



**MATERIA: TALLER DE TRABAJO FINAL INTEGRADOR**

**TRABAJO FINAL INTEGRADOR**

**TEMA:**

**Los sistemas ISR y las prioridades de la Defensa**

**TÍTULO:**

**Incorporación de vehículos aéreos no tripulados en el nivel operacional desde la perspectiva logística para la defensa**

**MY CORREA BAUMAN, FRANCISCO JOSÉ**

**Año 2019**

## **RESUMEN**

En los conflictos armados actuales, sean estos convencionales o no convencionales, los sistemas aéreos no tripulados tienen un rol protagónico. Su utilización cada vez mayor se debe a varias ventajas operativas. Estos sistemas pueden cumplir misiones sin arriesgar la vida de un piloto; con la posibilidad de persistencia sobre el objetivo; adquirir, procesar y compartir información confiable en tiempo real; mejorar el análisis de datos y ampliar las capacidades ofensivas y defensivas de otros sistemas tácticos dentro del teatro. Los países con mayor experiencia de uso de estos sistemas han definido la clase III como la más adecuada para este nivel de conducción.

El objetivo principal de este trabajo es analizar la factibilidad de producción y desarrollo de un sistema aéreo no tripulado en la República Argentina, para ser empleado en el nivel operacional. Para ello, se identifican los requerimientos de misión típicos y las áreas tecnológicas involucradas en el diseño y desarrollo. Posteriormente, se realiza una comparación entre los requerimientos tecnológicos y el estado de avance en dichas áreas en la República Argentina.

La hipótesis de trabajo que se establece indica que la República Argentina no posee la capacidad para diseñar y desarrollar un sistema aéreo no tripulado clase III, para ser empleado en el Nivel Operacional. El perfil de misión básico identificado orienta hacia operaciones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento, de larga duración y media o gran altitud. Posteriormente, después de identificar la tecnología necesaria para cumplir la misión, se determina que la hipótesis no se confirma, ya que la República Argentina posee la capacidad tecnológica adecuada y la experiencia, en el sector público y privado, para encomendarse en el diseño y desarrollo de estas aeronaves.

## **PALABRAS CLAVE**

Vehículo aéreo no tripulado (VANT) – Sistema aéreo no tripulado (SANT) – Unmanned aerial vehicle (UAV) – Operacional – Drone

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
PALABRAS CLAVE.....	I
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS .....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE MISIÓN .....	6
Aproximación al enunciado de capacidades.....	6
Aplicaciones con mayor implicancia en el nivel operacional .....	9
Perfil de misión.....	9
Capacidades y apoyos.....	10
Conclusión.....	11
CAPÍTULO II: ÁREAS TECNOLÓGICAS EN EL DISEÑO Y DESARROLLO DE SANT .....	13
Aerodinámica.....	13
Estructura.....	13
Planta de poder .....	14
Construcción modular .....	15
Tipos de carga útil .....	17
Comunicaciones .....	18
Estabilidad y control.....	18
Navegación .....	19
Estaciones de Control Terrestre .....	19
Equipos y elementos de apoyo .....	20
Transporte.....	20
Conclusión.....	21
CAPÍTULO III: AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA RELACIONADOS CON LOS SANT.....	22
Aerodinámica.....	22
Estructura y construcción modular .....	22
Sistemas de control de vuelo .....	24
Planta de poder .....	24
Carga útil .....	24
Comunicaciones y Navegación .....	25
Comprobación de integración en tierra .....	26
Comprobación en vuelo.....	26
Mantenimiento y soporte .....	26
Concepto de sigilo .....	27

Conclusión.....	28
CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA .....	33
ANEXOS.....	i
ANEXO A-1: Clasificación OTAN de SANT .....	ii
ANEXO A-2: Desarrollos de SANT en Argentina .....	iii
ANEXO B-1: Tareas de combate que podría realizar un SANT. ....	iv
ANEXO B-2: Tareas de apoyo al combate que podría realizar un SANT.....	v
ANEXO B-3: Tareas de apoyo operativo que podría realizar un SANT.....	vi
ANEXO C-1: Variación de la velocidad mínima con respecto a la carga alar .....	viii
ANEXO C-2: Configuración exterior de un SANT .....	ix
ANEXO C-3: Esquema modular de un SANT .....	x
ANEXO C-4: Carga útil lanzable y no lanzable.....	xii
Sistemas no lanzables .....	xii
Sistemas lanzables .....	xiii
ANEXO C-5: Frecuencias y antenas utilizadas por SANT .....	xiv
Frecuencias .....	xiv
Tipos de antenas .....	xv
ANEXO D-1: Entrevista a personal de la Dirección de Investigación y Desarrollo.	xvi

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Desarrollo de SANT en Argentina .....	iii
Figura 2 Ambiente operativo del perfil de misión .....	vii
Figura 3 Configuración exterior típica de un SANT .....	ix
Figura 4 Vista interna modular de un SANT clase III MALE.....	x
Figura 5 Sistema electroóptico montado en torreta. ....	xiii

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación OTAN de SANT .....	ii
Tabla 2 Tareas de combate que podría realizar un SANT .....	iv
Tabla 3 Tareas de apoyo al combate que podría realizar un SANT.....	v
Tabla 4 Tareas de apoyo operativo que podría realizar un SANT .....	vi
Tabla 5 Lista de componentes internos típicos para SANT clase III MALE .....	xi
Tabla 6 Designación de bandas de radiofrecuencia .....	xiv

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Variación de la $V_{min}$ con respecto a la carga alar.....	viii
---	------

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

AO: Área de Operaciones

AR: Área de Responsabilidad

BLOS: (*Beyond Line-Of-Sight*) Más allá de la línea de visión

C2: Comando y Control

CIA: Centro de Investigaciones Aplicadas (Investigación y Desarrollo de la FAA)

CM: Comandante de Misión

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica

COMPASS: (Beidou) Sistema de satélites de posicionamiento global chino

DIGID-FAA: Dirección General de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Argentina

ECM: Estación de Control de Misión

ECT: Estación de Control Terrestre

ELINT: (*Electronic Signals Intelligence*) Inteligencia Electrónica de Señales

ELR: Estación de lanzamiento y recuperación

FAA: Fuerza Aérea Argentina

FADEA: Fábrica Argentina de Aviones

GLONASS: (*Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema*) Sistema Satelital de Navegación Global ruso.

GPS: (*Global Positioning System*) Sistema de Posicionamiento Global

HALE: (*High-Altitude Long Endurance*) Gran Altitud y Larga Duración

INVAP: Investigaciones Aplicadas

IRNSS: (*Indian Regional Navigation Satellite System*) Sistema de Navegación Regional Satelital Indio.

ISR: Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento

LOS: (*Line-Of-Sight*) Línea de Visión

MALE: (*Medium-Altitude Long Endurance*) Altitud Media y Larga Duración

NO: Nivel Operacional

OODA: Ciclo de Observación, Orientación, Decisión y Acción

OS: Operador de Sensores

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte

RAS (SAR, en inglés): Radar de apertura sintética

RI: Radiación infrarroja

SANT: Sistema Aéreo No Tripulado

SCVA: Sistema de control de vuelo automático

SGM: Segunda Guerra Mundial

SIGINT: (*Signals Intelligence*) Inteligencia de Señales

SNI: Sistema de Navegación Inercial

TELINT: (*Telemetry Intelligence*) Inteligencia de Telemetría

TO: Teatro de Operaciones

UAS: (*Unmanned Aerial System*) Sistema Aéreo No Tripulado

UAV: (*Unmanned Aerial Vehicle*) Vehículo Aéreo No Tripulado

VANT: Vehículo Aéreo No Tripulado

Vmin: Velocidad mínima

LIDAR: (*Laser Imaging Detection and Ranging*) Detección de imágenes y distancia por laser

CITEDEF: Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa

COMINT: (*Communications Intelligence*) Inteligencia de Comunicaciones

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado a nivel global el uso de Sistemas Aéreos No Tripulados (SANT), ya sea en el marco de un conflicto bélico o en operaciones particulares. Entre las ventajas que ofrecen estos sistemas se pueden mencionar las siguientes: su bajo costo de adquisición, operación y mantenimiento comparados con sistemas tradicionales; la seguridad que brinda al piloto, ya que si la aeronave es derribada no se pierde una vida humana; la posibilidad de persistencia sobre el objetivo de trabajo; y la posibilidad de ampliar el rango de capacidades operativas ya instaladas en otros sistemas.

La Argentina, a diferencia de otros países de la región, se encuentra intentando hacer su propio camino en el desarrollo de este tipo de plataformas. Sin embargo, podrían surgir requerimientos operativos que demanden componentes que no puedan ser provistos por la industria nacional en tiempo y con la calidad necesaria. Estos componentes se deberían adquirir en el mercado internacional.

Adicionalmente, se debería identificar el perfil de misión típico de un SANT para el nivel operacional y el nivel de avance requerido en las áreas tecnológicas que intervienen en su diseño, desarrollo, producción y utilización.

Un vehículo aéreo no tripulado (VANT) es un tipo de aeronave, piloteado de forma remota o por alguna computadora a bordo, es decir, no hay humanos dentro de la aeronave. Para la Administración Federal de Aviación de Estados Unidos de Norteamérica (Federal Aviation Administration, 2018) un sistema aéreo no tripulado (SANT) o UAS (en inglés Unmanned Aerial System) está compuesto por el vehículo más todos los sistemas de tierra –incluidas las personas– necesarios para su operación segura y eficiente. Por lo tanto, un VANT es un componente del SANT. Un SANT complejo puede incluir una Estación de Control Terrestre (ECT), un Operador de Sensores (OS) y un comandante o jefe de misión (CM), entre otros elementos.

Un SANT puede variar en tamaño, peso, configuración, planta de poder, etcétera; esto dependerá del tipo de tarea para la que fue concebido. De la elección de estos parámetros se obtendrán performances y capacidades de vuelo específicas. Normalmente, se los diseña con cierta capacidad de transporte de carga. Esta carga se denomina carga paga o carga útil. Suele relacionarse con sensores de todo tipo,

computadoras de abordo que procesan información, sistemas de enlace radioeléctrico, armamento, y otros elementos.

Los requerimientos de empleo de los SANT fueron evolucionando a lo largo del tiempo. En los primeros años del siglo XX se utilizaban como blanco móvil para entrenar a la artillería antiaérea de los buques de guerra, principalmente de la Marina Inglesa; también se utilizaban como bombas voladoras que se lanzaban desde catapultas instaladas en los buques, sin mucha efectividad porque el guiado era visual y el control por radio. En el mar, al poco tiempo de ser lanzado el SANT se perdía de vista. Por otro lado, durante la Segunda Guerra Mundial (SGM), el ejército alemán, utilizó por primera vez de forma efectiva el SANT V-1 en rol de misil de crucero (Haining, 2002).

En 1955 se realizó el primer vuelo de un SANT para tareas de reconocimiento, efectuado por el Northrop Radioplane SD-1 Falconer (Arjomandi, 2006). Cinco años después se realizaba el primer vuelo de un SANT de alas rotativas (helicóptero) con el Gyrodyne QH-50A (Gyrodyne, 2013). En 1998 el grupo Insitu Inc. (McGeer, 1999) realizó el primer cruce transatlántico de 3270 km en 26 horas 45 minutos con un SANT Aerosonde Laima, desde las islas Bell, Newfoundland hasta las islas Híbridas exteriores, Escocia. Mientras que en el año 2002, el Departamento de Defensa de Estados Unidos (United States, Department of Defense, 2002), afirmó que durante la Segunda Guerra del Golfo tanto los RQ-4 Global Hawk y MQ-1 Predator tuvieron un rol decisivo en tareas de reconocimiento y recopilación de información de las bases enemigas, mediante el envío en vivo de imágenes de vídeo a sus operadores en tierra.

En el caso de la República Argentina, hubo algunos desarrollos de SANT entre los que se puede mencionar, el FMA IA-59 (1972) concebido para tareas de reconocimiento; el Quimar MQ-1 Chimango (1982) desarrollado bajo el requerimiento de blanco naval y para calibración del radar de tiro de los buques de la Armada Argentina; y el Quimar MQ-2 Biguá (1983) con el rol de misil táctico de medio alcance. La empresa Nostromo desarrolló varios modelos de SANT entre los que destaca el Yarará (2009) concebido para ser utilizado en tareas de vigilancia, inteligencia, adquisición de blancos y reconocimiento (Correa Baumann, 2018).

La mayoría de los SANT utilizados en la primera década del siglo XXI se empleaban para tareas de inteligencia, adquisición de blancos, vigilancia y reconocimiento. Entre los SANT típicos para estos requerimientos se pueden encontrar al ya mencionado Global Hawk o al Herón israelí. Por otro lado, Arjomandi (Arjomandi, 2006) afirma que

en esa década también empezaron a surgir los SANT con misiones ofensivas, que eran utilizados en forma experimental y podían entrar en combate aire-aire o batir blancos en superficie con armamento de precisión. Entre ellos se puede mencionar al Boeing X45C (2006).

El estado actual en el diseño y desarrollo de SANT sugiere que los países más avanzados en esta tecnología son aquellos miembros de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) o son aliados extra-OTAN. Por consiguiente, se usa la clasificación de esta organización para caracterizar a los SANT de acuerdo con la publicación North Atlantic Treaty Organization.

En la Tabla 1 del Anexo A-1, se puede observar la clasificación de los SANT (Nato Standardization Agency, 2014) de acuerdo con el peso de la aeronave y sus performances. De allí se desprende que el tipo de vehículo empleado en el nivel operacional es la clase III para media altitud y larga duración, o gran altitud y larga duración (*MALE o HALE*, por sus siglas en inglés). Una posible utilización de estos SANT sería dar apoyo a todo el Teatro de Operaciones (TO) facilitando el comando y control (C2), ya sea desde adentro o desde fuera del TO. Por su tamaño pueden llevar dispositivos de almacenamiento de datos más grandes que los de un SANT táctico, así como unidades de procesamiento de datos más sofisticadas que permiten la interacción con unidades de inteligencia. Posiblemente, la característica más importante de estos sistemas que los convierten en útiles para el nivel operacional sea, la capacidad para interactuar con otros sistemas inter o extra-teatro en un ambiente colaborativo, que incluso podría incluir a medios en el espacio exterior.

Como referencia, se puede señalar que el SANT clase III MQ-9 Reaper, tiene la capacidad de portar misiles y bombas guiadas además de los sensores ópticos y otros equipos que lleva como carga útil. Puede volar a una distancia de 2200 km, cumplir su misión y regresar a la base, con una autonomía de 20 horas. En total, puede transportar 1.700 kg de carga útil (Turse, 2012). De acuerdo con Arkin (Arkin, 2015), para satisfacer las necesidades de los comandantes operacionales, los SANT no solo requieren de sofisticados equipos electrónicos como interceptores de señales o sensores ópticos, sino también en tierra, analistas de datos, lingüistas, analistas de imágenes, entre otros. Asimismo, es igual de importante el software de análisis de datos con tecnología de inteligencia artificial, sin el cual no se podría analizar el gran volumen de datos que proveen los sensores. Por último, no se debe olvidar la capacidad que poseen

estos sistemas para comunicarse e interactuar con otros sistemas de la estrategia nacional, como podrían ser los satélites.

A efectos de identificar las áreas tecnológicas intervinientes en el empleo operacional de un SANT clase III, se puede inferir que, al hablar de sistemas con gran capacidad de persistencia sobre el blanco, es importante la selección adecuada de la planta de poder; así como, al mencionar el rol primario que tienen las cámaras y el software asociado, se hace referencia a los sensores. Se requiere persistencia porque el ambiente operacional, es cambiante; hay un flujo constante de relaciones, actores, y acciones del enemigo, que son altamente volátiles y que pueden tener impacto estratégico si no se las detecta a tiempo (Joint Chiefs of Staff, 2011).

En la Figura 1 del Anexo A-2, se ilustran los avances argentinos de la última década –en el seno de la Fuerza Aérea– en diseño y desarrollo de SANT, destacándose los siguientes sistemas: en la clase I, el Aukan de 80 kg; en la clase II, el Vigía II A de 350 kg y en la clase III, el Vigía II B de 1.000 kg (Moresi, 2019). Por otro lado, las áreas tecnológicas típicas involucradas son las siguientes: desarrollo de software, grupo planeador, grupo propulsor, grupo sensor, grupo control y guiado, entre otras. Cada una de estas áreas requiere de componentes específicos, dominio de cierta técnica y personal idóneo. En general, en cada área tecnológica involucrada en estos sistemas hay desarrollos nacionales y también, adquisiciones externas.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el problema que se investiga es el de determinar ¿cuál es el nivel de avance tecnológico de la República Argentina con respecto al diseño y desarrollo de un SANT clase III para ser empleado en el nivel operacional? Para dar respuesta a este interrogante, se aborda la problemática que surge de la necesidad de contar con un vehículo aéreo no tripulado desde la perspectiva del ambiente operacional. Se identifican los posibles requerimientos operativos que puedan surgir del empeñamiento en un teatro de operaciones, y se retienen aquellos que se adaptan mejor a las necesidades más probables. Asimismo, se identifican las áreas tecnológicas que se deberían considerar presentes en el caso de optar por un diseño y desarrollo a nivel nacional y, finalmente, se compara lo requerido tecnológicamente con el estado de avance actual de la Argentina en las mencionadas áreas. No se discute sobre las capacidades y el empleo de los SANT a nivel táctico ni cualquier otro uso particular específico que ya esté realizando cada fuerza. Tampoco se pretende generar nueva doctrina de empleo.

La investigación es de carácter cualitativo con un diseño descriptivo y se utilizan fuentes primarias como secundarias, a la luz de la doctrina aérea vigente y basadas en trabajos de investigación, libros y publicaciones especializadas, tanto de la República Argentina como de otros países. Durante la fase exploratoria se realizan entrevistas a especialistas o expertos en la materia.

Con este estudio se espera generar una oportunidad de mejora al arte operacional, al posibilitar que el comandante cuente con una herramienta más, que podría contribuir al logro del Estado Final Deseado de la Campaña. Adicionalmente, se espera que este estudio sea útil para definir los requerimientos de diseño, o los criterios de selección, en el caso de una adquisición en el exterior. Por último, se busca generar un aporte desde el punto de vista teórico que sirva de apoyo a los organismos logísticos responsables del diseño, desarrollo y construcción de estos sistemas o a los organismos responsables de evaluar una adquisición en el extranjero.

La hipótesis propuesta establece que la República Argentina no posee la capacidad para diseñar y desarrollar un SANT clase III, para ser empleado en el nivel operacional. Por lo cual se fija como objetivo general analizar la factibilidad de investigación y desarrollo de un SANT para el nivel operacional en la República Argentina.

Para ello, se desprenden tres objetivos específicos, que son los siguientes: en primer lugar, identificar los requerimientos de misión típicos para un SANT en el nivel operacional; en segundo lugar, identificar las áreas tecnológicas intervinientes en el diseño y desarrollo de la aeronave y, por último, comparar los requerimientos de las áreas tecnológicas identificadas con el nivel de avance de la República Argentina en las mencionadas áreas.

El trabajo se estructura en cuatro capítulos. En el primero se identifica un perfil de misión típico para un SANT en el nivel operacional. En el segundo, se determinan las áreas tecnológicas más importantes influyentes en el diseño y desarrollo. En el tercer capítulo se comparan los requerimientos tecnológicos para la concepción del SANT con los avances en la materia en la República Argentina y, por último, una conclusión final, donde se recogen los resultados del trabajo.

## CAPÍTULO I: DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE MISIÓN

En este capítulo se determina el perfil de misión típico de un SANT para ser empleado en el NO. Para ello, se analizan las posibles operaciones que pudiese realizar un SANT, a la luz de la doctrina aérea argentina. Posteriormente, se determinan cuáles de esas operaciones corresponden al NO. Hecho esto, se propone un perfil de misión típico y, con él, las capacidades –equipamiento, instrumental, armamento y performances– sugeridas para cumplir con la misión.

No se analizan procedimientos para transferencia de autoridad o control durante vuelos de larga duración. Tampoco se analizan cuestiones relacionadas con legalidad, ética o moralidad devenidas del empeñamiento de estas aeronaves; ya que, si bien son temas importantes, no contribuirían a los objetivos de este trabajo.

### **Aproximación al enunciado de capacidades**

Las capacidades hacen posible el cumplimiento de la misión del comandante y se pueden expresar como acciones (Fuerza Aérea Argentina, 2014), sin considerar medios en oposición de la propia Fuerza. Normalmente, para definir las acciones, se debe responder a los siguientes interrogantes: ¿qué debe hacerse? ¿cuándo debe hacerse? ¿dónde debe hacerse? ¿cómo debe hacerse? ¿con qué fuerza, poder o medios debe hacerse? ¿apoyado con qué y en qué dirección? Se considera suficiente para definir el perfil de misión si se logra contestar a las siguientes preguntas: ¿qué debe hacerse? ¿dónde? y ¿con qué medios? Responder el *qué*, proporciona una idea de la naturaleza de la misión; el *dónde*, orienta sobre la capacidad de proyección que se necesita, ya que puede ser local –Área de Operaciones (AO)–, regional –Área de Responsabilidad (AR) o Teatro de Operaciones (TO)–, o global –más allá del Área de Responsabilidad o dentro del Área de Responsabilidad, pero proyectado desde un lugar remoto. Finalmente, *con qué* medios, da una idea de la plataforma, sensores y armamento que se necesita para cumplir la misión.

Para contestar estos interrogantes se puede utilizar, como punto de partida, a las operaciones aéreas concebidas en la doctrina aérea vigente (Fuerza Aérea Argentina, 2015). Las distintas operaciones aéreas se relacionan entre sí, formando parte de una estructura mayor denominada Campaña. Con ellas se pretende alcanzar o mantener una situación, a nivel operacional, dentro de un tiempo y espacio determinado, es decir, permiten alcanzar objetivos de la Campaña. A modo de advertencia, se debe indicar

que, en la mayoría de las operaciones aéreas vigentes en la doctrina, no figuran los SANT como medio de empleo para generar efectos.

Según su función, las operaciones aéreas se pueden clasificar en ofensivas, defensivas o de apoyo. Las operaciones ofensivas y defensivas están relacionadas con el uso de armamento, mientras que las operaciones de apoyo no se vinculan de forma directa con el uso de armamento, pero sí, facilitan o complementan la realización de las operaciones antes mencionadas.

En la Tabla 2 del Anexo B-1, se pueden observar las tareas de combate que podría realizar un SANT. Hay operaciones que son factibles con un SANT, pero como su probabilidad de éxito es tan baja, no tiene sentido incluirlas. Como ejemplo, se puede mencionar, la acción de lograr efectos sobre la capacidad aérea del enemigo después de que los medios aéreos hostiles sean lanzados. Este tipo de tarea se conoce como *defensa contra aérea* y normalmente es ejecutada por la caza interceptora propia. Adicionalmente, sumado a la calidad y cantidad de sensores y armamento necesarios que permitan su correcta ejecución, es de vital importancia tener una buena consciencia situacional de lo que está pasando en el aire, es decir, explotar el ciclo de reacción de observación, orientación, decisión y acción (OODA), más rápido que el enemigo, y en esto, al menos por ahora, un SANT no puede competir contra una aeronave tripulada.

En la Tabla 3 del Anexo B-2 se muestran las tareas de apoyo al combate que podría realizar un SANT, ya sea de forma completa o parcial. En el caso de la búsqueda y rescate en combate, los procedimientos que se pueden ejecutar de forma directa son la localización del personal y su asistencia. Estas acciones forman parte de lo que se conoce como *búsqueda y rescate en combate*.

Con respecto a la tarea de obtención de información sobre el enemigo y el ambiente operacional, es probable que sea la que mejor se adapta al empleo de SANT. Incluye procedimientos de exploración y reconocimiento a través de cualquiera de sus sensores, como, por ejemplo, radar, sensores que exploten el espectro electromagnético en sus distintos rangos, sensores meteorológicos, etcétera, incluyendo la posibilidad de realizar acciones ofensivas, en caso de portar armamento, si aparece un blanco de oportunidad.

El SANT está más limitado en el caso de la tarea de la determinación de la presencia de vehículos aeroespaciales sobre un área determinada, ya que si no tiene radar propio dependerá de un radar remoto. Los procedimientos que podría realizar son los de

detección e identificación y, eventualmente, interceptación de aeronaves lentas. En esta tarea se aprovecharía la gran capacidad de persistencia sobre una zona determinada y, llegado el caso, podría facilitar procedimientos de control aéreo.

Finalmente, se tiene el caso de la marcación de objetivos materiales. Este procedimiento forma parte de la tarea de *señalamiento de objetivos*. Ésta, es tradicionalmente realizada por fuerzas de operaciones especiales, pero podría ser ejecutada por un SANT con los instrumentos adecuados y así permitir el ataque de los medios ofensivos propios.

En la Tabla 4 del Anexo B-3, se pueden observar las tareas de apoyo operativo que podría realizar un SANT. Entre ellas se puede mencionar las de supervisión de operaciones y fuerzas asignadas como parte de la tarea de comando y control. A través de un enlace con el puesto de comando, los comandantes pueden monitorear prácticamente en tiempo real todo lo que ocurre en el TO y así acelerar el ciclo de toma de decisiones.

En el caso de la obtención de datos, procesamiento y difusión de la información, dependiendo del lugar en donde actúe el SANT, puede variar el volumen de información que produzca y las capacidades para compartirla con los distintos usuarios. Un SANT táctico –clase I o II– estará más limitado en cuanto a sus procedimientos y enfocado en zonas puntuales del TO, mientras que un SANT clase III podría cerrar el ciclo de producción de inteligencia y procesar mayor volumen de información –englobando a todo el TO–, y posteriormente, difundirla. Estos procedimientos forman parte de la tarea de Inteligencia.

Hasta aquí se ha expuesto cuáles son las tareas o procedimientos que se podría llevar a cabo mediante el empleo de SANT desde la perspectiva de la doctrina aérea vigente. A continuación, se determinan cuáles de ellas tienen aplicación con mayor implicancia en el nivel operacional.

Antes de iniciar el análisis para encontrar las aplicaciones del nivel operacional, se asume que un SANT con capacidades útiles a este nivel, tendría mayor tecnología, mayor alcance –performances, sensores, distancia, tiempo de vuelo, etcétera– y, por lo tanto, mayor peso, tamaño y consumo de energía que un SANT de nivel táctico.

Adicionalmente, si bien varias de las tareas que se pueden realizar con SANT producen efectos que se pueden explotar a nivel operacional, los medios, métodos o tecnologías

más adecuados podrían ser más bien del campo táctico. Esto implicaría que no se justifique su uso en dichas tareas.

### **Aplicaciones con mayor implicancia en el nivel operacional**

Entre las tareas aéreas clásicas, aquellas que podrían realizarse con un SANT son las siguientes: producir efectos sobre los medios aéreos enemigos antes de que éstos puedan despegar, las fuerzas de superficie que todavía no han sido empeñadas en la maniobra, el sistema de defensa enemigo o una interdicción.

En el caso de las tareas de apoyo al combate, se pueden encontrar acciones con mayor implicancia operacional. Por ejemplo, la obtención de información sobre el enemigo y el ambiente –incluye consciencia y comprensión situacional, y reconocimiento de daños–; o la exploración y reconocimiento del espectro electromagnético y acústico. Los productos de estas acciones son útiles para la toma de decisiones en el nivel táctico, operacional o militar-nacional, y se armonizan perfectamente con la capacidad de persistencia de los SANT sobre un área.

Con respecto a las tareas de apoyo operativo se rescatan como las de mayor implicancia operacional las acciones de apoyo al comando y control –para lo cual se necesita buena capacidad de enlaces, sensores acordes al teatro, y eventualmente un radar– y la tarea de inteligencia –dirección, obtención, procesamiento y difusión.

### **Perfil de misión**

Como se indicó en párrafos anteriores, los efectos ofensivos sobre medios del enemigo se pueden planificar con anterioridad pudiéndose emplear medios tradicionales o SANT para alcanzarlos, en función de una evaluación riesgo-beneficio-consecuencia. Sin embargo, los conflictos modernos muestran cada vez menos operaciones clásicas, donde se producen el choque de fuerzas tradicionales. Los TO están cada vez menos definidos o se usan áreas de responsabilidad con sus áreas de operaciones amorfas; los líderes enemigos se mueven de un país a otro y el flujo logístico también. Los efectos se logran en ventanas de oportunidad y las acciones del campo táctico, se difunden y producen consecuencias estratégicas. Los escenarios son cada vez más urbanos, con alta posibilidad de daño colateral a la población, daño ambiental y otras implicancias ético-morales; y no necesariamente se configuran en un área geográfica relativamente cercana.

Por consiguiente, se presenta un ambiente operacional donde es vital mostrar legitimidad, y legalidad en las acciones; se dispone de poco tiempo para la toma de

decisiones y las oportunidades para accionar pueden aparecer o desaparecer rápidamente. Esto direcciona el papel de los SANT en el NO hacia misiones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR) con cierta capacidad ofensiva de precisión –para empeñamiento en blancos de oportunidad– y capacidad de producción de inteligencia y su difusión de forma segura. Por ello, se requiere una aeronave que pueda operar a media-gran altitud, con gran autonomía y alcance. Adicionalmente, que pueda tener la capacidad de establecer comunicaciones seguras y confiables, tanto con los medios del nivel táctico como con la estrategia militar –o nacional– para el intercambio de información y la capacidad de operar la plataforma a nivel regional. En el Anexo B-4 se muestra el entorno del perfil de misión.

### **Capacidades y apoyos**

La literatura especializada (Development, Concepts and Doctrine Centre, 2017) indica que para referirse a un sistema de aviones no tripulados de nivel operacional se necesitan cuatro aeronaves; dos estaciones de control terrestres; equipos de comunicaciones y enlace de datos; kits de armamento; equipos de apoyo; simulador y servicios de entrenamiento; repuestos iniciales; entrenamiento para mecánicos e información técnica –manuales y cursos–, personal para operación y sostenimiento –montaje, transporte y mantenimiento– del sistema.

Los SANT clase III normalmente salen a misiones ISR hacia un sector previamente planificado. Sin embargo, también admiten ajustes en los parámetros de misión y sensores *ad hoc* para su adaptación a las necesidades que puedan surgir en el momento. Los sensores son variados, pero básicamente permiten encontrar, fijar y seguir objetivos en tierra. Esto lo pueden hacer asistidos por inteligencia artificial –algoritmos de reconocimiento automático de objetivos–, comparando las imágenes con bibliotecas de objetivos o de forma manual. Adicionalmente, otros sensores están a la “escucha” de alguna firma electrónica de interés pudiendo rastrear su naturaleza y posición. Hecha esta identificación, la información se envía en tiempo real a un centro de datos en tierra, donde se integra con otra información formando una gran base de datos. Estos centros de comando poseen capacidades de cómputo y elaboran productos de optimización y pronósticos que los comandantes pueden utilizar como apoyo a la toma de decisiones.

Como equipamiento básico se pueden citar sensores de vídeo, electroópticos e infrarrojos. Normalmente, se instalan cámaras de vídeo de alta resolución, que están optimizadas para la identificación de personas o elementos hostiles, tanto en modo

diurno como nocturno. Adicionalmente, suele montarse un designador y telémetro láser que se podrían usar con armamento propio o de otras aeronaves en vuelo; así como también, se puede disponer de un radar de apertura sintética e indicadores de movimiento terrestre. Todos los datos de los sensores se suelen integrar y procesar en vuelo para evitar la saturación de los enlaces a tierra. Opcionalmente, se podría contar con sensores para inteligencia de señales; cámaras multi e hiper espectrales; radares para detección de blancos debajo del follaje; entre otros.

El control típico de la aeronave puede ser manual –línea de visión– o mediante *data link satelital* –más allá de la línea de visión– o vuelo programado automático. Los *data link* pueden operar en banda Ku o banda C. La tripulación básica normalmente consiste en un piloto y un operador de sensores. El personal de apoyo en la base operativa depende de los sensores, pero ronda los 20 especialistas por aeronave.

Con respecto a la planta de poder, se suele usar un turbopropulsor, de alrededor de 900 shp, lo permite un peso máximo de despegue cercano a los 4.500 kg; con velocidades típicas de 160 kts –crucero–; 250 kts –no exceder– y 120 kts para circuito de vigilancia –persistencia. El alcance ronda los 5.900 km dependiendo de la carga útil, con un radio de acción de 3.000 km aproximadamente y la altura de operación normal es de 25.000 ft. pero puede operar hasta 50.000 ft. La autonomía de vuelo ronda las 18 horas, dependiendo de la carga útil. Para el despegue y aterrizaje se requiere una pista e instalaciones para la ECT.

Con respecto al armamento, lo típico es el misil aire-superficie Hellfire y hasta dos bombas guiadas tipo Paveway II de 500 libras. En el caso del HellFire, el operador lo puede lanzar en una dirección aproximada al blanco y el sistema de puntería del misil –basado en láser– se encarga del ajuste final. La carga total que se podría colocar en los puntos de anclaje subalares ronda los 1.400 kg.

### **Conclusión**

Se han expresado las capacidades de los SANT en términos de acciones, con el objetivo de definir un perfil de misión típico, aplicable en el nivel operacional. Las respuestas a los interrogantes ¿qué? ¿con qué medios? y ¿dónde? orientaron sobre la naturaleza de la misión; los medios necesarios; y el lugar, ya que esta última variable delimita las responsabilidades en los distintos niveles de conducción. Se tomaron las operaciones y tareas vigentes en la doctrina aérea argentina y se determinó cuáles de ellas podían ser

llevadas a cabo por los SANT, y luego se seleccionaron aquellas con mayores implicancias en el nivel operacional.

Se definió un perfil de misión con sus tareas asociadas y una aproximación a los medios –capacidades– necesaria para cumplirla. Se determinó que se necesita un SANT que pueda operar en media o gran altitud, desde fuera del teatro –alcance regional– con capacidad ISR y de comunicaciones para establecer enlace con los distintos niveles de conducción.

En lo que respecta a las capacidades y material de apoyo, se hizo una propuesta de equipamiento y de fuerza de trabajo, tomando como base otros SANT clase III, pero sin entrar en detalles de diseño y al solo efecto de proporcionar una orientación.

En el nivel operacional se podrían emplear, satisfactoriamente, un SANT clase III MALE o HALE. Sin embargo, para acotar el análisis, se selecciona uno de ellos. Debido a que la OTAN propone al SANT clase III MALE como aeronave de uso normal en el nivel operacional, se elige esta categoría para continuar con el estudio.

## CAPÍTULO II: ÁREAS TECNOLÓGICAS EN EL DISEÑO Y DESARROLLO DE SANT

En este capítulo se identifican las áreas tecnológicas que intervienen en el diseño y desarrollo de SANT. Ellas son: aerodinámica; estructura exterior y forma; planta de poder; tipo de construcción; detectabilidad; carga útil; sistemas de comunicaciones; sistemas de estabilidad y control; sistemas de navegación; estaciones de control; equipos de apoyo y transporte. Si bien se ha determinado en el capítulo I que la misión típica de un SANT clase III MALE puede incluir el uso de armamento, no se desarrolla su uso, dada la complejidad que requiere su abordaje por su naturaleza específica y porque sin su consideración el SANT cumple igualmente la misión el NO.

### **Aerodinámica**

La aerodinámica es una de las áreas que se encuentran en constante evolución, ya que las formas exteriores varían y con ellas las distintas performances de la aeronave. Los parámetros clásicos de interés son la *resistencia inducida*, la *resistencia parásita*, y una vez obtenidas éstas, la *resistencia total* del modelo. Un refinamiento del estudio aerodinámico podría significar el ahorro de combustible y con ello conseguir mayor autonomía de vuelo. Otro parámetro que interesa es la *sustentación*, ya que es la fuerza que se opone al peso y permite el vuelo del SANT. Estas fuerzas, se relacionan con una variable geométrica del ala llamada *alargamiento*. El gran alargamiento del ala, habitual en los SANT clase III, contribuye fuertemente a la autonomía de vuelo. Adicionalmente, para que haya velocidad se requiere de una fuerza de *empuje*, que debe superar a la resistencia total. El empuje es provisto por el motor.

Un producto típico que integra estos conceptos podría ser lo que se conoce como *velocidad mínima* ( $V_{min}$ ), que representa el límite entre permitir que el empuje supere a la resistencia y que la sustentación supere al peso, es decir, que la aeronave pueda volar (Austin, 2010). Por consiguiente, la  $V_{min}$ , orienta sobre la velocidad necesaria para el despegue del SANT. El Gráfico 1 del Anexo C-1 muestra la relación existente entre la  $V_{min}$ , la carga alar y la altura de vuelo para dos tipos de SANT clase III, MALE y HALE –Predator B y Global Hawk, respectivamente.

### **Estructura**

La forma de la estructura exterior en conjunto con las superficies de sustentación y de control permiten que la aeronave sea más o menos estable en los distintos escenarios de maniobra. Para cada configuración o cambio que se haga en estos elementos, hay que

reiniciar el ciclo de todos los cálculos previos ya que puede haber cambios en la sustentación, centro de gravedad, etcétera. Si se decide modificar la posición de un ala, por ejemplo, si se corre hacia atrás de la aeronave, se generan efectos aerodinámicos y de estabilidad distintos a los originales que requerirán la modificación de alguna otra parte de la estructura para contrarrestarlos. Las mismas alteraciones se pueden producir si se decide cambiar de lugar el motor –por ejemplo, si se lo ubicara en la parte trasera de la aeronave, cuando antes estaba adelante.

Lo que se busca con la estructura exterior es que *capture* las cargas aerodinámicas y las utilice para lograr equilibrio entre las fuerzas aerodinámicas, resistencias, momentos, pesos y fuerzas de empuje alrededor de un centro aerodinámico determinado.

En la Figura 3 del Anexo C-2, se pueden visualizar los distintos tipos de configuración exterior que puede adoptar un SANT. En el caso de un SANT clase III MALE, la configuración típica es con grupo de cola –timón de profundidad y dirección– en la parte de atrás del fuselaje para proporcionar estabilidad aerodinámica. Esto se debe a que, por su perfil de misión, deben concentrar carga inercial en otros lugares –por ejemplo, en la parte de adelante o central de la aeronave para alojar equipamiento y combustible. Al tener las superficies sustentadoras de los timones en la cola, se logra oposición a las cargas inerciales consiguiendo el equilibrio y así un vuelo recto y nivelado.

Por otro lado, para obtener un largo alcance, se necesita volar a gran altitud, con un ala larga para reducir la resistencia inducida. Sin embargo, el área no debe ser mayor que la necesaria para el despegue a una velocidad y longitud de pista razonable, y para una velocidad mínima de vuelo aceptable en altitud –de lo contrario aumentará la resistencia parasita. Esto lleva a la necesidad de seleccionar alas de gran alargamiento para este tipo de SANT.

### **Planta de poder**

Se debería tener presente que, si se pensara desarrollar un motor en paralelo con la aeronave, podría ocurrir que el motor no cumpliera con el rendimiento esperado en los ensayos de integración o podría ser que su desarrollo no estuviera terminado a tiempo en concordancia con la aeronave. Por consiguiente, si existe una planta de poder en el mercado ya desarrollada y probada, se debería intentar su uso si es que permite el cumplimiento de los requerimientos de misión. Además, se debería tener en cuenta el soporte logístico del motor en el largo plazo, así como su vida útil. En los SANT clase

III se suelen usar motores de combustión interna o turbocompresores. En particular para los SANT clase III MALE se tiende a usar motores de combustión interna de cuatro tiempos y refrigerados por aire. Como ejemplo, se puede citar al MQ-1 Predator o al IAI Heron, ambos con un motor Rotax 914. En el caso de un SANT clase III, para gran altitud y larga duración (HALE), como vuelan a mayor altura, lo normal es el empleo de turbocompresores, por ejemplo, el MQ-9 Reaper que usa el turbopropulsor Honeywell TPE331-10.

Un turbocompresor puede ser un turboreactor o turboeje. El primero produce empuje a partir de un flujo de gases de alta velocidad. El segundo produce potencia sobre un eje de salida, que puede ser una hélice o un rotor de helicóptero. En su forma básica, un turbocompresor consta de un conjunto compresor, una cámara de combustión donde se aceleran los gases y un conjunto turbina que mueve al compresor.

Otra opción disponible la constituyen los motores eléctricos. Éstos convierten la energía eléctrica en energía mecánica para mover una hélice, un fan o un rotor. La energía eléctrica la suministra una batería, una celda fotovoltaica o una celda de combustible. La ventaja de estos motores es que suelen ser más silenciosos que los de combustión interna o los turbocompresores y también tienen baja firma térmica. Como desventaja se puede afirmar que no proporcionan gran autonomía de vuelo, ni permiten desarrollar grandes velocidades. Por consiguiente, los motores eléctricos no constituyen la tecnología adecuada para un SANT clase III.

### **Construcción modular**

La construcción modular permite la fabricación por separado de los componentes con la ventaja de que se puede probar en banco el funcionamiento de cada parte por separado. Además, en el caso de adquirir en lugar de fabricar, permite exigir el cumplimiento de normativa de calidad, de tal manera que, al realizar la integración final, se pueda contar con las piezas o componentes ya certificados, restando solamente la prueba de funcionamiento en conjunto. La planificación de la construcción por módulos es una parte importante del diseño ya que permite asignar responsabilidades particulares a distintos grupos de trabajo y, de esa forma, se logra especificidad y trabajo en paralelo, evitando la secuencialidad.

La carga útil principal se concentra en la zona de la nariz de la aeronave posibilitando el acceso a ella a través de una cúpula o radome. Al diseñar la ubicación y manipuleo de la

carga útil se debe tener en cuenta su posición con respecto del centro de masa de la aeronave para evitar actuaciones de vuelo inestables.

En la Figura 4 del Anexo C-3 se muestra una disposición modular típica y en la Tabla 5 del mismo anexo se listan todos los componentes que se podrían tener en cuenta para la disposición. En la construcción modular, se puede identificar, a grandes rasgos, tres zonas de organización de componentes. En la zona 1, se concentran la mayoría de los componentes electrónicos y la carga útil principal. En la zona 2, se concentran los componentes cuyo peso puede variar con el tiempo –ya que se encuentra cerca del centro de gravedad–, por ejemplo, las celdas de combustible, armamento, etcétera. Finalmente, en la zona 3, se ubican aquellos elementos que podrían perturbar a los equipos electrónicos de la zona 1 o las fuentes de poder, como las baterías o motores. Adicionalmente, se suelen instalar equipos especiales, entre los cuáles se pueden encontrar alternadores eléctricos, actuadores, sistemas de datos de vuelo, sensores de vuelo –altitud, velocidad, ángulo de ataque, acelerómetros–, baterías adicionales, sujetadores, equipamiento de iluminación externa, antenas, etcétera.

### **Concepto de sigilo**

Es deseable que un SANT permanezca la mayor parte del tiempo posible sin ser detectado por los sistemas de vigilancia y alerta temprana del enemigo. El motivo de esto es que favorece la tarea de reconocimiento y porque, una vez detectado, es muy vulnerable al punto que puede ser derribado con un arma de puño.

Cuando se menciona la capacidad de operar sin ser detectado, se hace referencia a cuatro tipos de firmas; ellas son: la acústica; la óptica; la infrarroja; y la de radar (Austin, 2010). Lo que se busca es que cada una de estas firmas sea percibida por el sistema de vigilancia enemigo por debajo de un cierto umbral, es decir, que no se elimina totalmente la firma.

El ruido que genera un SANT proviene principalmente de la formación de vórtices de puntera de alas y de hélices, y las plantas de poder, resultando los motores de combustión interna más ruidosos que los turbomotores. Para estas fuentes de ruido se pueden aplicar soluciones que lo pueden atenuar, pero siempre a costa de algún parámetro importante, por ejemplo, el peso o la potencia disponible del motor.

La posibilidad de que el SANT sea detectado visualmente, depende de los siguientes parámetros: el tamaño y la forma de la aeronave; el contraste con el entorno; los efectos

atmosféricos –gotas de agua o polución–; movimiento de la aeronave –estímulo a la atención del ojo humano–; el tiempo de exposición a la vista –una aeronave que vuela a 150 km/h a 1.000 m de altura demora 80 segundos en aparecer y desaparecer del horizonte–; el estado de alerta del observador y el exceso de superficies reflectantes en la aeronave –incrementa la posibilidad de reflejos del sol.

Las fuentes de calor emiten radiación infrarroja (RI) que son absorbidas más fácilmente por moléculas de agua y dióxido de carbono presentes en la atmósfera. Las frecuencias de RI que pueden atravesar la atmósfera se encuentran en las bandas cuya longitud de onda se ubica entre 3-4 y 8-12 micrómetros. Por lo tanto, los sensores deberían estar diseñados para recibir en estas bandas. Las fuentes de calor más significativas son los motores y, en menor medida, los componentes electrónicos. También se puede considerar como fuente de calor a ciertas partes del fuselaje que se calientan con la velocidad –fricción del aire.

La firma de radio se refiere a la emisión de radiofrecuencias por parte de los equipos de la aeronave y equipos de la Estación de Control Terrestre (ECT), por lo tanto, se debería seleccionar el equipamiento teniendo en cuenta su minimización.

Finalmente, se tiene la firma radar, que es una frecuencia electromagnética reflejada en la aeronave y captada por un receptor –radar. Esto direcciona hacia la selección de materiales y pinturas absorbentes de dichas emisiones o hacia la concepción de formas irregulares que disminuyan el tamaño de esa firma.

### **Tipos de carga útil**

La carga útil es aquella necesaria para cumplir la misión asignada. Sin embargo, la aeronave debería poder volar sin ella, es decir, la carga útil no aporta a la capacidad de volar. Por consiguiente, se pueden identificar dos elementos distintos; por un lado, la carga útil y, por otro, la plataforma necesaria para transportarla y alimentarla de energía.

Si se profundiza un poco más en el concepto, se puede clasificar la carga útil en dos grupos. El primero de ellos, podría constituirse por aquellos componentes como cámaras, radares, antenas u otros sensores que no son lanzables, es decir, que permanecen en la aeronave durante el vuelo. El segundo grupo se podría constituir por aquellos elementos que son lanzables; por ejemplo, armamento, fluidos, correo, u otros

elementos que requieren ser entregados en terrenos difíciles. En el Anexo C-4 se presenta una descripción más detallada de la carga útil lanzable y no lanzable.

### **Comunicaciones**

Básicamente, las comunicaciones que se deben considerar son de dos tipos. La primera de ellas es para el comando y control de la aeronave. Este enlace se produce entre la ECT y la aeronave. Puede ser directa o a través de un enlace de datos satelital, si se encuentra fuera del rango visual. El otro enlace importante es el de los datos que vuelven de la aeronave hacia los distintos consumidores. Claramente uno de esos consumidores es la ECT pero podría ser también otro sistema terrestre o aéreo.

El método más usado de comunicación entre un SANT clase III y la ECT suele ser a través de ondas de radio. Otros métodos pueden ser por fibra óptica o por láser, pero no se usan con esta categoría de aeronaves por tener algunas limitaciones operativas. En el Anexo C-5 se detallan las frecuencias más usadas en SANT clase III y sus particularidades.

### **Estabilidad y control**

La estabilidad del vuelo depende fuertemente del tipo de configuración del SANT, es decir masa, forma, aerodinámica, etcétera. Se puede definir control como el medio para dirigir la aeronave a la posición, orientación y velocidad requeridas, mientras que estabilidad es la capacidad que tiene la aeronave para mantenerse en los estados deseados (Austin, 2010, p. 155). Si el SANT es *inestable* una simple ráfaga de viento podría sacarlo de su condición de vuelo y no volvería por sí mismo a la condición anterior.

Para el control de la aeronave se necesita un sistema de control de vuelo automático (SCVA), en cuyo interior se encuentra el autopiloto. El SCVA es básicamente una computadora de vuelo que recibe, por un lado, los datos de vuelo actuales proporcionados por los sensores y, por otro, las órdenes del piloto. Cuando recibe una orden de cambiar la actitud de vuelo del avión la compara con la actitud de vuelo vigente, y si hay diferencia emite una instrucción al sistema de servos o a la planta de poder para que se efectúen los cambios sobre las superficies aerodinámicas o el motor. En el caso de SANT de ala fija, lo que se controla es la velocidad horizontal, la dirección; la altitud y la tasa de ascenso.

## **Navegación**

### Sistemas de Posicionamiento Global

Tanto la computadora de vuelo del SANT como la ECT deben conocer la posición de la aeronave en todo momento. Esto se logra, normalmente, utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El sistema GPS consiste en 24 satélites que orbitan la tierra a 20.000 km. Cada vez que el SANT quiere saber en qué posición está, 4 satélites GPS se conectan con el receptor a bordo y le proporcionan esa información. Las frecuencias de radio utilizadas están en banda L –1,1-1,6 GHz. Además del sistema GPS –norteamericano–, también están disponibles otros como el Galileo –Unión Europea–, GLONASS –ruso–; BEIDOU 3 –chino– e IRNSS –hindú–. Gracias a estos sistemas es posible al vuelo más allá del rango visual.

### Sistemas de navegación inercial (SNI)

Un sistema de navegación inercial no depende de entradas externas de geolocalización. Funciona con dispositivos que detectan el movimiento –giróscopos y acelerómetros– midiendo aceleraciones y cambios en la orientación espacial. El sistema se configura en una posición inicial y, a partir de allí, los giróscopos y acelerómetros almacenan los cambios producidos durante el vuelo y, en determinado momento, la computadora de vuelo recoge los datos de éstos y los integra, determinando así la posición de la aeronave. Estos sistemas se componen de elementos que tienen fricción, la que introduce errores pequeños en la estima del movimiento. Cada cierto tiempo estos errores se hacen tan grandes que hay que actualizarlos con una entrada de algún corrector exterior –puede ser un GPS, una brújula, radares Doppler, entre otros.

### **Estaciones de Control Terrestre**

La estación de control puede estar en el aire –avión–, en el mar –buque– o en tierra. En este trabajo, se hace foco en la ECT ya que es el tipo de estación típico para un SANT en el NO. En ella se puede planificar la misión, o directamente operar la aeronave en todas las etapas del vuelo. No solo se puede comandar la aeronave, sino que también, la carga útil y los sensores. También se recibe la información que envía el SANT. Adicionalmente, se puede monitorear el estado de salud general de la aeronave y de la carga útil, así como también se tiene acceso a datos de importancia como podrían ser los meteorológicos.

En el caso de SANT clase III MALE la ECT puede ser fijo o móvil –remolque. Normalmente, hay dos operadores, el piloto y el operador de carga útil. Puede haber un

responsable de misión y otros operadores de carga útil dependiendo de la complejidad del sistema. La información de vuelo y de los sistemas se presentan en monitores. También debería contar con un sistema de comunicaciones satelital y sistemas de radio de largo alcance para el envío de comandos y datos a la aeronave. Todo este equipamiento genera calor, lo que implica la necesidad de contar instalaciones de aire acondicionado. Como las misiones pueden durar varias horas se necesitan instalaciones auxiliares para el descanso, higiene y racionamiento del personal.

Podría ocurrir que se requiera llevar a cabo la operación del SANT desde dos lugares distintos. Por ejemplo, Una ECT cerca del TO, podría encargarse del despegue y aterrizaje –esta se denomina Estación de Lanzamiento y Recuperación (ELR)–; y otra –denominada Estación de Control de Misión (ECM)– a varios kilómetros de distancia, podría encargarse del control de la aeronave una vez en vuelo. Esto es útil, sobre todo cuando hay un interés particular por parte de la Estrategia Militar o Nacional en controlar una misión específica.

La ECM es más grande que la ELR, ya que, por lo general, tiene capacidad para controlar a varios SANT en simultáneo. Adicionalmente, cuenta con más equipos de comunicaciones pudiendo actuar como centro de comando con capacidad de interactuar con otras agencias de inteligencia.

### **Equipos y elementos de apoyo**

Las herramientas y equipos de apoyo que suelen acompañar a la aeronave son los de primer y segundo escalón de mantenimiento. Los repuestos y herramientas especiales, que no sean de uso común pueden permanecer en otro lugar para no dificultar la movilidad. Los elementos de apoyo con los que se debería contar en la primera línea son los siguientes: manuales de operación y mantenimiento; consumibles iniciales, –por ejemplo, combustible, aceite, dispositivos de grabación o elementos de limpieza–; herramientas para el servicio de primera línea; repuestos críticos –a criterio del jefe de mantenimiento–; vehículos de apoyo –por ejemplo, carro generador eléctrico– y herramientas especiales.

### **Transporte**

Un SANT clase III MALE puede ser operado desde una base aérea y permanecer fijo en ella o puede ser desplegado, en cuyo caso requiere un transporte de tamaño considerable, que podría ser un camión con utillajes especiales y sistema de amortiguamiento acorde para no dañar las piezas. Las de ECT o ECM, por lo general,

requieren un camión grande ya que sus dimensiones pueden alcanzar los 20 metros de largo. Una ELR normalmente, se puede paletizar, por ejemplo, en dos palets para su despliegue en un C-130.

### **Conclusión**

En este capítulo se han identificado las áreas tecnológicas más importantes intervinientes en el diseño y desarrollo de un SANT clase III para ser empleado en el NO.

En el área de aerodinámica se relacionaron los conceptos de resistencia, sustentación y empuje, y su relación con la geometría del ala y su alargamiento. Adicionalmente, se indicó la influencia de estas variables con la autonomía de vuelo. Se mostraron las distintas configuraciones de la estructura exterior y planta de poder, y se visualizó el concepto de diseño modular para una óptima distribución de los componentes sobre la estructura.

Se presentó cuáles deberían ser las consideraciones más importantes para lograr un diseño más sigiloso, teniendo en cuenta que los SANT son muy vulnerables al ser descubiertos, y se determinaron los tipos de carga útil típicos en función de la misión y tipo de aeronave.

Con respecto a las comunicaciones, se identificaron las frecuencias típicas, anchos de banda y antenas necesarias para los enlaces entre la aeronave y la ECT. Se describió el principio de funcionamiento básico de un sistema de control de vuelo automático y su influencia en la estabilidad y el control de la aeronave, así como los sistemas de navegación más usuales.

Finalmente, se describieron las distintas opciones de ECT y los componentes básicos que las conforman, incluyendo el apoyo logístico y las distintas opciones de transporte en función de las necesidades operativas.

### **CAPÍTULO III: AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA RELACIONADOS CON LOS SANT**

En este capítulo se comparan los requerimientos de las áreas tecnológicas intervinientes en el diseño y desarrollo de un SANT clase III MALE con los avances alcanzados en la República Argentina en dichas áreas. Se hace foco en aquellas áreas que podrían presentar diferencias con el diseño y desarrollo de una aeronave convencional. Es decir, no se desarrollan en profundidad áreas tecnológicas comunes, por ejemplo, aerodinámica, por entenderse que la República Argentina las domina claramente debido a los desarrollos de aeronaves del pasado. No se desarrollan conceptos de aeronavegabilidad que son importantes para el posterior proceso de certificación, ya que esta área no está dentro de los objetivos de investigación y su desarrollo puede implicar un estudio con extensión propia. Por último, tampoco se desarrollan los sistemas de lanzamiento y recuperación por considerarse que no son aplicables en el diseño y desarrollo de SANT clase III MALE.

#### **Aerodinámica**

Con respecto a las consideraciones de aerodinámica, se puede afirmar que, debido a los desarrollos históricos de la República Argentina en materia aeronáutica, no implican una barrera para el diseño y desarrollo de SANT clase III MALE. No solo se cuenta con mano de obra calificada para el diseño y construcción, sino también con varios túneles de viento en el país para el estudio de diversos fenómenos en regímenes de vuelo subsónicos o supersónicos. Adicionalmente, cabe destacarse que los mencionados túneles son cada vez menos utilizados, sobre todo si el SANT no tiene una estructura compleja o fuera de lo estándar. En su reemplazo, y para abaratar costos, se están utilizando diversas herramientas informáticas –privativas o libres– de cálculo numérico.

#### **Estructura y construcción modular**

La complejidad estructural depende del diseño que se haya concebido. La lista de materiales que se pueden seleccionar para la construcción es extensa y variada. La superficie exterior puede ser de material compuesto fibra de vidrio, aramida o carbono o de chapa normalmente, algún tipo de aluminio aeronáutico. Algunas partes internas podrían ser mecanizadas, sobre todo los elementos estructurales primarios, y la combinación de materiales podrá diferir según la función de cada elemento. La estructura interna tendrá, cuadernas, costillas, largueros, varillas, etcétera, que se unirá a la externa mediante elementos de fijación como bulones o remaches. Los materiales

pueden ser aceros, bronces, teflón, o varios tipos de aluminio con distintos tratamientos térmicos.

Todas estas partes deberían ser diseñadas y ensambladas en una maqueta digital previa a la orden de fabricación, utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD). Los planos deberían contener las tolerancias necesarias para el mecanizado –cuando se mecaniza se necesita un volumen mayor para sujetar la pieza con la herramienta– y los acabados superficiales.

Las alas y el resto de las superficies de control podrían ser de material compuesto o de chapa. La estructura exterior o fuselaje captura las cargas aerodinámicas y las transmite a la interior; a su vez los elementos estructurales interiores sirven de soporte a los componentes internos.

Todas estas tecnologías han sido ampliamente desarrolladas en Argentina tanto en el sector privado como en el estatal. En el ámbito de la Fuerza Aérea, las unidades que dominan esta tecnología son las Áreas de Material –ubicadas en Quilmes y Río Cuarto. Las universidades nacionales tienen laboratorios donde se pueden realizar ensayos de resistencia de materiales y de fatiga y hay otros organismos como la Fábrica Argentina de Aviones (FADEA) y la empresa Investigaciones Aplicadas (INVAP), que son empresas de alta tecnología y dominan ampliamente el problema estructural.

Otro elemento importante que, si bien no es estructural, está vinculado a ella, es el tanque de combustible. Podría ocurrir que cierta parte de la estructura, por ejemplo, el ala, fuera sellada por dentro para constituirse en tanque de combustible; o podría ser que el tanque fuera un elemento compuesto, por ejemplo, de alguna goma, y estuviese ubicado dentro de la estructura. Esta tecnología también es dominada por los organismos antes mencionados e incluso privados como la empresa Aerotanques S. A.

En cuanto al diseño y desarrollo de trenes de aterrizaje, se puede advertir que no hay problemas para concebirlos siempre y cuando sean de diseño simple –fijos o retráctiles. Un tren de aterrizaje simple puede ser fijo, sin muchas piezas y con algún elemento para absorción de la energía de impacto –amortiguador. Los trenes de los SANT son simples y en su mayoría fijos. Esta tecnología también está dominada en Argentina.

Finalmente, otro elemento importante, que no tiene función estructural, pero está relacionado con ella, son las mangueras y cañerías. Algunas son para transportar fluidos de alta presión, con importantes funciones en el sistema de control de la aeronave;

mientras que otras transportan fluidos con baja o media presión con funciones de lubricación o transferencia de temperatura. Argentina también posee experiencia en el diseño y desarrollo de estos elementos.

### **Sistemas de control de vuelo**

La estabilidad del vuelo depende de parámetros aerodinámicos, posicionamiento de carga, formas y posiciones de superficies y del motor. Todo eso influye en los esfuerzos que tendrán que hacer los actuadores, que pueden estar accionados por motores eléctricos. La fuerza que debe hacer un actuador para mover una superficie de control es regulada por el autopiloto con la correspondiente configuración de ganancias. De acuerdo con un informante clave de la DIGID-FAA (Informante clave, 2019, Preg. 14 y 15), se ha venido trabajando mucho con las universidades y las Fuerzas Armadas en lo que respecta al desarrollo de autopilotos y su integración con la aeronave. Hasta ahora se lograron integrar varios autopilotos. Como ejemplo, se pueden citar el Aukan y el Vigía, que son SANT en proceso de desarrollo por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea.

### **Planta de poder**

Son pocos los países que tienen la capacidad de fabricar motores aeronáuticos. Argentina hizo algunos desarrollos de motores alternativos en el pasado –en lo que hoy es FADEA. En lo que respecta a turboreactores, hay un fabricante privado que puede proveer soluciones turboejes y turbofan para aviones pequeños –200 HP–, que se podrían adaptar a SANT clase III. Se trata de la empresa Labala que ha logrado un nivel de desarrollo en sus turbomotores, con el apoyo de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). También hay un desarrollo menos ambicioso en el Instituto Universitario Aeronáutico de un micro reactor de 50 kg de empuje. El resto de las opciones son extranjeras, por ejemplo, el caso de los motores Rotax que se pueden adquirir con proveedores locales. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que una planta de poder no solamente contiene el motor, sino también a todos los elementos asociados, por ejemplo, intercambiadores de calor, plenums, y otros accesorios.

### **Carga útil**

Como se vio en el capítulo II, existe una gran variedad de componentes que se pueden utilizar en un SANT de clase III, que van desde simples cámaras a sistemas multispectrales más complejos. Es normal que haya proveedores específicos para cada tipo de elemento. Es difícil establecer hasta qué punto estos sistemas son de producción local, porque siempre hay alguna parte de estos elementos que se adquieren en el

exterior. En lo que respecta a inteligencia de señales (SIGINT, ELINT, TELINT), hay avances importantes realizados en la Fuerza Aérea, prácticamente sin usar productos importados, sino más bien productos industriales locales (Informante clave, 2019 Anexo 1, Preg. 9).

En lo que respecta a la adquisición y procesamiento de imágenes, la empresa FIXVIEW ha desarrollado un sistema que integra tecnología de giroestabilización; cámara diurna y nocturna; sensor térmico y designador láser. Como ejemplo de esta capacidad se puede mencionar su reciente integración en el avión Pucará. En referencia al radar de apertura sintética, la empresa INVAP ha realizado desarrollos e integración en aeronaves de la Armada y próximamente se prevé su integración en el Pucará.

### **Comunicaciones y Navegación**

Argentina ha desarrollado tecnología de comunicaciones aplicable al comando y control de la aeronave, desde la tecnología simple radial hasta el uso de comunicaciones satelitales mediante data link. Si bien las experiencias con el uso de data link se basan en satélites comerciales extranjeros de la red IRIDIUM, también existe la posibilidad de establecer el enlace a través de satélites de comunicaciones locales de la empresa ARSAT. Por otro lado, lo que presenta un mayor desafío técnico, es la integración de la antena direccional en el SANT, que requiere de una plataforma giroestabilizada que permita su movimiento, y seguir a la fuente, en función del movimiento de la aeronave. Estas plataformas se pueden desarrollar en el país o pueden ser adquiridas en el exterior. Con respecto a la navegación, se cuenta con la tecnología para que se realice de forma visual o mediante enlace satelital.

### **Comprobación de integración en tierra**

Una vez ensamblados todos los componentes y antes de los vuelos de prueba, se deben llevar a cabo pruebas de funcionamiento de todos los sistemas. Por ejemplo, para comprobar el funcionamiento del sistema eléctrico se energiza la aeronave con los vehículos de apoyo terrestres. De esta manera, se puede comprobar el funcionamiento del radar, las antenas y las comunicaciones. Luego se pueden realizar distintas puestas en marcha de motor para comprobar el circuito eléctrico interno –sin energía externa–, así como también, el funcionamiento del resto de los sistemas. En estas tareas, que son más operativas, también se posee gran una gran experiencia en Argentina.

### **Comprobación en vuelo**

Cuando el SANT realiza los primeros vuelos, solamente debiera llevar a bordo los componentes esenciales para realizarlos, sin embargo, la aeronave debería volar con todo el peso previsto. Es así porque se necesita verificar su estabilidad y control en vuelo. Por consiguiente, se pueden montar contrapesos en lugar de los componentes de carga útil, para evitar su pérdida en caso de accidente.

En vuelo se deben comprobar todos los sensores y la calidad de los enlaces en distintas posiciones de maniobra ya que allí podrían surgir maniobras en las que se corten las comunicaciones. De este estudio surge la posición definitiva que tendrán las antenas o la necesidad de instalar antenas adicionales en otro lugar.

### **Mantenimiento y soporte**

Cualquier aeronave necesita un sistema de mantenimiento y soporte para que pueda volar de forma segura y confiable durante toda su vida útil. El sistema de mantenimiento contiene un programa de inspecciones, reemplazo de componentes y servicios varios que posibilitan que la aeronave restituya la salud de sus componentes y pueda operar de forma segura. Los componentes van perdiendo salud a medida que pasan las horas de vuelo, incluso pierden salud, aunque no se vuela. Esa pérdida de salud puede venir en forma de fatiga del material, corrosión, desgaste mecánico, sobre esfuerzos, entre otros. El personal necesario para brindar soporte es un verdadero sistema en sí mismo y cumplen roles de dirección de políticas de mantenimiento, control, ejecución, etcétera. Por este motivo, se requiere que el personal tenga una certificación en su competencia específica, es decir, que cada personal tenga aptitud técnica y legal. Las máquinas y herramientas necesarias para llevar a cabo el soporte del SANT también son específicas y cuentan con certificación. Todo este sistema de soporte es monitoreado por una autoridad militar de aeronavegabilidad.

### **Concepto de sigilo**

Como se mencionó en el capítulo II, es deseable que un SANT permanezca la mayor parte del tiempo de vuelo sin ser detectado por el enemigo. Con respecto a la firma acústica y térmica se pueden emplear materiales aislantes actuando como cobertores entre una zona ruidosa y el resto de la estructura. Para disminuir la firma térmica se pueden emplear soluciones de aislantes, en la parte interna del fuselaje. Los aislantes deberían formar un sistema, por ejemplo, una parte para repeler la radiación y otra para dificultar la conducción. En caso de ser necesario eliminar calor por convección, se puede conducir la masa de aire caliente generada por los componentes haya algún plenum –habitáculo– para mezclarlo con aire frío proveniente del exterior. Luego de esto se podría permitir su extracción. Si bien, la tecnología para esto está disponible, hay que analizar si se justifica el esfuerzo.

La visibilidad que pueda tener la aeronave en gran parte depende de su esquema de pintura y las superficies reflectantes. Para disminuir su efecto se puede utilizar una pintura mate –habitualmente se utilizan tonos de grises–. La tecnología aplicada en las pinturas aeronáuticas es motivo de investigación constante al igual que los materiales. Regularmente, se aplican sistemas de pintura de varias capas de pintura. Cada capa cumple con una función específica. Las áreas de material de la Fuerza Aérea poseen la tecnología para aplicar estas capas, así como otras empresas del ámbito nacional.

Con respecto a las emisiones radiales, ya sean de la aeronave o del ECT, la única forma de disminuir su detección es no emitir. Esto genera una relación de compromiso entre la elección de emitir vídeo o datos de forma continua, o elegir que se emitan fotos cada cierto tiempo (Informante clave, 2019, Preg. 8 y 13).

Finalmente, con respecto a la firma radar, hay universidades en Argentina que han desarrollado ciertas tecnologías que alteran la reflexión de la energía emitida por un radar. Esto permitiría *confundir* a un radar enemigo permitiendo que se detecte una sección-radar menor o mayor a la real (Informante clave, 2019, Preg. 9)

### **Estación de Control Terrestre**

Tanto los equipos de comunicaciones, los controles, monitores, equipos de grabación, fuentes de alimentación, aire acondicionado y la estructura del habitáculo pueden ser adquiridos en el mercado local. De acuerdo con el informante clave 1 (Informante clave, 2019, Preg. 16 y 17), si bien los desarrollos locales actuales de estaciones de control son

para SANT tácticos, la tecnología aplicada es la misma que para un SANT del nivel operacional. Actualmente, para el transporte se están utilizando vehículos livianos y un trailer. Por otro lado, hay empresas en el ámbito civil que desarrollaron tecnología para los despliegues de SANT tácticos, por ejemplo, la empresa Aerodreams con su SANT Strix. Habitualmente, cuando despliega el Strix se suele movilizar cuatro contenedores adaptados y con funciones diferentes, cada uno transportado por una camioneta. Uno de esos contenedores es la ECT y cuenta con las pantallas para visualizar la información del vuelo, de la carga útil, meteorológica, etcétera. También tiene los mandos de control y las instalaciones para la comunicación radial en lo que se denomina *línea de vista*, así como el enlace satelital.

### **Conclusión**

En este capítulo se han comparado los requerimientos más importantes de las áreas tecnológicas intervinientes en el diseño y desarrollo de un SANT clase III MALE, con los avances alcanzados en dichas áreas en la República Argentina. En base a la comparación realizada se puede afirmar que, en general, se satisfacen las necesidades tecnológicas localmente.

En lo que respecta al área de aerodinámica se determinó que no hay barreras tecnológicas significativas gracias a la extensa experiencia local en el diseño y desarrollo de aeronaves. Lo mismo ocurre con, la comprobación en tierra, en vuelo, el soporte y el área estructural. En el caso del área estructural, tanto exterior como interior, incluyendo algunos componentes que guardan cierta relación como, por ejemplo, los tanques alares de combustible.

En cuanto al sistema de control de vuelo, que incluye al autopiloto, motores eléctricos, y actuadores, entre otros elementos; se reconoce cierta complejidad inherente a la integración y configuración de servos, pero también es un área dominada. En cuanto a la planta de poder, se presentaron opciones tecnológicas locales que se pueden explorar y que prometen buen rendimiento y confiabilidad.

Con respecto a la carga útil, el análisis podría ser subjetivo porque dependiendo del usuario, un SANT podría llevar un equipamiento y, con otro usuario, otra carga distinta. Sin embargo, si se piensa en lo básico para cumplir una función de ISR, se puede afirmar que los desarrollos alcanzados por empresas locales y universidades satisfacen ampliamente el requerimiento.

En cuanto a comunicaciones y navegación, los medios básicos para el comando y control de la aeronave y carga útil están disponibles. Sin embargo, se debe prestar atención si se requiere un enlace de datos de banda ancha constante, ya que un SANT que transmita constantemente vídeo a una ECT, debería operar con cierta seguridad aérea. Las emisiones constantes pueden ser detectadas por el enemigo y utilizadas para encontrar a la aeronave. Esto está relacionado con el concepto de sigilo, que salvo por lo mencionado anteriormente, puede ser implementado en un SANT localmente. Con respecto a la ECT, no solamente se dispone de la tecnología para su diseño y construcción, sino también, de una vasta experiencia de uso.

## CONCLUSIONES FINALES

En el presente trabajo se propuso investigar sobre el nivel de avance que posee la República Argentina para el diseño y desarrollo de un SANT. Los ejes principales de la investigación fueron la identificación de un perfil de misión factible en el nivel operacional, el estudio de las áreas tecnológicas básicas y necesarias para la concepción de dicho sistema y, finalmente, la comparación de los requerimientos tecnológicos con el nivel de avance alcanzado en la República Argentina.

El objetivo general de la investigación fue analizar la factibilidad de producción y desarrollo de un SANT para ser empleado en el nivel operacional. De este objetivo se derivaron otros tres particulares: en primer lugar, la identificación de los requerimientos de misión típicos para un SANT en el nivel operacional; en segundo lugar, la identificación de las áreas tecnológicas intervinientes en su diseño y desarrollo; y finalmente, la comparación de lo requerido en las áreas tecnológicas con los avances alcanzados en la República Argentina en las mencionadas áreas.

En el capítulo I, con el objetivo de definir un perfil de misión típico aplicable en el nivel operacional, se identificaron, tomando como base la doctrina aérea vigente en la República Argentina, aquellas operaciones y tareas aéreas con implicancias en el nivel operacional, factibles de ser realizadas por los SANT. Las respuestas a los interrogantes ¿qué? ¿con qué medios? y ¿dónde? orientaron sobre la naturaleza de la misión; los medios necesarios; y el lugar de operación. De esta manera, se determinó la necesidad de contar con un SANT clase III MALE, con capacidad para operar a media o gran altitud, con alcance regional, enfocado en actividad de ISR y con cierta capacidad ofensiva para poder afectar objetivos que pudiesen surgir en el transcurso de la operación.

En el capítulo II, se identificaron las áreas tecnológicas más importantes intervinientes en el diseño y desarrollo del sistema. En el área de aerodinámica se relacionaron los conceptos de resistencia, sustentación y empuje y se indicó su importancia en la geometría de la aeronave, en particular, en el alargamiento de ala y su efecto en la autonomía de vuelo. Relacionado con el empuje, se presentaron las opciones generales en cuanto a planta de poder, pudiéndose optar por motores de combustión interna o turboejes.

Con respecto al diseño estructural, se mencionó su importancia en la estabilidad durante el vuelo. Adicionalmente, se mostró el concepto de diseño modular –de componentes distribuidos a lo largo de la aeronave–, que también influye en la estabilidad.

Asimismo, se presentaron cuáles deben ser las consideraciones más importantes para lograr un diseño más sigiloso, y se determinaron los tipos de carga útil típicos.

Con respecto a las comunicaciones, se identificaron las frecuencias más usuales, anchos de banda y antenas necesarias para los enlaces entre la aeronave y la ECT. Se describió el principio de funcionamiento básico de un sistema de control de vuelo automático y su influencia en la estabilidad y el control de la aeronave, así como una breve descripción de los sistemas de navegación disponibles.

Finalmente, se describieron las distintas opciones de ECT, los componentes básicos que las conforman, incluyendo el apoyo logístico y las distintas opciones de transporte en función de las necesidades operativas.

En el capítulo III, se compararon las áreas tecnológicas que requiere el diseño y desarrollo de un SANT clase III MALE y con los avances en la República Argentina. La investigación se realizó con fuentes primarias y secundarias y se reforzó con entrevistas dirigidas a personal de la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Argentina.

En lo que respecta a aerodinámica y estructuras, la República Argentina, tiene una gran experiencia basada en desarrollos aeronáuticos locales anteriores. Lo mismo ocurre con los procesos de montaje y comprobación de componentes tanto en tierra como en vuelo. Con respecto a la planta de poder, hay desarrollos del sector privado muy interesantes, por ejemplo, los motores Labala, cuya integración a las estructuras disponibles se podría evaluar.

Con relación al autopiloto y a los distintos sistemas de carga útil –en especial los necesarios para misiones ISR–, se puede afirmar que hay avances significativos, tanto en el sector privado, en las universidades como en el seno de las Fuerzas Armadas.

En cuanto a las comunicaciones y navegación, los medios básicos para el comando y control de la aeronave y carga útil están disponibles. Sin embargo, se debe prestar atención si se requiere un enlace de datos de banda ancha constante, ya que un SANT que transmita constantemente vídeo a una ECT, debería operar con cierta seguridad aérea.

El diseño y desarrollo de la ECT y el sistema de apoyo logístico –incluido el transporte– no implican un desafío tecnológico que no se pudiese satisfacer localmente. La evidencia de esto radica en que ya se han construido ECT para los SANT tácticos actualmente operativos. Adicionalmente, estos sistemas, al encontrarse actualmente operativos, están recibiendo el apoyo logístico correspondiente. Sin embargo, cabe mencionar que cada SANT tendrá su sistema de apoyo logístico particular.

Por lo expuesto anteriormente, se concluye que no hay evidencia suficiente para confirmar la hipótesis planteada, ya que la República Argentina poseería la capacidad tecnológica para diseñar y desarrollar un SANT clase III MALE para ser empleado en el nivel operacional.

A modo de corolario cabe agregar que, a pesar de los desarrollos de aeronaves no tripuladas en la República Argentina, para poder desarrollar un SANT clase III MALE se requiere de un gran esfuerzo de integración, posiblemente entre actores privados y estatales, que brinden soluciones coordinadas para cada área tecnológica.

Finalmente, un área no explorada en este trabajo, pero que por su importancia no se puede dejar de mencionar, es la del software. Se requiere software para controlar los dispositivos de la carga útil, el análisis de datos y producción de inteligencia y, para el comando y control. La República Argentina posee recursos humanos altamente capacitados para el desarrollo de software operativo, tanto en el ámbito civil como militar. Por limitantes en cuanto a la extensión de este trabajo, se pospone su abordaje, quedando como inquietud para posteriores investigaciones.



- Gyrodyne. (2013). Helicopter historical foundation. Recuperado de [https://www.gyrodynehelicopters.com/qh-50a\\_models1.htm](https://www.gyrodynehelicopters.com/qh-50a_models1.htm)
- Haining, P. (2002). *La guerra de la bomba volante*. Robson Books.
- Informante clave, D. G. de I. y D. de la F. A. A. (2019, septiembre 22). *Estado de avance de la República Argentina en los requerimientos tecnológicos para el diseño y desarrollo de un SANT clase III* [Cara a cara].
- Joint Chiefs of Staff. (2011). *Joint Operations*. Recuperado de <https://www.jcs.mil/Doctrine/DOCNET/JP-3-0-Joint-Operations/>
- McGeer, T. (1999). *Laima: The first Atlantic crossing by unmanned aircraft*.  
Recuperado de [http://aerovel.com/wp-content/uploads/2015/03/Laima\\_the-first-Atlantic-crossing-by-unmanned-aircraft1.pdf](http://aerovel.com/wp-content/uploads/2015/03/Laima_the-first-Atlantic-crossing-by-unmanned-aircraft1.pdf)
- Moresi, A. (2010). *Simposio de investigación y producción para la defensa*. Presentado en Buenos Aires. Buenos Aires: Ministerio de Defensa.
- Moresi, A. (2019). *Aportes del Poder Aeroespacial a la Acción militar conjunta*.  
Presentado en Clase 1, AMC, ESGC.
- Nato Standardization Agency. (2014). *UAS Tactical Pocket Guide*. North Atlantic Treaty Organization.
- Turse, N. (2012). *Changing fase of empire*. Illinois: Haymarket Books.
- United States, Department of Defense. (2002). *Unmanned Aerial Vehicles Roadmap: 2002-2027*. Recuperado de <https://www.hsdl.org/?abstract&did=446254>

# **ANEXOS**

## ANEXO A-1: Clasificación OTAN de SANT

Tabla 1 Clasificación OTAN de SANT

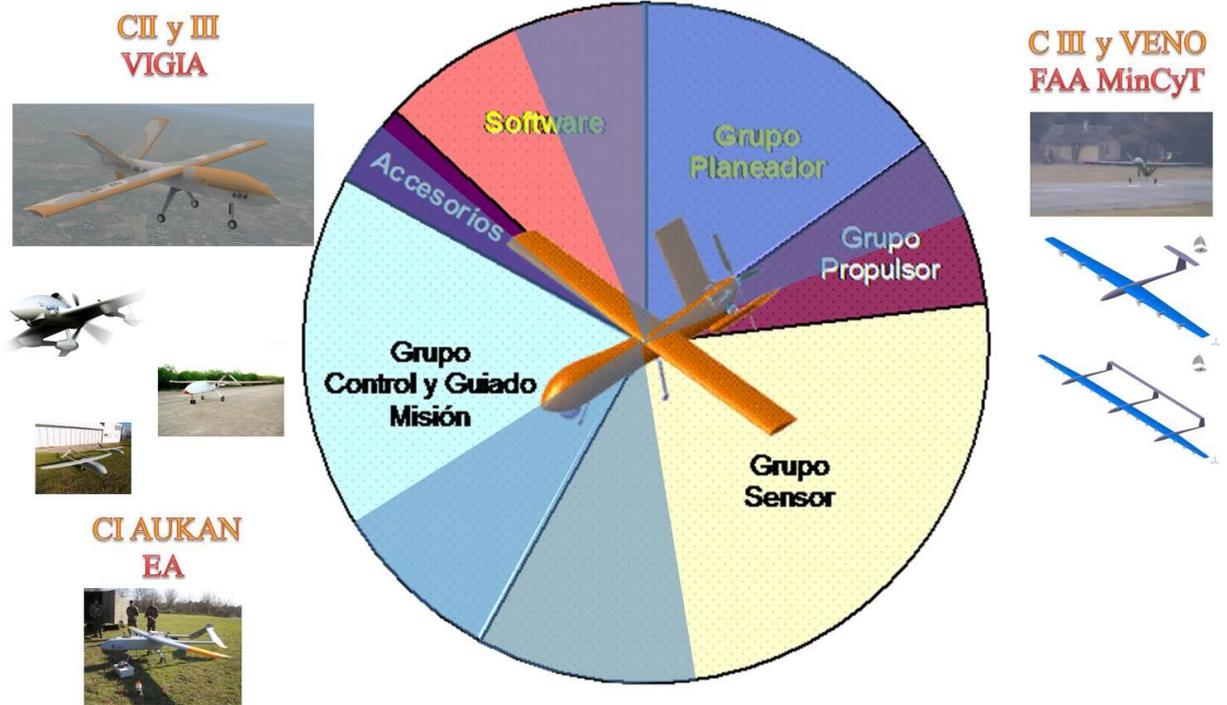
CLASIFICACION OTAN DE SANT						
Clase	Categoría	Uso normal	Altitud de operación normal	Radio normal de misión	Comandante principal al que apoya	Plataforma ejemplo
Clase III (> 600 kg)	Combate / Ataque	Estrategia Nacional	Más de 65000 ft	Sin límite BLOS	Teatro de operaciones	Reaper
	HALE <sup>1</sup>	Estrategia Nacional	Más de 65000 ft	Sin límite BLOS	Teatro de operaciones	Global Hawk
	MALE <sup>2</sup>	Operacional	Más de 45000 ft MSL	Sin límite BLOS	Fuerza de tareas conjunta	Herón
Clase II (150 kg – 600 kg)	Táctico	Táctico	Más de 18000 ft AGL	200 km LOS	Brigada	Hermes 450
Clase I (< 150 kg)	Pequeño (> 15 kg)	Táctico	Más de 5000 ft AGL	50 km LOS	Batallón, Regimiento	Scan Eagle
	Mini (< 15 kg)	Táctico	Más de 3000 ft AGL	Más de 25 km LOS	Compañía, Pelotón, Sección	Skylark
	Micro* (< 66 Julios)	Táctico	Más de 200 ft AGL	Más de 5 km LOS	Pelotón, Sección	Black Widow
Nivel medio sobre el nivel del mar (MSL)						
Sobre el nivel de suelo local (AGL)						
Más allá de la línea de vista (BLOS)						
Línea de vista (LOS)						
* Menor que 66 Julios de energía máxima involucrada no necesita clasificación.						
(1) HALE ( <i>High-Altitude Long Endurance</i> ): Gran altitud y larga duración.						
(2) MALE ( <i>Medium-Altitude Long Endurance</i> ): Altitud media y larga duración.						

Fuente: "UAS Tactical Pocket Guide", Nato Standardization Agency, 2014, Pág. 2

## ANEXO A-2: Desarrollos de SANT en Argentina

Figura 1: Desarrollo de SANT en Argentina

# Desarrollo de UAS en Argentina



Fuente: "Simposio de investigación y producción para la defensa", Moresi, 2010, Buenos Aires

## ANEXO B-1: Tareas de combate que podría realizar un SANT.

Tabla 2 Tareas de combate que podría realizar un SANT

Tareas	Acciones	Dónde de hace
Tareas de combate	Producir efectos sobre medios aéreos enemigos (aeronaves) antes de que puedan despegar.	En la superficie, pudiendo incluir pistas, aeródromos, portaaviones, helipuertos.
	Producir efectos sobre las estructuras vitales del poder nacional enemigo.	Sobre blancos previamente designados en la profundidad del territorio enemigo. Puede ser o no dentro del TO o AR.
	Producir efectos sobre fuerzas de superficie o sobre la infraestructura necesaria para su desplazamiento y abastecimiento.	Fuerzas que todavía no están empeñadas en combate pero que se encuentran en concentradas o en condiciones de ser empleadas, dentro del TO o AR, o fuera del mismo.
	Proporcionar apoyo de fuego a fuerzas de superficie o reemplazar su poder de fuego; o proporcionar protección a sus movimientos o desplazamientos.	Dentro o fuera del TO o AR
	Producir efectos sobre los componentes de superficie del sistema defensivo enemigo.	Sobre medios de defensa antiaérea y sistemas de vigilancia y control, dentro o fuera del TO.

Fuente: "Reglamento de Conducción Operacional", Fuerza Aérea Argentina, 2015

## ANEXO B-2: Tareas de apoyo al combate que podría realizar un SANT.

Tabla 3 Tareas de apoyo al combate que podría realizar un SANT

Tareas	Acciones, (QUÉ) hacer	DÓNDE de hace
Tareas de apoyo al combate	Localización y asistencia de personal combatiente en situación de riesgo	En territorio enemigo, dentro o fuera del TO; en aguas internacionales propias, amigas, enemigas o territorio hostil.
	Obtención de información sobre el enemigo y el ambiente operacional	Dentro o fuera del AR/TO.
	Exploración y reconocimiento del espectro electromagnético y acústico; ataque y protección electrónica.	Dentro o fuera del AR/TO
	Determinación de la presencia de vehículos aeroespaciales sobre un área determinada y su condición.	Dentro del AR/TO
	Marcación de objetivos materiales, facilitando el ataque de medios aéreos ofensivos propios.	Dentro del AR/TO

Fuente: "*Reglamento de Conducción Operacional*", Fuerza Aérea Argentina, 2015

### ANEXO B-3: Tareas de apoyo operativo que podría realizar un SANT

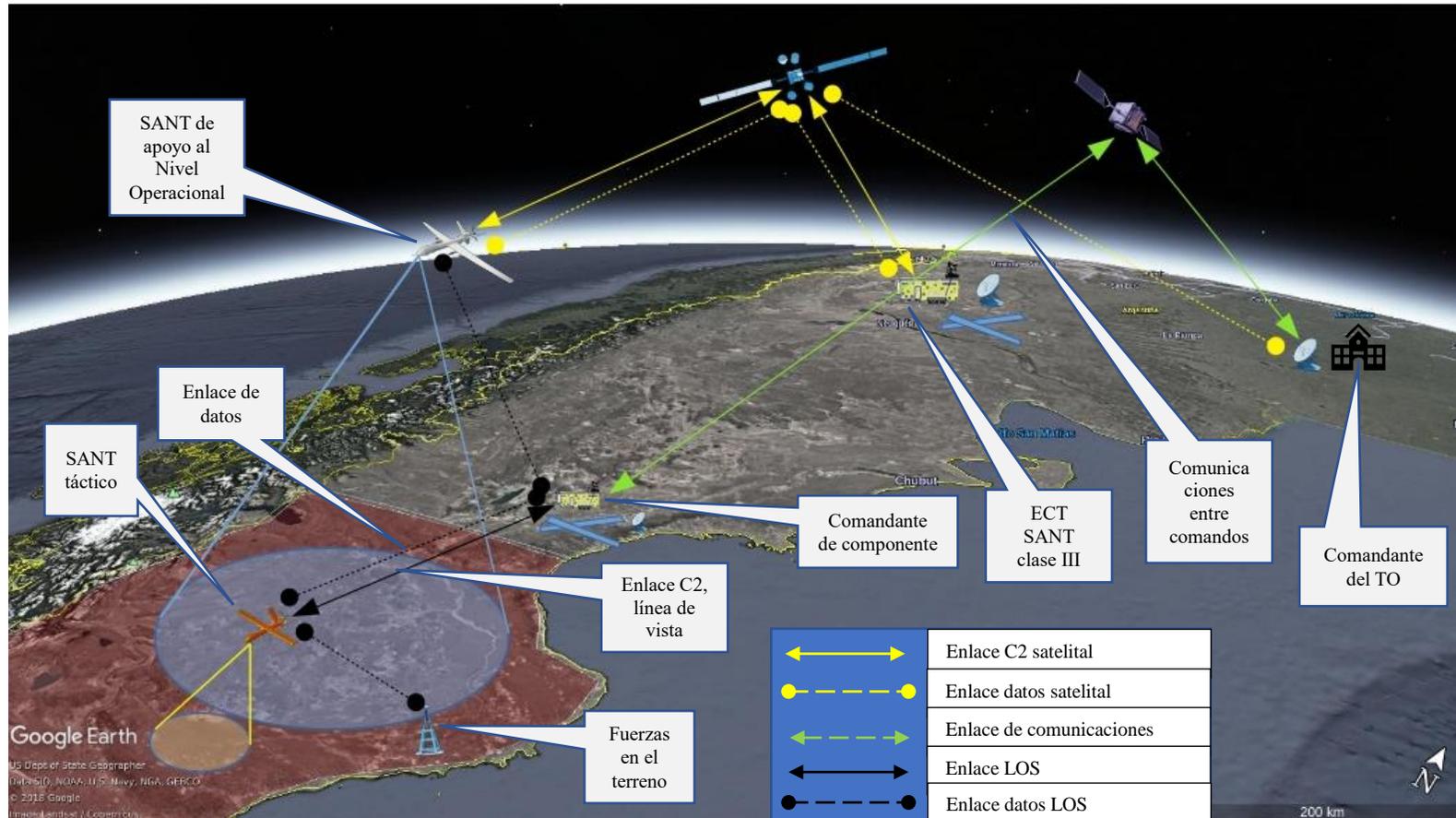
Tabla 4 Tareas de apoyo operativo que podría realizar un SANT

Tareas	Acciones, ¿qué hacer?	¿dónde de hace?
Tareas de apoyo operativo	En apoyo al comando y control, supervisión de operaciones y fuerzas asignadas.	Dentro del AR/TO
	Obtención de datos, procesamiento y difusión de información.	Dentro del AR/TO
	Enlace de comunicaciones - enlaces confiables, rápidos y seguros- almacenamiento y transmisión de datos.	Dentro del AR/TO

Fuente: "*Reglamento de Conducción Operacional*", Fuerza Aérea Argentina, 2015

## ANEXO B-4: Ambiente operativo del perfil de misión

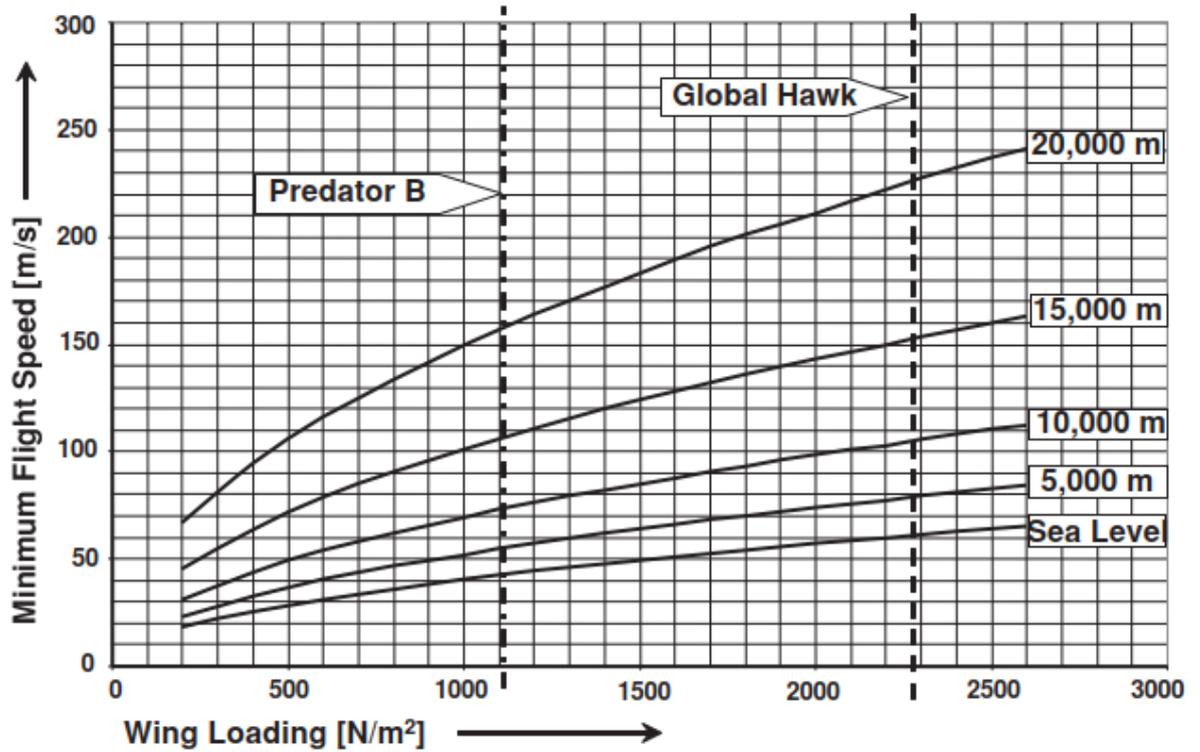
Figura 2 Ambiente operativo del perfil de misión



Fuente: Elaboración propia

## ANEXO C-1: Variación de la velocidad mínima con respecto a la carga alar

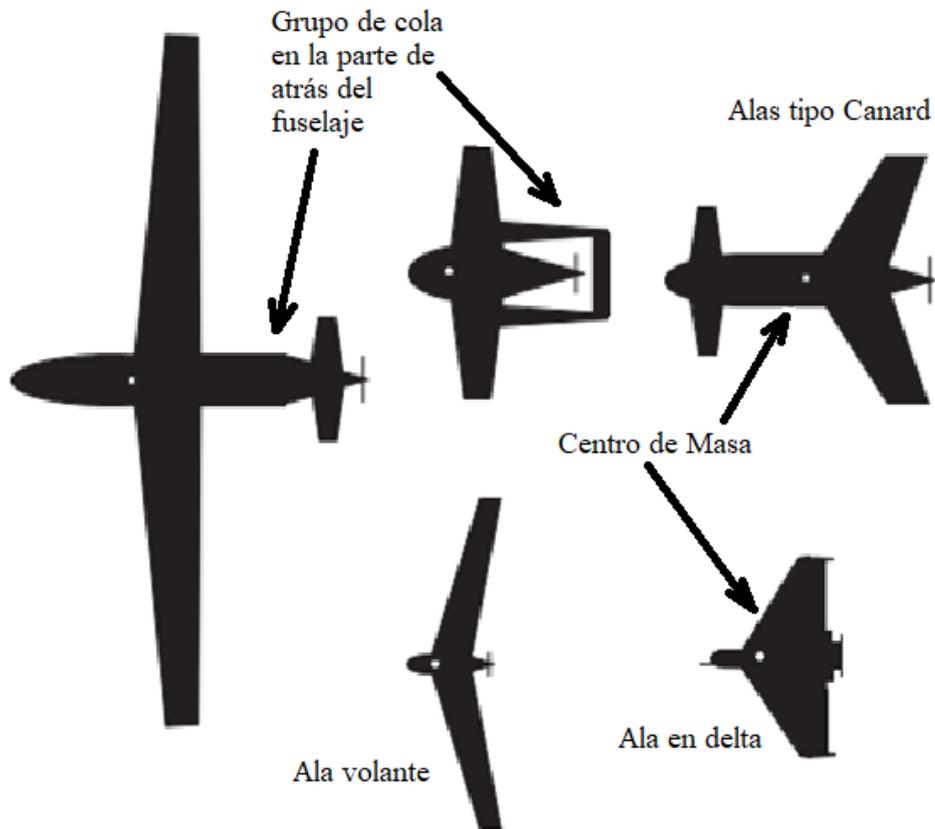
Gráfico 1 Variación de la velocidad mínima con respecto a la carga alar



Fuente: "Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment", Austin, 2010, p. 29, United Kingdom

## ANEXO C-2: Configuración exterior de un SANT

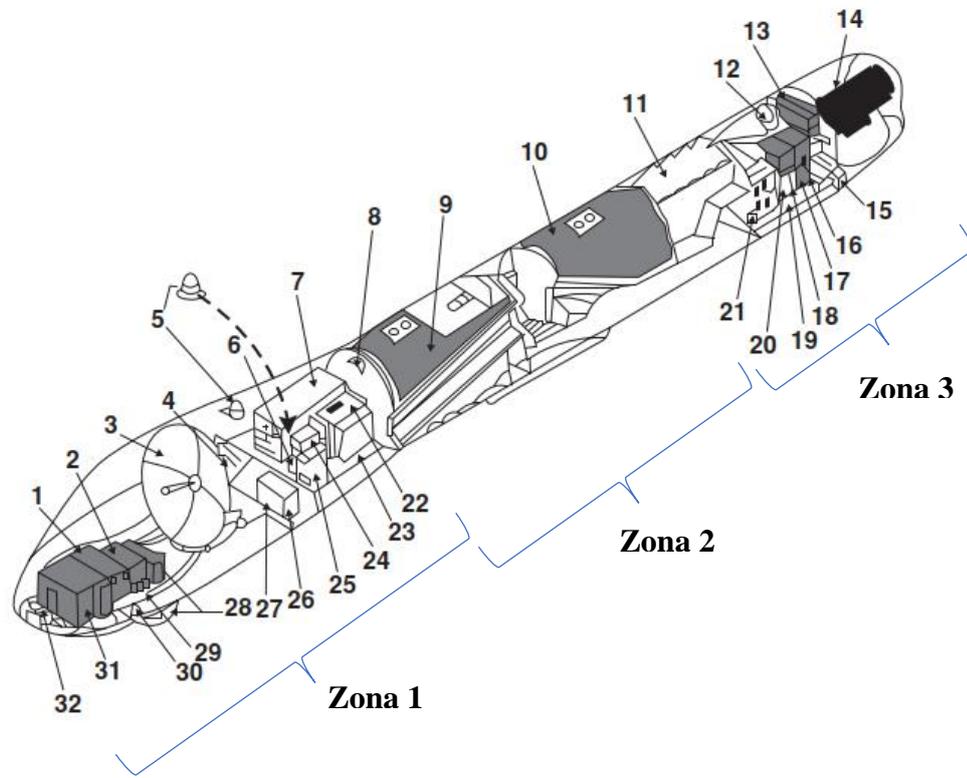
Figura 3 Configuración exterior típica de un SANT



Fuente: *"Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment"*, Austin, 2010, p. 35, United Kingdom

### ANEXO C-3: Esquema modular de un SANT

Figura 4 Vista interna modular de un SANT clase III MALE



Fuente: "Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment", Austin, 2010, p. 108, United Kingdom

Tabla 5 Lista de componentes internos típicos para SANT clase III MALE

1	Antena del radar de apertura sintética (SAR)	18	Ensamble de batería
2	Sistema de navegación inercial / GPS	19	Bandeja en bahía de equipamiento trasero
3	Antena de comunicación satelital, banda Ku	20	Módulo de control secundario
4	Grabador digital	21	Procesador del radar de apertura sintética
5	Antenas GPS (izquierda y derecha)	22	Módulo de control primario
6	Transpondedor –identificación amigo-enemigo–	23	Bandeja en bahía de aviónica
7	Modem procesador de comunicaciones satelitales –banda Ku–	24	Receptor / transmisor
8	Soporte de antena omnidireccional superior –banda C-	25	Unidad de sensor de vuelo
9	Ensamble de celda de combustible delantera	26	Codificador de vídeo
10	Ensamble de celda de combustible trasera	27	Controlador de deshielo
11	Bahía de carga auxiliar	28	Acople electrónico de la torreta de sensor Electroóptico / Infrarrojo
12	Ventilador de enfriamiento auxiliar	29	Bandeja de la bahía de carga frontal
13	Radiador / enfriador de aceite	30	Detector de hielo
14	Motor	31	Receptor / transmisor del radar de apertura sintética
15	Servo actuador de cola	32	Conjunto / alojamiento de cámara de nariz
16	Ensamble de batería		
17	Fuente de alimentación		

Fuente: "Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment", Austin, 2010, p. 108, United Kingdom

## **ANEXO C-4: Carga útil lanzable y no lanzable**

### **Sistemas no lanzables**

#### Sistemas electroópticos

Estos sistemas van desde cámaras monocromáticas o en color, a cámaras térmicas o multiespectrales. Dentro de estos equipos se encuentran las cámaras ópticas que son las que muestran lo que el ojo humano puede ver –rango de luz visible–; también hay cámaras especiales que pueden producir imágenes con bajo nivel de luz –permitiendo ver objetos en lugares que el ojo humano no los podría distinguir. Otro tipo de cámaras podrían ser las térmicas, que captan la radiación del calor. Las características y tecnologías de cada cámara pueden variar, pero los parámetros básicos importantes son los mismos que para cualquier cámara fotográfica digital, por ejemplo, tamaño del sensor, cantidad de píxeles, distancia focal, lente fijo, lente móvil, etcétera. Las características de selección de estos sensores dependerán de varios factores como la velocidad o altura de vuelo; la capacidad requerida de detección –encontrar un objeto–, la capacidad requerida de reconocer –clasificar el objeto– y la capacidad requerida de identificar –determinar su naturaleza.

Con respecto a su integración en la aeronave, estos sensores pueden ser montados de distintas formas. En la figura 1 se puede observar el montaje en torreta de un sistema electroóptico compuesto por una cámara óptica, una cámara térmica, un iluminador láser –opcional–, y los cardanes que permiten el movimiento integrado a un sistema de estabilización. Éste podría instalarse en la zona de nariz, lo que proporcionaría buena capacidad de visión

#### Radar

Normalmente, el radar montado en la aeronave es un sistema activo, es decir, emite energía y capta su rebote. De esa manera construye las imágenes de los objetos en un determinado ambiente. Una de las ventajas que tiene es que puede penetrar las nubes y obtener imágenes de lo que hay del otro lado. Como desventaja se puede mencionar que la energía emitida puede ser detectada por el enemigo. El radar usado para detección de blancos en tierra se conoce como radar de apertura sintética (RAS). La antena emite la señal hacia los costados normal a la dirección de vuelo, 60° por debajo de la horizontal y las longitudes de onda típicas oscilan entre 5-15 centímetros.

En la actualidad hay varios tipos de radares y tecnologías que fueron avanzando en el concepto de miniaturización como por ejemplo el sistema Lynx II de solo 34 kg.

#### Otros elementos de carga útil no lanzable

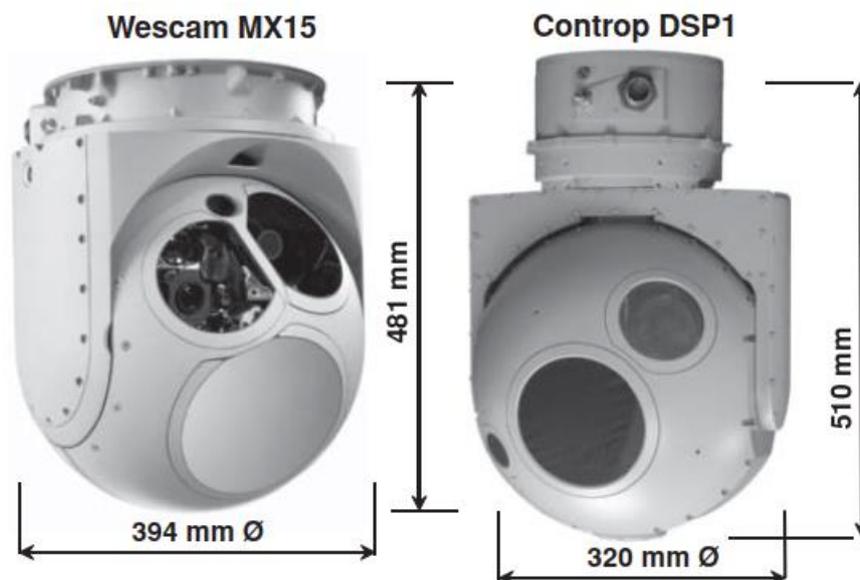
Hay otros equipos que se podrían clasificar como *no lanzables* entre los cuales se puede mencionar a los designadores láser de blancos; detectores de polución ambiental; sistema de megafonía; sistema de retransmisión de radio; sistema de inteligencia electrónica

–receptor de radio capaz de escanear frecuencias y almacenarlas o compararlas con una base de datos para propósitos de inteligencia–; sistema de confusión de radar –es un radar que no solo puede bloquear al radar enemigo, sino también simular presencia de fuerzas cuando en realidad no están presentes–; detector de anomalías magnéticas; entre otros.

#### **Sistemas lanzables**

En el caso de un SANT clase III, los sistemas lanzables podrían ser misiles, cohetes o bombas. Por lo general, van montados en el ala y requieren componentes electroópticos para hacer puntería. Este tipo de cargas requieren de anclajes seguros para evitar su desprendimiento involuntario. También se puede incluir otro tipo de carga como balsas salvavidas o productos para extinción de incendios.

Figura 5 Sistema electroóptico montado en torreta.



Fuente: "Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment", Austin, 2010, p. 134, United Kingdom

## ANEXO C-5: Frecuencias y antenas utilizadas por SANT

### Frecuencias

En la tabla 1, se puede observar que las ondas utilizadas como portadora de radio van desde los 3 Hz hasta los 100 GHz. Las frecuencias de 3 Hz a 3 GHz –desde la banda A hasta la banda F OTAN– son las que refractan en la atmósfera inferior, extendiendo el radio efectivo de las comunicaciones, mientras que, las frecuencias desde 3 GHz a 300 GHz –banda F a banda M OTAN– se conocen como microondas se usan para comunicaciones en lo que se denomina *línea de vista* (LOS) (Austin, 2010, p. 148).

Tabla 6  
bandas de

Rangos de frecuencia (Portadoras de radio)			
IEEE		OTAN	
Banda	Frecuencia	Banda	Frecuencia
HF	3 a 30 MHz	A	0 a 0,25 GHz
VHF	30 a 3 MHz	B	0,25 a 0,5 GHz
UHF	0,3 a 1,0 GHz	C	0,5 a 1,0 GHz
L	1 a 2 GHz	D	1 a 2 GHz
S	2 a 4 GHz	E	2 a 3 GHz
C	4 a 8 GHz	F	3 a 4 GHz
X	8 a 12 GHz	G	4 a 6 GHz
KU	12 a 18 GHz	H	6 a 8 GHz
K	18 a 26 GHz	I	8 a 10 GHz
KA	26 a 40 GHz	J	10 a 20 GHz
V	40 a 75 GHz	K	20 a 40 GHz
W	75 a 111 GHz	L	40 a 60 GHz
		M	60 a 100 GHz

Nota: IEEE es el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de Estados Unidos.

Designación de  
radiofrecuencia

Fuente: *"Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment"*, Austin, 2010, p. 108, United Kingdom

Las frecuencias más altas permiten mayor velocidad de transferencia de datos, pero requieren que las antenas se encuentren en línea de vista y también requieren más potencia. Las frecuencias más bajas ofrecen un enlace más confiable, pero tienen capacidad de transferencia de datos reducida.

La necesidad de transferencia de datos aumenta con la altura. Un SANT táctico, cuando envía datos de imágenes de vídeo en alta definición necesita un enlace con un ancho de banda de al menos de 75 Mb/s, mientras que un SANT clase III podría requerir hasta 500 Mb/s. Como existe la posibilidad que el envío de datos para el procesamiento sea interferido, o que la capacidad de procesamiento de datos del TO se sature, muchas veces se opta por que el SANT procese en vuelo los datos y envíe los productos semi procesados. Para eso se necesitan unidades de procesamiento de datos en vuelo.

### **Tipos de antenas**

Para las comunicaciones entre SANT y la ECT se necesita una antena omnidireccional, o puede ser direccional pero montada en una torreta para que pueda moverse y no perder el enlace en cualquier tipo de maniobra. En algún caso se podría requerir la instalación de varias antenas. Las antenas pueden ser omnidireccionales, tipo Yagi, parabólica u otras específicas.

## **ANEXO D-1: Entrevista a personal de la Dirección de Investigación y Desarrollo**

**ADVERTENCIA: las preguntas y opiniones vertidas en esta entrevista son absolutamente de carácter individual de los autores. No implicando posición, posturas, opiniones o puntos de vista de terceros o de los organismos o empresas mencionadas. Las preguntas y opiniones solamente tienen el objeto de apoyar este trabajo de investigación.**

A continuación, se documenta una entrevista llevada a cabo por el autor de este trabajo dirigida a personal considerado experto en la materia. La entrevista es de tipo semiestructurada, cara a cara, se graba en formato audio y su transcripción trata de no introducir alteraciones o arreglos gramaticales; sino más bien, se trata de plasmar tal cual se fueron realizando y respondiendo las preguntas.

### **Informante clave**

Personal perteneciente a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Argentina.

### **Objetivo de la entrevista**

Comparar los requerimientos de las áreas tecnológicas intervinientes en el diseño y desarrollo de un SANT con los avances en la República Argentina en dichas áreas.

### **Introducción al entrevistado**

Lo voy a introducir sobre el perfil de misión definido y el tipo de SANT resultante para tener el marco de referencia adecuado que posibiliten una visión más acertada de la dirección de las preguntas.

Se definió un SANT para ser empleado en el NO orientado hacia misiones ISR con cierta capacidad ofensiva de precisión –para empeñamiento en blancos de oportunidad–, capacidad de producción de inteligencia y su difusión de forma segura –con cierto control del espectro electromagnético–. Se trata de una aeronave para operar a media altitud con gran autonomía y alcance. Adicionalmente, que pueda contar con la tecnología necesaria para la transmisión de datos en tiempo real y que pueda ser monitoreada por la estrategia militar o nacional.

A continuación, inicio las preguntas.

## **Tópico 1: Perfil de Misión**

### **Pregunta 1**

Autor (A): ¿Qué opina sobre el perfil de misión definido, teniendo en cuenta las tareas extraídas del Reglamento de Conducción Operacional?

Informante clave (IC): Pienso que algunas tareas están implícitas en otras, por ejemplo, no hay forma de que, si se ataca una infraestructura crítica, ésta no esté protegida, y es lo mismo que atacar una estructura vital del Poder Nacional enemigo; es decir, cuando definiste las tareas, me parece que quedaron un poco redundantes. Todo a la larga esta concatenado. En definitiva, siempre o casi siempre que se ataque algo, habrá artillería antiaérea.

### **Pregunta 2**

A: OK, puede ser, pero teniendo en cuenta que varios de los efectos que se extrajeron del reglamento pueden ser realizados por SANT, y en particular, haciendo foco en clase III MALE, ¿qué opina?

IC: No me queda claro cuál es la relación costo beneficio. El producto que estás pensando aplica a la guerra híbrida, a guerra de cuarta generación. Pero, además, entrar como lo estás planteando requiere tener superioridad aérea. Y si hay superioridad aérea, para qué esmerarse en tener un SANT ISR, o para qué hacerlo *sigiloso*. Para atacar un blanco de oportunidad se necesita superioridad aérea. A lo que voy es, que toda una estructura militar de desarrollo debe enfocarse en aquellas tareas primarias que tiene que cumplir y después de ahí podemos derramar otros efectos.

### **Pregunta 3**

A: Bien, pero ¿qué parte de la misión definida no le queda claro?

IC: Es decir, veo el SANT para una guerra de cuarta generación. ¿Argentina tendría que estar preocupada por una guerra de cuarta generación, y en ella operar con SANT?

A: Respuesta: Ok, eso lo podemos dejar para otra investigación.

### **Pregunta 4**

A: Teniendo en cuenta que se está pensando en un SANT para el nivel operacional, es decir, sería distinto a lo que hay en la actualidad, con mayores capacidades a lo que

tienen las Fuerzas; por ejemplo, con capacidad para cerrar el ciclo de inteligencia, ¿cómo lo ve?

IC: Lo que interpreto es que se trata de un SANT para la Inteligencia Nacional, pero además veo que se necesita superioridad aérea, para realizar supresión de objetivos en tierra.

## **Tópico 2: Áreas Tecnológicas**

### **Pregunta 5**

A: En lo que respecta a la tecnología aerodinámica que requiere un SANT, ¿en qué situación cree que se encuentra la República Argentina?

IC: Creo que tenemos el nivel adecuado de avance. Tanto las universidades especializadas como el Centro de Investigaciones Aplicadas (CIA) han venido trabajando en los últimos años en distintos desarrollos, utilizando métodos numéricos y el túnel de viento.

### **Pregunta 6**

A: En lo que respecta a diseño y desarrollo estructural para SANT clase III, ¿cómo ve el estado de avance?

IC: Sería similar a la parte aerodinámica. Hay mucha experiencia en el país.

### **Pregunta 7**

A: ¿Y con respecto a la planta de poder?

IC: Se que hay desarrollos en turbinas –Labala, por ejemplo–. También hay opciones externas, como el Rotax 914 de 135 HP. También hay un desarrollo de turbina a reacción en el Instituto Universitario Aeronáutico –microturbina de 50 kg de empuje–.

### **Pregunta 8**

A: ¿Con respecto al concepto de sigilo, se ha desarrollado algo?

IC: Hay algunos desarrollos en la Universidad de Buenos Aires y en CITEDEF, en el área de nano tecnología. Sobre todo, aplicado a la pintura para supresión de firma de radio. También, tenemos gente realizando algunas investigaciones con métodos más convencionales. Lo que nos está faltando es integrar estos desarrollos. En definitiva, a nivel país –Argentina– estamos bien, hay posibilidad de hacer algunas cosas, pero creo que a nivel fuerzas falta un poco. Por otro lado, el sigilo, permitiría a un comandante la

supresión de líderes. Pero eso lo hacen países de la OTAN porque está en su doctrina y para nosotros, creo que *blanco de oportunidad* es una tarea que no está concebida en el esfuerzo principal de una fuerza de combate. El auge actual de los SANT está dado por la estricta capacidad de supresión de líderes. Salen configurados para una tarea principal, pero si ven la oportunidad pueden hacer otra cosa. Además, depende de que la fuerza sea una fuerza irregular, que no tenga defensa antiaérea, que haya superioridad aérea.

**Pregunta 9:**

A: ¿Qué avances hay en lo referente a carga útil? Tenga en cuenta sistemas electroópticos, sistemas de giro estabilización, etcétera.

IC: En lo que es COMINT y SIGINT hay avances importantes en la FAA; prácticamente sin importaciones del exterior y usando muchas cosas industriales. En la parte de imágenes hay desarrollos de la empresa FIXVIEW; y en la parte de radar de apertura sintética podemos citar los trabajos que está realizando el INVAP, que ya ha realizado algunas pruebas piloto. En la parte de tecnología LIDAR, también podemos mencionar al INVAP y a CITEDEF.

**Pregunta 10:**

A: ¿Hay algo concreto y materializado en materia de sensores?

IC: Si, es lo que se está evaluando montar en el Pucará. Tiene SAR, el pod de FIXVIEW y un COMINT. Creo que esto es algo concreto.

**Pregunta 11**

A: ¿cree que el Pucará reemplaza a un SANT con las características mencionadas?

IC: El Pucará cumple con el requerimiento para el que se proyectó, sin embargo, habría que estudiar su *radar cross section*, ya que podría ser mayor al de un SANT. También, sus costos como plataforma.

**Pregunta 12**

A: Por ahora no hablaremos de carga útil lanzable.

**Pregunta 13**

A: ¿Qué puede decir de las comunicaciones?

IC: Los requerimientos de comunicaciones dependerán de la misión, pero sin dudas pienso que se debería pensar en un sistema de C2, colaborativo entre medios espaciales –militares o civiles– medios en vuelo y en tierra. Todo esto sin dejar de tener en cuenta la seguridad en las comunicaciones y en las transmisiones.

**Pregunta 14**

A: Con respecto a la integración del autopiloto, ¿cuál es el estado de avance?

IC: Hay avances. Se está trabajando mucho con las Universidades y en particular, una de las tres fuerzas está muy avanzada. Eso es en lo que respecta al desarrollo del autopiloto. En lo que respecta a la integración del autopiloto con la aeronave, la Fuerza Aérea ha realizado algunos avances y hay logrado cierto éxito. Se logró integrar varios tipos de autopiloto. Ese *Know How* se tiene y es muy bueno.

**Pregunta 15:**

A: Entiendo que lo complicado es controlar los actuadores que mueven las superficies de control, es decir, controlar las ganancias y amplificaciones en las órdenes.

IC: Si. En la configuración de servos y en el ciclo de histéresis de los comandos. Todo eso está trabajado habiéndose integrado al menos tres tipos de autopiloto, por ejemplo, en el Aukan y en el Vigía.

**Pregunta 16**

A: Con respecto a la Estación de Control Terrestre, ¿hay algún desarrollo?

IC: Si. Se están armando aquí, en el país.

**Pregunta 17:**

A: ¿Incluyen comunicaciones satelitales?

IC: No, pero eso no es una restricción técnica. Lo que sí es un desafío es el montaje de la antena en el SANT, que debe estar sobre una plataforma giroestabilizada y debe moverse en función del movimiento de la aeronave. Incluso existen antenas planas de conmutación digital. Todo esto está a nuestro alcance. La mayoría de estos productos se pueden comprar –las plataformas–, incluso, técnicamente, se podrían utilizar los satélites que tenemos en órbita para el envío de comandos de control, y datos. Concretamente aquellos geoestacionarios.

**Pregunta 18:**

A: Con respecto a los equipos y elementos de apoyo, ¿se ha diseñado algún sistema? ¿se ha recogido experiencias de SANT tácticos?

IC: Hay ingenieros militares que están trabajando en la definición de requerimientos de esta parte logística en apoyo a un SANT. Es solo una cuestión de definir y armar el kit de operación. Se debe tener en cuenta que, si no se tiene aceitado el sistema de apoyo, la puesta en funcionamiento de un SANT en el terreno no es inmediata. Lleva un tiempo considerable.

**Pregunta 20:**

A: ¿Se ha pensado en el uso de contratistas privados para brindar los apoyos, por ejemplo, para el transporte?

IC: Como los desarrollos actuales son tácticos, se ha desplegado con vehículos ligeros que podrían ser tipo *pick ups* y una estación de control tipo *trailer*. No se requirió la contratación de privados.

**Pregunta 21**

A: Para finalizar, ¿cree que se puede desarrollar completamente un SANT clase III MALE para ser utilizado en el Nivel Operacional en el país?

IC: Siempre algo se tiene que comprar en el exterior porque no se justifica su diseño y desarrollo. Se debería hacer foco en aquellas partes que por alguna restricción no se le puedan vender al país o aquellas que puedan tener un uso dual. Es decir, lo que hay que ver es cuán controlado está un producto que se pueda usar en el área de SANT. Sin embargo, hasta ahora, se viene trabajando con cosas industriales que no tienen restricciones. Además, Argentina está desarrollando tecnología más sofisticada que un SANT, por ejemplo, los últimos satélites. Entonces, creo que en principio es factible este tipo de diseño y desarrollo. El desafío está en la integración y en definir correctamente la misión para no entrar en líneas de desarrollo innecesarias.