes de que los *malware* entren en una red. Con ello, se puede reducir los tiempos de respuesta ante la detección de intrusiones o ciberataques, analizando grandes volúmenes de información, para optimizar la identificación de vulnerabilidades, riesgos y tendencias más relevantes en el uso malicioso del ciberespacio.

## **H. APLICACIONES DE LA IA EN LAS CAPACIDADES ESPACIALES DE DEFENSA**

El desarrollo de capacidades espaciales de Defensa es uno de los programas más desafiantes que fueron incluidos en la reciente Política Nacional de Defensa. Estas capacidades no solo buscan avanzar en la autonomía y soberanía de las operaciones espaciales e incorporar de lleno al espacio como un dominio que contribuya a la gestión del territorio, al desarrollo y a la Seguridad Nacional, sino que también busca una gestión autónoma y soberana de datos geoespaciales para aportar a las necesidades de Defensa, la gestión de emergencias y al progreso y desarrollo científico-tecnológico del país.

Para alcanzar estas capacidades se contempla el diseño, construcción, implementación y explotación de sistemas espaciales e infraestructura terrestre asociada a lo largo del país, que confieran a Chile un grado de autonomía en las áreas de observación de la tierra, teledetección, tecnologías de información geoespacial, conciencia situacional espacial (SSA) y comunicaciones satelitales, entre otros desafíos<sup>32</sup>.

En el desarrollo de los programas espaciales y en sus aplicaciones el uso de las herramientas de IA resultan fundamentales. Las múltiples aplicaciones en el mundo civil y de la Defensa que han aprovechado las capacidades de obtención de imágenes satelitales del FASat Charlie, así como las futuras que vendrán, pueden ser ampliamente potenciadas por sistemas tales como el análisis de imágenes de reconocimiento mediante IA.

Estas tecnologías han revolucionado la búsqueda automatizada de objetos y cambios en el terreno a través de técnicas de “Machine Learning” y “Deep Learning”, que favorecen la vigilancia de lugares de interés para la Defensa, pero también en las aplicaciones civiles. En especial, cabe destacar el uso de imágenes satelitales en operaciones de rescate de

---

32 Ibíd. En la Política de Defensa Nacional se señala que el Sistema Nacional Satelital (SNSAT) contempla, que al final de la década, Chile contará con una constelación propia de satélites con múltiples sensores, adaptados a las necesidades nacionales, con cooperación de la Defensa, la Industria y la Academia. Este programa se contempla en dos fases.

personas extraviadas o accidentadas, que requieren de una gran rapidez de análisis para actuar con efectividad y salvar vidas.

#### IMAGEN N° 14



*Serie de fotografía satelital de la localidad de Santa Lucía y sus alrededores obtenida por el Satélite FASat Charlie antes y después del aluvión del año 2017. (Crédito: GOE - FACH)<sup>33</sup>.*

Los sistemas de IA en el campo espacial nacional también pueden ser de mucha ayuda para el uso eficiente de los recursos satelitales en la planificación de grandes áreas de vigilancia, correlacionando datos satelitales obtenidos de sensores electrónicos, imágenes radáricas y ópticas, en conjunto con información de diversas fuentes, tal como se requiere para la protección de las Zonas Económicas Exclusivas y la vigilancia de las áreas de conservación marítimas especiales suscritas por tratados internacionales.

Otro aspecto de colaboración entre Defensa, la Industria y la Academia en materias de capacidades espaciales de Defensa, está en los planes de Defensa de desarrollar capacidades autónomas de comunicaciones satelitales, una iniciativa que puede integrar los conocimientos y experiencias de empresas nacionales con capacidad de integración de sistemas de telecomunicaciones. Aquí también puede existir participación activa de la Academia, para incorporar en los futuros satélites la capacidad de transmisión de datos vía transmisión láser, cuya mayor seguridad se logra con medidas de encriptación cuántica, un área de potencial empleo de sistemas de IA y de desarrollo de I+D+i a nivel nacional.

33 Fotografías de archivo de las aplicaciones del FASat Charlie, como parte de la presentación del autor de las áreas de desempeño del “Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales (CEEAA) de la Fuerza Aérea de Chile, s.f. El Grupo de Operaciones Espaciales (GOE) de la Fuerza Aérea de Chile participó activamente en la localización de las víctimas del aluvión en la localidad de Santa Lucía, Comuna de Chaitén, en la Región de Los Lagos en la zona austral de Chile, en diciembre del 2017. El uso de algoritmos predictivos de análisis de imágenes satelitales contribuye a acortar los tiempos de reacción en este tipo de situaciones.



### IMAGEN N° 15



*Representación gráfica de las actuales capacidades satelitales de Defensa. Se representa la conjunción de los satélites FASat Charlie (izquierda) y el FASat Delta (Derecha), ambos en operación. (Crédito ilustración satélites: Fuerza Aérea de Chile)<sup>34</sup>.*

Un potencial similar proviene del empleo de capacidades para contribuir a la Conciencia Situacional Espacial (Space Situational Awareness, SSA). En estas capacidades se incluye el seguimiento de objetos en órbita, un aspecto fundamental en el futuro control de tráfico satelital y monitoreo de la basura espacial, en donde nuestro país no puede quedar ajeno, dada sus ventajas comparativas de contar con los cielos más despejados del planeta y su extensión geográfica que cubre casi la totalidad de las latitudes del hemisferio sur. La capacidad SSA también incluye el estudio de la llamada meteorología espacial, que analiza las condiciones espaciales del entorno inmediato de la tierra, tales como el monitoreo de las condiciones de la capa de ozono, un aspecto que nos afecta directamente en la zona austral y antártica de nuestro país. En estos casos, el volumen de datos y la capacidad de análisis requerida puede verse ampliamente beneficiados con sistemas de IA.

## **I. APLICACIONES DE LA IA EN EL SOSTENIMIENTO DE LAS CAPACIDADES MILITARES**

Las capacidades de sostenimiento de las fuerzas constituyen otra de las Áreas Generales de Capacidades Estratégicas considerada en la Política Nacional de Defensa 2020. Con ello, se busca enfatizar que las capacidades militares se basan fuertemente en la disponibilidad operacional de las plataformas o sistemas de armas durante todo su ciclo de vida<sup>35</sup>.

34 Composición de imágenes del autor en base de modelos de satélites FASat del sitio <www.fach.cl>. Al FASat Charlie, que completó 11 años de operación a fines del 2022, se sumarán los futuros satélites del Sistema Nacional Satelital (SNSat), proyecto que incluye en su primera fase al satélite FASat Delta, lanzado con éxito en julio de 2023, y los satélites FASat Eco 1 y Eco 2, además de otros 7 microsátélites.

35 Política de Defensa Nacional, Edición 2020. Loc. Cit. De acuerdo con esta política, con el Área General de Capacidades Estratégicas de Sostenibilidad se busca garantizar la disponibilidad operacional adecuada de las fuerzas, para asegurar su empleo como está previsto en los diferentes escenarios y Áreas de Misión.

Uno de los aspectos claves en la sostenibilidad y disponibilidad de las flotas es la capacidad de mantenimiento preventivo y predictivo. En el primer caso, en el mantenimiento preventivo, se consideran las actividades que reduzcan la falta de disponibilidad de los sistemas de armas, anticipándose a las fallas inesperadas o por desgaste derivado de su operación. El mantenimiento predictivo va más allá; mediante la monitorización directa de la operación de los sistemas se pueden conocer datos esenciales de mantenimiento, tales como temperaturas, presión, desgastes excesivos, e información de todo tipo de sensores, lo que permite evaluar y detectar problemas antes de que se produzcan las fallas. En ambos casos la utilización de sistema de IA o Deep Learning permite una gestión del mantenimiento más eficiente en costos, tiempos y seguridad.

**IMAGEN N° 16**



*Representación gráfica de las capacidades de los sistemas de IA en el diseño y mantenimiento predictivo en aeronaves. Imagen generada por una composición mejorada por IA mediante el sitio Leonardo.ai<sup>36</sup>.*

Todos los datos de mantenimiento, incluidos los capturados en tiempo real y los históricos, pueden ser utilizados para mejorar la disponibilidad de sistemas de armas. Adicionalmente, a futuro se espera que en el mantenimiento predictivo las máquinas aprendan y detecten fallas en sus sistemas de forma autónoma, indicando cuándo se tiene que cambiar una pieza o, en casos extremos, parar de forma preventiva la operación de un equipo o sistema. Para alcanzar las capacidades de mantenimiento predictivo se requiere generar modelos de algoritmos de Deep Learning que permitan detectar anticipadamente cuando va a ocurrir una falla o defecto, un área de aplicación directa de los sistemas de IA.

Los aspectos del mantenimiento son un aspecto vital en las plataformas aéreas, tanto por aspectos de seguridad como en su disponibilidad, que influye directamente en su capacidad de generar salidas o misiones de combate o transporte, así como en los programas de entrenamiento de las tripulaciones. De ahí la importancia de incorporar tecnologías asistidas por IA, que no solo puede mejorar la eficiencia general de los procedimientos de mantenimiento, permitiendo que haya más aviones disponibles, sino

---

36 Composición del autor de imagen de diseño de aeronaves asistida por IA siguiendo las directrices del sitio de <https://leonardo.ai>

que también se pueden utilizar durante el proceso de diseño para desarrollar aviones más avanzados para el futuro.

#### IMAGEN N° 17



*Representación gráfica de las capacidades de diseño de plataformas navales de ASMAR, como parte de las capacidades de I+D+i de las Empresas Estratégicas de la Defensa. (Crédito: ASMAR)<sup>37</sup>.*

Los mismos conceptos son aplicables a los sistemas navales y terrestres. Por ello, es fundamental que las llamadas Empresas Estratégicas de Defensa (FAMAE, ASMAR y ENAER) se integren activamente a los procesos de investigación, innovación, desarrollo, trabajando conjuntamente con otras empresas, universidades y centros de investigación nacionales, para alcanzar la capacidad de manejo eficiente de los sistemas asistidos por IA. De esta manera, se contribuye al desarrollo tecnológico e industrial del país, disminuyendo la dependencia de proveedores externos, evitando generar vulnerabilidades de continuidad operacional.

Otra aplicación de sistemas asistidos por IA que permiten mejorar la sostenibilidad es la que se aplica en el diseño y construcción de nuevas infraestructuras para la Defensa, tanto operacionales, como administrativas y de apoyo. Ello se ve reflejado en la aplicación de la IA en la metodología BIM (Building Information Modeling), la tecnología que se utiliza para crear modelos digitales en 3D de edificios y estructuras. Con ella, todos los estamentos involucrados pueden trabajar de manera más eficiente y colaborativa, ya que considera en cada paso la información de materiales a emplear, costos y plazos de ejecución de los trabajos. La integración de la IA en la metodología BIM permite una mayor automatización y análisis de datos, además de la simulación y modelamiento avanzado, lo que optimiza aún más los procesos de construcción, mejorando la seguridad en sus procesos, previniendo posibles problemas antes de que ocurran.

---

37 Fotomontaje de un buque diseñado con FORAN y su modelo en 3D, disponible en el sitio <<https://www.asmar.cl>>. El buque corresponde al patrullero oceánico Comandante Toro (OPV-82). FORAN es un acrónimo de FORMas ANALíticas, es un sistema CAD para el diseño, construcción e Ingeniería Naval, utilizado por el Departamento de Diseño de Construcción Naval de ASMAR.

**IMAGEN N° 18**



*Representación gráfica de las capacidades de diseño de sistemas terrestres utilizando sistemas asistidos por IA. Imagen generada por Bing Image Creator (Crédito: Raylex S.A.)<sup>38</sup>.*

**J. APLICACIONES DE LA IA EN SANIDAD Y ATENCIÓN DE VÍCTIMAS EN SITUACIONES DE COMBATE O CATÁSTROFES**

Una dimensión más desconocida de la aplicación de los sistemas de IA es la ayuda en los Sistemas de Sanidad de las Fuerzas Armadas y en la atención de víctimas en situaciones de combate o heridos en zonas alejadas de centros médicos de mayor complejidad, en caso de situaciones de emergencias o catástrofes, en donde tengan que actuar las fuerzas de la Defensa.

En el primero de los casos la data médica de una población acotada, integrada tanto por el personal de las Fuerzas Armadas como de sus familiares directos, unida a su distribución a nivel nacional, constituyen elementos para un excelente campo de muestreo y análisis de datos, cuyos procesos y soluciones pueden servir de base para tareas más complejas como los servicios de salud a nivel nacional. Aquí pueden desarrollarse aplicaciones basadas en IA que pueden ayudar a los procesos y predicción de afecciones y aplicar soluciones experimentales en una manera más acotada y controlada.

---

38 Representación de imagen de diseño de sistemas militares terrestres asistida por IA, en base de la imagen generada por el Área de Marketing de Raylex S.A., mediante el sitio <https://bing.com/create>

**IMAGEN N° 19**



*Representación de soldados prestando primeros auxilios a personal en el campo de batalla. Imagen generada por una composición mejorada por IA mediante el sitio Leonardo.ai<sup>39</sup>.*

En el caso de las atenciones de urgencias durante situaciones de emergencias o catástrofes en donde tengan que actuar las Fuerzas Armadas, estas pueden ser asistidas por telemedicina asistida por IA, o incluso por sistemas más autónomos de tratamientos médicos asistidos por IA. Si bien los sistemas de IA no han alcanzado aún el desarrollo que les permita estar calificados para tomar decisiones médicas autónomas, pueden ayudar a proporcionar un análisis rápido para dar a los equipos en terreno más información sobre la cual basar sus decisiones, mediante algoritmos basados en el análisis automatizado de signos vitales y bases de datos médicos, combinados con información ingresada manualmente, para proporcionar indicaciones, advertencias y sugerencias para estabilizar a las víctimas, en espera de atención médica en instalaciones mejor habilitadas.

Las innovaciones en materia de atención de salud en situaciones de emergencia o catástrofes también son la base para aplicaciones directas en las funciones militares, como por ejemplo, el monitoreo de condiciones físicas en tiempo real de especialistas críticos, como las tripulaciones de vuelo, buzos tácticos, fuerzas especiales u otras especialidades, de acuerdo a sus complejidades. Lo mismo se aplica para apoyar las funciones de telemedicina o monitoreo médico preventivo en lugares aislados en donde se desempeñe el personal de la Defensa, como es el caso de faros de ayuda a la navegación marítima y las bases antárticas, entre otros.

#### **IV. UN MODELO DE INTEGRACIÓN PARA LAS APLICACIONES DE IA EN DEFENSA**

Tanto la actual Política de Defensa de Chile 2020, como las Políticas Nacional de Ciberseguridad y Nacional de Inteligencia Artificial, reconocen la importancia de aunar esfuerzos para obtener resultados que contribuyan a los aspectos de seguridad

---

39 Composición del autor de imagen de soldados prestando primeros auxilios en el campo de batalla, utilizando tecnologías de apoyo médico basadas en IA, siguiendo las directrices del sitio de <https://leonardo.ai>



y desarrollo, en coherencia con los desafíos de los nuevos entornos estratégicos y las necesidades del país.

Las políticas mencionadas pretenden accionar coordinadamente ante los cambios del entorno que provienen del avance de las tecnologías, tales como las que representa los sistemas asistidos por IA, las que puedan servir como oportunidades de desarrollo, pero resguardando las capacidades nacionales en Seguridad y Defensa. Es decir, sacar provecho de dichas oportunidades y a la vez, enfrentar con efectividad las amenazas y riesgos de su uso malicioso en contra de la población o la infraestructura crítica del país..

En el caso de IA, no puede considerarse y ser tratada como un avance tecnológico tradicional, ya que tiene implicancias significativas en todas las áreas del quehacer humano. Sus aplicaciones no solo repercuten al área de la Ciencia y Tecnología, normalmente asociada a la investigación, innovación y desarrollo que caracteriza a la Academia, sino que también afectan a los procesos productivos y económicos de la Industria en general, además de las mencionadas y analizadas aplicaciones de la IA en Defensa.

Es por ello la pregunta planteada al principio de este análisis, respecto de que si a nivel nacional las instituciones de la Defensa, del mundo empresarial o la industria, junto con la academia, pueden enfrentar con éxito esos desafíos de manera individual, aprovechando sólo sus propios recursos en materia de investigación e innovación. La respuesta es que el esfuerzo individual de cada área por separado no es suficiente, dado la limitada asignación nacional de recursos financieros, la falta de capacitación y de infraestructura para su desarrollo.

La solución es la integración. La importancia de esta integración es tal que cualquier esfuerzo, por pequeño que parezca, puede traer grandes y positivos dividendos para todos los involucrados. Tal como se señaló, ya no solo se trata de avances tecnológicos tradicionales, aplicables a plataformas y sistemas de armas, o a productos en el caso de las empresas, sino que también hay desafíos cada vez más relevantes en el ámbito de los procesos relacionados con la toma de decisiones y análisis de datos, lo que es aplicable tanto en el ámbito civil como militar.

Los esfuerzos por integrar a los sistemas apoyados en IA y sus aplicaciones pueden ser coordinados en forma exitosa si los entendemos como un “Macrosistema de Aplicaciones de Inteligencia Artificial”, en donde la triada Defensa-Industria-Academia, se encuentra representada por las organizaciones de I+D+i que tienen intereses o injerencia directa en las aplicaciones de IA.

En el caso de la Defensa, todas las instituciones y el propio Ministerio de Defensa han demostrado interés en incorporar los sistemas asistidos por IA en sus capacidades, lo que incluye por cierto a las llamadas Industrias Estratégicas de la Defensa (FAMAE, ASMAR y ENAER), junto con sus respectivas empresas filiales (S2T, SISDEF y DTS). Lo mismo sucede con las organizaciones bajo el alero del Ministerio de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación (ANID y CENIA, entre otros), a los que agregan otros ministerios con centros de investigación afines. En el caso de la industria, se encuentran todas las industrias y empresas nacionales vinculadas a la Defensa.

IMAGEN N° 20



*Representación del Macrosistema de las Aplicaciones en Inteligencia Artificial, la complementación de la triada Defensa-Industria-Academia y los diferentes actores a nivel nacional, que pueden integrar sus esfuerzos para alcanzar logros en I+D+i en Sistema de IA. (Crédito: Creación propia del autor).*

Dentro del este Macrosistema, la triada Defensa-Industria-Academia pueden hacer investigación y aplicación de los procesos asociados a la Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial bajo el marco y el respaldo de las Políticas Nacionales atinentes, generando aplicaciones que permitirán asegurar la superioridad operacional y disponibilidad de capacidades estratégicas requeridas para el caso de la Defensa, ventajas competitivas para la producción y comercialización de los productos y servicios en el caso de la Industria, y la asignación de recursos más permanentes y variados para el desarrollo de infraestructura y disponibilidad de profesionales capacitados para la investigación en el área de IA, para el caso de la Academia.

Este modelo no está acotado y está sujeto al aporte de ideas y a la incorporación de aplicaciones de IA que se crean necesarias, con múltiples instancias y oportunidades de establecer convenios e intercambio de conocimientos y experiencias.

## V. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es analizar y difundir los antecedentes de los sistemas de IA en desarrollo o en uso en el ámbito de la Defensa, así como sus desafíos y aplicaciones principales. Se busca proporcionar información actualizada a las empresas especializadas y a los centros de investigación y desarrollo tanto públicos como privados del país. El objetivo es buscar soluciones conjuntas a las dificultades de integración entre Defensa, Industria y Academia en el ámbito de la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), especialmente en Ciencia de Datos y en el campo de la Inteligencia Artificial (IA).

En este sentido, se han analizado en detalle las aplicaciones más relevantes de IA en el ámbito de la Defensa, con el fin de comprender su importancia en las operaciones militares, las amenazas que plantean y las ventajas comunes que se pueden obtener de ellas.

La pregunta subyacente sigue siendo relevante: ¿Pueden las instituciones de Defensa, al igual que las empresas, enfrentar con éxito los desafíos que plantea la IA utilizando únicamente sus propios recursos de investigación e innovación? La respuesta es clara: se necesita una integración entre las necesidades de Defensa, la Industria y las soluciones que pueden generarse desde la Academia a nivel nacional.

La importancia de esta integración es tal que cualquier esfuerzo, por pequeño que sea, puede generar grandes y positivos resultados para todos los involucrados. Como se mencionó, no se trata solo de avances tecnológicos tradicionales aplicables a plataformas y sistemas de armas, o de productos en el caso de las empresas, sino que también hay desafíos cada vez más relevantes relacionados con la toma de decisiones y el análisis de datos, tanto en el ámbito civil como en el militar.

Hoy en día, todos los procesos exigen agilidad en el manejo de grandes volúmenes de información, con plazos cada vez más ajustados, y la búsqueda de respuestas y soluciones técnicas se encuentra en las tecnologías y algoritmos asociados con la Inteligencia Artificial. La solución para superar las limitaciones en asignación de recursos financieros, la falta de capacitación y la infraestructura para el desarrollo de la IA solo puede lograrse mediante una integración decidida de la triada Defensa, Industria y Academia. Esto se puede lograr a través de un modelo de Macrosistema de Aplicaciones de Inteligencia Artificial, donde se aprovechen las capacidades de todas las organizaciones con intereses y capacidades en el área, sin importar cuán pequeña pueda parecer su contribución.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Darpa (Defense Advanced Research Projects Agency). AlphaDogfight Trials Foreshadow Future of Human-Machine Symbiosis. [En línea]. Outreach@Darpa, fechado el 26 de Agosto de 2020. [Fecha de consulta: 28 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://www.darpa.mil/news-events/2020-08-26>>.
- Decreto N° 4 del 04 de diciembre de 2020. Política de Defensa Nacional, Edición 2020. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2020. disponible en: <<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1160368>>.
- Decreto N° 20 del 20 de septiembre de 2021. Política Nacional de Inteligencia Artificial, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021. Disponible en: <<https://www.min-ciencia.gob.cl>>.
- FORREST E., Morgan. "et al". Military Applications of Artificial Intelligence. RAND Corporation, Santa Mónica, California, 2000. 201p.
- GARAMONE, Jim. DOD Updates Autonomy in Weapons Systems Directive. [En línea]. DOD News, 25 de enero de 2023. [Fecha de consulta: 02 de julio de 2023]. Disponible en: <<https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3278065/dod-updates-autonomy-in-weapons-system-directive>>.
- GROCH, Sherryn. What is Israel's Iron Dome? [En línea]. The Age, 19 de mayo de 2021. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://theage.com.au/world/middle-east/what-is-israel-s-iron-dome-20210518-p57t2g.html>>.
- JONES-BONBREST, Nancy. Bring your most innovative ideas, the Army is listening. [En línea]. U.S.Army, 29 de julio de 2019. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://www.army.mil/article/225079>>.
- King's College London. Artificial Intelligence (AI), the Future and Air and Space Power. What Should Artificial Intelligence do for Air and Space Power in the UK? [En línea]. King's College London, 28 de septiembre de 2021. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://www.kcl.ac.uk/artificial-intelligence-ai-the-future-and-air-and-space-power>>.
- PARR, Martin. An Introduction to Automation and Artificial Intelligence. Freeman Air & Space Institute, King's College London. Londres, julio 2019. 12p.
- SRIVASTAVA, Smriti. Computer Vision Solving Real-World Problems with Digital Visuals. [En línea]. Analytics Insight, 17 de abril de 2019. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://www.analyticsinsight.net>>
- U.S., Department of Defense. Summary of the Joint All-Domain Command & Control (JADC2) Strategy. [En línea]. Department of Defense, Washington DC, 2022. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <<https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.PDF>>.