



MATERIA: TALLER DE TRABAJO FINAL INTEGRADOR
TRABAJO FINAL INTEGRADOR

TEMA:

Desarrollo de Sistemas Aéreos no Tripulados para su empleo en el nivel
operacional

TÍTULO:

**Modelo de desarrollo de Sistemas Aéreos no Tripulados de las FFAA con
capacidades eficaces para su aplicación en el nivel operacional**

Autor: Mayor (FAA) DARÍO FERNANDO MATORRA BARRANCO

Tutor: Brigadier Mayor (R) ALEJANDRO ANÍBAL MORESI

Año 2023

RESUMEN

Los Sistemas Aéreos no Tripulados (SANT) se han convertido en un elemento clave de la guerra moderna que permite a las Fuerzas Armadas obtener ventajas para superar los obstáculos que plantean las operaciones multidominio; reconociendo y abordando los desafíos asociados con la integración y coordinación de los elementos del ambiente operacional (terrestre, marítimo, aeroespacial y cibernético), exigiendo a su vez un análisis riguroso de los proyectos de investigación y desarrollo de estos sistemas para lograr dichas ventajas.

El objetivo es lograr sistemas no tripulados que puedan sobrevivir y superar los obstáculos que impone el ambiente hostil de las operaciones multidominio, maximizando la relación costo/beneficio y limitando los riesgos, alcanzando ventajas sobre el adversario.

La variedad de tareas que realizan estos sistemas, potencia las capacidades del nivel operacional, aportando información para la toma de decisiones. Cuando estos aspectos son visualizados en el nivel estratégico militar, se cuantifican los esfuerzos en la investigación y desarrollo de tecnologías de sistemas no tripulados.

El modelo de desarrollo de SANT es donde se debieran cristalizar los conceptos formando un patrón, en el cual posteriormente se van a volcar los requerimientos operativos del nivel táctico, logrando una correcta integración del nivel operacional con un diseño eficaz para el instrumento militar.

A través del modelo de desarrollo se guiarán el concepto, diseño, certificación, producción y procedimientos estandarizados para su operación en los diferentes niveles, para satisfacer los requerimientos operativos.

Para su concepción deben considerarse factores como el ambiente operacional, el estado del arte tecnológico local e internacional, las políticas estatales y su articulación con la estrategia militar.

PALABRAS CLAVE

Sistema Aéreo - No tripulado - Desarrollo - Tecnología – Operacional – Autónomo

ÍNDICE

RESUMEN	I
PALABRAS CLAVE	I
ÍNDICE	II
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LOS SANT	5
ESTADOS UNIDOS. TENDENCIA DE SANT EN LA ÚLTIMA DÉCADA	5
TURQUÍA. TECNOLOGÍA SANT.....	9
SANT EN TURQUÍA. SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN.....	12
CAPÍTULO II: CAPACIDADES SANT EN EL NIVEL OPERACIONAL	15
CAPACIDAD DE VIGILANCIA Y RECONOCIMIENTO DEL C4ISR.....	16
ADQUISICIÓN DE BLANCOS DEL C4ISTAR.....	18
CAPACIDAD DE LOGRAR EFECTOS SOBRE EL ENEMIGO	19
CAPÍTULO III: MODELOS DE DISEÑO DE SANT.....	21
ACERCA DEL DISEÑO DE SANT	21
INGENIERIA INVERSA. SU APORTE	22
TURQUÍA Y SU MODELO DE DESARROLLO.....	23
ARGENTINA. ECOSISTEMA TECNOLÓGICO PARA DESARROLLO DE SANT.....	25
CONCLUSIONES	29
GLOSARIO	32
ANEXO 1.....	34
Figura 1. Bayraktar TB2.....	34
Figura 2. Países interesados en SANT Bayraktar TB2	35
Figura 3. Exportaciones de armas turcas, 2000-2021	36
Figura 4. Importaciones de armas como porcentaje del gasto militar turco	36
Figura 5. Aspectos del poder nacional cuando surgen conflictos armados.....	37
Figura 6. Swarming en ambientes permisivos	37
Figura 7. Swarming en ambientes A2AD	38
Figura 8. Libertad de diseño frente vs. conocimiento del producto	38
Figura 9. Proceso de diseño de producto	39
Figura 10. Proyecto de Presupuesto Función Ciencia y Técnica 2022.....	39
BIBLIOGRAFÍA	40

INTRODUCCIÓN

La tecnología de medios no tripulados es un elemento disruptivo en la guerra moderna que posee el rasgo de ser un multiplicador de capacidades para las Fuerzas Armadas (FF. AA.), aportando a obtener la iniciativa en la competencia, en el conflicto actual y futuro. Los países que lideran esta tecnología desde el siglo pasado (Estados Unidos, China, Israel), tienen una política de estado que reúne esfuerzos del ámbito público y privado; inclusive, avanza junto a otras tecnologías como la espacial e inteligencia artificial de una manera coordinada y sinérgica.

El Sistema Aéreo No Tripulado es el tema de este trabajo, que a diferencia de sus homónimos de las otras dimensiones de la guerra (terrestre y marítimo), se circunscribe con algunas de las principalmente particularidades del poder aéreo, como la acción inmediata, alcance, movilidad, velocidad, versatilidad y flexibilidad; aportando fortalezas y reduciendo vulnerabilidades del instrumento militar.

Las capacidades de los SANT que disponen las FF. AA. argentinas podrían no representar las inicialmente concebidas en sus requerimientos, también podrían señalar problemas en la fase de diseño inicial, en la implementación del mismo para su desarrollo o una falta de relación entre lo requerido y el sistema/ecosistema tecnológico en el que se implementa; teniendo en cuenta que desde aproximadamente el año 2010 surgieron proyectos para su desarrollo y aún no se alcanza una adecuada capacidad en relación con las necesidades del arte operacional alcanzado en la región donde países como Brasil , Chile y Colombia entre otros ya poseen capacidades compatibles con SANT tipo MALE (para tipos de operación de media altitud y largo alcance), debido a adquisiciones desde el año 2011 en el caso de Chile (InfoDefensa.com, 2023).

Focalizando en las características de carga útil, alcance y autonomía, seguridad, fiabilidad, interoperabilidad, mantenimiento y capacidad de operación autónoma de los SANT que disponen las FFAA argentinas, se deben analizar deficiencias en los requerimientos, diseños y producción para las necesidades del nivel operacional.

En la Argentina existen desafíos a superar, barreras que afectan las tomas de decisiones en la fase de diseño para alcanzar un SANT con capacidades operativas eficaces, permitiendo al finalizar el proceso, iniciar la etapa productiva según normas, estándares y regulaciones para el diseño, producción y operación.

China e Israel tuvieron un avance continuo desde la década del 60' (Hwang, 2020) y 70' (SANDERS, 2002/2003) respectivamente, siguiendo el rumbo que marcaba Estados Unidos desde la década del '50 (AUSTIN, 2010, p. 306) y aunque en determinados segmentos existen

ventajas para uno y otro, hasta el año 2010 los dos primeros disputaron los mismos avances en esta tecnología, Estados Unidos siempre mantuvo la vanguardia.

A partir del 2010 hubo avances en los diseños y producción de SANT debido principalmente a la mayor cantidad de requerimientos del ámbito civil, conduciendo a la miniaturización de los componentes electrónicos, reducción de costos de producción y mayor confiabilidad de sus subsistemas; incrementando a su vez las capacidades en tareas militares, permitiendo una mayor interoperabilidad de los modelos ya existentes y ampliando su producción (AUSTIN, 2010, pág. 315).

A partir del 2015 las exportaciones de SANT's militares y especialmente los civiles se incrementaron, comercializados principalmente por China (Michael S. Chase, 2015, p. 6), generando una mayor atención de los estados con ambientes tecnológicos emergentes, buscando segmentos y sectores de producción para volcar recursos en investigación y desarrollo.

El avance en esta última década en conceptos para la automatización, integrando el hardware y software tanto de los sistemas de control y estabilidad, comunicaciones y navegación, han dado surgimiento a un nuevo significado de autonomía, hasta el punto de evolucionar la definición de SANT: *“un vehículo que no es controlado por un humano pero que eventualmente puede ser remotamente controlado”*, de acuerdo con la nueva visión de EE. UU. (U.S. GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE, 2017, pág. 231).

Estos países, gravitando sobre la evolución de la tecnología satelital, han impulsado la industria de los SANT al punto tal que se empieza a formar una simbiosis entre lo satelital, lo no tripulado y lo autónomo, tanto en el ámbito civil con el concepto de internet de las cosas (Mario Marchese, 2019) como en el militar, especialmente con los SANT de largo alcance y de gran autonomía (Tyler, 2021).

Otros países intentaron marcar una agenda tecnológica incrementando sus presupuestos en Defensa, pero sin resultados ostensibles, entre esos países se encontraba Turquía pero a partir de los años 90' cambió su paradigma de Investigación y Desarrollo respecto a la industria de la Defensa, obteniendo algunos resultados a partir del 2005, pero siendo concretados a partir del 2012 con el Décimo Plan de Desarrollo 2014-2018 y desde ahí proyectándose como una novedosa y emergente industria de la defensa (DEMİR, Summer 2020).

La República Argentina, a pesar de que en la década del 80 tenía proyectos como el Quimar MQ-1 Chimango o el MQ-2 Biguá (FUERZA AÉREA ARGENTINA, s.f.), sin embargo, no ha tenido una evolución continua, teniendo inclusive un retroceso en los

resultados obtenidos de la investigación y desarrollo de SANT, tanto en el ámbito estatal, militar como el privado.

El informe del jefe de gabinete de ministros ante el Honorable Congreso de la Nación Argentina muestra el estado de avance de los SANT de las FFAA hasta septiembre de 2022, donde se puede visualizar la posición y el rumbo de Argentina en esta tecnología que coloca todo el esfuerzo presupuestario en SANT Clase 1 (tácticos de corto alcance sin capacidad satelital) y donde el modelo de desarrollo se encuentra en una etapa embrionaria apuntando a la interoperabilidad de los sistemas no tripulados; en este sentido, el Ministerio de Defensa establece lo siguiente: “El Ministerio de Defensa informa que actualmente se trabaja en un marco articulado orientado al desarrollo de sistemas no tripulados aéreos, marinos y terrestres” (Honorable Cámara de Diputados de la Nación, 2022, pág. 1389).

Se visualiza un vacío en el ambiente tecnológico del país, especialmente en lo que respecta a potenciar el concepto de operación autónoma de los SANT.

Teniendo en cuenta la evolución tecnológica y los factores del ambiente operacional, el estado del arte tecnológico local e internacional, las políticas estatales y su articulación con la estrategia militar, para avanzar en el modelo de diseño podemos plantear la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las opciones para el desarrollo de los Sistemas Aéreos no Tripulados que permita un salto tecnológico y avanzar a Sistemas con capacidades eficaces en el nivel operacional?

Para buscar respuestas a la pregunta se inicia con un análisis de la evolución de Estados Unidos en la última década permitirá inferir los diferentes enfoques que impulsaron el desarrollo de la tecnología de SANT a largo plazo, generando una visión de desarrollo.

A su vez, se va a hacer un recorrido del estado actual de la tecnología SANT en Turquía, que ha sorprendido a tecnólogos alrededor del mundo, y repasar el surgimiento y evolución de esta tecnología en la industria de la defensa turca.

Posteriormente y aunque no es el objetivo de este trabajo, es necesario definir las capacidades que convierten a un SANT en un elemento eficaz para el nivel operacional, que sean factibles de implementar.

Evaluar diferentes diseños podría revelar las características de un modelo que, como opciones para la investigación y desarrollo, permitan reflejar los factores que pueden ser

potenciados para la futura producción de un SANT, logrando una aplicación eficaz de capacidades en el nivel operacional.

De esta manera, podrían surgir algunas guías o propuestas que, mostrando las ventajas y desventajas de diferentes modelos de diseño, generaría un aporte para la investigación y desarrollo de esta importante tecnología para el poder aéreo.

En la búsqueda de elementos claves de los avances tecnológicos que se analizarán, no se contemplarán los elaborados antes del 2010, aunque pueden haber surgido innovaciones tecnológicas que nuestro país aún no ha incorporado completamente; con lo cual, para lograr un modelo de diseño que refleje un salto tecnológico se pondrá foco en la última década para dicho análisis.

El método aplicado en el trabajo, para poder cumplir los objetivos antes expuestos, será descriptivo - explicativo logrando extraer los elementos claves de la información de los diferentes documentos de Estados Unidos, Turquía y modelos teóricos de desarrollo para dar respuesta a la pregunta, esos elementos serán las variables del modelo de desarrollo que se vincularán a factores del medio tecnológico en Argentina.

El alcance de la investigación se limitará a las cuestiones tecnológicas que impactan en el desarrollo de SANT, sin considerar cuestionamientos legales respecto al concepto de empleo y grado de autonomía en las operaciones.

CAPÍTULO I: EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LOS SANT

ESTADOS UNIDOS. TENDENCIA DE SANT EN LA ÚLTIMA DÉCADA

Estados Unidos es el país que mantiene la vanguardia del resto de las potencias militares en de cuestiones relacionadas con las tecnologías de uso militar, con lo cual se va a tomar como referencia para visualizar principalmente el trayecto recorrido en la última década, en sus documentos de referencia respecto a la visión del Departamento de Defensa de Estados Unidos y su Fuerza Aérea (USAF).

Con el fin de resumir dicha evolución, tras una investigación de diferentes documentos, se han podido seleccionar los siguientes, como los más significativos:

1. 2009: USAF Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047.
2. 2014: USAF RPA Vector Vision and Enabling Concepts 2013-2038.
3. 2016: Small UAS Flight Plan 2016 to 2036.
4. 2017: Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2017-2042.
5. 2019: Autonomous Horizons. The Way Forward. Scientist of the United States Air Force.
6. 2023: DOD Directive 3000.09 Autonomy in Weapon Systems.
7. 2023: National Defense Science and Technology Strategy.

En el año 2009, el documento “United States Air Force Unmanned Aircraft Sistemas Flight Plan 2009-2047”, le proporcionó a la USAF una guía más elaborada en cuanto al rápido avance tecnológico y definición de conceptos para apoyar el esfuerzo a través de un mayor presupuesto.

Mostraba el concepto de empleo del RPA (Aeronave pilotada remotamente) sin denotar específicamente el lugar del eslabón humano dentro del ciclo OODA (ciclo de toma de decisión Orientar, Observar, Decidir y Actuar) pero si remarcaba la aceleración de este ciclo al punto tal que solamente con computadoras y sistemas automatizados para la vigilancia y detección de la vasta cantidad de datos se logra un aceptable ciclo OODA en el espacio de batalla. En su catalogación engloba todos los SANT con una clasificación de acuerdo con su tamaño del cual derivan sus capacidades asociadas: Nano-micro, Pequeños, Medianos (Fighter size), Grandes (HALE: Gran altura y autonomía, Low Observable: furtivos, Hipersónicos) (USAF, 2009, pág. 25)

Luego en el 2014 con el “RPA Vector: Vision and Enabling Concepts 2013–2038” (USAF, 2014) y en el año 2016 con el “SUAS Flight Plan 2016-2036” (USAF, 2016), permite obtener una visión detallada de las capacidades de los SANT, derivadas de tecnologías de uso

dual y con una marcada tendencia a la miniaturización de los componentes para plataformas y principalmente sensores en el ámbito militar y civil. Vale remarcar que estos dos últimos documentos reemplazarían al documento del año 2009, lo que demostraba un cambio de apreciación de las capacidades y sus proyecciones. Ponen énfasis en el concepto de sistema de sistemas.

La resolución de la conjunción de estas visiones para la proyección de los SANT y sus capacidades, lo hacen el Sistema de Armas con mayor potencial para las necesidades del Espacio de Batalla, este potencial es demostrado a través de los atributos reflejados de los SANT (USAF, 2014, pág. 30).

El documento del año 2016 orienta el eslabón humano en el ciclo de planeamiento y realiza una importante clasificación de los SUAS (pequeños sistemas no tripulados), poniendo énfasis que la evolución de las plataformas no tripuladas iba a continuar reduciéndose debido al avance de la miniaturización de los componentes de alta tecnología (USAF, 2016, pág. 15).

Por otro lado, es importante remarcar su concepción del modo de integrar los equipos de sistemas tripulados y no tripulados (Manned – Unmanned Teaming MUM-T) en entornos de estrategias de AntiAcceso y Restricción de Área (Anti-Access / Area Denial - A2AD):

“Un objetivo esencial de la Fuerza Aérea es continuar el desarrollo de conceptos operativos conjuntos MUM-T para proporcionar opciones flexibles para mejorar las competencias básicas de ISR en entornos A2AD, requisitos contra UAS (SANT) y protección de la fuerza de activos clave. La integración de sistemas tripulados - no tripulados más pequeños y ágiles con las capacidades existentes permitirá a la Fuerza Aérea y otros servicios responder rápidamente para disuadir y derrotar la agresión. MUM-T proporciona algunas de las siguientes capacidades clave:

- *Derrotar los sistemas integrados de defensa aérea (IADS) desde mayores distancias de enfrentamiento a tasas de desgaste aceptables.*
- *Ampliar la capacidad de ataque de precisión masiva.*
- *Permitir el movimiento y la maniobra para proyectar efectos estratégicos.*
- *Establecer y mantener las líneas de comunicación aseguradas mientras se expande el control electromagnético.*
- *Proteger lugares austeros con implicaciones operativas y estratégicas.*
- *Proporcionar vigilancia persistente para detectar y neutralizar amenazas y peligros dentro de entornos altamente disputados (Highly Contested Environments - HCE)”*

(Small Unmanned Aircraft Systems -SUAS- Flight Plan: 2016-2036, 2016, pág. 17, traducción del autor).

En este nuevo plan también se puede observar cómo evolucionaron las características claves atribuidas a los SANT en comparación a los conceptos del documento anterior, para lo cual se sintetizan en el siguiente cuadro comparativo:

2014: USAF RPA Vector Vision and Enabling Concepts 2013-2038	2016: Small UAS Flight Plan 2016 to 2036
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sincronización de la información. ➤ Supervivencia. ➤ Comando, Control y Comunicaciones. ➤ Interoperabilidad. ➤ Tecnología de los Sensores. ➤ Modularidad multi-misión. ➤ Reconocimiento operacional. ➤ Meteorología adversa. ➤ Ambiente Operacional. ➤ Armamento. ➤ Gran altitud y elevada autonomía. ➤ Energía alternativa y motores eficientes. ➤ Automatización. ➤ Integración aeroespacial. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajo costo. ➤ Combinación de Interoperabilidad y Modularidad (Hardware/Software). ➤ Sistema y espectro de comunicaciones. ➤ Seguridad. ➤ Encriptación de Datos. ➤ Persistencia. ➤ Autonomía y comportamiento cognitivo. ➤ PNT (Position-navigation-timing): Posición, Navegación y precisión temporal. ➤ Carga útil. ➤ Interfaz Hombre-Máquina (Human Machine Interface-HMI). ➤ Relación Peso - Tamaño - Poder - Enfriamiento. ➤ Relación Velocidad - Alcance - Persistencia. ➤ Sistemas de poder y propulsión. ➤ Nuevos materiales estructurales. ➤ Conectividad.

El documento “Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2017-2042”, integra y concentra a la tecnología no tripulada con los nuevos conceptos de “Aprendizaje Automático (Machine Learning)” e “Inteligencia Artificial”, aprovecha versiones anteriores de documentos y orientaciones estratégicas producidas por departamentos y agencias militares individuales y se centra en los temas y desafíos comunes que cada fuerza enfrenta al buscar

una mayor expansión de las capacidades militares con tecnología de sistemas no tripulados (Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2017-2042, 2017).

A su vez, conceptualiza todos los elementos aéreos, terrestres y navales de Estados Unidos respecto a lo no tripulado, mejorando la colaboración/cooperación, estandarizando y principalmente generando una directiva superadora:

“El progreso en las tecnologías de sistemas no tripulados ha puesto de relieve la necesidad de pasar del enfoque de dominios específicos a uno independiente del dominio. Los avances en cualquier ámbito son beneficiosos en todos los ámbitos. Las operaciones futuras dependerán en gran medida de capacidades multidominio que deben interactuar e integrarse perfectamente en una estructura de Fuerza Conjunta”. (Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2017-2042, 2017, pág. V)

Lo antes citado, es desarrollado de una manera sintetizadora utilizando “Temas y Facilitadores” elaborando un mapeo integrador del camino que debe ser recorrido por instituciones y empresas de ese país, haciendo hincapié en la investigación y desarrollo (Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2017-2042, 2017, pág. 4), estos Temas y Facilitadores son los siguientes:

- ❖ Interoperabilidad:
 - Arquitecturas comunes y abiertas.
 - Modularidad e intercambio de partes.
 - Cumplimiento/Chequeo, Evaluación, Verificación y Validación.
 - Estrategia de datos.
 - Derecho en los datos.
- ❖ Autonomía:
 - Inteligencia artificial y aprendizaje automático.
 - Incrementar eficiencia y efectividad.
 - Confianza.
 - Armamento.
- ❖ Seguridad en redes:
 - Operaciones cibernéticas.
 - Garantía de la información.
 - Guerra electrónica y campo electromagnético.
- ❖ Colaboración Hombre-Máquina:
 - Interfaz Hombre-Máquina.
 - Equipo Hombre-Máquina.

La operación que ha surgido debido a los avances antes mencionados es el de enjambre (Swarm), siendo una de sus posibilidades que el equipo hombre-maquina se pueda conformar un equipo de 1 - a - N (1 - to - N), de manera que el humano no sea el responsable del desconflicto de los agentes no tripulados, a modo de ejemplo; pero también con la posibilidad de enjambres completamente autónomos.

Esta visión es establecida, a través de un presupuesto acorde es acompañado por el poder político, confirmándolo a través de la nueva definición que es establecida de los SANT por el Congreso de los Estados Unidos de América, cambiando la definición de SANT (U.S. GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE, 2017, pág. 231), antes del 2017 la definición era: *“Un sistema aéreo remotamente tripulado que puede tener fases de vuelo autónomo”*.

Posterior a dicho documento, Estados Unidos definió los SANT como:

“Un vehículo que no es controlado por un humano pero que eventualmente puede ser remotamente controlado”.

Esta tendencia de vinculación de los conceptos de no tripulado con lo autónomo se va a seguir conformando, pero este documento permite avanzar en el sentido de que dicha vinculación logre impulso para ampliar el concepto de empleo de enjambre.

Es así que los documentos referidos al avance de los sistemas autónomos, llamado “Horizontes autónomos: Autonomía en la Fuerza Aérea – Una senda hacia el futuro (Autonomous Horizons: Autonomy in the Air Force – A Path to the Future)” y habiendo tenido un primer volumen titulado Volume 1: Human Autonomy Teaming (cuyos conceptos fueron incorporados al “Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2017-2042”), surge el segundo volumen que incorpora muchos nuevos conceptos que sintetizan el nuevo camino que está recorriendo la USAF (Greg L. Zacharias, 2019).

Ahora bien, el camino que está recorriendo la USAF es paralelo y tangencial a las otras fuerzas y agencias con puntos en común, con esfuerzos guiados a través de documentos del nivel estratégico, siendo los representativos en este aspecto:

- En referencia al diseño y su aplicación: “DOD - Directive 3000.09 Autonomy in Weapon Systems” (Office of the Under Secretary of Defense for Policy, 2023).
- En referencia a la investigación y desarrollo: “National Defense Science & Technology Strategy 2023” (United States Department of Defense, 2023).

TURQUÍA. TECNOLOGÍA SANT

El primer medio aéreo no tripulado turco se produjo en 1992 fue el İHA-X1, al que siguió el primer avión no tripulado objetivo/blanco de producción nacional, el Pelikan-BAYKUŞ

(2003) y después siguieron los siguientes: MARTI (2004), GÖZCÜ (2007), ÖNCÜ (2006), ŞİMŞEK (2012), ANKA (desarrollado a partir de 2004, primer vuelo 2010 y entró en inventario en 2018), Mini IHA BAYRAKTAR (lanzado en 2006 entró en inventario en 2007), el BAYRAKTAR TB2 en producción desde el 2014; finalmente en el año 2021 el AKSUNGUR y el AKINCI, los de mayor capacidad y más avanzados (Özdemir, 2022, p. 1).

El ANKA-S y Mini IHA Bayraktar se consideran puntos de inflexión en el avance del programa de SANT y la industria de defensa de Turquía. Estos avances exitosos dieron lugar a más iniciativas. (Özdemir, 2022, pág. 2).

Desde 2004, la empresa estatal Turkish Aerospace Industries (TAI) trabajó en el desarrollo de un SANT de mediana altitud y gran autonomía (MALE), el ANKA, con una carga útil 250 kg, autonomía 24 horas, altitud máxima 30.000 pies, en diferentes versiones, incluida una con control satelital (ANKA-S) que aumenta su alcance a 1.000 km, y el AKSUNGUR con una carga útil 750 kg, autonomía 12 horas y altitud máxima 40.000 pies (Özdemir, 2022, p. 2).

En el sector privado se destaca la empresa Bayrak Makina (la más representativa del sector privado), la cual fabricó del BAYRAKTAR TB2 con una carga útil de 150 kg, autonomía de 27 horas y altitud máxima 24.000 pies; a su vez esta empresa terminó el desarrollo del AKINCI, con una carga útil 1.350 kg, autonomía de 24 horas y altitud máxima de 40.000 pies (Zanotti & Thomas, 2022, p. 63).

Tanto los SANT de TAI como de Bayrak Makina, están armados con munición inteligente fabricada por las empresas estatales ROKETSAN y ASELSAN (Kasapoglu, 2022, p. 6).

Turquía ha utilizado sus SANT en varias operaciones en el norte de Irak (han tenido lugar en diferentes periodos desde 2019 hasta la actualidad con la Operación Claw-Lock contra el -Trabajadores del Kurdistán-, una organización terrorista) y en otras, como la Operación Rama de Olivo (contra el PKK al norte de Siria en 2018), Operación Primavera de Paz (contra el Ejército Árabe Sirio en 2019) y Operación Escudo Primavera (Spring Shield - 2020) (Özdemir, 2022, p. 5).

Entre ellas, se considera que la Operación Spring Shield, que fue una operación militar transfronteriza realizada por las Fuerzas Armadas de Turquía (TSK) contra las Fuerzas Armadas de Siria y las milicias aliadas, en el noroeste de Siria, es la operación en la que se demostró por primera vez la capacidad total de los SANT de fabricación turca (Özdemir, 2022, p. 6).

En el más reciente conflicto de Nagorno-Karabaj (27 de septiembre a 10 de noviembre de 2020), Azerbaiyán ha empleado con gran éxito los SANT Bayraktar TB2 contra las fuerzas de Armenia (Özdemir, 2022, p. 6).

Ucrania compró TB2 y durante los primeros meses de la guerra, tras la invasión rusa, logró imponer grandes bajas y si bien es posible que los SANT turcos de Ucrania no puedan defenderse en última instancia de un ataque ruso prolongado, el hecho de que hayan infligido grandes daños a los convoyes invasores ha sorprendido a los analistas militares. (Tavsan, 2022).

Como ya se mencionó, el despliegue del TB2 ha sido un factor importante que ha influido en los conflictos desde Siria y Libia, hasta Azerbaiyán y Ucrania, empujando a Baykar al centro de atención mundial y transformándolo en un importante fabricante y exportador. *“Probado en batalla, se vende a 24 países, incluido Polonia, miembro de la OTAN, mientras que la compañía firmó acuerdos con cinco países para las exportaciones de su hermano mucho mayor, Akinci”*. (Sezer, 2022).

En el informe de especialistas al Congreso de Estados Unidos, remarcan que *“la creciente popularidad mundial del Bayraktar TB2 en particular ha llevado a una figura de la industria armamentista occidental a llamarlo el “Kalashnikov [rifle] del siglo XXI” y también explicó que el atractivo del TB2 es “lograr un equilibrio favorable entre precio y capacidad, siendo más asequible y accesible en comparación con los drones estadounidenses y al mismo tiempo mucho más confiable y efectivo que los modelos chinos”* (Zanotti & Thomas, 2022, pág. 62).

Se analiza que la integración con otras plataformas de los SANT turcos con funciones de ataque y reconocimiento se ha convertido en una innovación táctica influyente. Ha proporcionado un modelo para las potencias regionales que buscan compensar las disparidades con potencias que poseen plataformas más tradicionales como aviones de combate, misiles, sistemas de defensa aérea y vehículos blindados en mayor cantidad.

El informe mencionado, también representa dos importantes gráficos, uno mostrando y confirmando las capacidades probadas en combate del BAYRAKTAR TB2 en la figura 1 del Anexo 1 (Zanotti & Thomas, 2022, pág. 63), y otro con el mapa de los países que poseen, los que los han comprado y los que buscan comprarlos, los cuales se muestran en la figura 2 del Anexo 1 (Zanotti & Thomas, 2022, pág. 64).

Según Selçuk Bayraktar¹, como dueño de la empresa BAYKAR, ya en el año 2019 la compañía estaba ampliando su enfoque a las tecnologías espaciales para complementar su sistema de vehículos no tripulados. *"Ahora estamos invirtiendo en tecnologías espaciales... No en segmentos bien establecidos, sino en nuevas áreas donde se pueden aportar nuevas soluciones innovadoras"*, dijo Bayraktar (Farooq, 2019).

BAYKAR también está invirtiendo en algunas empresas de su cadena de suministro en expansión, *"Invertimos en empresas que aportan elementos de valor añadido a nuestros sistemas... en el campo de las comunicaciones, la óptica y la arquitectura de redes"*. (Farooq, 2019).

El avance demostrado por la industria turca en la última década propone iniciar una búsqueda para averiguar cómo logró concentrar esfuerzos y concretar estos resultados, con una aparente rapidez.

SANT EN TURQUÍA. SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

Inicialmente incapaz de fabricar sus propios SANT, Turquía buscó una solución adquiriendo drones en el extranjero. Comenzando con el avión teledirigido británico BTT-3 Banshee (producido por Meggit) en 1989, posteriormente añadiendo a su inventario militar varios vehículos aéreos no tripulados, incluido el Canadair CL89 (producido conjuntamente por Canadá, Gran Bretaña y Alemania Occidental), el GNAT 750 de General Atomics y el I-GNAT ER de Estados Unidos y el HERON de Israel. En 2008, Turquía solicitó comprar drones fabricados en Estados Unidos, incluidos el MQ-1 Predator y el MQ-9 Reaper, para combatir la amenaza planteada por el PKK. Esa solicitud no fue aceptada por el Congreso de ese país (Özdemir, 2022, pág. 1).

Posteriormente, en 2014, Turquía solicitó una versión sin armamento, pero tampoco se llegó a ningún acuerdo al respecto. Es importante destacar el hecho de que las conversaciones con Estados Unidos duraron aproximadamente 8 años y tuvieron un impacto directo en la lucha de Turquía contra el PKK, que representa una gran amenaza para la seguridad de Turquía (Özdemir, 2022, pág. 1).

¹ En 2007, Selçuk Bayraktar abandonó sus estudios de doctorado en Estados Unidos, en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y volvió a Turquía a trabajar en los SANT a tiempo completo, su familia era propietaria de una empresa llamada Bayraktar Makina, que su padre, ingeniero, fundó en 1984 para producir componentes de automóviles como parte del esfuerzo de Turquía por fabricar automóviles en el país. En la década de 2000, la empresa había comenzado a centrarse en vehículos aéreos no tripulados.

Como resultado, Turquía se vio obligada a adoptar una política exterior autónoma centrada en sus intereses nacionales. Esto se reflejó en varios casos cuando Turquía comenzó a diversificar sus relaciones económicas, políticas y militares.

Las decisiones adoptadas en esa década, podrían sugerir una decisión basada exclusivamente en el contexto y una actitud reactiva a las necesidades de la defensa, sin embargo, su explicación se puede entrever con un análisis más acabado de sus programas y planes iniciados en el año 1960, los cuales a pesar a diferentes dificultades políticas y económicas (el más reciente, el intento de golpe de estado al gobierno del Presidente Recep Tayyip Erdoğan en el año 2016 como los niveles de inflación de 1977, 1993 y 2021) se llevaron adelante, remarcando un avance en la defensa y más precisamente en la investigación y desarrollo para la adquisición y mejora de capacidades existentes y su relación de importación – exportación, reflejados en la figura 3 del Anexo 1 (Zanotti & Thomas, 2022, pág. 61).

Los programas y planes iniciados en el año 1960, siguiendo la evolución de la industria de defensa turca a través de varios periodos previos de desarrollo, siendo puntos de inflexión cruciales la crisis de Chipre de 1974 y el establecimiento de Oficina de Desarrollo de la industria de defensa y Administración del Soporte (SAGEB) en 1985, lo cual se puede evidenciar en el gráfico de la figura 4 del Anexo 1 (Zanotti & Thomas, 2022, pág. 60).

El SAGEB inicialmente dependía del Ministerio de Defensa Turco pero fue reestructurada como Subsecretaría de la Industria de Defensa (SSM) en 1989, bajo la ley nro. 3238, pasando a depender directamente del presidente (DEMİR, Summer 2020 , pág. 18).

Esa ley es un punto crítico en términos de introducir un sistema con una nueva comprensión de la industria de la defensa, así como un funcionamiento extremadamente flexible y rápido, el objetivo es aprovechar al máximo y beneficiarse de la infraestructura de la industria nacional en forma directa y fomentar nuevas tecnologías avanzadas a través de inversiones, fomentando el capital extranjero, contribuciones, promover la investigación y actividades de desarrollo para producir todas las armas, vehículos y suministros necesarios, tanto como sea posible, en Turquía (DEMİR, Summer 2020 , pág. 26).

Desde principios de la década de 2000, la industria de la defensa turca pasó de un modelo de adquisiciones dependiente en gran medida de las importaciones extranjeras a un modelo mucho más autosuficiente con una sólida base de investigación y desarrollo y un número creciente de exportaciones.

Siendo un país perteneciente a la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), tuvo embargos de armamento después de la invasión de Chipre (1974) lo cual ralentizó la adquisición de tecnología.

Lo anterior lleva a dilucidar que su capacidad de investigación y desarrollo estaba apoyada inicialmente en la adquisición de tecnología de países altamente desarrollados de la OTAN, para posteriormente asimilarla a su capacidad industrial en proceso de diseño para sus diferentes proyectos, siempre bajo la dirección de planes quinquenales.

Resumiendo los factores causales de la evolución de la industria de la defensa turca, se puede decir que los planes quinquenales desde 1960 fueron una base para lograr el desarrollo de la infraestructura, a su vez, la creación de una oficina que centraliza los esfuerzos de investigación y desarrollo, público y privado, creada por ley y con un nivel superior al ministerio de defensa, dependiendo del más alto nivel estratégico; una estrategia que les permitió sortear los embargos, para lograr las importaciones necesarias para la adquisición del material militar de alta tecnología, la capitalización de esas adquisiciones para fortalecer sus producciones locales, proceso que fue acelerado a partir del año 2000.

Esos factores le permitieron a Turquía, puntualizando en la tecnología SANT en las compañías estatales y privadas (Turkish Aerospace Industries, Bayrak Makina como las más importantes) lograr un modelo avanzado de diseño y desarrollo tecnológico, que innova y exporta productos buscados por países con ecosistemas tecnológicos emergentes.

CAPÍTULO II: CAPACIDADES SANT EN EL NIVEL OPERACIONAL

El análisis de las capacidades que los SANT pueden aportar al nivel operacional se realizará respecto a la nueva doctrina experimental emitida por el Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas (EMCFFAA) para su difusión y enseñanza, lo que implica conceptos generales sobre la “Concepción estratégica de Restricción de Área y de Operaciones Multidominio”.

De acuerdo con la última actualización experimental del documento rector para la planificación conjunta, la Concepción Estratégica Militar de Restricción de Área: *“Se identifica y distingue por establecer esfuerzos estratégicos activos y reactivos que se concretan a través de una conjunción de capas que obran sistémicamente a modo de partes que conforman dichos esfuerzos y que buscan anticipar, prevenir, conjurar o repeler al agresor”* (EMCOFFAA, 2023, pág. 3).

Desde la perspectiva de la aceptabilidad de una operación militar, la restricción de área pretende generar una relación costo – beneficio que resulte favorable.

La “Restricción de Área”, desde la perspectiva de la Capa “Anticipar”, necesitará de una oportuna alerta como requisito para poder plantear la misma con profundidad estratégica, buscando que se le dificulte al agresor la ocupación de bases de despliegue adelantadas, obligándolo por ende a que deba operar desde una distancia mayor a lo planeado.

Como parte de la Capa “Prevenir”, la “Restricción de Área” intentará orientar su ingreso hacia zonas en las cuales nuestra concentración de medios e integración de efectos multidominio sean más efectivas. Para ello prevalecerá el conocimiento de la propia geografía, climatología y alcance efectivo de las armas letales y no letales.

A partir de allí, la “Restricción de Área” se circunscribirá principalmente a la Capa “Conjurar”, buscando limitar al agresor en su capacidad para combatir y principalmente en su aptitud para controlar el espacio que ocupa, pasando a denegarle áreas críticas de importancia estratégica y operacional. En esta etapa el objetivo será evitar la libertad de acción de la fuerza enemiga en el área bajo control propio, accionando en los distintos ámbitos físicos y no físicos a fin de negar al enemigo ventajas decisivas en el empleo de sus capacidades militares. (EMCOFFAA, 2023, págs. 4-5).

Con respecto a la doctrina actual se denotan capacidades que los SANT pueden aportar de manera relevante al nivel operacional para lograr la iniciativa y obtener la ventaja en el conflicto, de acuerdo con las posibilidades factibles en el mediano plazo, pero también

proyectando la aplicación de dichas capacidades en el mediano y largo plazo, con el fin prever un modelo acorde para el diseño y producción.

CAPACIDAD DE VIGILANCIA Y RECONOCIMIENTO DEL C4ISR

Antes de entrar en el concepto de lo que implica esta capacidad en su totalidad, se va a realizar un discernimiento de lo que implica cada parte, empezando por el comando y control como Sistema de Toma de Decisión, y teniendo en cuenta la evolución de este concepto en forma de poder entender lo que significa cada uno de los términos subsiguientes, vamos a tomar la descripción realizada por el Comodoro (R) VGM Miguel Ángel Silva:

“El concepto se refiere a la Conducción, al ejercicio del Mando, y al Control del cumplimiento de sus decisiones. Por eso por ejemplo en España se usa el término Mando y Control en lugar de Comando y Control.

Pocos años después, al tomarse conciencia de que para el correcto funcionamiento de ese C2 era necesario recurrir intensivamente a la transmisión de datos e información, y que por lo tanto era de suma importancia contar con redes de comunicaciones adecuadas, Estados Unidos primero, seguido después por el resto del mundo, le agregaron una tercera C al C2, la de Comunicaciones, y se comenzó a hablar de C3.

Como para la toma de decisiones era necesario contar con una muy buena Inteligencia, pronto se le agregó una I al acrónimo, resultando en C3I.

Cuando se produjo el auge de uso de las Computadoras para poder manejar toda la información y datos necesarios, los partidarios de ellas reclamaron su lugar en el acrónimo; y se empezó a hablar de C4, y a veces de C4I.

Finalmente, se tomó conciencia que para disponer de la inteligencia adecuada era esencial obtener información sobre los medios y elementos que se encontraban en el ambiente operacional, y que en particular era necesario obtener suficientes datos e información sobre las fuerzas enemigas, en procura de lograr repuestas al ¿qué?, ¿dónde? y ¿qué está pasando?

Esto le dio un gran impulso a los sensores y sus plataformas captoras, y a las actividades que estos desarrollaban, con lo que apareció la R de Reconocimiento, para detectarlos y localizarlos; y como también era necesario seguir su evolución, vigilar el comportamiento de esos medios y elementos, surgió la S de Surveillance (vigilancia).

Con lo que el Reconocimiento, y la Vigilancia (Surveillance), obtuvieron sus letras en el acrónimo, que pasó a ser C4ISR” (Silva, 2019, pág. 170).

El Sistema de Toma de Decisiones debe ser asegurado y protegido continuamente pero también debe asegurarse su sustancia esencial: la información, con un sistema de información para la correcta y oportuna toma de decisiones.

“Se inicia con los datos brindados por todo tipo de captosres y otras fuentes, continúa convirtiendo esos datos en información primero, y en conocimiento después, y finaliza con la presentación a todos los decisores, cualquiera sea su nivel, de una percepción clara y precisa, que les da un conocimiento dominante del espacio de batalla, con el cual poder tomar decisiones correctas y oportunas” (Silva, 2019, pág. 22).

Los elementos que intervienen en el accionar propio para asegurar la toma de decisiones y degradar las del enemigo para el cumplimiento del Objetivo Operacional en la Campaña, se pueden observar claramente de manera conceptual dentro del aspecto militar en el gráfico de la figura 5 del Anexo 1 (Silva, 2019, pág. 19).

Ahora bien, dentro del concepto de vigilancia, se han determinado dos formas de realizarlas: la primera con el concepto de Seguridad de Área (áreas determinadas propias para que no sean vulnerables y para asegurar el empleo de nuestros medios) y la segunda todo el resto del espacio geográfico de interés donde pudiese encontrarse medios del enemigo (principalmente frente de combate y sus corredores de aproximación).

La “constante vigilancia y control de los espacios” que requiere la Capa Anticipar del concepto estratégico, requiere de medios aéreos con una destacable relación Velocidad - Alcance - Persistencia y que, con sensores integrados a la red de vigilancia, alimenten continuamente al sistema de información.

La comparación con medios tripulados, a pesar de que se podrían disponer de reabastecimiento de combustible en vuelo, siempre va a estar presente el límite fisiológico de los tripulantes que posee una capacidad operativa inversamente proporcional a la fatiga, es decir a la cantidad de tiempo en vuelo; así también las tripulaciones en tierra cumplen un tiempo máximo de servicio que normalmente limitan la operación.

El “bajo costo” es otra característica que aporta una aptitud para incrementar en la capa anticipar, que debería lograrse con una mayor cantidad de medios dispersos, pero a la vez conectados a la red de sensores; con lo cual el bajo costo de los SANT respecto a plataformas tripuladas es otra ventaja muy marcada para ser aprovechada en el nivel operacional, esta característica es principalmente evidente en los tipos MALE y los SMALL, ya que en el caso de los SANT tipo HALE el costo puede ser alto en comparación a los anteriores debido principalmente a los sensores avanzados que disponen (DW Global Media Forum, 2013).

Con respecto a la posibilidad de utilizar los atributos de “Autonomía y comportamiento cognitivo” y la “Interfaz Hombre-Máquina (Human Machine Interface-HMI)” dentro del concepto de empleo de los SANT en enjambre (Swarming), incrementando esta capacidad con la captación desde diferentes posiciones y ángulos, lo que casi elimina las pantallas generadas de las elevaciones del terreno, arboledas y otros obstáculos.

ADQUISICIÓN DE BLANCOS DEL C4ISTAR

“El acrónimo C4ISR siguió evolucionando; y se le agregó TA por Target Acquisition (adquisición de blancos), convirtiéndose en C4ISTAR. También surgió el acrónimo RSTA, de Reconocimiento, (S)Vigilancia, y (TA)Adquisición de Blancos” (Silva, 2019, pág. 177).

Poseer SANT con la capacidad de localizar blancos con una localización georreferenciada de precisión, con un error de localización del blanco (TLE-Target Location Error) que sea medible para poder realizar una categorización del blanco y del armamento necesario para batirlo.

Dentro del concepto de adquisición de blancos, también se debe satisfacer el procedimiento de identificación de blanco para reducir el daño colateral y evitar fratricidios. Normalmente, el poder disponer de varios medios para mejorar la identificación y a su vez con una implementación de sinergia en la tecnología utilizada disminuir el TLE del blanco.

En este aspecto, el Swarming que se describe como un grupo de SANT autónomos en red que operan en colaboración para lograr objetivos comunes con un operador en el circuito, podrá emplear dos o más plataformas de sensores para realizar tareas de misión complejas, aprovechando ventajas como la capacidad de triangular blancos cuando se ven desde tres o más puntos de vista.

La red de enjambre permitirá al operador SANT en tierra o en vuelo, monitorear la salud y el estado del cada elemento o del sistema en su conjunto. Se podría implementar una red inalámbrica basada en el Protocolo de Internet (IP) u otro tipo de arquitectura de comunicación que conecte los SANT entre sí (USAF, 2016, pág. 43). La red es el componente clave que permite que el enjambre opere como una única unidad cohesiva al tiempo que permite asignaciones de tareas a plataformas individuales y el intercambio simultáneo de datos en tiempo real.

Otro aspecto que puede sumar aporte es el concepto de Sensor-Tirador (Sensor-Shooting en inglés), que permite que la información obtenida por el sensor de la plataforma captora pase directamente a la plataforma efectora (con capacidad de actuar sobre el enemigo),

haciendo que ésta pudiese llegar y atacar dentro de la ventana de tiempo del blanco, de manera de reducir el tiempo de reacción.

Todo lo expuesto en cuanto a la capacidad SANT en un sistema C4ISR y C4ISTAR, sería posible contemplando el atributo de interoperabilidad de todos los medios conectados a la red de sensores, ya que poseer elementos que no puedan ser interconectados solo contribuirá a tener medios estancos y cortar el flujo de información, indispensable para la toma de decisiones del Sistema de Comando y Control.

En lo descripto, se ha podido identificar como los atributos podrían aportar desde su función de captores del sistema de información en la capa de “anticipar” principalmente y en forma menos manifiesta en la capa “prevenir”.

CAPACIDAD DE LOGRAR EFECTOS SOBRE EL ENEMIGO

La capa “conjurar” exige que los medios controlen el espacio que ocupan, lo cual implica denegarle áreas críticas al enemigo, en especial aquellas necesarias para alcanzar los puntos críticos en función al Objetivo Operacional de la Campaña (EMCOFFAA, 2023, pág. 4).

Con el objetivo de quitar libertad de acción al enemigo, es necesario poder actuar en las mencionadas áreas, no solo poder localizar e identificar sus medios sino poder actuar sobre ellos.

El concepto de sensor-tirador es un elemento que permite pasar de la capa prevenir a la de conjurar, pero normalmente la persistencia (permanencia) le confiere aptitud para actuar en esta capa, con lo cual el poder combinar el medio sensor y tirador en una sola plataforma aérea será un potenciador de esta capacidad, generando un gran dinamismo en esta capa para la sustentar la operación multidominio.

En el atributo SANT proyectado de enjambre en red, permitiría lograr una conciencia situacional de su entorno al compartir tanto las entradas de datos de carga útil externa como la información de los sistemas internos de la aeronave. Esta conciencia situacional permite al enjambre procesar y asignar rápidamente solicitudes de carga útil de usuarios autorizados y detectar amenazas tanto internas (fallas en el sistema de la aeronave) como externas (enfrentamiento del enemigo) mediante el uso de algoritmos de misión programados e información de los sensores.

La red de conectividad y protocolo de información SANT también permite al enjambre para eliminar el conflicto y asignar al mejor equipado y operativo para cada tarea priorizada en función de la ubicación, los parámetros de la misión, las características de la carga útil y los efectos previstos. (USAF, 2016, pág. 43)

Este concepto expresado en la doctrina de la USAF en conceptos para operación en ambientes permisivos y en ambientes AntiAcceso y Restricción de Área (CONOPS in permissive and Anti-Access / Area Denial - A2AD environments), los cuales son representados en las figuras 6 y 7 del Anexo 1 respectivamente (USAF, 2016, pág. 44).

CAPÍTULO III: MODELOS DE DISEÑO DE SANT

ACERCA DEL DISEÑO DE SANT

Los sistemas complejos requieren un proceso de diseño multidisciplinario que incluye varias etapas que están relacionadas entre sí y, paralelamente, requieren la intervención de expertos para garantizar que el producto final sea exitoso.

En la industria aeronáutica existen nuevos desafíos, especialmente debido al rápido avance de la tecnología, que exigen un Proceso de Desarrollo de Productos (PDP) más eficiente. A su vez, otro concepto que debe ser ampliamente utilizado es el de la optimización del diseño multidisciplinario (MDO), que es un método que se puede utilizar en el diseño de productos complejos para explorar las compensaciones mediante el análisis simultáneo de varias disciplinas de ingeniería.

“En un PDP, hay varias tareas que deben ser realizadas en distintos momentos por diferentes departamentos de la organización; sin embargo, las principales actividades de ingeniería se llevan a cabo durante tres etapas, que son el diseño conceptual, preliminar y detallado. En la etapa de diseño conceptual hay mucha libertad para tomar decisiones ya que la configuración aún no se ha decidido, pero existe una importante falta de conocimiento sobre cómo funcionará eventualmente el producto. Por el contrario, en la etapa de diseño detallado el conocimiento del producto es mucho mayor, pero la configuración ya está fijada, por lo que cualquier cambio eventual o es inviable o puede producir demoras muy importantes” (Papageorgiou, 2019, pág. 2).

El gráfico de la figura 8 del Anexo 1 (Papageorgiou, 2019, pág. 3) representa el ciclo de vida del producto y nos deja un interrogante en cuanto a que pasa si no disponemos de información suficiente para la fase de planeamiento y el diseño conceptual, con respecto a la definición del sistema y la identificación de los problemas que implican los desafíos operativos del ambiente operacional de la capacidad a obtener con dicho producto, es decir que es probable que si el conocimiento del producto no evoluciona al punto tal que se pueda generar modificaciones del diseño conceptual en las primeras fases, la libertad de acción para modificar el diseño va a seguir reduciéndose, con lo cual las primeras etapas son críticas.

En lo que respecta a las tres etapas de diseño de los UAV, se observa el proceso de diseño de producto en la figura 9 del Anexo 1 (Papageorgiou, 2019, pág. 24), que comienza con el diseño conceptual donde inicialmente se exploran diferentes configuraciones de la estructura de los diferentes sistemas y subsistemas. Una vez que se ha identificado un diseño conceptual adecuado, el proceso pasa a la etapa de diseño preliminar donde se describen y analizan los

subsistemas y el sistema en sí hasta que se encuentre una solución funcional que también satisfaga los requisitos. Los resultados exitosos surgirán de las iteraciones de diseños preliminares, el paso final es ingresar a la etapa de diseño detallado donde el producto se refina aún más y se generan los dibujos de ingeniería completos.

Con el proceso de desarrollo expuesto anteriormente estaríamos ante la descripción del proceso de diseño en forma general, ahora bien, existen diferentes convenciones de tipos de diseño.

Una de las convenciones los clasifica en:

- Diseño original o nuevo (también llamados de invención),
- diseño adaptativo y
- diseño de variante (de modificación).

También hay otros autores que prefieren dividir el adaptativo en dos (Messler, 2013), con lo cual se muestra esta convención con una breve descripción de cada uno a continuación:

- Diseño original o nuevo (también llamados de invención): implica crear una solución a un problema para el cual no existía ningún diseño previamente, al menos no en forma reconocible.
- Diseño adaptativo: implica evolucionar un diseño, normalmente para resolver una deficiencia, la clave de esta subclasificación es que la motivación para el cambio de diseño es una necesidad de los usuarios.
- Diseño de desarrollo: esta subclasificación del adaptativo surge a medida que se cambia el diseño existente, está motivado y habilitado por un impulso tecnológico. El usuario desconoce la oportunidad de lograr alguna mejora en capacidad, rendimiento, confiabilidad o reducción de costos gracias a esa nueva tecnología.
- Diseño de variante (de modificación): implica variar los parámetros (tamaño, geometría, propiedades del material, parámetros de control, etc.) de ciertos aspectos de un diseño existente para desarrollar un diseño diferente. La mayoría de los casos implica escalar o amplificar el diseño original.

Hasta acá lo básico en cuanto al modelo del proceso de diseño, no es la intención en llegar al detalle de este, sino una generalidad.

Ahora bien, en cuanto a cómo poder realizar agregados al modelo para poder realizar saltos tecnológicos es necesario introducirse al concepto de ingeniería inversa.

INGENIERIA INVERSA. SU APORTE

Una definición tentativa de ingeniería inversa sería: *“El proceso de descubrir los principios fundamentales que subyacen y habilitan un dispositivo, objeto, producto, sustancia, material, estructura, conjunto o sistema a través del análisis sistemático de su estructura y, si es posible, su función y funcionamiento”* (Messler, 2013, pág. 35).

A partir de esta definición, se va a establecer la relevancia del tema en cuanto a su aporte al modelo de proceso de diseño, la ingeniería inversa es conveniente por razones:

1. **Económicas:** Por ejemplo, es una alternativa menos costosa que el diseño tradicional; es un facilitador para dar saltos tecnológicos (es decir, pasar por alto las etapas iniciales de un proceso de desarrollo tecnológico); también es un facilitador para extender la vida útil del sistema, lo que resulta especialmente atractivo para una sociedad cada vez más preocupada por la sostenibilidad y por razones de eficiencia.
2. **De competencia tecnológica y actualidad:** Es importante si pretendemos seguir siendo tecnológicamente competitivos en todas las áreas y niveles, permite mantener un contacto con pares para poder intercambiar experiencias.
3. **Educativas/pedagógicas:** Es una excelente manera de aprender y enseñar sobre ingeniería y diseño. La ingeniería inversa es una actividad multidisciplinaria (y un campo de estudio) estrechamente relacionada con la ingeniería de sistemas, por lo que profesionales y estudiantes, podrían beneficiarse del intercambio de conocimientos. Por tanto, la ingeniería inversa es importante para los ingenieros de sistemas. La ingeniería inversa es un componente crítico en la evolución de la tecnología, por lo que comprenderla puede arrojar luz sobre la notoria dificultad en la tarea de previsión tecnológica.
4. **Defensa nacional:** ya que ofrece un enfoque basado en la tecnología para obtener ventajas tácticas, operativas y estratégicas sobre el enemigo.

En este trabajo no se considera el qué y el cómo de la ingeniería inversa, sino el porqué, es decir su propósito.

Su potencial uso en el diseño de producto es el más importante (los más comunes son los aplicados al Marketing y en Fabricación/Producción/Construcción), su propósito es descubrir cualquier defecto de un diseño/producto para corregirlo y mejorar el diseño/producto en el proceso, muchas veces esos defectos pueden ser funciones integradas en forma inadecuada o incompletas, también puede surgir la necesidad de generar nuevas herramientas (Messler, 2013, pág. 43).

TURQUÍA Y SU MODELO DE DESARROLLO

El reciente surgimiento de la industria de defensa turca se da en dos períodos diferentes pero interrelacionados. El primero es el reflejo en la industria de defensa turca de la gran transformación en todas las dimensiones desde 2002, donde empezó a despegar pero que debió cimentarlo con una infraestructura tecnológica sólida a través de sus planes quinquenales (DEMİR, Summer 2020 , pág. 18).

La fortaleza alcanzada con dichos planes permitió afrontar los diferentes obstáculos políticos, sociales, económicos y militares; aunque en algunos tuvo un marcado cambio de rumbo debido a diferentes factores externos (embargo militar después de la invasión de Chipre) o internos (cambio de gobierno en el año 2002, cambio de un gobierno secularista a uno más islamista), logró integrar los esfuerzos públicos y privados hacia el modelo de desarrollo que dispuso con esos planes.

En cuanto a sus programas de investigación y desarrollo, los resultados obtenidos y la principal normativa al respecto establece que, a partir del año 2017, la Subsecretaría de la Industria de la Defensa (SSM, llamada así desde el año 1989) pasa a denominarse Presidencia de la Industria de la Defensa (SSB); a partir de este hecho se puede observar que fueron más concretos los objetivos de lograr una mayor autonomía tecnológica, para pasar a un autoabastecimiento de la industria de la defensa turca actual de aproximadamente el 70% y lograr una capacidad de exportación significativa ante competidores mundiales, un claro signo de esto es la cantidad de compradores del SANT Bayraktar TB2, teniendo inclusive un actual comprador perteneciente a la Unión Europea y a la OTAN, Polonia, que firmó en mayo de 2021 un contrato (por un total de 270 millones de dólares, incluyó 24 aeronaves, tres estaciones de mando móviles, radares de apertura sintética -SAR-, simuladores y piezas de repuesto, así como formación y apoyo logístico), recibiendo las primeras aeronaves en octubre de 2022 (zona-militar, 2022).

Con respecto a sus debilidades, por la falta de infraestructura desde 1970 hasta cerca del 2000 realizó una fuerte apuesta en ese sentido, sin embargo, ya en la década del 90 había empezado a incorporar todos los medios militares de la mayor tecnología, tratando de utilizar presiones geopolíticas para influenciar en las potencias (principalmente Estados Unidos e Israel) (Zanotti & Thomas, 2022, pág. 49).

Con respecto al punto anterior, la adquisición no se basó exclusivamente a importar armamento sino a lograr incorporar nuevas tecnologías a su industria de la defensa, aunque en una fase inicial incipiente, pero que posterior al 2010 y tras el rechazo de Estados Unidos de venderle sistemas avanzados (por ejemplo, el MQ-1 Predator y el MQ-9 Reaper), aceleró su proceso de diseño para lograr resultados antes de lo previsto. Esto es confirmado con la

reticencia de Israel de cumplir con el contrato de entrega de los SANT Heron, país que es uno de los principales competidores en la venta de SANT sin restricciones de armamento (Tapia, 2021, pág. 8).

Lo anterior, también confirma como Turquía estaba implementando a sus programas un gran aporte de la ingeniería inversa a su modelo de proceso de diseño, especialmente marcado en la tecnología SANT.

También utilizó su posición de miembro de la OTAN desde 1952, para obtener la información operativa tan útil para sustentar el modelo, lo cual es claramente evidente con el Sistema de Control Terrestre móvil en camión, de acuerdo con Figura 1 del Anexo 1, que cumple con los requerimientos OTAN de acuerdo con sistemas estandarizados para lograr interoperabilidad (Standarization Agreement – STANAG) (Zanotti & Thomas, 2022, pág. 63).

ARGENTINA. ECOSISTEMA TECNOLÓGICO PARA DESARROLLO DE SANT

En la República Argentina, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación tiene la misión de financiar la investigación, proveer infraestructura, promover el vínculo armónico entre los sistemas académico y productivo y divulgar los conocimientos producidos por el quehacer científico-tecnológico y sus aplicaciones en la sociedad (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2023).

Dicho ministerio emitió en octubre de 2022 el “Plan Nacional De Ciencia, Tecnología e Innovación 2030”, que es el instrumento que define, organiza y comunica el conjunto de políticas, estrategias e instrumentos para todos los actores y agentes públicos y privados que integran el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), el cual posee cuatro agendas:

- Agendas Estratégicas, representadas por los Desafíos Nacionales.
- Agendas Territoriales, entre las que se encuentran las Agendas Territoriales Integradoras de CTI y las Agendas Regionales.
- Agendas Transversales, que se dividen en Agenda de Promoción del Conocimiento, Agenda de Tecnologías Aplicadas a la I+D+i, Agenda de Ciencias Sociales y Humanas para el Desarrollo y Agenda de Ciudadanía y Cultura Científica.
- Agenda de Cambio Institucional.

Este plan reemplazó al plan “Argentina Innovadora 2020”, el cual no disponía una ruta respecto a la industria de la defensa.

Volviendo al “Plan Nacional De Ciencia, Tecnología e Innovación 2030”, en su parte II respecto a la Agendas Estratégicas, Territoriales, Transversales y de Cambio Institucional,

propone “Diez Desafíos Nacionales”, el “Desafío 6” propone: “Desarrollar los sectores aeronáutico, espacial, de las telecomunicaciones y de la industria para la defensa”, a su vez se plantean cuatro misiones específicas (Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2023):

- Misión 1: Promoción del acceso al espacio.
- Misión 2: Desarrollo de sistemas satelitales de comunicación y observación de la Tierra.
- Misión 3: Desarrollo de la industria aeronáutica:
 - Objetivo general:
 - Potenciar las capacidades para desarrollar una industria aeronáutica que diseñe, fabrique y ensaye aeronaves para nichos específicos con sus propios insumos, y para mejorar la calidad de sus servicios de mantenimiento, transformación y modernización de aeronaves.
 - Estrategias de I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación):
 - Desarrollo, construcción y modernización de aeronaves tripuladas y no tripuladas.
 - Fabricación de insumos para la industria aeronáutica.
- Misión 4: Desarrollo de la industria para la defensa:
 - Objetivo general:
 - Contribuir al fortalecimiento de las capacidades de producción de la industria para la defensa mediante el desarrollo de radares y el diseño de tecnologías para la navegación y la georeferenciación.
 - Estrategias de I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación):
 - Desarrollo y construcción de radares primarios y secundarios.
 - Diseño de tecnologías nacionales para la navegación y georeferenciación sin restricciones.

Las misiones 3 y 4 estarían brindando una guía para los planes contribuyentes de la defensa, para lo cual el Ministerio de Defensa a través de la Secretaria de investigación, Política Industrial y Producción para la Defensa generó en febrero de 2023 el “Plan Plurianual de Ciencia, Tecnología, Innovación y Producción para la Defensa (2022-2025)”, que surge de la Directiva de Política de Defensa Nacional 2021, aprobada por el Decreto N° 457/2021, parte del “Ciclo de Planeamiento de la Defensa Nacional” que establece el Sistema de Defensa Nacional por Decreto 1729/07.

El Plan Plurianual se compone de dos partes, la primera brinda un análisis situacional y diagnóstico del Sistema de Ciencia, Tecnología, Innovación y Producción para la Defensa (SCTP-DEF), en el cual se resalta lo siguiente:

- Infraestructura tecnológica: En líneas generales, se observa un atraso significativo en términos de equipamiento, condiciones edilicias y capacidades tecnológicas, que varía según cada organismo y empresa (Ministerio de Defensa, 2023, pág. 19).
- Vinculación y transferencia de conocimientos con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación: Es posible observar algunas limitaciones. Ante la diversificación de instancias de articulación con actores que no pertenecen a la Jurisdicción Defensa, se plantean dificultades para la tramitación de convenios interinstitucionales y barreras para trabajar mediante la figura de Servicios Tecnológicos de Alto Nivel (STAN) o herramientas semejantes, que son de gran importancia ya que permiten direccionar ingresos y reconocimiento desde el exterior al SCTP-DEF (Ministerio de Defensa, 2023, pág. 20).
- Financiamiento en Ciencia y Tecnología: Programa de Investigación y Desarrollo para la Defensa (PIDDEF) es una de las fuentes de financiamiento propia, que fue creado por la Resolución MD N° 549 en el año 2008 (Ministerio de Defensa, 2023, pág. 23).
- El FONDEF como instrumento de financiamiento de la política de defensa: desde la sanción de la Ley N° 27.565 en el año 2020, el Fondo Nacional de la Defensa (FONDEF), reviste un instrumento presupuestario fundamental para el financiamiento de proyectos destinados al reequipamiento de las FFAA y al fortalecimiento de las capacidades militares desde una lógica industrialista y desde la investigación y el desarrollo, apelando a mejorar las condiciones de creación, difusión y asimilación de innovaciones por parte de la estructura productiva nacional (Ministerio de Defensa, 2023, pág. 24).
- Vinculación y transferencia de conocimientos en el nivel internacional: se evidencia un bajo nivel de internacionalización de la base industrial de la defensa local que conlleva a una excesiva dependencia con respecto a la demanda de las FFAA locales y el presupuesto del Ministerio de Defensa, debido a las dificultades que plantea el marco normativo para lograr acuerdos de cooperación productiva en torno a proyectos de obtención de medios del exterior (Ministerio de Defensa, 2023, pág. 31).

Volviendo al “Plan Nacional De Ciencia, Tecnología e Innovación 2030”, se pueden evidenciar los esfuerzos y prioridades de acuerdo con el proyecto de presupuestos en Función Ciencia y Técnica, en el cuadro de la figura 10 del Anexo 1 (Ministerio de Defensa, 2023, pág. 28) se muestran los porcentajes respecto a lo proyectado en 2022.

Ahora bien, analizando paralelamente los planes contribuyentes de otros ministerios que puedan contribuir indirectamente en el ecosistema tecnológico de la defensa, se va a observar la misión 5 del Plan para el Desarrollo Productivo Industrial y Tecnológico del Ministerio de

Economía (de las 11 misiones enunciadas en dicho plan), emitido en marzo de 2023, el cual procura transformar el entramado productivo del país con vistas a mejorar los indicadores sociales, económicos y ambientales; el mismo posee un título exclusivo de Sistemas No Tripulados en el cual hace un recorrido bastante detallado:

- Descripción general del concepto de SANT, panorama global y regional, principales empresas a nivel global (sin contemplar ninguna de Turquía) y remarcando que la mayoría de los países de la región adquirieron del exterior SANT de tecnología media/avanzada (Perú mediante transferencia de tecnología de Corea del Sur, Brasil y Colombia con transferencia de tecnología de Boeing-Insitu con el ScanEagle y Chile con la adquisición de parte de la israelí Elbit con el Hermes 900).
- Panorama local: Fuerzas Armadas, Ministerio de Defensa, Empresas (Fabrica Militar de Aviones -FADEA-, INVAP, Fabricaciones Militares Sociedad del Estado -FM SE- y Fabrica Argentina de Nano Sensores IOT -FANIOT-), Universidades e Institutos.
- Análisis de las políticas internacionales y locales: Políticas internacionales y Políticas nacionales y locales, orientadas al desarrollo de sistemas no tripulados.

De lo antes expuesto es conveniente remarcar que especifica que las “Políticas nacionales y locales orientadas al desarrollo de sistemas no tripulados” estará organizado entonces en dos ejes: i) el desarrollo, adquisición y equipamiento de sistemas no tripulados; ii) la integración de los mismos a una plataforma tecnológica interoperable.

El mismo establece el Desarrollo, adquisición y equipamiento de SANT, de acuerdo a lo siguiente:

“La política pública nacional exclusivamente orientada al desarrollo e innovación de las fuerzas con sistemas no tripulados -específicamente con drones- fue el Programa SARA, cuyos proyectos fueron discontinuados en 2016. En la actualidad, gracias al impulso dado al reequipamiento de las FF.AA. por el FONDEF, el Ministerio de Defensa ha lanzado el Programa de Desarrollo de Sistemas No Tripulados para la Defensa, que tiene como objetivos: promover el desarrollo de sistemas no tripulados para los ámbitos aéreo, terrestre y marítimo, a fin de incrementar capacidades estratégicas para la defensa; contribuir a la autonomía nacional en áreas tecnológicas transversales y conducir la gestión tecnológica de nivel estratégico y la gestión económica y financiera de los proyectos de desarrollo de Sistemas No Tripulados, nuevos y existentes en la jurisdicción. El Programa está impulsando 6 proyectos de sistemas no tripulados del ámbito aéreo, 2 del ámbito acuático (1 de superficie y 1 submarino) y 3 del ámbito terrestre”. (Ministerio de Economía, 2023, pág. 140).

CONCLUSIONES

Para una adecuada implementación de la concepción estratégica militar de Restricción de Área, se visualizan marcadas necesidades tecnológicas respecto al sistema de información, principalmente en la capa de “anticipar” y secundariamente en la capa “prevenir”, como también la necesidad de disponer de medios con capacidad “sensor-tirador” para denegarle las áreas claves al enemigo a través de efectos concretos, en especial aquellas necesarias para alcanzar los puntos críticos en función al Objetivo Operacional de la Campaña.

En el sistema tecnológico Argentino, de acuerdo a los diagnósticos realizados por el “Plan Nacional De Ciencia, Tecnología e Innovación 2030” y el “Plan Plurianual de Ciencia, Tecnología, Innovación y Producción para la Defensa (2022-2025)”, expusieron muchas barreras normativas, de infraestructura y de falta de sinergia que deben ser transformadas para poder avanzar a un ambiente tecnológico que pueda absorber, adaptar y aprovechar nuevas tecnologías.

Cabe resaltar que los planes demuestran un panorama de evolución tecnológica a largo plazo, sin embargo ninguno contempla programas con proyectos SANT que incluyan transferencia de tecnología de países adelantados en esta tecnología o de una aplicación de ingeniería inversa en forma metódica.

El presupuesto de Investigación y Desarrollo que concretan las metas de los planes, se muestran compartimentados en nueve (9) ministerios, esto puede no ser la mejor manera de disponer los recursos, especialmente cuando se expusieron barreras normativas y falta de infraestructura.

A su vez, ninguno de estos proyectos contempla la adquisición de SANT a través de procesos de importación, solamente el desarrollo a través de la industria local, a pesar de haber notado que la mayoría de los países de la región adquirieron SANT (algunos con transferencia tecnológica), siendo la adquisición de mayor envergadura por parte de Brasil, Chile y Colombia con el Hermes 900 de Elbit System (Israel), siendo uno de los SANT más importantes de la región en cuanto a capacidades y concepto de empleo.

Se han analizado las lecciones aprendidas del Sistema de Defensa Turco, el cual demostró que la mayoría de las adquisiciones del exterior aportaron un pivot para impulsar su ecosistema tecnológico nacional, logrando una infraestructura más sólida después de aplicar una continuidad de avance tecnológico con sus planes quinquenales, robusteciendo su sistema de investigación, desarrollo y producción para la defensa; con una conducción centralizada de las políticas y recursos nacionales a través de la Oficina de Desarrollo de la industria de defensa y Administración del Soporte (SAGEB).

Respecto a lo anterior, Turquía logró aportar a su sector privado el avance tecnológico desde el sector militar, inicialmente con adquisiciones del exterior sorteando embargos a través de una estrategia nacional que logró aprovechar las ventajas geopolíticas. Posteriormente a través de cambio de objetivos, en los siguientes planes quinquenales, logró generar un círculo virtuoso que a través de empresas privadas bien estructuradas, aportó a la tecnología de su Sistema de Defensa elementos bien marcados para un modelo de diseño de productos cada vez más avanzados.

Turquía se vio obligada a adoptar una política exterior autónoma centrada en sus intereses nacionales. Las decisiones adoptadas a partir del 2002, podrían sugerir una decisión basada exclusivamente en el contexto y una actitud reactiva a las necesidades de la defensa, sin embargo, su explicación se puede entrever con un análisis más acabado de sus programas y planes iniciados en el año 1960, los cuales a pesar a diferentes dificultades políticas y económicas (el más reciente, el intento de golpe de estado al gobierno del Presidente Recep Tayyip Erdoğan en el año 2016 como los niveles de inflación de 1977, 1993 y 2021) se llevaron adelante, remarcando un avance en la defensa y más precisamente en la investigación y desarrollo para la adquisición y mejora de capacidades existentes.

En ese paso inicial y de acuerdo a lo analizado, se puede deducir que se apoyó en la ingeniería inversa para acelerar los modelos que obtuvieron resultados exitosos de las iteraciones de diseños preliminares con un refinamiento para asimilar y eficientizar lo extraído de la ingeniería inversa.

Para poder disponer de un modelo de diseño para el desarrollo de un producto, un sistema de armas complejo que posea capacidades eficaces para las exigencias de la concepción de Restricción de Área; debe tener la cualidad de corregir cualquier defecto de diseño en su primera etapa de diseño conceptual y preliminar, para cumplir las exigencias operativas de un entorno hostil con Operaciones Multidominio.

En este sentido es necesario resaltar que el modelo de desarrollo para un sistema complejo que pueda satisfacer las necesidades de la concepción estratégica militar de las FFAA argentinas, debe ser capaz de absorber los requerimientos operativos de las diferentes fuerzas y agencias del estado, las cuales serán claves en la conformación de las capacidades en el nivel operacional.

Debido a que este modelo se encuentra en un ecosistema tecnológico con un atraso significativo en la infraestructura pública y privada, la adquisición de SANT de países con experiencia operativa probada, y a través de los beneficios de la ingeniería inversa permitirían un salto tecnológico para lograr un SANT con capacidades eficaces para el nivel operacional.

Esta ingeniería inversa a su vez puede retroalimentar al ecosistema tecnológico para mejorar la competitividad en diferentes áreas y niveles, lo que lograría el contacto con pares para poder intercambiar experiencias como una actividad multidisciplinaria para beneficiarse del intercambio de conocimiento.

Es importante recalcar que la incorporación de un SANT que pueda aportar capacidades operativas también debe ser apreciado como una contribución para el Sistema de Investigación y Desarrollo de la Industria de la Defensa, siempre que el modelo de diseño de los SANT nacionales sea apoyado por presupuestos acordados y también a través de los avances del ecosistema tecnológico público y privado.

Finalmente, teniendo en cuenta la evolución del atributo de autonomía, comportamiento cognitivo e interfaz hombre-maquina en los SANT se encuentra avanzando y generando nuevas opciones tecnológicas, esto puede marcar una guía como uno de los aspectos más importantes para el esfuerzo de la aplicación de los recursos de ingeniería inversa para lograr un salto tecnológico representativo para las operaciones multidominio.

Los modelos de ingeniería inversa para corregir o mejorar software, apuntando a lograr algoritmos que logren solucionar problemas cada vez más variados son una oportunidad para aprovechar y potenciar el salto tecnológico buscado, a su vez logrando una independencia tecnológica en áreas sensibles para los sistemas de IC4STAR, con una integración aeroespacial de los SANT.

GLOSARIO

CAPACIDADES DE VIGILANCIA Y RECONOCIMIENTO AEROESPACIAL: Son aptitudes relacionadas con las acciones desarrolladas con el fin de explorar sistemáticamente el Aeroespacio con el objeto de determinar la existencia de vehículos aeroespaciales y sus movimientos (EMCOFFAA, 2023, pág. 44)

DESCONFLICTO: se refiere a las medidas y procedimientos de coordinación destinados a evitar colisiones entre aeronaves. Esto incluye la gestión de diferencias de altitud, rutas, azimut y distancias mínimas entre las aeronaves para garantizar la seguridad en el espacio aéreo compartido. Esta es una parte fundamental de la gestión del tráfico aéreo y la seguridad en la aviación.

OPERACIONES MULTIDOMINIO

Son operaciones tácticas planificadas y conducidas por el nivel operacional, donde determinadas capacidades de organizaciones normalmente modulares que actúan en ámbitos físicos y no físicos se conjugan en un espacio multidimensional a través de un enlace operacional, generando efectos sincronizados en momentos del ritmo operacional relacionados a la identificación de vulnerabilidades críticas y disponibilidad de recursos (EMCOFFAA, 2023, pág. 154).

RECONOCIMIENTO: Desde el punto de vista de las operaciones son aquellas actividades o tareas destinadas a obtener información de contactos, instalaciones, terreno, despliegue, movimientos y fuerzas del adversario o cualquier otra que resulte conveniente para la mejor conducción de las operaciones (EMCOFFAA, 2023, pág. 181).

SISTEMA AÉREO NO TRIPULADO (SANT): Sistema aéreo no tripulado constituido por un segmento aéreo y un segmento terreno. El segmento aéreo lo forma la plataforma aérea, la carga útil (letal o no letal) adecuada a la misión asignada y parte del sistema de comunicaciones. El segmento de tierra incluye el sistema de control de la aeronave y su carga de pago, equipos de comunicaciones, así como la estación que permite diseminar la información obtenida de los sensores a los diferentes usuarios, bien directamente o a través de las diferentes redes de Mando, Control, Comunicaciones y Ordenadores (C2, C4I, C4ISR).

Es también denominado UAS por sus siglas en lengua inglesa (Unmanned Air System) (EMCOFFAA, 2023, pág. 193).

ANEXO 1

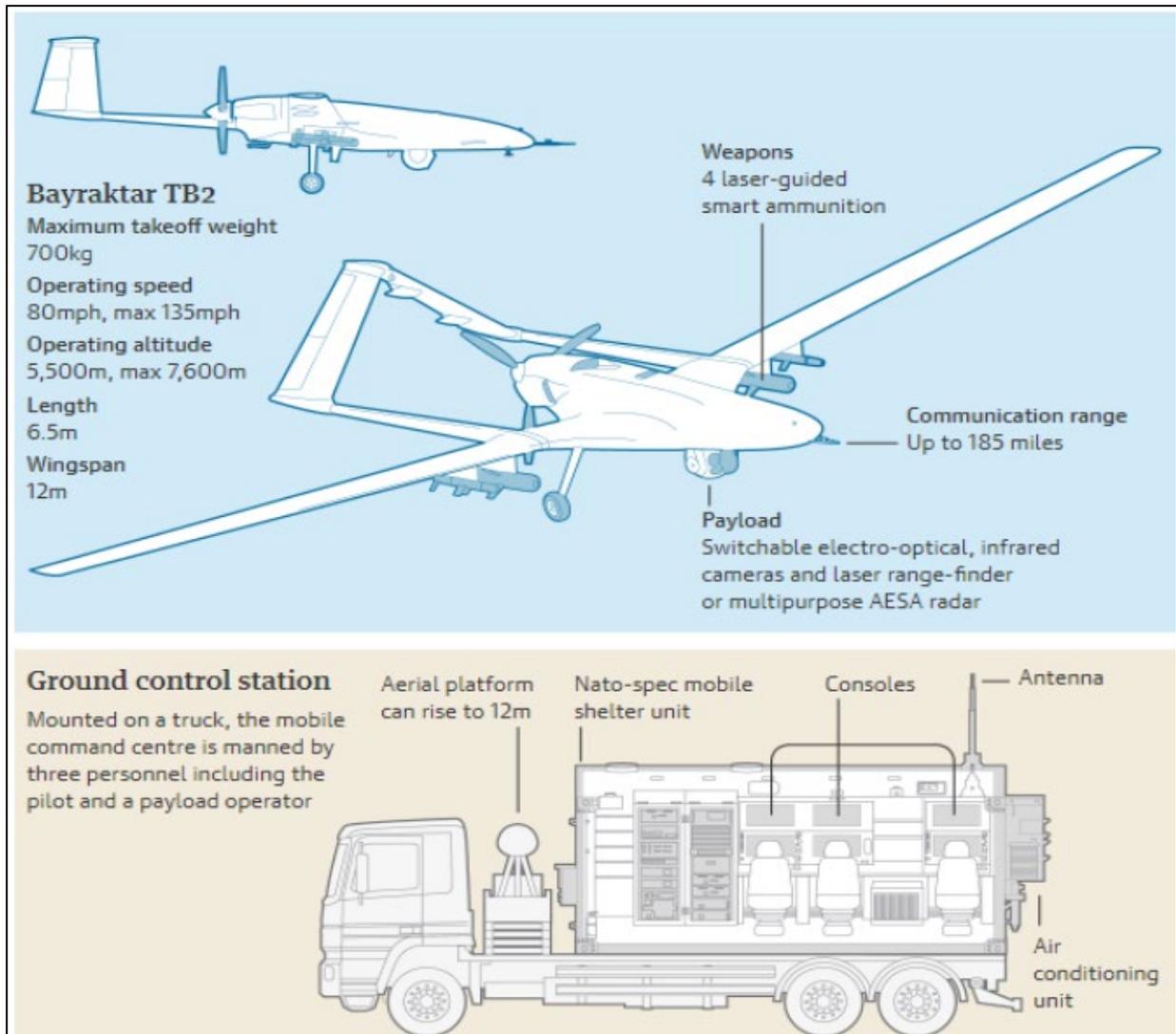


Figura 1. Bayraktar TB2

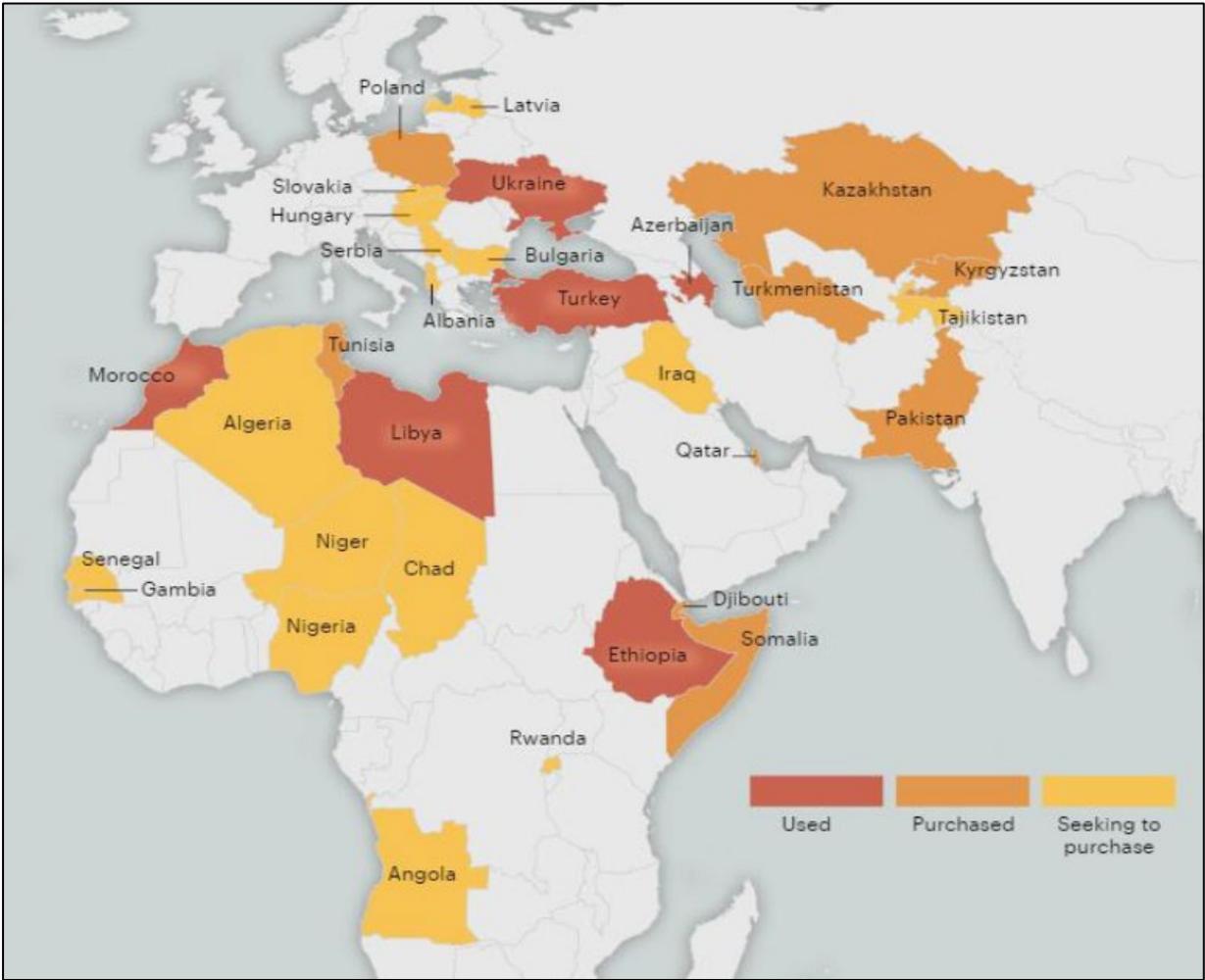


Figura 2. Países interesados en SANT Bayraktar TB2 actualizado a julio de 2022

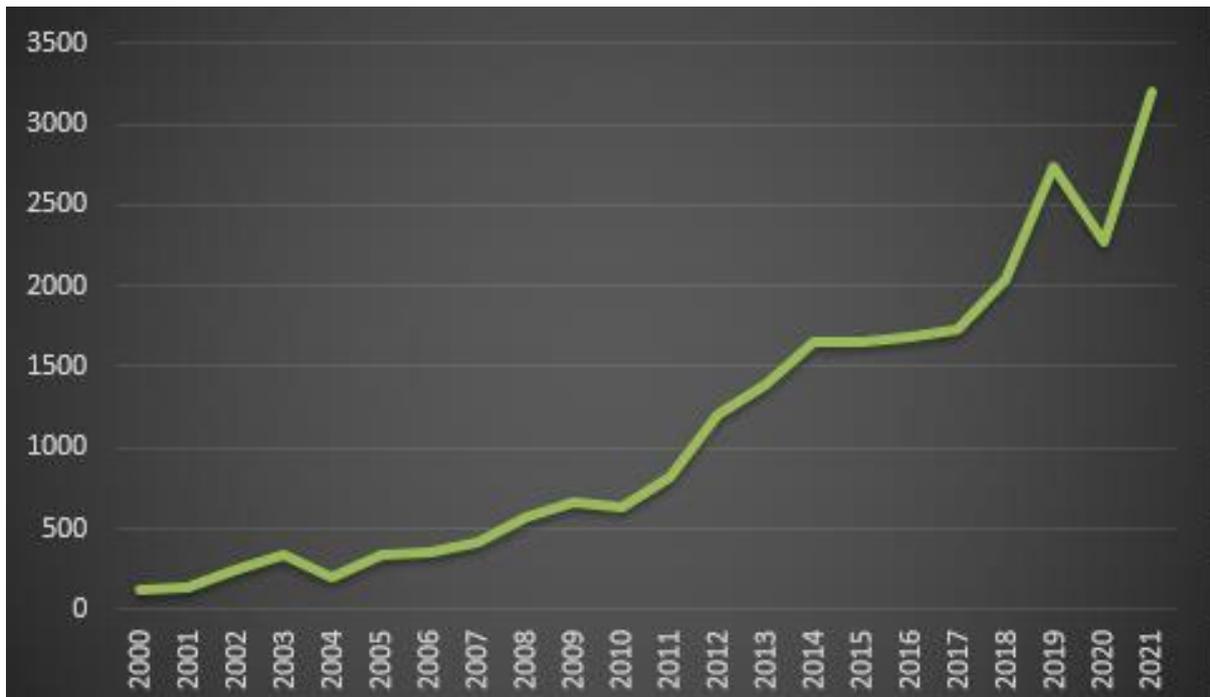


Figura 3. Exportaciones de armas turcas, 2000-2021 en US\$ millones, no ajustado por inflación

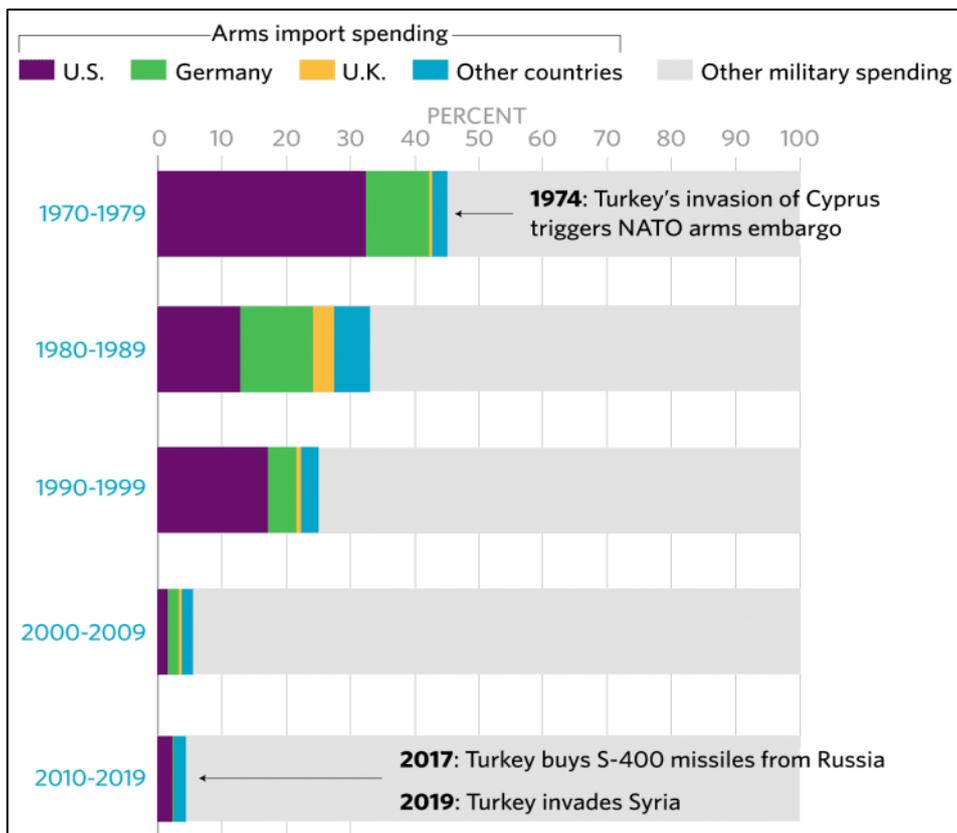


Figura 4. Importaciones de armas como porcentaje del gasto militar turco

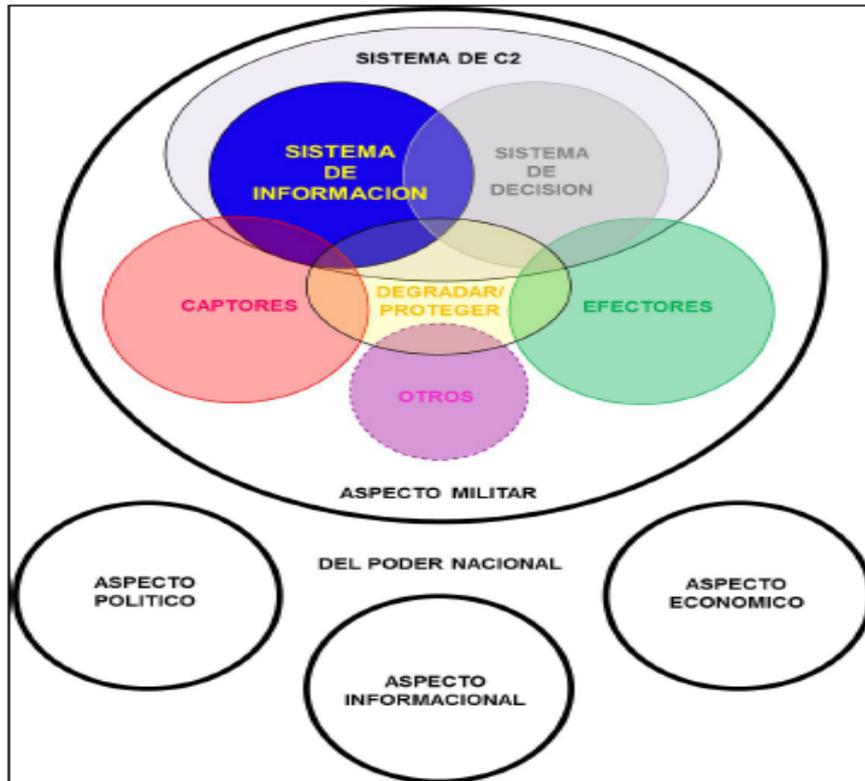


Figura 5. Aspectos del poder nacional cuando surgen conflictos armados

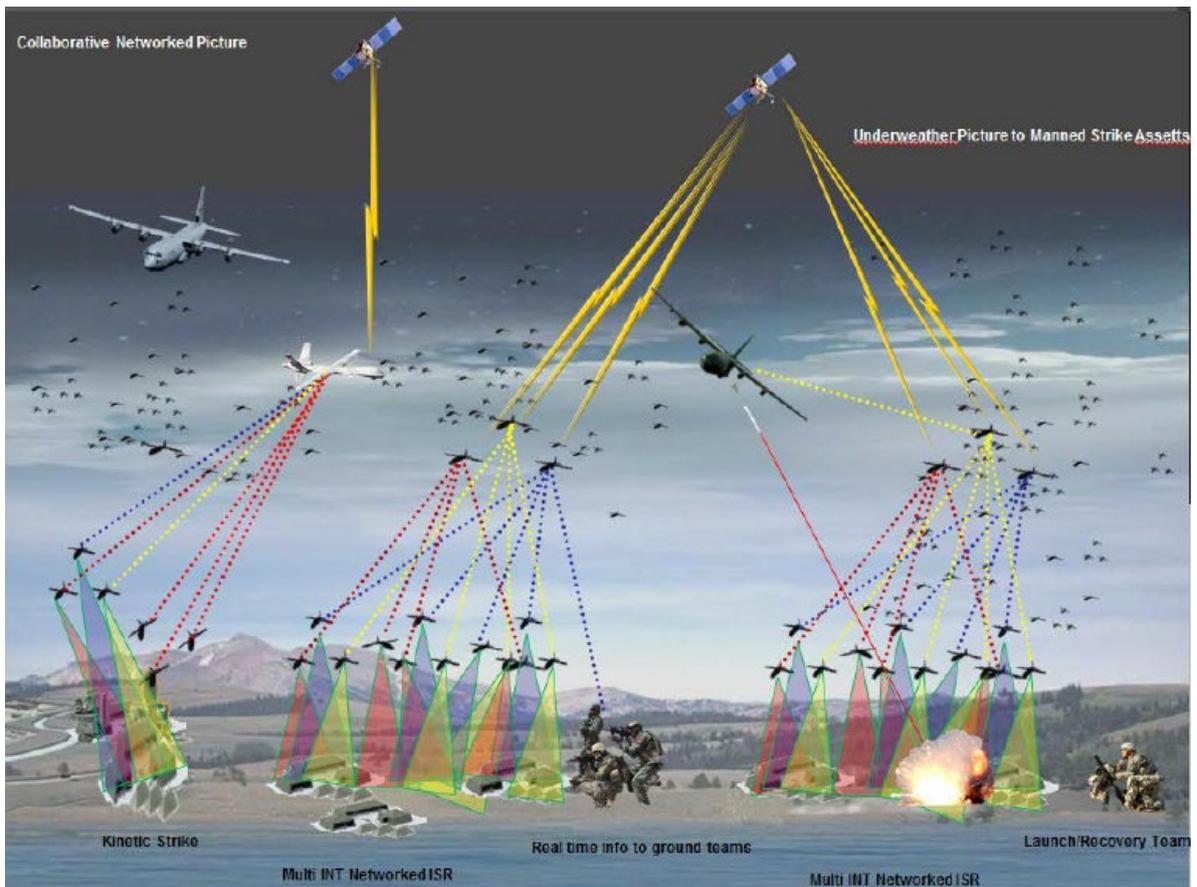


Figura 6. Swarming en ambientes permisivos

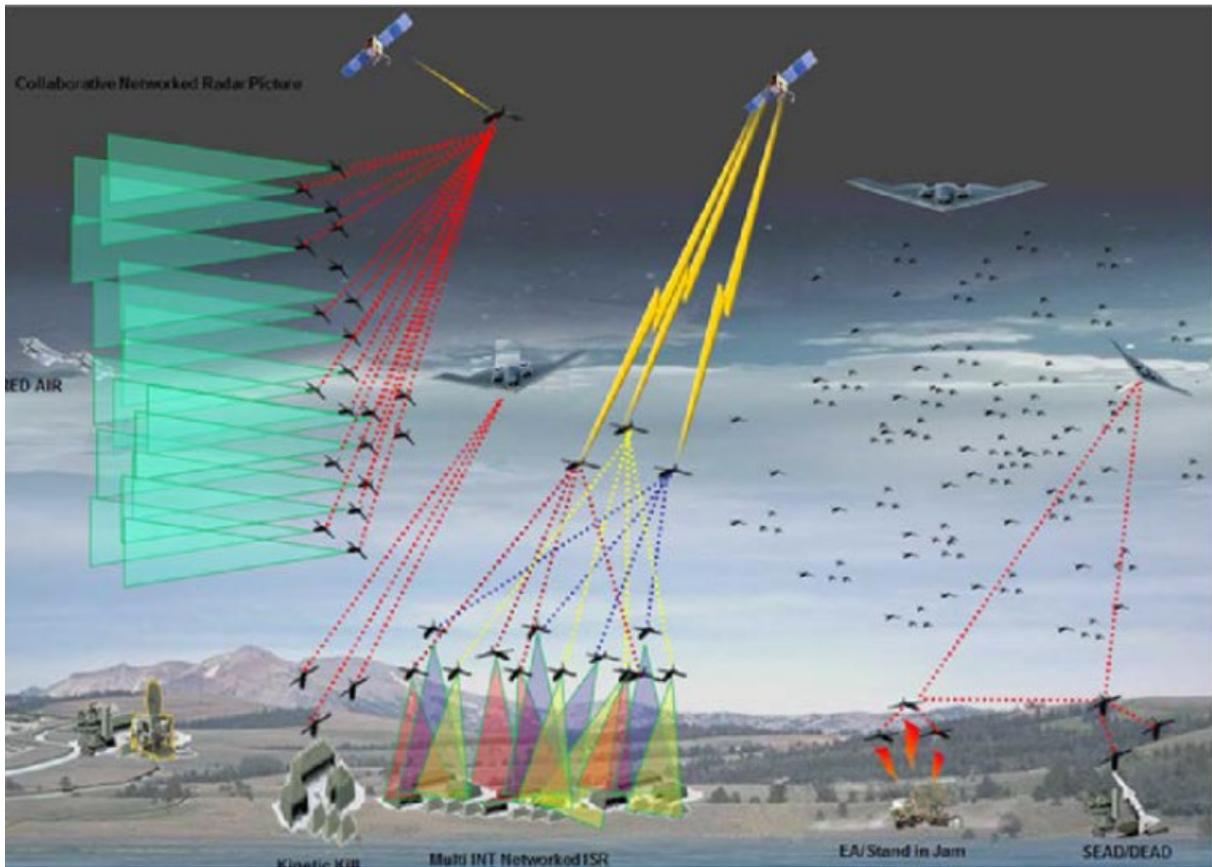


Figura 7. Swarming en ambientes A2AD

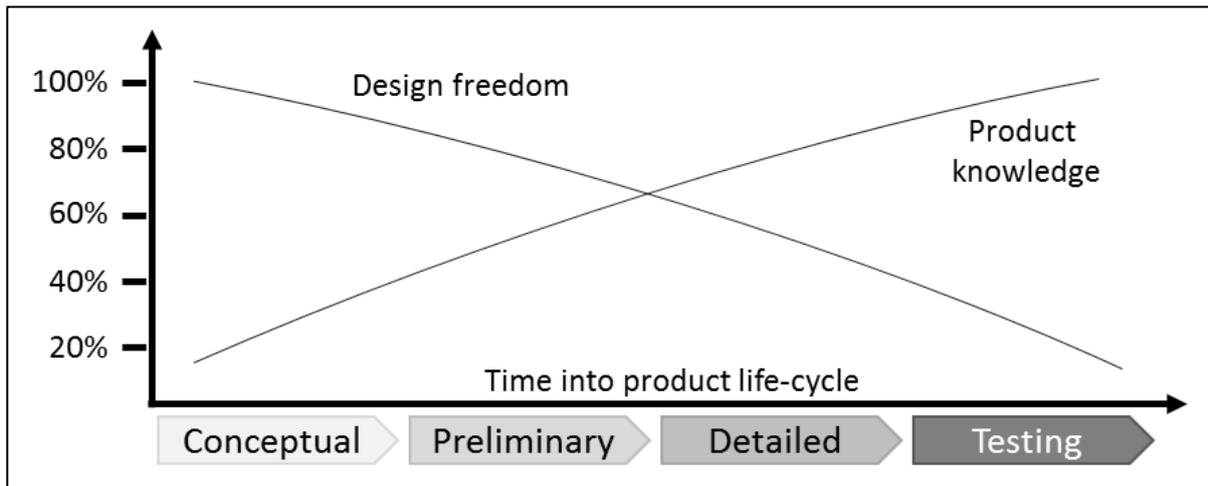


Figura 8. Libertad de diseño frente vs. conocimiento del producto

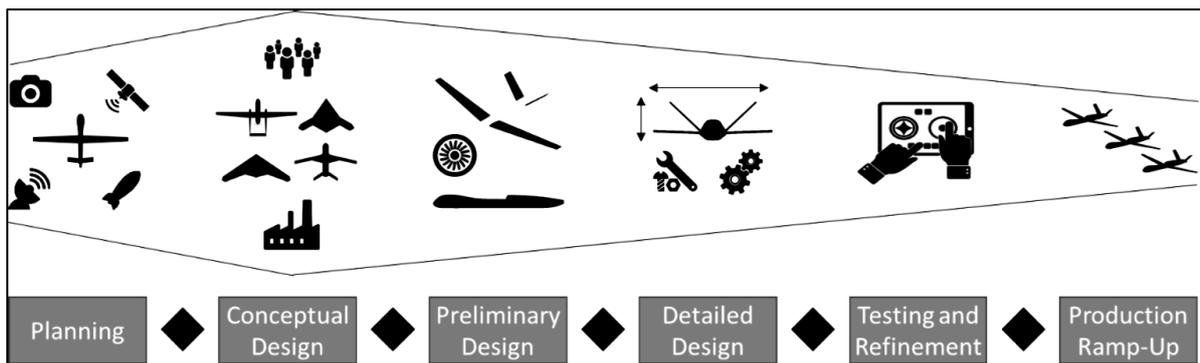


Figura 9. Proceso de diseño de producto

	Proyecto de Presupuesto 2022	(% de la Función)
Función CyT	187944,1	100,0%
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación	100112,0	53,27%
CONICET	57206,8	
MINCYT - Central	23478,9	
CONAE	10871,5	
Agencia I+D+i	8105,4	
BNDG	449,3	
Ministerio de Economía	37841,9	20,13%
CNEA	37841,9	
Ministerio de Agricultura	23051,3	12,26%
INTA	23051,3	
Ministerio de Desarrollo Productivo	10418,4	5,54%
INTI	9147,6	
SEGEMAR	1270,8	
Ministerio de Defensa	5751,4	3,06%
SMN	2996,0	
Programas CyT del Ministerio de Defensa	1159,9	
CITEDEF	1091,9	
IGN	503,6	
Ministerio de Salud	5462,6	2,91%
ANLIS	5462,6	
Ministerio de Educación	4011,6	2,13%
Universidades nacionales	3133,1	
Fundación Lillo	878,5	
Ministerio de Obras Públicas	822,3	0,44%
INA	674,9	
INPRES	147,4	
Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto	472,6	0,25%
DNA	472,6	

Figura 10. Proyecto de Presupuesto Función Ciencia y Técnica 2022 (en millones de pesos)

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ ALEO, J. D. (2021). TRABAJO INTEGRADOR FINAL. *La integración de tecnologías en vehículos aéreos no tripulados y su impacto*. UNIVERSIDAD DE LA DEFENSA NACIONAL - FACULTAD DE LA ARMADA - ESCUELA DE GUERRA NAVAL.
- ✚ AUSTIN, R. (2010). *UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS, UAVS Design, Development and Deployment*. WILEY - Aerospace Series.
- ✚ CORREA BAUMAN, F. J. (2019). Incorporación de vehículos aéreos no tripulados en el nivel operacional desde la perspectiva logística para la defensa. *TRABAJO FINAL INTEGRADOR*. Argentina: ESGCFFAA.
- ✚ DEMİR, İ. (Summer 2020). Transformation of the Turkish Defense Industry: The Story and Rationale of the Great Rise. *Insight Turkey / Volume 22, Number 3*, 17-40.
- ✚ DW Global Media Forum. (Junio de 2013). Obtenido de Euro-Hawk: ministro de Merkel no ve razones para renunciar: <https://www.dw.com/es/euro-hawk-ministro-de-merkel-no-ve-razones-para-renunciar/a-16872563>
- ✚ EMCOFFAA. (2023). GLOSARIO DE TÉRMINOS DE EMPLEO MILITAR PARA LA ACCIÓN MILITAR CONJUNTA . *PC 00-02*. ARGENTINA: EMCOFFAA.
- ✚ EMCOFFAA. (2023). Planeamiento para la Acción Militar Conjunta. *PC 20 - 01(Experimental)*. Argentina.
- ✚ Farooq, U. (14 de mayo de 2019). *Theintercept*. Obtenido de <https://theintercept.com/2019/05/14/turkey-second-drone-age/>
- ✚ FUERZA AÉREA ARGENTINA. (s.f.). *Canal Oficial Youtube de la Fuerza Aérea Argentina*, Video. Recuperado el 12 de Junio de 2023, de [Argentina.gob.ar/fuerzaaerea: https://www.youtube.com/watch?v=zdlym7LOVrM](https://www.youtube.com/watch?v=zdlym7LOVrM)
- ✚ GREEN, I. G. (2014). Empleo de Vehículos no Tripulados para la Adquisición de Blancos y Conducción de los Fuegos de Artillería en el Ámbito de la Gran Unidad. *Empleo de Vehículos no Tripulados para la Adquisición de Blancos y Conducción de los Fuegos de Artillería en el Ámbito de la Gran Unidad*. Instituto Universitario del Ejército Argentino - Escuela Superior de Guerra - Carrera de Especialización del Oficial de Estado Mayor.

- ✚ Greg L. Zacharias. (Marzo de 2019). *Autonomous Horizons The Way Forward*. Maxwell AFB Alabama, Estados Unidos: Air University Press - Curtis E. LeMay Center for Doctrine Development and Education.
- ✚ Honorable Cámara de Diputados de la Nación. (Septiembre de 2022). Pregunta 1117-Defensa Nacional-Sistemas Aéreos No Tripulados (SANT). *Informe 133 de la Jefatura de Gabinete de Ministros*. Argentina.
- ✚ Hwang, W. (2020). Development of Peoples' Republic of China's. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Its Impact on the East China Sea. *International Journal of China Studies*, 121-144.
- ✚ InfoDefensa.com. (Septiembre de 2023). *La Fuerza Aérea de Chile emplea sus drones Hermes Q900 en el monitoreo de incendios forestales*. Obtenido de <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4172646/fuerza-aerea-chile-emplea-drones-hermes-q900-monitoreo-incendios-forestales>
- ✚ Kasapoglu, C. (2022). *Tecno/Geopolitics and the Turkish Way of Drone Warfare*. Washington: Atlantic Council.
- ✚ Mario Marchese, A. M. (2019). *IoT and UAV Integration in 5G Hybrid Terrestrial-Satellite Networks*. SCNL Laboratory, Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture (DITEN), University of Genoa,.
- ✚ MATORRA, D. F. (2017). TRABAJO FINAL INTEGRADOR - Impacto tecnológico y nuevas formas de hacer la guerra. *Red de sensores con Sistema de Armas no tripulados en la Fuerza Aérea Argentina*. ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA - CURSO DE COMANDO Y ESTADO.
- ✚ Messler, R. W. (2013). *Reverse Engineering: Mechanisms, Structures, Systems & Materials*. McGraw Hill Professional.
- ✚ Michael S. Chase, K. A. (2015). *Emerging Trends in China's Development of Unmanned Systems*. RAND Corporation.
- ✚ Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (19 de Septiembre de 2023). *Argentina.gob.ar*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/ciencia>
- ✚ Ministerio de Defensa. (Febrero de 2023). Plan Plurianual de Ciencia, Tecnología, Innovación y Producción para la Defensa 2022-2025. Argentina.
- ✚ Ministerio de Economía. (Marzo de 2023). Argentina Productiva 2030 . *Plan para el Desarrollo Productivo, Industrial y Tecnológico*. Argentina.

- ✚ Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación. (febrero de 2023). Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación 2030. *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación 2030*. Argentina: Dirección Nacional de Políticas y Planificación.
- ✚ Office of the Under Secretary of Defense for Policy. (Enero de 2023). AUTONOMY IN WEAPON SYSTEMS. *DOD DIRECTIVE 3000.09*. Estados Unidos: Department of Defense.
- ✚ Özdemir, G. S. (2022). *Conceptualizing the Rise of Türkiye as a Drone Power*. Qatar: Arab Center for Research and Policy Studies.
- ✚ Papageorgiou, A. (2019). *Design Optimization of Unmanned Aerial Vehicles. A System of Systems Approach*. Linköping, Suecia: Department of Management and Engineering Linköping University.
- ✚ SANDERS, R. (2002/2003). An Israeli Military Innovation - UAVs. *JOINT FORCE QUARTERLY Number 33*, 114-118.
- ✚ Sezer, C. (28 de octubre de 2022). *Reuters*. Obtenido de <https://www.reuters.com/world/turkeys-baykar-complete-plant-ukraine-two-years-ceo-2022-10-28/>
- ✚ Silva, M. A. (2019). *Procedimientos y Medios para que la Toma de Decisiones sea Correcta y Oportuna: ELSISTEMA DE INFORMACIÓN*. Buenos Aires: Universidad de la Defensa Nacional, Facultad Conjunta, Instituto de Inteligencia de las Fuerzas Armadas.
- ✚ Tapia, F. S. (2021). *La industria turca de defensa. Activo estratégico de primer orden*. Instituto Español de Estudios Estratégicos.
- ✚ Tavsan, S. (16 de marzo de 2022). *Nikkei Asia*. Obtenido de <https://asia.nikkei.com/Business/Aerospace-Defense-Industries/Turkish-drone-success-in-Ukraine-sets-stage-for-Asia-roadshow>
- ✚ Tyler, R. (2021). *The RQ-180 Drone Will Emerge From The Shadows As The Centerpiece Of An Air Combat Revolution*. Obtenido de THE DRIVE - THE WAR ZONE: <https://www.thedrive.com/author/tyler-rogoway>
- ✚ U.S. GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE. (2017). Senate Report 115-125. *NATIONAL DEFENSE AUTHORIZATION ACT FOR FISCAL YEAR 2018*. EE. UU.: U.S. Government Publishing Office.

- ✚ United States Department of Defense. (2023). National Defense Science & Technology Strategy 2023. *National Defense Science & Technology Strategy 2023*. Estados Unidos: Department of Defense.
- ✚ (2017). *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2017-2042*. EE.UU.: Office of the Secretary of Defense.
- ✚ USAF. (2009). *USAF Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047*. USAF.
- ✚ USAF. (2014). *UNITED STATES AIR FORCE. United States Air Force RPA vector: Vision and enabling concepts 2013-2038*. Washington, DC: Headquarters: United States Air Force.
- ✚ USAF. (2016). *Small Unmanned Aircraft Systems (SUAS) Flight Plan: 2016-2036*. EE.UU.: USAF.
- ✚ Zanotti, J., & Thomas, C. (2022). *Turkey: Background and U.S. Relations. R41368*. EE.UU.: Congressional Research Service.
- ✚ *zona-militar*. (28 de octubre de 2022). Obtenido de <https://www.zona-militar.com/2022/10/28/polonia-comienza-a-recibir-sus-primeros-drones-bayraktar-tb2/>