

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS DEL SISTEMA ATAK COMO MEDIO DE ENLACE TÁCTICO DE DATOS EN LAS UNIDADES DE HELICÓPTEROS

Autor

DIEGO ALVARO GIMÉNEZ

Director académico: IGNACIO UGARTE GOICURÍA

Director militar: PABLO MARTÍN CAPEL

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2025



Agradecimientos

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Batallón del Cuartel General de las FAMET por acogerme y brindarme la oportunidad de realizar mi periodo de prácticas en la Base Coronel Maté, permitiéndome conocer de primera mano su unidad.

Hago extensiva mi gratitud a todos los componentes de la Compañía de Transmisiones, tanto a la tropa como a los mandos, por su excelente predisposición, su paciencia al explicarme los procedimientos y por hacerme sentir uno más desde el primer día. Igualmente, y de manera específica, agradecer a todos los suboficiales por el tiempo compartido, por todos sus consejos y enseñanzas, y por su excelente trato. También quisiera destacar la labor de los oficiales de la Compañía y, en particular, del Teniente Capel, gracias por el esfuerzo activo al facilitar mi participación en todas las actividades posibles y por su guía durante esta etapa formativa.

Asimismo, quisiera expresar mi agradecimiento a los integrantes de la Sección CIS de la Compañía de Transmisiones por su colaboración y apoyo durante el periodo de prácticas, y de forma especial al Sargento Aguado, por su implicación personal en la implantación del sistema ATAK. Su trabajo y dedicación fueron decisivos para que este proyecto saliera adelante, a menudo sin el reconocimiento que merece una contribución de tal magnitud.

Por último, pero no menos importante, dedico este trabajo a mi familia y seres queridos. Gracias por vuestro apoyo incondicional y aliento constante, no solo durante la elaboración del presente proyecto, sino a lo largo de toda mi formación académica y futura trayectoria profesional.



RESUMEN

Este Trabajo Fin de Grado analiza la implementación y evaluación operativa del sistema Android Team Awareness Kit (ATAK) como solución de medio de enlace táctico de datos en las unidades de helicópteros de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET).

La necesidad de este estudio surge de la constatada inviabilidad de sistemas previos como el Battlefield Management System (BMS) en el entorno aéreo, debido a limitaciones intrínsecas de latencia, alcance y tasa de datos incompatibles con la dinámica de vuelo de los helicópteros. Estas carencias generaban una brecha funcional significativa en la capacidad de C2 en tiempo real.

El objetivo principal es evaluar la idoneidad de ATAK como solución adaptada a este contexto, identificando sus ventajas, limitaciones actuales y proponiendo mejoras viables para su consolidación como sistema estándar en FAMET.

La metodología empleada ha seguido un enfoque eminentemente cualitativo, basado en la revisión documental de normativa interna e informes técnicos, la observación directa durante el periodo de prácticas en la unidad y la realización de entrevistas informales no estructuradas con personal especializado. Para complementar la comprensión de la percepción de los usuarios, se diseñó y aplicó una encuesta dirigida a pilotos, cuyas respuestas (tanto cerradas como abiertas) han sido analizadas. Adicionalmente, se han utilizado herramientas de análisis comparativo y estratégico como el benchmarking tecnológico, el análisis DAFO y el análisis CAME.

Los resultados confirman que ATAK supera las limitaciones del BMS, ofreciendo una solución C2S flexible, de bajo coste y despliegue rápido gracias a su arquitectura como cliente ligero independiente de la aviónica y su infraestructura de servidores propios con VPN. La percepción de los usuarios es mayoritariamente positiva, destacando una mejora sustancial en la conciencia situacional (SA) y la coordinación aire-tierra. Sin embargo, se identifican debilidades operativas clave como la dependencia de la cobertura de red móvil (GSM), la autonomía limitada de las tabletas y la ausencia (actual) de formación y procedimientos operativos estandarizados (SOPs). El análisis comparativo (benchmarking) posiciona a ATAK como la solución más realista frente a alternativas doctrinales (BMS, DL-16, VMF) o de seguimiento básico (Garmin/Spotters), ocupando un nicho táctico específico. Los análisis DAFO y CAME proporcionan una hoja de ruta para corregir debilidades (explorar SATCOM, dotar power banks, crear SOPs), afrontar amenazas (planes de contingencia), mantener fortalezas (arquitectura ligera, capacidades) y explotar oportunidades (interoperabilidad VMF, lecciones aliadas).

En conclusión, el trabajo demuestra que ATAK es una solución C2S eficaz y valorada que responde a los objetivos planteados, marcando un avance significativo para el C2 de helicópteros en FAMET. Su consolidación y optimización futura pasan por implementar las mejoras propuestas, especialmente en conectividad, autonomía y estandarización.

PALABRAS CLAVE

ATAK, Mando y Control (C2), Helicópteros, Enlace Táctico de Datos, Conciencia Situacional (SA).



ABSTRACT

This Final Degree Project analyzes the implementation and operational evaluation of the Android Team Awareness Kit (ATAK) system as a tactical data link solution for command and control (C2) in the helicopter units of the Spanish Army Airmobile Forces (FAMET).

The need for this study arises from the proven operational infeasibility of previous systems, such as the Battlefield Management System (BMS), in the aerial environment due to intrinsic limitations in latency, range, and data rates incompatible with helicopter flight dynamics. These shortcomings created a significant functional gap in real-time C2 capability.

The main objective is to evaluate the suitability of ATAK as a solution adapted to this context, identifying its advantages, current limitations, and proposing viable improvements for its consolidation as a standard system within FAMET.

The methodology employed has followed an eminently qualitative approach, based on the documentary review of internal regulations and technical reports, direct observation during the internship period in the unit, and conducting unstructured informal interviews with specialized personnel. To complement the understanding of user perception, a survey aimed at pilots was designed and applied, the responses of which (both closed and open-ended) have been analyzed. Additionally, strategic and comparative analysis tools such as technological benchmarking, SWOT analysis, and CAME analysis have been utilized.

The results confirm that ATAK overcomes the limitations of the BMS, offering a flexible, low-cost, and rapidly deployable C2S solution thanks to its architecture as a light client independent of avionics and its infrastructure of own servers with VPN. User perception is predominantly positive, highlighting a substantial improvement in situational awareness (SA) and air-ground coordination. However, key operational weaknesses are identified, such as dependency on mobile network coverage (GSM), limited tablet battery life, and the (current) lack of standardized training and standard operating procedures (SOPs). The comparative analysis (benchmarking) positions ATAK as the most realistic solution compared to doctrinal alternatives (BMS, DL-16, VMF) or basic tracking systems (Garmin/Spotters), occupying a specific tactical niche. The SWOT and CAME analyses provide a roadmap to correct weaknesses (e.g., exploring SATCOM, providing power banks, creating SOPs), address threats (e.g., contingency plans), maintain strengths (e.g., light architecture, capabilities), and exploit opportunities (e.g., VMF interoperability, allied lessons learned).

In conclusion, the work demonstrates that ATAK is an effective and valued C2S solution that meets the stated objectives, marking a significant advancement for helicopter C2 in FAMET. Its future consolidation and optimization depend on implementing the proposed improvements, especially in connectivity, autonomy, and standardization.

KEYWORDS

ATAK, Command and Control (C2), Helicopters, Tactical Data Link, Situational Awareness (SA).



INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT	III
INDICE DE CONTENIDO	IV
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS	VIII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	IX
DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	2
2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE	2
2.2. METODOLOGÍA	2
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. Sistemas de mando y control en helicópteros: contexto y necesidad	4
3.2. El sistema ATAK: concepto, características y capacidades generales	6
3.3. ATAK en el ámbito terrestre: experiencias previas (referencia comparada)	8
3.4. ATAK en las unidades aéreas (FAMET).....	10
3.5. Interoperabilidad con unidades terrestres (aire–tierra) y gestión de accesos	11
3.6. Limitaciones actuales del ATAK en helicópteros y líneas de mejora identificadas	12
3.7. Síntesis del marco teórico.....	13
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	14
4.1. Metodología de evaluación y enfoque analítico	14
4.1.1. Tratamiento e integración de la información	15
4.2. Percepción operativa del sistema ATAK	15
4.2.1. Resultados cuantitativos del cuestionario	15
4.2.2. Análisis cualitativo de comentarios.....	22
4.3. Benchmarking tecnológico (comparativa y referencia).....	28
4.4. Análisis DAFO del sistema ATAK en helicópteros	30
4.5. Análisis CAME: Estrategias Derivadas del DAFO	32
4.6. Conclusiones parciales	33
5. CONCLUSIONES	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXOS	39
ANEXO I PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO.....	39
ANEXO II DISPOSITIVOS Y MEDIOS FÍSICOS DE TRANSMISIÓN	40



ANEXO III CUESTIONARIO SOBRE EL USO DE ATAK EN HELICÓPTEROS 42



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama comparativo BMS vs. ATAK en helicópteros. Fuente: Elaboración propia. .	5
Figura 2. Arquitectura simplificada del sistema ATAK en FAMET. Fuente: Elaboración propia. .	6
Figura 3. Gestor de rutas en ATAK. Fuente: Varona Izaguirre, 2023.	7
Figura 4. Logos de ATAK civil vs. ATAK militar. Fuente: Elaboración propia.	7
Figura 5. Kill Box diseñada con las herramientas de dibujo de ATAK. Fuente: Varona Izaguirre, 2023.	8
Figura 6. Gestor de paquetes de datos. Fuente: Varona Izaguirre, 2023.	8
Figura 7. Designación de objetivos mediante dron. Fuente: Fernández Castillo, 2022.	9
Figura 8. Tiro de morteros designado y corregido con ATAK. Fuente: Fernández Castillo, 2022.	9
Figura 9. Burbuja flotante. Fuente: Presentaciones internas CIAT.	10
Figura 10. Chat de mensajería mediante burbuja flotante. Fuente: Presentaciones internas CIAT.	10
Figura 11. Tablet ATAK homologada. Fuente: Elaboración propia.	11
Figura 12. Empleo del usuario. Fuente: Elaboración propia.	16
Figura 13. Antigüedad en las FAMET. Fuente: Elaboración propia.	16
Figura 14. Antigüedad en el ET. Fuente: Elaboración propia.	16
Figura 15. Formación específica. Fuente: Elaboración propia.	17
Figura 16. Uso de ATAK. Fuente: Elaboración propia.	17
Figura 17. Pregunta 3 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	17
Figura 18. Pregunta 4 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 19. Pregunta 5 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 20. Pregunta 6 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 21. Pregunta 11 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	19
Figura 22. Pregunta 14 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	19
Figura 23. Pregunta 12 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	19
Figura 24. Pregunta 15 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 25. Pregunta 13 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 26. Pregunta 17 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.	20



Figura 27. Pregunta 19 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 28. Pregunta 25 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 29. Pregunta 21 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 30. Pregunta 22 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.....	22
Figura 31. Pregunta 23 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.....	22
Figura 32. Ejemplo de batería portátil. Fuente: Amazon.	23
Figura 33. Chat de mensajería en vuelo. Fuente: Elaboración propia.....	23
Figura 34. CAS (formato 9 líneas). Fuente: Hoyos Perales, 2022.....	26
Figura 35. Vídeo en directo desde cabina. Fuente: Elaboración propia.	27
Figura 36. Análisis DAFO. Fuente: Elaboración propia.	30
Figura 37. Análisis CAME. Fuente: Elaboración propia.	32
Figura 38. Cronograma del Proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	39
Figura 39. PR4G-V3. Fuente: Infodefensa.....	40
Figura 40. Garmin inReach. Fuente: Garmin.	40
Figura 41. Spot Gen3. Fuente: Globalstar.	41
Figura 42. Tablet de ATAK (vista frontal). Fuente: Elaboración propia.	41
Figura 43. Tablet de ATAK (vista trasera). Fuente: Elaboración propia.	41



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen Benchmarking tecnológico. Fuente: Elaboración propia.	29
---	----



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

APK:	Android Package Kit
ATAK:	Android Team Awareness Kit
BCG:	Batallón de Cuartel General
BMS:	Battlefield Management System
C2:	Mando y Control
C2S:	Sistema de Mando y Control
CAME:	Corregir, Afrontar, Mantener, Explotar
CAS:	Close Air Support
CASEVAC:	Casualty Evacuation
CIAT:	Compañía de Transmisiones
CIS:	Sistemas de Información y Telecomunicaciones
CoT:	Cursor on Target
C-UAS:	Counter Unmanned Aircraft System
DAFO:	Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades
DARPA:	Defense Advanced Research Projects Agency
DHS:	Department of Homeland Security
DL-16:	Data Link 16
DoD:	Department of Defense
ET:	Ejército de Tierra
FAA:	Federal Aviation Administration
FAMET:	Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra
FUTER:	Fuerza Terrestre
GPS:	Global Positioning System
GSM:	Global System for Mobile communications
HUD:	Head-Up Display
I/A:	Instrucción y Adiestramiento
IP MUX/SUPERMUX:	Internet Protocol Multiplexor
JCISAT:	Jefatura de CIS y Asistencia Técnica
JTAC:	Joint Terminal Attack Controller
KML:	Keyhole Markup Language
LOS:	Line of Sight
MEDEVAC:	Medical Evacuation
MFD:	Multi-Function Display
NOP:	Norma Operativa
NOTAM:	Notice to Airmen



OSE:	Officer Scheduling the Exercise
OTAN:	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PC:	Puesto de Mando
PCAS:	Persistent Close Air Support
PR4G:	Programa Radio de 4ª Generación
QDG:	The Queen's Dragoon Guards
RRC:	Red Radio de Combate
SA:	Situational Awareness
SAR:	Search and Rescue
SATCOM:	Satellite Communications
SOP:	Standard Operating Procedures
SWaP:	Size, Weight and Power
TAK:	Team Awareness Kit
TFG:	Trabajo Fin de Grado
TN:	Territorio Nacional
TUTELA:	Tiempo, Unidad, Tamaño, Equipo Localización, Actitud
UAS:	Unmanned Aircraft System
UHF:	Ultra High Frequency
URL:	Uniform Resource Locator
VHF:	Very High Frequency
VMF:	Variable Message Format
VPN:	Virtual Private Network



DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Durante la realización del presente Trabajo de Fin de Grado se ha hecho uso de herramientas de inteligencia artificial con fines exclusivamente académicos y de apoyo técnico a la redacción. En concreto, se utilizaron de forma complementaria los modelos ChatGPT (versión GPT-4.0, desarrollado por OpenAI) y Gemini (modelo de lenguaje de Google).

El uso de estas herramientas se centró en tareas de apoyo a la redacción con estilo académico, revisión y adecuación del formato, detección y corrección de faltas gramaticales, análisis de información recogida, contraste de datos y elaboración de comparativas. Asimismo, se emplearon para ordenar estructuras de contenido, optimizar la cohesión del texto y elaborar material gráfico complementario.

En todo momento se evitó introducir información personal, clasificada o sensible. Los datos utilizados en las consultas fueron estrictamente de carácter académico, y cuando procedía, fueron debidamente anonimizados para preservar la seguridad y confidencialidad de la información.



1. INTRODUCCIÓN

Recientemente las unidades de helicópteros utilizaban las radios PR4G (VHF) para su comunicación, con el BMS (Battlefield Management System) como medio principal de mando y control. Esto resultaba en problemas de comunicación y la incapacidad de transmitir datos en tiempo real, lo cual limitaba la operabilidad de los mismos en un ambiente real. Dichos problemas surgían a partir de los siguientes conceptos:

La cobertura es reducida por variables como la altitud y la distancia. Las ondas de radio VHF (Very High Frequency) se distribuyen en LOS (Line of Sight), prácticamente en línea de visión directa, y dado que el vuelo de los helicópteros es de baja cota, en determinados tipos de misiones, la cobertura puede variar considerablemente en función del terreno. Más determinante es la distancia a la que operan estos aparatos, pues pueden llegar a cubrir distancias que superan por mucho el alcance de las radios VHF, no pudiendo contactar directamente con su base u otras unidades sin depender de sistemas de repetidores.

Otro factor importante es la velocidad y la dinámica de vuelo de los helicópteros. Hemos de tener en cuenta que los helicópteros, aunque no son los más rápidos en cuanto a su velocidad de desplazamiento, debido a las características intrínsecas de su vuelo, cambian de altitud, de rumbo y de inclinación con respecto al plano horizontal, lo que provoca que la calidad de la señal VHF sufra más fluctuaciones que otro tipo de aeronaves. Estos cambios afectan directamente al ángulo de recepción de la antena y, por lo tanto, a la estabilidad de la comunicación. A ello se le suma el efecto Doppler, fenómeno que se produce cuando existe un movimiento relativo entre el emisor y el receptor, generando un desplazamiento en la frecuencia de la onda recibida. En aeronaves de alta velocidad este fenómeno puede producir un efecto significativo, sin embargo, en helicópteros, al volar a unas velocidades menores, el desplazamiento de la onda VHF a causa del efecto Doppler es reducido y por sí solo no genera problemas graves para la comunicación. No obstante, al combinarse con la elevada latencia del BMS, este fenómeno compromete la eficacia global de la comunicación, reduciendo significativamente la fiabilidad de la misma, y llegando a limitar por lo tanto la funcionalidad del sistema. Además, combinado con otros factores como los descritos anteriormente (cambios en altitud, rumbo e inclinación respecto al suelo), así como el terreno y los obstáculos naturales y/o artificiales que se encuentren en él, puede contribuir de manera secundaria en forma de pequeñas pérdidas momentáneas de señal, pudiendo resultar fatal en una situación crítica en combate. Dicho de otro modo, en lo que respecta al sistema de mando y control, el tiempo de réplica del BMS no es efectivo con las velocidades y dinámicas de vuelo de los helicópteros.

En consecuencia, aunque la PR4G (VHF) sigue siendo útil para voz, su uso como medio principal de transmisión de datos entre helicópteros resulta poco viable sin apoyo de repetidores o sistemas más avanzados. Actualmente se está implementando el sistema ATAK (Android Team Awareness Kit) para suplir estas necesidades, y por todo ello, se llevará a cabo el estudio y el análisis del sistema ATAK como medio de enlace táctico de datos en las unidades de helicópteros.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general de este trabajo es analizar el sistema ATAK como solución de medio de enlace táctico de datos en las unidades de helicópteros, evaluando su implantación operativa, sus ventajas y limitaciones, y formulando propuestas de mejora viables a partir de la observación directa y percepción de los usuarios.

Los objetivos específicos son:

- Revisar la arquitectura y el desempeño de los sistemas de mando y control previos (por ejemplo, el BMS) en el contexto de las unidades de helicópteros.
- Determinar los problemas operativos y las carencias de comunicación en vuelo que impedían la eficacia de dichos sistemas anteriores.
- Describir las características principales del sistema ATAK y cómo su diseño responde a las necesidades detectadas.
- Analizar la experiencia de los pilotos con ATAK a través de encuestas, entrevistas informales y observación directa, identificando las fortalezas e inconvenientes que perciben en el sistema.
- Identificar y caracterizar las limitaciones técnicas y procedimentales actuales del uso de ATAK.
- Proponer mejoras tecnológicas y adaptaciones operativas para optimizar la eficacia del sistema.
- Elaborar recomendaciones de empleo y señalar posibles líneas de desarrollo o investigación futura relacionadas con la evolución de ATAK en el ámbito de las unidades de helicópteros.

El presente trabajo se limita al análisis del sistema ATAK como medio enlace táctico de datos en las unidades de helicópteros, identificando los beneficios, las limitaciones actuales y las posibilidades de mejora. El estudio se centrará en el plano conceptual y funcional, sin entrar en el desarrollo técnico del software y proponiendo en su lugar recomendaciones de uso y posibles líneas de investigación futura.

2.2. METODOLOGÍA

La metodología empleada tendrá un enfoque eminentemente cualitativo, basada en la observación directa durante el período de prácticas en la unidad y en la realización de encuestas (con preguntas tanto de respuestas cerradas como de respuestas abiertas) y entrevistas no estructuradas de carácter informal con el personal involucrado y especializado. Esta estrategia permitirá obtener información de una manera directa y mantener un estrecho contacto con el personal experto.

Se documentará la información recogida mediante un diario de campo, en el que se registrarán las observaciones realizadas y las aportaciones recibidas del personal especializado, así como comentarios y reflexiones personales acerca del proceso. De esta manera se organizarán los datos facilitando su análisis posterior.

Asimismo, para alcanzar los objetivos planteados se utilizarán las siguientes herramientas de análisis:

- Revisión documental: artículos, manuales, normativas, informes técnicos, etc.
- Benchmarking tecnológico: análisis comparativo de otros sistemas empleados.
- Análisis DAFO: Fortalezas, Debilidades, Oportunidades, Amenazas.



- Análisis CAME: Corregir, Afrontar, Mantener, Explotar.

Del mismo modo, con el fin de garantizar una adecuada organización temporal del proyecto y asegurar la secuenciación lógica de las tareas designadas, se presenta un cronograma detallado que estructura el desarrollo del TFG desde la fase inicial de preparación hasta la redacción final. Este cronograma integra las tres fases principales del trabajo (revisión documental, trabajo de campo y análisis, y elaboración de conclusiones) junto con las actividades que las componen y los hitos realizados durante el período de prácticas externas. Dicho plan de trabajo, representado mediante un diagrama de Gantt elaborado específicamente para este TFG, se incluye íntegramente en el Anexo I, donde se muestra visualmente la distribución temporal y la interdependencia entre tareas. Su propósito es ofrecer una visión clara y coherente del proceso seguido, así como aportar transparencia metodológica respecto a la planificación del proyecto.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Este capítulo establece los fundamentos teóricos y el contexto operacional necesarios para comprender la problemática del enlace táctico de datos y del C2 (Mando y Control) en las unidades de helicópteros de las FAMET (Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra) y la necesidad de soluciones adaptadas como el sistema ATAK. Se abordarán los antecedentes, comenzando por las limitaciones identificadas en sistemas previos como el BMS en el entorno aéreo, y se describirá la situación actual que justifica la búsqueda e implementación de nuevas herramientas C2S (Sistema de Mando y Control). El objetivo es presentar el marco de referencia, apoyado en documentación técnica y experiencias operativas, que contextualiza el análisis y las propuestas desarrolladas en los capítulos posteriores de este trabajo.

3.1. Sistemas de mando y control en helicópteros: contexto y necesidad

El mando y control (C2) de unidades de helicópteros proyecta requerimientos que superan la arquitectura, los ritmos y, sobre todo, los alcances para los que fueron concebidos los sistemas de gestión táctica en tierra. En el Ejército de Tierra, el Battle Management System (BMS) se diseñó para unidades como Brigada e inferiores, aportando visualización de fuerzas propias, mensajería y actualización del teatro con simbología militar, todo ello sobre PR4G (Programa Radio de 4ª Generación) (ver ejemplo en Anexo II, Figura 39) en modos de datos IP MUX/IP SUPERMUX (Internet Protocol Multiplexor), con actualizaciones de posición cada 30 segundos. Esta frecuencia de actualización de la base de datos, aceptable para plataformas terrestres, resulta insuficiente para aeronaves: la combinación de mayor velocidad lineal y maniobra provoca que, en treinta segundos, la situación representada pierda precisión funcional para ejercer C2 en vuelo (BCG FAMET, 2025). Así se sintetiza en un informe propio de la unidad: “resulta inviable emplear BMS como sistema de mando y control para este tipo de unidades” (BCG FAMET, 2025), no solo por la latencia de datos de la que hablamos, sino por el alcance efectivo de PR4G (aproximadamente 30 km) frente a las distancias a las que operan los helicópteros respecto del puesto de mando; y porque otras radios de mayor alcance, como HF, no aportan suficiente capacidad de datos para que BMS funcione correctamente. La conclusión operativa es explícita: el empleo de BMS como C2S para helicópteros se considera inviable por el bajo alcance relativo y la alta latencia de datos (BCG FAMET, 2025).

La inviabilidad no se limita a la latencia y al alcance. La problemática se agrava debido a la heterogeneidad de los equipos radio en la flota de helicópteros y a sus respectivas tasas de datos insuficientes. Ciertos modelos operan radios que carecen de IP SUPERMUX (por ejemplo, RT-9610), lo cual restringe el empleo del BMS a no ser que se sacrifique una radio de voz; otros modelos sí poseen radios con IP SUPERMUX (por ejemplo, THALES TRA-6034), pero no han sido probados con BMS por los inconvenientes ya citados (escaso alcance y excesiva latencia). En resumen, el modelo basado en radio que sustenta el BMS no se adapta al ámbito aeroespacial de las FAMET (BCG FAMET, 2025).

En respuesta a esta situación, y como solución provisional de respaldo, las FAMET suministraron dispositivos GPS (Global Positioning System) Garmin conectados a la red Iridium que enviaban la posición cada 30 s y posibilitaban el envío de mensajes limitados. Sin embargo, la misma norma definía claramente su naturaleza, pues consistía en una solución de mensajería y localización, pero en ningún caso se trataba de un C2S como tal. (FAMET. División San Marcial, 2025). Simultáneamente, en investigaciones académicas se recogieron experiencias en las que se utilizaron “spotters” civiles (por ejemplo, Garmin inReach y Spot Gen3) como dispositivos de localización con intervalos de actualización menores a los 60 segundos, resultando efectivos para un seguimiento básico pero insuficientes como C2S (Mühlen Ruiz, 2022) (ver ejemplos en Anexo II, Figuras 40 y 41). Esto es, en ambos casos (tanto Garmin con red Iridium, como spotters) nos encontramos con un sistema de seguimiento, pero no de un C2S completo (FAMET. División San Marcial, 2025; Mühlen Ruiz, 2022).



En ese contexto operacional (alcance PR4G, latencia de 30 s, radios heterogéneas, seguimientos parciales por Garmin/spotters), ATAK surge como solución específica para el C2 táctico ligero en helicópteros, sobre dispositivos Android dedicados, servidor propio y VPN (Virtual Private Network) corporativa, sin depender del bus aviónico y con latencias adaptadas al empleo en movimiento de las aeronaves. Lo más importante para justificar su adopción de facto es que permite ejercer el C2 en vuelo, donde BMS es inviable (BCG FAMET, 2025). Esto se debe a que el cambio más significativo que supone ATAK es que su enlace se produce a través de la red de telefonía móvil GSM, de tal manera que el alcance y la señal pasan a depender únicamente de la cobertura (ver Figura 1). Lo cual posibilita tener enlace en cualquier lugar en el que se tenga conexión a la red GSM (Global System for Mobile communications). Además, al no depender de los sistemas y las aviónicas de los distintos modelos de helicópteros, ATAK aporta una mejor interoperabilidad, suponiendo esto una enorme ventaja respecto a sistemas anteriores. Esto suponía también la capacidad de comportarse como una alternativa de respaldo fiable a las radios, debido a la enorme heterogeneidad de modelos de radio de las distintas aeronaves. Por tanto, debido a esto y a las características generales que se expondrán en el siguiente apartado, el ATAK se consolida hoy como un C2S efectivo en aeronaves; con un uso extendido, operativo en ejercicios y vuelos autorizados, y normalizado mediante NOP (Norma Operativa), a la espera de aprobación por FUTER (Fuerza Terrestre) previa discusión con JCISAT (Jefatura de los Sistemas de Información, Telecomunicaciones y Asistencia Técnica). (BCG FAMET, 2025; FAMET. División San Marcial, 2025; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024).

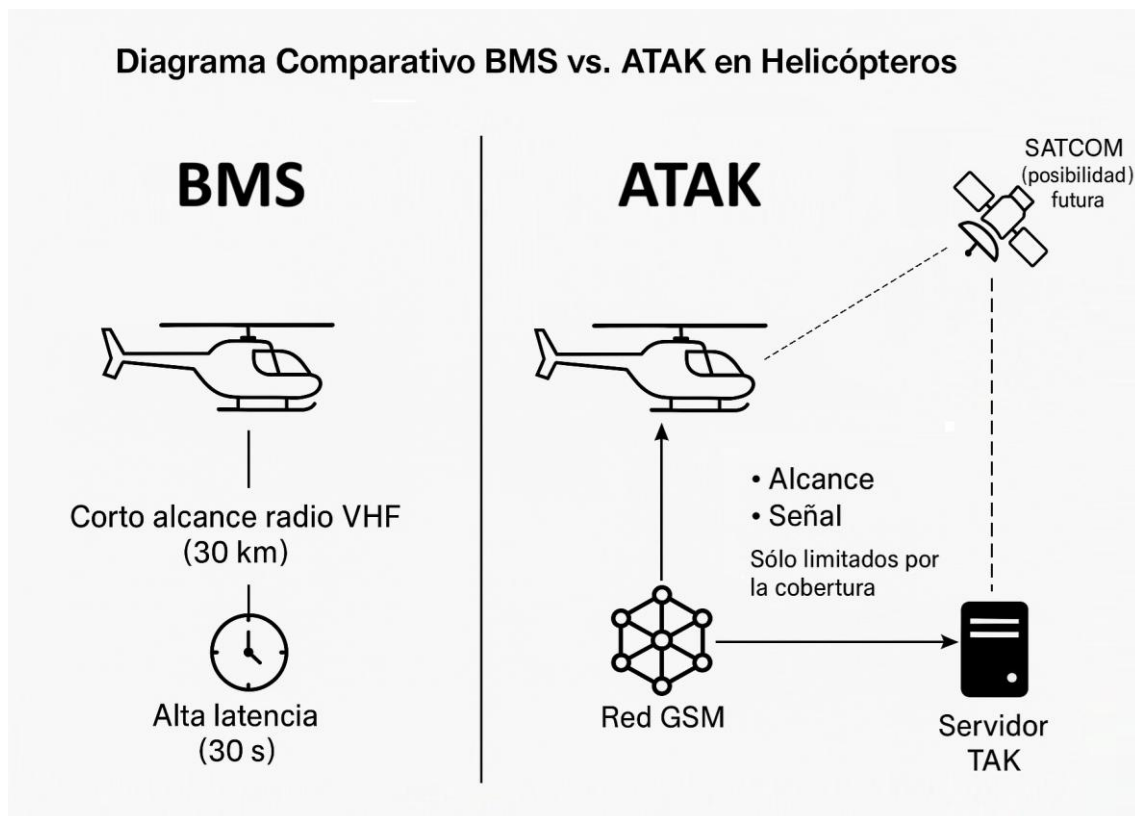


Figura 1. Diagrama comparativo BMS vs. ATAK en helicópteros. Fuente: Elaboración propia.

Por último, desde el punto de vista técnico y organizativo, la implantación de ATAK en FAMET se basa en una configuración estructurada y controlada, no en un uso aislado de la aplicación. Se emplea su versión militar, acompañada de una infraestructura propia gestionada internamente por la Compañía de Transmisiones del BCG (Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; FAMET. División San Marcial, 2025). Esta arquitectura, totalmente externa a la aviónica de los aparatos, explica la razón por la cual esta solución estandariza el C2S de todos los helicópteros: dispositivo Android dedicado, red GSM o red táctica, autenticación mediante



certificado, y un servidor físico que aloja tres servidores virtuales diferenciados (Servidor TAK, Servidor de mensajería y Servidor VPN), cada uno con funciones especializadas. Todo ello se completa con la gestión centralizada de certificados, cifrado de datos y compartimentación de salas de chat (ver Figura 2).

Arquitectura Simplificada del Sistema ATAK en FAMET

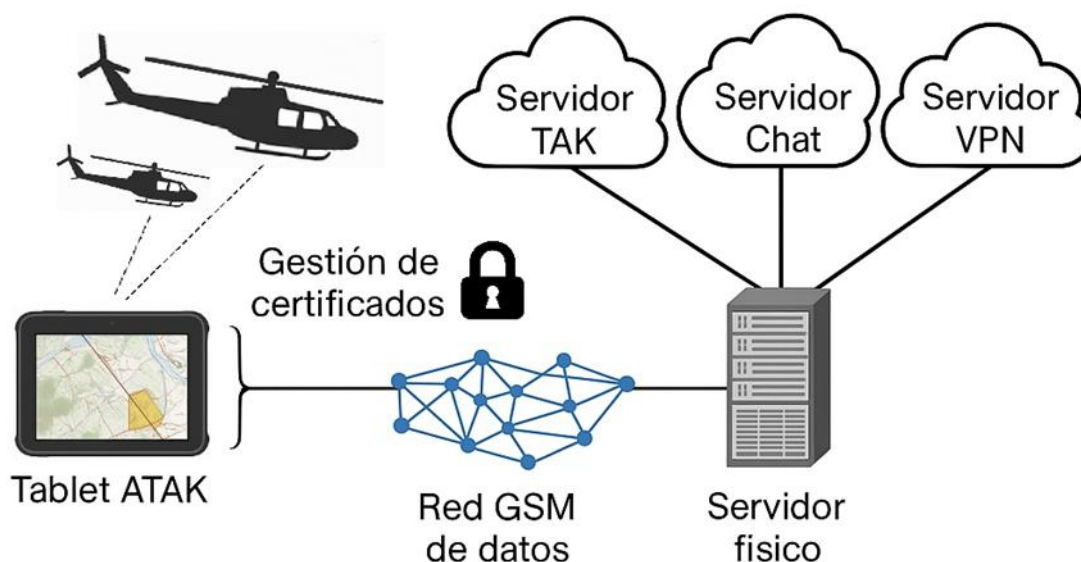


Figura 2. Arquitectura simplificada del sistema ATAK en FAMET. Fuente: Elaboración propia.

3.2. El sistema ATAK: concepto, características y capacidades generales

ATAK es un sistema geoespacial colaborativo que posibilita la difusión, distribución e interconexión en tiempo real de mapas, capas, símbolos, ubicaciones y productos tácticos entre usuarios conectados a un Servidor TAK común. Como ya muestra la Figura 2, la implementación en las FAMET se basa en cuatro componentes principales: (1) cliente ATAK (APK -Android Package Kit- distribuida por la Fuerza Terrestre), (2) Servidor VPN (OpenVPN) que cifra el flujo de datos hacia (3) el Servidor TAK de la organización, y (4) servicios vinculados con la gestión de notificaciones (burbuja flotante) y chat para mensajería, permitiendo al tripulante acceder a los mensajes tácticos sin necesidad de salir de ATAK. La autenticación a través de una VPN y la carga de los certificados en el cliente son requisitos que condicionan el acceso a los repositorios de paquetes de datos y a las salas de chat. (Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; FAMET. División San Marcial, 2025). A efectos prácticos, ATAK ofrece el seguimiento de fuerzas propias como su principal capacidad; dicho de otro modo, muestra y distribuye la ubicación de los clientes usuarios en la malla TAK con frecuencias de actualización que se ajustan a la conexión de datos disponible, junto con distintas funcionalidades (rutas, capas, waypoints, dibujos tácticos, etc.).

En cuanto a las capacidades de misión, ATAK admite: la importación y exportación de paquetes de datos (kmz, tiff, jpg, mp4, dt0, dt1, dt2, xml, KML -Keyhole Markup Language-, URL -Uniform Resource Locator-) (ver Figura 6), chat y voz multicast (como plugins), dibujo y simbología OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte), gestión de rutas y waypoints (ver figura 3), medidas de control (kill boxes, zonas restringidas) (ver Figura 5), y transmisión de vídeo en directo georreferenciado mediante plugins (TAK-ICU, UAS Tool) (ver Figuras 7 y 8), muy útil para reconocimientos y/o para corrección de fuegos. La ventaja no es solo localizar determinados puntos en un mapa, sino intercambiar productos tácticos listos para ser aplicados, bien sea durante la planificación como durante la ejecución, con latencias asequibles y acordes



a la red de datos disponible (Varona Izaguirre, 2023; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024). En suma, ATAK facilita la labor de los pilotos y las tripulaciones al converger en un cliente ligero y dedicado, las funcionalidades críticas de conciencia situacional (SA -Situational Awareness-), planeamiento y mando y control, algo que el BMS no logra en vuelo debido a su bajo alcance y alta latencia (Varona Izaguirre, 2023; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; BCG FAMET, 2025).

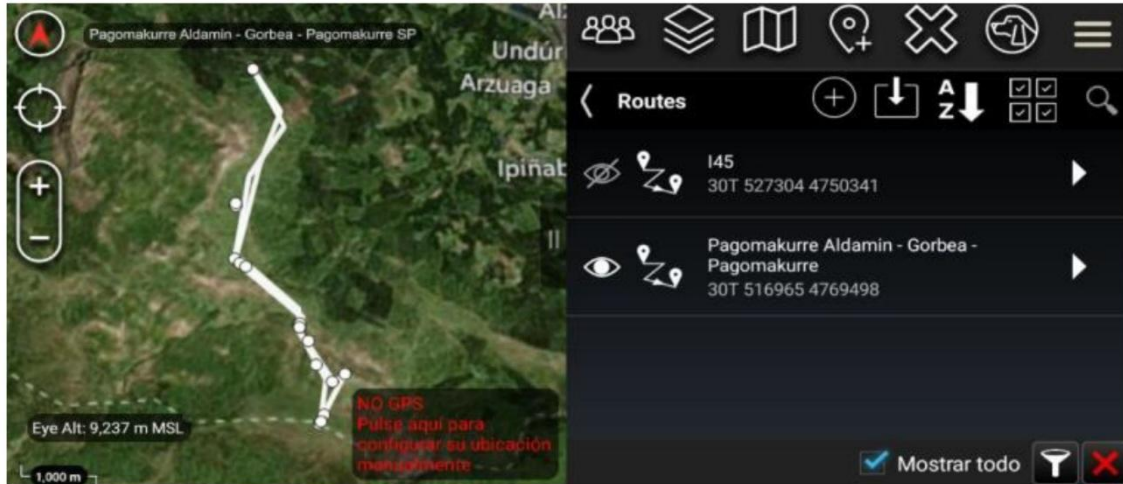


Figura 3. Gestor de rutas en ATAK. Fuente: Varona Izaguirre, 2023.

Sobre el modelo de despliegue, conviene precisar un matiz importante para evitar equívocos: existe una distribución civil gratuita (logo con carátula de águila), sin embargo, el sistema utilizado en cuestión se trata de la versión militar (logo con carátula de calavera) de la misma (ver Figura 4). El empleo de esta versión militar en las FAMET se articula con servidor y certificados propios, con APK oficial y VPN corporativa. Es, por lo tanto, un sistema con control y seguridad internos (sin dependencias externas), con responsabilidades definidas (G-6, administradores generales, administradores delegados, usuarios finales) y reglas de empleo (autorización unitaria, planificación con estudio de cobertura GSM, normalización de tablets, certificados propios que posibilitan e imposibilitan su servicio, prohibiciones de uso personal) (FAMET. División San Marcial, 2025). Esta gobernanza explica que ATAK se pueda “utilizar en Ejercicios y maniobras, Operaciones en TN (Territorio Nacional) y vuelos de instrucción, limitando su uso como sistema de mando y control de respaldo, o medio de respaldo para el Control del Espacio Aéreo en una Torre de Control” (FAMET. División San Marcial, 2025).



Figura 4. Logos de ATAK civil vs. ATAK militar. Fuente: Elaboración propia.



Asimismo, a pesar de que el ATAK se empleará como C2S, se utilizarán la RRC (Red Radio de Combate) y las comunicaciones satelitales como medios principales, debido a que el sistema ATAK trabaja sobre la red GSM, no pudiendo basar la I/A (Instrucción y Adiestramiento) de las unidades sólo en este sistema (FAMET. División San Marcial, 2025).

3.3. ATAK en el ámbito terrestre: experiencias previas (referencia comparada)

Las primeras implementaciones intensivas de ATAK en el ámbito del ET se han documentado en unidades terrestres. En especial, un estudio llevado a cabo en el Batallón de Infantería Motorizada (BIMT) Guipúzcoa I/45 del Regimiento de Infantería Garellano 45 (Varona Izaguirre, 2023), y otro en el Batallón “Zamora” del Regimiento de Infantería “Isabel la Católica” 29, documentaron la viabilidad de un conjunto de capacidades clave que son directamente trasladables al ámbito aéreo. Estas capacidades incluyen:

- Gestión de Maniobra: Uso de kill boxes tácticos diseñados con las herramientas de dibujo (ver Figura 5).



Figura 5. Kill Box diseñada con las herramientas de dibujo de ATAK. Fuente: Varona Izaguirre, 2023.

- Planeamiento Compartido: Gestión de paquetes de datos con simbología OTAN para materializar planes de maniobra (ver Figura 6).



Figura 6. Gestor de paquetes de datos. Fuente: Varona Izaguirre, 2023.



- Inteligencia y Comunicaciones: Vídeo en directo georreferenciado (con plugins como TAK-ICU) para reconocimiento y designación de objetivos (ver Figura 7), así como para apoyo a la calificación y corrección de fuegos (ver Figura 8). También incluye comunicaciones mediante chat y voz multicast.



Figura 7. Designación de objetivos mediante dron. Fuente: Fernández Castillo, 2022.

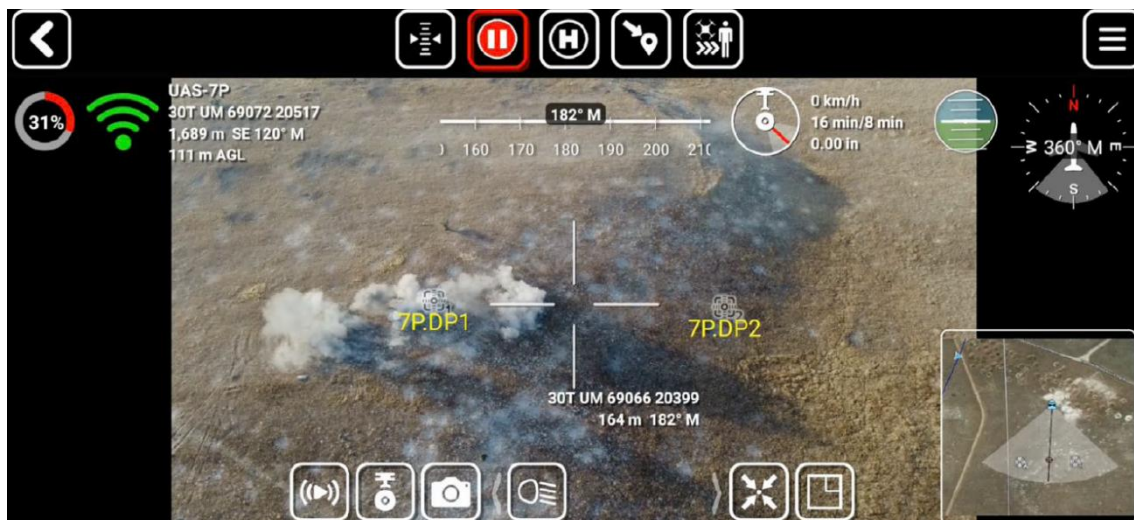


Figura 8. Tiro de morteros designado y corregido con ATAK. Fuente: Fernández Castillo, 2022.

Aunque el estudio se centró en el entorno terrestre, estas mismas funcionalidades (ilustradas en las Figuras 5, 6, 7 y 8) son aplicables a las FAMET. Por ello, las capacidades trasladables a helicópteros son claras: conciencia situacional (SA) en tiempo real, planeamiento compartido y difusión de datos con tasas de latencia muy inferiores a las de una malla radio de datos. Además, ATAK llega donde la radio no llega, con un alcance sólo limitado a la cobertura de datos de la red GSM de telefonía móvil, lo cual no sólo es útil para el ámbito aéreo sino también para el terrestre, suponiendo esto una observación empírica valiosa para técnicas aire-tierra, (Varona Izaguirre, 2023).

A la vista de lo expuesto, puede deducirse que estas experiencias terrestres abrieron camino para que las FAMET adoptaran un enfoque de arquitectura basada en cliente ligero, servidor TAK, VPN y mensajería segura (ver Figura 2), obteniendo un C2S ágil, portable y estandarizable entre unidades. De tal manera que dichas experiencias parecen haber servido de referencia para que las FAMET tomarán la iniciativa de impulsar la implantación de ATAK en el ámbito aéreo.



3.4. ATAK en las unidades aéreas (FAMET)

En el ámbito FAMET, el estado de implantación de ATAK se articula con una NOP que regula su uso en maniobras, ejercicios y vuelos autorizados, define responsabilidades (G-6, administradores generales, administradores delegados, usuarios), procedimientos (solicitud y carga de certificados P12/OVPN, creación de salas comunes, borrados post-ejercicio), requisitos de normalización de tablets Android dedicadas (sin uso personal, software (APK) ATAK administrado por FAMET) y el “estudio previo de la cobertura y redes GSM de las que se dispone” durante el planeamiento de la misión (FAMET. División San Marcial, 2025). Esto confirma que ATAK está en uso real en las FAMET y que su empleo no es experimental sino procedimentado; una aprobación de facto que responde a la inviabilidad de BMS en vuelo y a la necesidad de un C2S para helicópteros (FAMET. División San Marcial, 2025; BCG FAMET, 2025).

La implementación técnica en ejercicios y vuelos autorizados sigue un camino estándar: instalación de la APK oficial (distribuida por FUTER), verificación de VPN, carga del .ovpn y de los .p12 (certificados), asignación de salas de chat y verificación del enlace con el servidor. Además se configura una “bubble notification” o burbuja flotante que permite superponer la mensajería (ver Figura 9), posibilitando así el uso del chat sin la necesidad de salir de la aplicación de ATAK (ver Figura 10) (Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024). De esta manera, el miembro de la tripulación que opere el ATAK (habitualmente uno de los pilotos) trabaja con mapas, tanto offline como mediante el servicio de streaming, con capas, con simbología OTAN, con paquetes de datos, con chat y (si se ha autorizado) con voz multicast y vídeo (Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024).

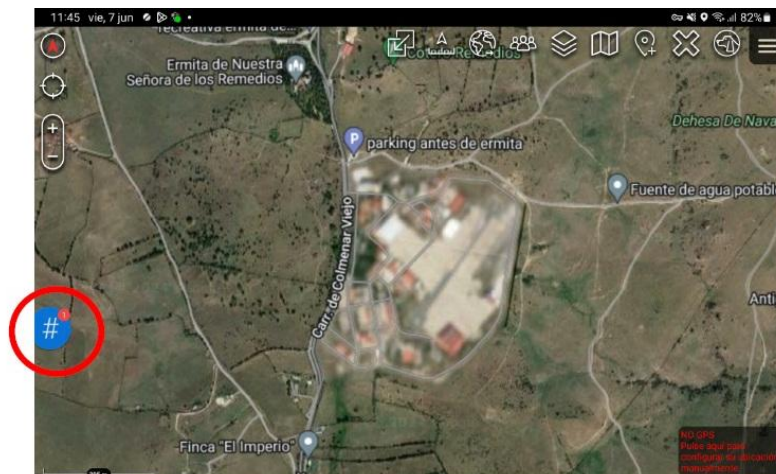


Figura 9. Burbuja flotante. Fuente: Presentaciones internas CIAT.

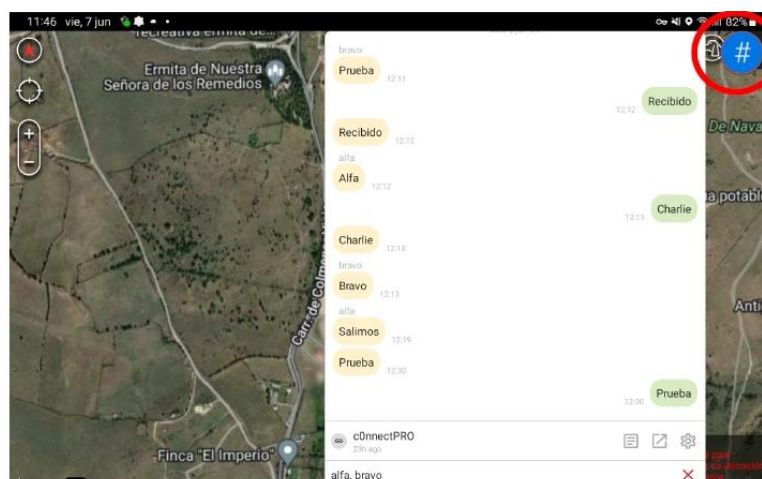


Figura 10. Chat de mensajería mediante burbuja flotante. Fuente: Presentaciones internas CIAT.



Un aspecto pragmático es el dispositivo. Las FAMET normalizan tablets Android dedicadas y homologadas para el uso táctico (ver Figura 11), no integradas en la aviónica de las aeronaves, lo que permite su utilización en distintos modelos de helicóptero sin modificaciones técnicas. De esta manera, ATAK no interfiere con los sistemas de cabina ni con el bus de misión, superponiéndose como un sistema ligero, estandarizado y de rápida implementación, capaz de favorecer la interoperabilidad entre aeronaves y complementar los medios existentes en vuelo. El modelo de tablet utilizado es el Samsung Galaxy Tab Active 3 (ver ejemplos en Anexo II, Figuras 42 y 43). (FAMET. División San Marcial, 2025; Mühlen Ruiz, 2022; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024).



Figura 11. Tablet ATAK homologada. Fuente: Elaboración propia.

Por último, en lo relativo a las comunicaciones, ATAK no se ve condicionado por las limitaciones radio propias del BMS, ya que no depende del modo IP SUPERMUX ni necesita transmitir su tráfico a través de las radios tácticas embarcadas (BCG FAMET, 2025). En su lugar, emplea conectividad de datos móviles (red GSM) sobre la que establece una VPN (red privada virtual) para proteger el intercambio de información entre terminales y servidores. Aunque esta solución no elimina por completo los problemas de cobertura en determinadas circunstancias (aspecto que se analizará en el apartado 3.6), sí los mejora sustancialmente, y sí reduce las diferencias entre modelos de helicóptero y simplifica la interoperabilidad del sistema, garantizando un funcionamiento homogéneo en todas las plataformas (FAMET. División San Marcial, 2025; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024).

3.5. Interoperabilidad con unidades terrestres (aire–tierra) y gestión de accesos

El valor diferencial de ATAK en un escenario conjunto Aire-Tierra reside en que todos los actores (helicópteros, unidades terrestres, observadores, unidades de operaciones especiales, puestos de mando, etc.) pueden compartir y ver la misma “imagen táctica” (mapa, capas, posiciones, avisos, planeamientos) en tiempo real desde clientes ligeros conectados a un servidor común propio e independiente. La experiencia terrestre consolidó la gramática de productos (paquetes de datos, simbología, vídeo/TAK-ICU, mensajería de chat) que, sin cambios, sirve a helicópteros para recibir y/o emitir órdenes gráficas, marcar waypoints, simbología OTAN, remitir TUTELA (Tiempo, Unidad, Tamaño, Equipo Localización, Actitud) o CASEVAC (Casualty Evacuation), establecer zonas de control o kill boxes, compartir paquetes de datos con rutas y zonas o recibir vídeos en directo de las distintas unidades terrestres (Varona Izaguirre, 2023; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024). El resultado es una reducción de la fricción en la interfaz aire-tierra y una coordinación superior con unidades terrestres, algo difícil de lograr con sistemas anteriores más fragmentados (Varona Izaguirre, 2023; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024).

Para que esa interoperabilidad sea segura y controlada, la gestión de accesos definida



mediante NOP resulta esencial. El uso de ATAK debe ser autorizado por el Jefe de Unidad, siguiendo un procedimiento reglado que incluye la asignación de certificados y salas de chat específicas, así como su borrado tras la finalización del ejercicio. En concreto, la NOP establece que “con una antelación mínima de 10 días hábiles al inicio del ejercicio se deberá solicitar autorización para su uso por parte del OSE (Officer Scheduling the Exercise) del Ejercicio, junto con la solicitud de certificados, y la Sala de Chat a la que solicitan acceso (solo siendo posible la sala de Chat del Ejercicio), a JEMFAMET vía G6 FAMET” (FAMET. División San Marcial, 2025). Además, se regula la normalización de los dispositivos empleados, prohibiendo el uso de terminales personales y estableciendo canales oficiales para la distribución de archivos APK y certificados, con el fin de mantener la trazabilidad y seguridad del sistema (FAMET. División San Marcial, 2025).

En misión, esto se traduce en que las unidades aéreas y terrestres comparten servidor y salas con perfiles y permisos definidos, operando bajo una misma red segura. Esta disciplina operativa es lo que permite habilitar la interconexión entre unidades aéreas y terrestres sin comprometer la confidencialidad ni la integridad de la información (FAMET. División San Marcial, 2025; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024).

Además, ATAK habilita sinergias Aire-Tierra que no eran posibles con el BMS, al permitir la entrega de productos y la transmisión directa de información entre mandos equivalentes (por ejemplo, disponer del esquema de maniobra del PC (Puesto de Mando) directamente en cabina, así como sus indicaciones durante la conducción), la retroalimentación desde los helicópteros mediante marcaciones sobre el terreno, así como el feedback (o intercambio de datos) temprano de las unidades desplegadas. Incluso posibilita cerrar el ciclo operativo mediante la recepción de vídeo en tiempo real procedente de UAS (Unmanned Aircraft System) o elementos avanzados en tierra. La clave no reside en la aplicación en sí, sino en la convergencia de datos y usuarios dentro de una misma malla y control de acceso propios (Varona Izaguirre, 2023; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; FAMET. División San Marcial, 2025).

3.6. Limitaciones actuales del ATAK en helicópteros y líneas de mejora identificadas

Aunque ATAK ha permitido ejercer C2 en helicópteros donde BMS es inviable, la literatura y la documentación interna describen límites objetivos y precauciones que condicionan su empleo y orientan mejoras futuras (BCG FAMET, 2025).

La primera limitación estructural es la dependencia de la conectividad de datos. La arquitectura FAMET se apoya preferentemente en GSM/3G/4G y en Wi-Fi táctico donde se disponga. Ello obliga a planear con un estudio previo de la cobertura GSM cuando la misión dependa de esa red, y a prever mecanismos de contingencia (por ejemplo, trabajo degradado con capas offline y sincronización diferida). La falta o debilidad de cobertura (en urbano denso, valles o determinadas zonas rurales) interrumpe la actualización de posiciones y la sincronización de paquetes, tal y como se ha observado en prácticas terrestres (Varona Izaguirre, 2023; FAMET. División San Marcial, 2025). Desde una perspectiva de mejora, la literatura FAMET apunta como una línea a explorar, fuera del alcance de este capítulo, el uso de enlaces SATCOM (Satellite Communications) orgánicos (no de terceros) para no depender de la infraestructura local de telefonía móvil. Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024).

La segunda limitación es la ergonomía en cabina. ATAK no está integrado en la aviónica; opera con tablets dedicadas. Esto tiene ventajas como las siguientes: no requiere certificaciones de integración en las aeronaves, es homogéneo, puede evolucionar con rapidez, lo que lo hacen perfectamente interoperable para los distintos modelos de helicóptero. Pero impone requisitos de colocación, legibilidad con luz solar, manejo con guantes y sobre todo en la posibilidad de intrusión en el desempeño habitual de la tripulación, pues supone tener una herramienta más en cabina, que, aunque útil, implica tener que dedicar una parte importante de la atención durante el vuelo. Aun así, integraciones selectivas (por ejemplo, presentación de alertas o capas mediante pasarelas certificadas en los sistemas de visualización MFD (Multi-Function Display),



HUD (Head-Up Display) o pantallas en cabina) podrían mejorar la funcionalidad en el medio plazo, siempre que superen las barreras de certificación aérea: aquí en trabajos previos relacionados se resaltan las dificultades incluso para obtener información de fabricantes como Garmin con vistas a integraciones de sus equipos (en general, no específicas con ATAK), lo que ilustra la complejidad técnica e industrial de acoplar sistemas tácticos a aviónica certificada y especializada (Mühlen Ruiz, 2022).

La tercera limitación concierne a la seguridad de la información y control de acceso. La solución FAMET mitiga riesgos con VPN y certificados gestionados corporativamente, salas de chat con acceso controlado, prohibiciones de uso personal y borrados post-ejercicio (FAMET. División San Marcial, 2025; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024). Pero hay que reconocer que el riesgo residual no es cero cuando el transporte depende de GSM: la protección criptográfica y la gobernanza de claves son robustas, pero la superficie de ataque de un ADN móvil puede incluir metadatos y denegaciones puntuales. Por eso la NOP exige procedimientos (normalización, prohibiciones, trazabilidad, comunicación con administradores) y, en planeamiento, estudios de cobertura previos (FAMET. División San Marcial, 2025; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024). A efectos de redacción, es importante subrayar que en FAMET se usa la versión militar del ATAK con control interno (APK oficial, servidor y certificados propios), y no la versión civil abierta (Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; FAMET. División San Marcial, 2025).

La cuarta limitación procede de interoperar con sistemas legados. En la documentación técnica se plantea la posible pasarela con TALOS para intercambio automático de posiciones y productos. Si es razonable, como línea de mejora, estudiar pasarelas estandarizadas (como VMF -Variable Message Format-) de doble sentido para mantener coherente la imagen común cuando conviven usuarios de ATAK y BMS (Varona Izaguirre, 2023; Hoyos Perales, 2022; Fernández Castillo, 2022). Es por ello, que dada la inutilidad e inoperatividad del BMS en las unidades de helicópteros como FAMET, se proporciona una tablet normalizada con la APK de ATAK a las unidades terrestres con las que se vaya a operar en el ejercicio de la misión. Si bien es cierto, que lo ideal sería un sistema común que habilitase esta interoperabilidad en cualquier entorno operativo, a día de hoy tan sólo ATAK es capaz de ofrecer todos estos requisitos. (Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; Varona Izaguirre, 2023; BCG FAMET, 2025; Hoyos Perales, 2022; Fernández Castillo, 2022).

Finalmente, las tablets y su consumo. Aunque las tablets Android dedicadas son un acierto logístico (coste, reemplazo, curva de aprendizaje), exige políticas de carga, repuestos, firmware y control de APK; la NOP cubre la normalización y el suministro por canales oficiales (FAMET. División San Marcial, 2025). No obstante, desde el punto de vista de cabina, en los momentos en los que se le exige una mayor actividad al programa ATAK, las tablets experimentan un consumo de batería más elevado de lo habitual, así como un sobrecalentamiento (especialmente en los entornos de clima cálido), lo cual llega a ser una dificultad añadida para los miembros de la tripulación por no disponer de tomas de corriente con las que alimentar las tablets. (FAMET. División San Marcial, 2025; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024).

En conjunto, ATAK ha mostrado ventajas claras en cuatro vectores clave (conciencia situacional, planeamiento colaborativo, C2 en vuelo e interoperabilidad), a costa de límites que el marco doctrinal reconoce y trata de mitigar con VPN, certificados, normalización y planeamiento previo de la cobertura. Asimismo, a partir del análisis operativo realizado y de la experiencia observada en las unidades, se identifican una serie de propuestas de mejora razonables que apuntan a posibles líneas de investigación futura, las cuales se desarrollarán más detenidamente en el apartado 4. (FAMET. División San Marcial, 2025; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; Varona Izaguirre, 2023).

3.7. Síntesis del marco teórico

El marco presentado permite entender por qué las FAMET han sustituido en la práctica el BMS por ATAK como medio de enlace táctico de datos para helicópteros. Primero, porque BMS



es inviable para C2 en vuelo: refresco de 30 s y alcance de 30 km hacen que la posición y la conectividad que sí sirven a la maniobra terrestre no sean operativas con aeronaves (BCG FAMET, 2025). Segundo, porque las soluciones intermedias tipo Garmin+Iridium o spotters pueden llegar a sostener el seguimiento (menos de 60 s), pero no aportan C2 (FAMET. División San Marcial, 2025; Mühlen Ruiz, 2022). Tercero, porque la arquitectura ATAK (cliente Android dedicado + servidor VPN + servidor TAK + mensajería + gobierno de certificados y salas) encaja con la realidad aeronáutica sin exigir integración aviónica ni radios concretas (ver Figura X): es portable, controlada e interoperable entre modelos (Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; FAMET. División San Marcial, 2025).

Además, la experiencia terrestre (paquetes de datos, vídeo, simbología, voz multicast) ha servido de banco de pruebas para que helicópteros cooperen con secciones en tierra sobre un mismo cuadro táctico, mejorando la coordinación y reduciendo fricción en el C2 del entorno aire-tierra (Varona Izaguirre, 2023). Por su parte, esa práctica se consolida mediante NOP al procedimentar autorizaciones, certificados, normalizaciones y estudios de cobertura, y al definir una cadena de responsabilidades que da seguridad a su empleo (FAMET. División San Marcial, 2025).

No obstante, persisten limitaciones que deben gobernarse: (i) conectividad GSM/3G/4G: es crítica para obtener el rendimiento de ATAK, por lo que planeamiento y medidas de mitigación son indispensables; (ii) ergonomía en cabina: la no integración es una virtud para el despliegue, pues aporta flexibilidad a los pilotos, pero exige normas y procedimientos estandarizados para que su uso no interrumpa el desempeño habitual de la tripulación, ni comprometa la seguridad; (iii) seguridad de la información: la VPN y los certificados limitan la superficie de ataque, pero la dependencia de redes de terceros deja un riesgo residual; (iv) pasarelas con C2 legados: son deseables para la coherencia de una imagen común para todos los actores; (v) consumo de las tablets: en ocasiones el consumo de las tablets es excesivo limitando su autonomía.

Para concluir, ATAK cubre el vacío funcional que BMS no consiguió resolver en las unidades de helicópteros, proporcionando un sistema táctico de C2 ya validado que se caracteriza por su ligereza, seguridad y escalabilidad, así como por su capacidad de integrarse en un entorno conjunto de aire-tierra. Es por ello que su definición en las FAMET muestra la evolución del C2 hacia soluciones más modulares e interoperables.

4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Este capítulo constituye el cuerpo fundamental del trabajo, donde se exponen y argumentan los hallazgos principales derivados de la metodología adoptada. Se detallará el proceso de evaluación operativa del sistema ATAK en las unidades de helicópteros de las FAMET, presentando los datos más relevantes obtenidos a través de la revisión documental, la observación directa y la encuesta realizada al personal de vuelo. La estructura sigue una secuencia lógica que parte de la percepción de los usuarios, continúa con un análisis comparativo y estratégico (benchmarking, DAFO, CAME), y culmina con las conclusiones parciales, facilitando la comprensión del análisis y la coherencia con los objetivos planteados.

4.1. Metodología de evaluación y enfoque analítico

Este apartado describe la aplicación concreta de la metodología para la evaluación operativa del sistema ATAK en las unidades de helicópteros, conforme a la estrategia cualitativa establecida en el Apartado 2. La evaluación se ha abordado mediante la combinación de tres técnicas complementarias de recogida de datos (además de los análisis DAFO, CAME y comparativo):

1. Revisión documental: Para establecer el contexto y acotar el alcance de la evaluación, se realizó una revisión de materiales directamente relacionados con el uso de ATAK, tales como manuales, normativa y documentación técnica interna. Este análisis



preliminar sirvió para situar la herramienta en su contexto operacional e identificar el potencial y las limitaciones previamente documentadas.

2. Observación directa: Se implementó la observación directa durante el periodo de prácticas en la unidad, una técnica esencial que permitió registrar las condiciones reales de operación. La observación incluyó la realización de entrevistas no estructuradas de carácter informal con personal especializado, cuyos aportes también se registraron por medio del diario de campo, que aglutinó las incidencias y anotaciones útiles para el desarrollo del trabajo.
3. Encuesta a personal experto: Se diseñó y aplicó una encuesta dirigida a pilotos usuarios de ATAK, que combinó preguntas cerradas con preguntas abiertas para la obtención de percepciones más detalladas. A lo largo del apartado 4 se presentarán los resultados estadísticos interpretados y se analizarán las respuestas abiertas más representativas.

4.1.1. Tratamiento e integración de la información

Respecto al enfoque analítico, es preciso señalar que las respuestas cualitativas (tanto las respuestas abiertas del cuestionario, como las recogidas mediante las conversaciones informales) fueron analizadas y agrupadas temáticamente. Este proceso se realizó con el objetivo de establecer los principales ejes de percepción y priorizar las menciones reiteradas como indicadores de mayor relevancia operativa. Las respuestas cuantitativas, por su parte, se resumirán mediante el apoyo de gráficas clave en los apartados subsiguientes.

En línea con la coherencia metodológica establecida al inicio del trabajo, se procuró distinguir entre las descripciones objetivas de los hechos y las interpretaciones personales derivadas de la experiencia en prácticas, a fin de mitigar el sesgo subjetivo. Por último, el cuestionario completo (el instrumento de la encuesta) se incorpora para su consulta en el Anexo III del presente trabajo.

4.2. Percepción operativa del sistema ATAK

Este apartado recoge las impresiones del personal de vuelo sobre el sistema ATAK, recopiladas tanto mediante preguntas cerradas como a través de observaciones y comentarios abiertos. A continuación, se presentan de forma diferenciada los principales resultados cuantitativos extraídos del cuestionario y, posteriormente, un análisis cualitativo de las valoraciones aportadas por los pilotos, en el que se detallan las limitaciones identificadas y las propuestas de mejora planteadas.

4.2.1. Resultados cuantitativos del cuestionario

Este subapartado presenta los resultados obtenidos a partir de las preguntas cerradas del cuestionario completado por 33 pilotos usuarios de ATAK. Las respuestas se han organizado en bloques temáticos que permiten identificar la percepción general sobre el uso del sistema, su valor operativo y sus limitaciones. El cuestionario completo se incluye en el Anexo III. A continuación, se muestran las conclusiones principales de cada bloque, junto a los gráficos más representativos.

Datos de los encuestados

Todos los participantes eran Oficiales (84,8 %) o Suboficiales (15,2 %) del Ejército de Tierra (ver Figura 12). La mayoría tenía entre 1 y 3 años de experiencia en FAMET (ver Figura 13) y entre 7 y 10 años en el Ejército (ver Figura 14). En cuanto a la formación en ATAK, el 87,9 % declararon haber recibido únicamente formación informal, mientras que nadie declaró haber recibido formación oficial (ver Figura 15). Asimismo, el 75,8 % de los encuestados utilizan ATAK de manera moderadamente extendida (ver Figura 16). Como conclusión se puede decir que existe una falta de formación oficial para el uso del ATAK. Asimismo, se puede observar que la mayoría de los encuestados son oficiales, información a tener en cuenta de cara a analizar los aspectos de planeamiento en futuras respuestas.



Indique su empleo

33 respuestas

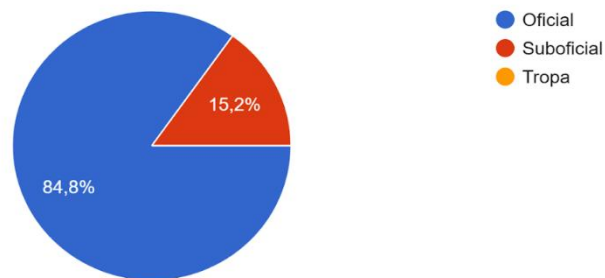


Figura 12. Empleo del usuario. Fuente: Elaboración propia.

Antigüedad en las FAMET (en años)

33 respuestas

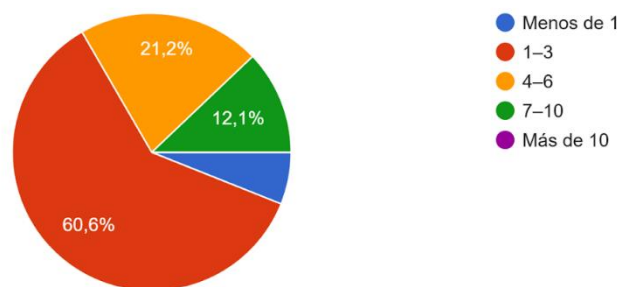


Figura 13. Antigüedad en las FAMET. Fuente: Elaboración propia.

Antigüedad en el Ejército de Tierra (en años)

33 respuestas

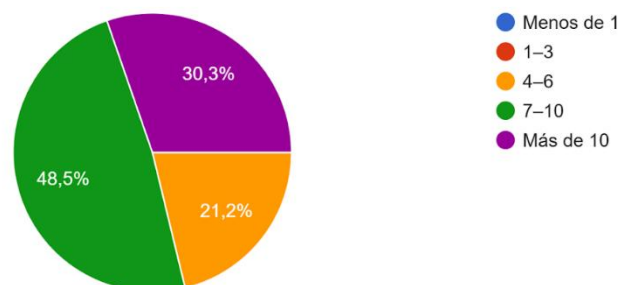


Figura 14. Antigüedad en el ET. Fuente: Elaboración propia.



¿Ha recibido formación específica en el uso de ATAK?

33 respuestas

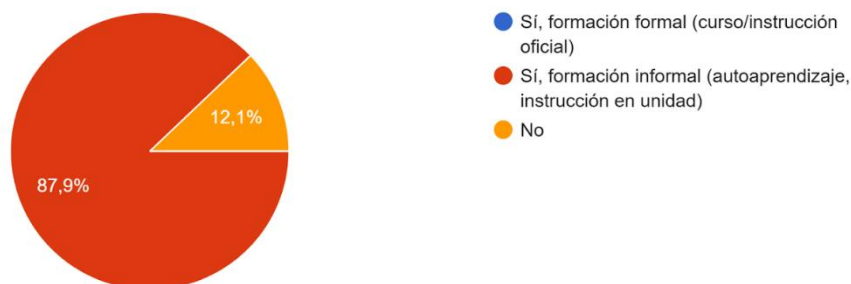


Figura 15. Formación específica. Fuente: Elaboración propia.

Nivel de uso de ATAK en su unidad

33 respuestas

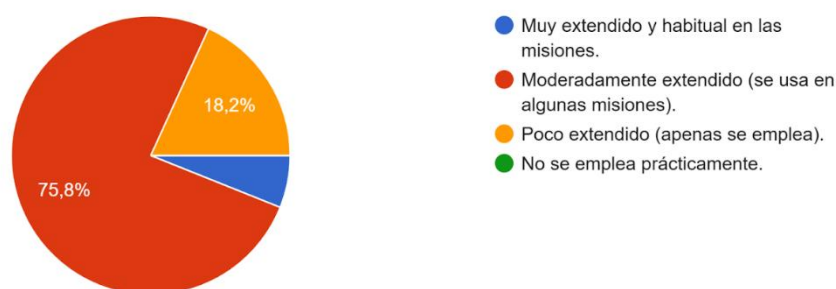


Figura 16. Uso de ATAK. Fuente: Elaboración propia.

Bloque 1 – Experiencia y frecuencia de uso

Los resultados muestran que ATAK es una herramienta habitual para la mayoría de pilotos. El 57,5 % declaró utilizarlo de forma habitual en escenarios operativos, mientras que el 36,4 % declaró no estar ni de acuerdo ni en desacuerdo con dicha afirmación (ver Figura 17). Además, el 72,7 % se siente suficientemente capacitado para usarlo en misión sin apoyo externo (ver Figura 18). Como conclusión se puede decir que el uso ATAK está extendido en la FAMET, y que sus usuarios se sienten ampliamente capacitados para utilizarlo.

3. ATAK se emplea de forma habitual en distintos escenarios operativos (ejercicios, operaciones reales, instrucción).

33 respuestas

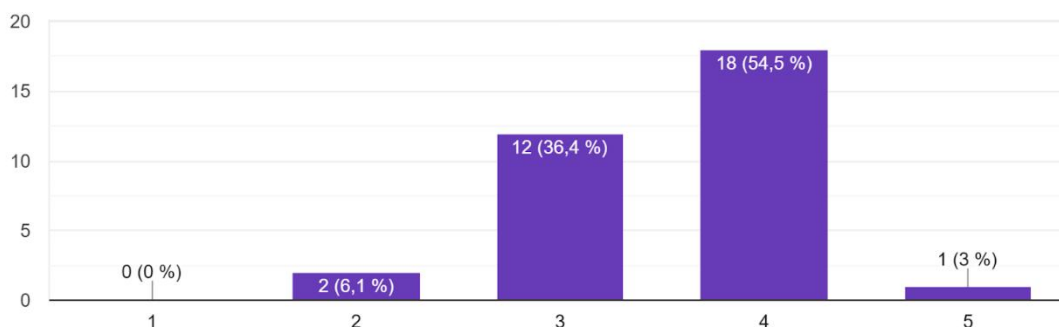


Figura 17. Pregunta 3 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.



4. Me siento capacitado para manejar ATAK en misión sin necesidad de apoyo externo.

33 respuestas

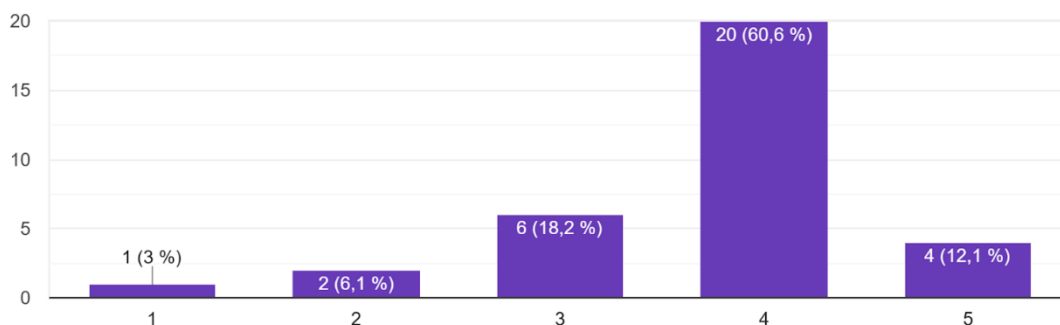


Figura 18. Pregunta 4 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

Bloque 2 – Utilidad operativa

ATAK es percibido como una herramienta que mejora claramente la conciencia situacional (SA) respecto a sistemas anteriores. El 90,9 % de los encuestados está de acuerdo o muy de acuerdo con esta afirmación (ver Figura 19). Asimismo, el 84,8 % de los pilotos respalda que ATAK facilita la coordinación con unidades terrestres más que el BMS (ver Figura 20). Además, el 94,0 % considera útil que un componente en tierra tenga acceso a ATAK para mantener contacto en tiempo real (ver Figura 21). A la vista de lo expuesto, se puede concluir que el ATAK aporta una mejora sustancial respecto a sistemas previos.

5. ATAK ha mejorado la conciencia situacional de la tripulación en comparación con sistemas previos.

33 respuestas

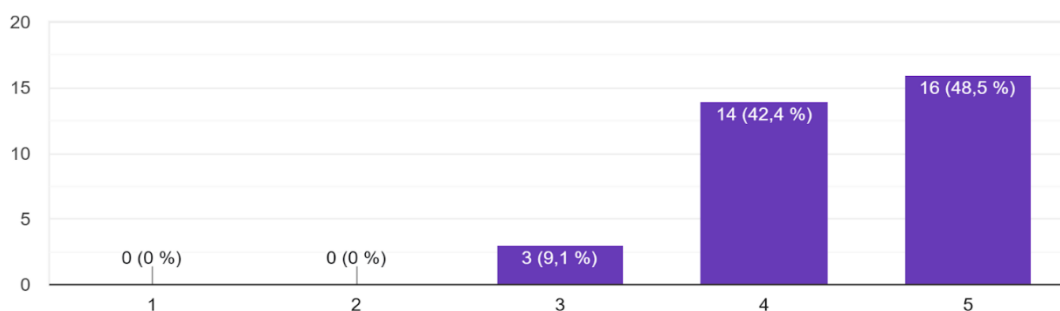


Figura 19. Pregunta 5 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

6. ATAK facilita la coordinación con unidades terrestres más que otros medios como el BMS.

33 respuestas

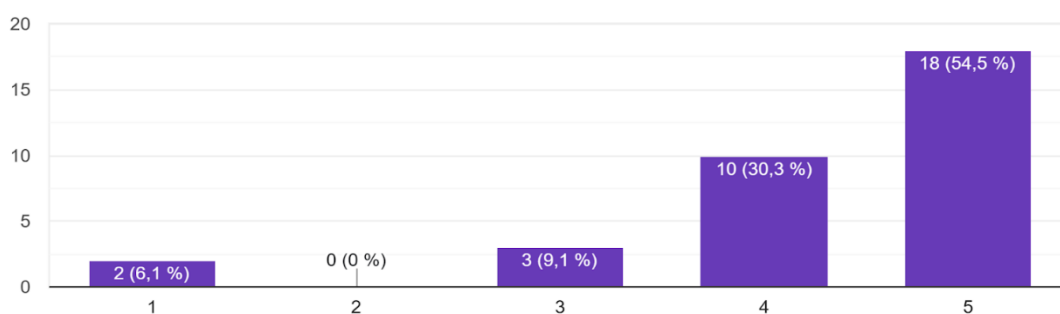


Figura 20. Pregunta 6 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.



11. Consideraría útil que, en determinadas misiones, un componente en tierra tuviera también acceso a ATAK para mantener contacto en tiempo real.

33 respuestas

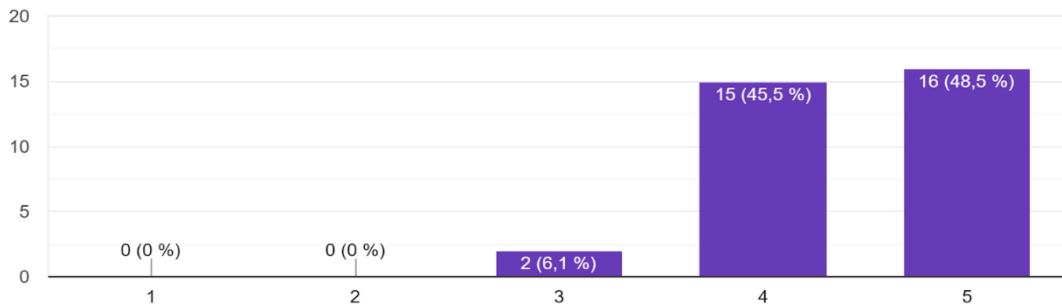


Figura 21. Pregunta 11 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

Bloque 3 – Limitaciones y riesgos

La principal limitación técnica identificada es la dependencia de cobertura, con un respaldo del 60,6 % de los usuarios (ver Figura 22). Asimismo, un 33,3 % considera que ATAK presenta limitaciones que afectan a su utilidad (ver Figura 23). En cambio, el 72,8 % considera que no se genera una sobrecarga de trabajo en cabina (ver Figura 24). En el marco de la seguridad y la fiabilidad, a pesar de que el sentir general (39,4 %) se decanta por ser un sistema seguro, una parte de los pilotos (30,3 %) sí que denota cierta vulnerabilidad (ver Figura 25).

14. ATAK presenta una dependencia de cobertura/red que limita su efectividad en vuelo.

33 respuestas

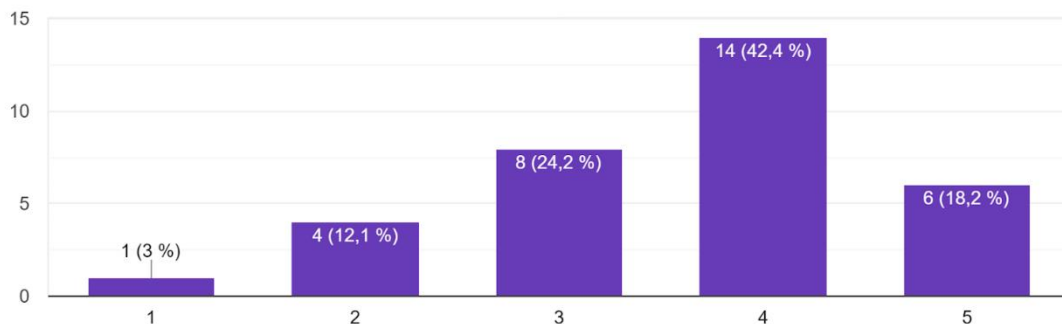


Figura 22. Pregunta 14 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

12. ATAK presenta limitaciones técnicas significativas que afectan a su utilidad en helicópteros.

33 respuestas

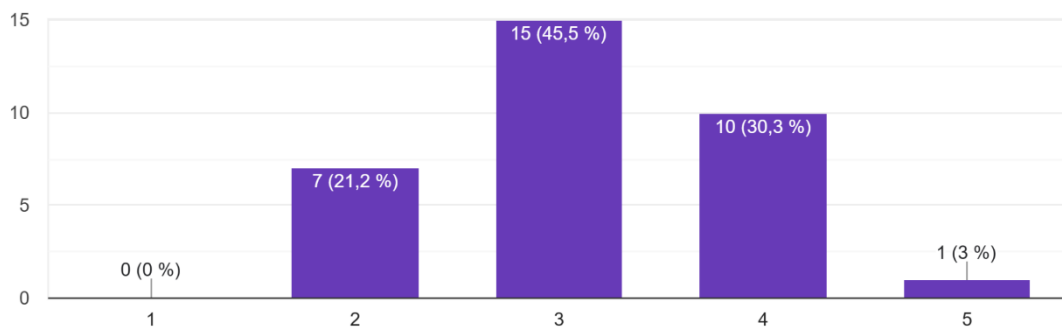


Figura 23. Pregunta 12 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.



15. El uso de ATAK genera una sobrecarga de trabajo en la cabina para la tripulación.

33 respuestas

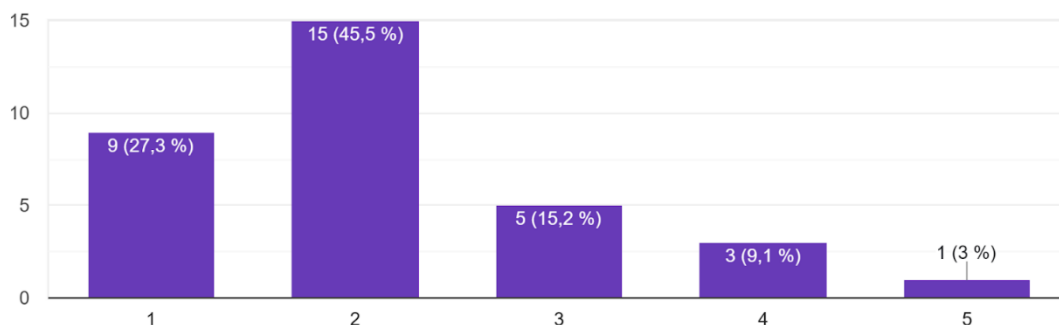


Figura 24. Pregunta 15 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

13. ATAK presenta vulnerabilidades de seguridad o riesgos de ciberseguridad que afectan a su fiabilidad.

33 respuestas

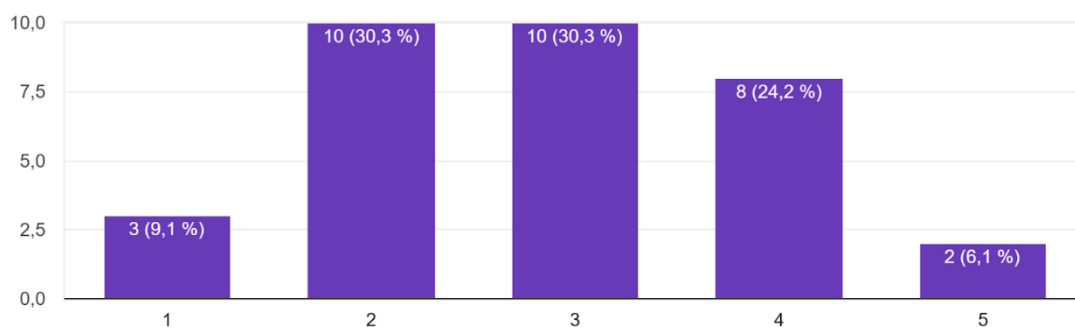


Figura 25. Pregunta 13 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

Bloque 4 – Impacto en la misión y la toma de decisiones

La percepción general es que ATAK complementa bien la operación aérea, manteniendo la autonomía de cada aeronave, ya que el 66,6 % opina que ATAK permite mantener la iniciativa sin imponer restricciones excesivas (ver Figura 26), al mismo tiempo que un 75,8 % valora que facilita la misión sin reducir la flexibilidad operativa de la tripulación (ver Figura 27).

17. ATAK permite mantener la iniciativa del piloto sin imponer restricciones excesivas.

33 respuestas

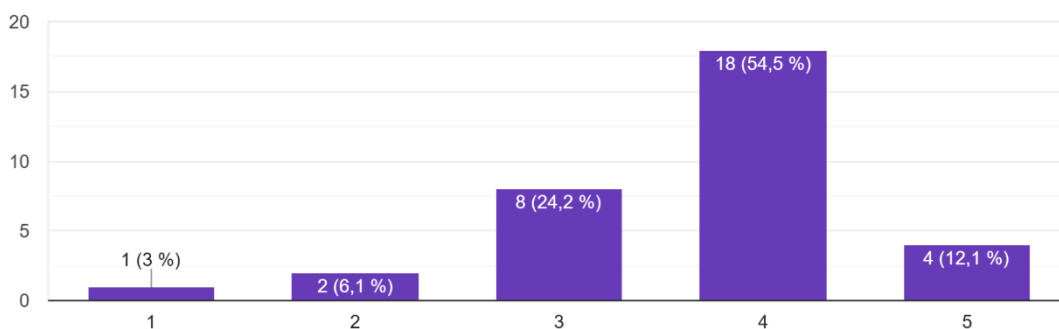


Figura 26. Pregunta 17 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.



19. ATAK facilita la misión sin reducir la flexibilidad operativa de la tripulación.

33 respuestas

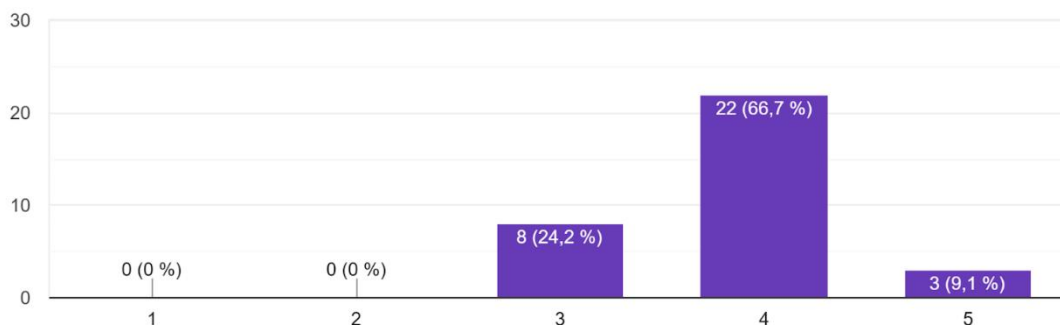


Figura 27. Pregunta 19 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

Bloque 5 – Valoración global y propuestas

El nivel de satisfacción general es elevado: el 84,8 % está satisfecho o muy satisfecho con ATAK (ver Figura 28). Un 78,8 % cree que debería consolidarse como sistema de mando y control (ver Figura 29), y el 97,0 % apoyaría incluso su sustitución completa del BMS (ver Figura 30). Mientras tanto, apenas un 6,1 % defiende que deba usarse sólo como complemento (ver Figura 31). Las propuestas de mejora planteadas en las respuestas abiertas (centradas especialmente en formación, interoperabilidad e infraestructura) se analizarán con mayor detalle en el siguiente apartado.

25. En términos generales, estoy satisfecho con la utilidad de ATAK en helicópteros.

33 respuestas

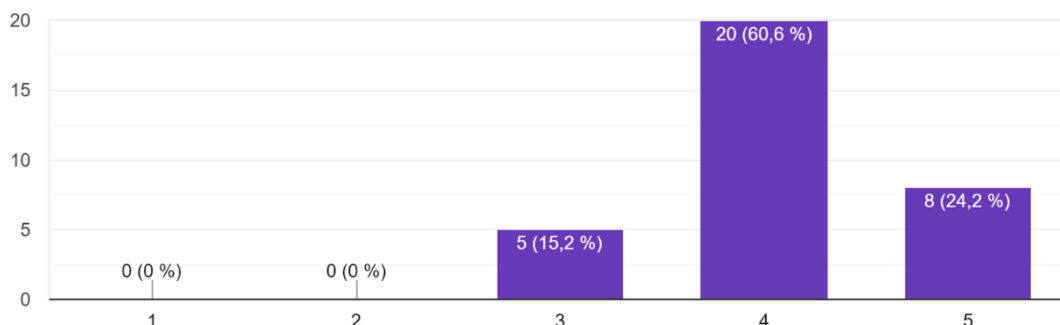


Figura 28. Pregunta 25 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

21. ATAK debería consolidarse como sistema de mando y control en helicópteros.

33 respuestas

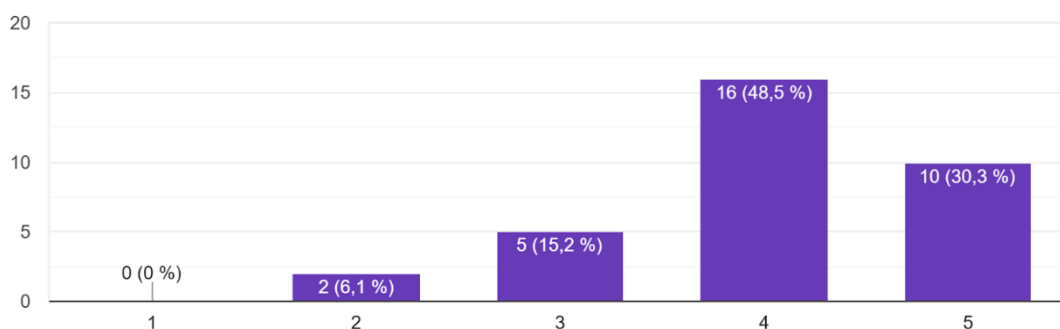


Figura 29. Pregunta 21 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.



22. ATAK debería sustituir completamente al BMS en estas unidades.

33 respuestas

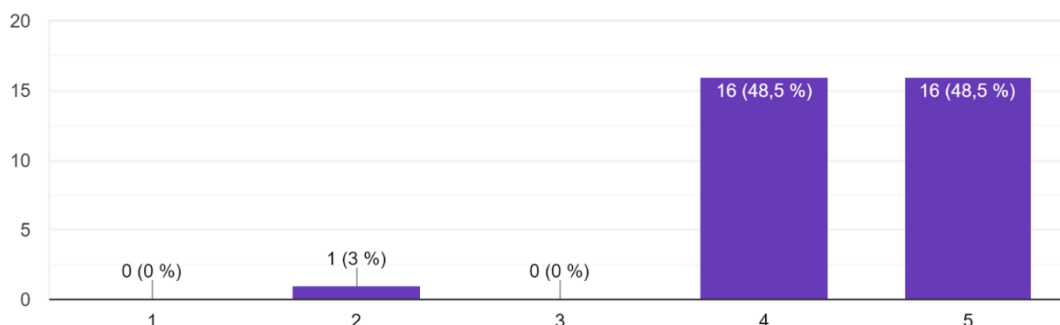


Figura 30. Pregunta 22 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

23. ATAK debería utilizarse como complemento al BMS, no como sustituto.

33 respuestas

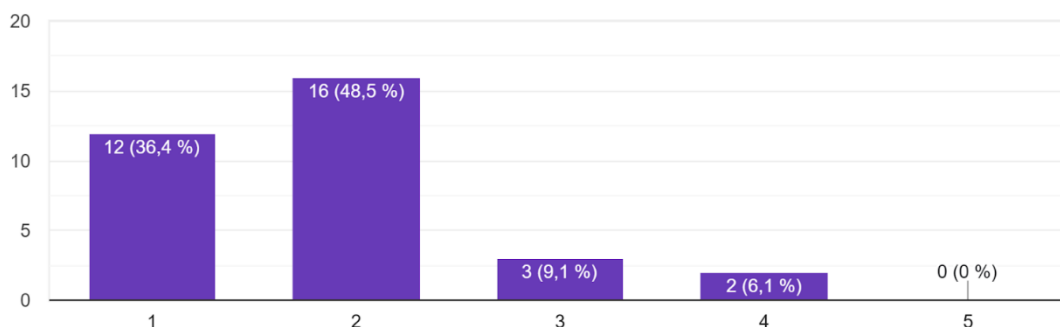


Figura 31. Pregunta 23 del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Análisis cualitativo de comentarios

En este apartado se analizan de forma cualitativa las impresiones del personal familiarizado con el uso de ATAK (pilotos de helicóptero). Se presentan los hallazgos más representativos obtenidos en la encuesta y durante entrevistas informales con pilotos, organizados por ejes temáticos comunes. Cada tema resume las opiniones recopiladas y propone mejoras. En general, los participantes coinciden en que ATAK aporta ventajas al mando y control, aunque señalan áreas de mejora importantes, que se detallan a continuación:

- **Energía en vuelo:** La autonomía de las tablets con ATAK resulta insuficiente para operaciones prolongadas. Los pilotos constataron que el uso continuo de la aplicación agota rápidamente la batería. En misiones de larga duración se registran caídas de energía sin poder recargar a bordo. Esto último se debe a que, por estrictas medidas de seguridad, no está permitido conectar ningún dispositivo externo a los circuitos de las aeronaves, razón por la cual éstas ni siquiera disponen de tomas de corriente. Para paliar esto, muchos pilotos utilizan baterías externas (o power banks) personales en los vuelos. Sin embargo, esta solución informal no se considera óptima para la seguridad ni la estandarización. En línea con ello, los encuestados sugieren proveer oficialmente baterías portátiles homologadas o cargadores dedicados en cabina (ver Figura 32). De esta forma se garantizaría que el sistema ATAK siempre disponga de energía, minimizando interrupciones operativas y riesgos de fiabilidad.



Figura 32. Ejemplo de batería portátil. Fuente: Amazon.

- Mensajería en vuelo: El sistema de mensajería (chat) de ATAK fue valorado positivamente para dar novedades de distinto tipo, coordinar desplazamientos, notificar objetivos o transmitir información adicional. No obstante, algunos encuestados señalaron que teclear mensajes en vuelo puede llegar a resultar incómodo y entrañar un riesgo operacional por distracción (ver Figura 33). Sin embargo, durante entrevistas informales no estructuradas, los pilotos argumentaban que es más un problema procedimental que técnico: no se requiere más tecnología, sino una asignación clara de roles y un protocolo preciso para su uso. A la hora de definir quién en la cabina se encarga de la comunicación digital en cada fase del vuelo, es habitual que de los dos pilotos que tripulan la aeronave, uno de ellos se encargue de la navegación y las comunicaciones (dentro de lo cual se incluye ATAK), mientras que el otro se dedica exclusivamente a los mandos del helicóptero, centrando toda su atención en el propio vuelo y en el control de la aeronave. Una petición extendida entre el personal encuestado y entrevistado es la de elaborar un manual de uso específico del ATAK en cabina, con el objetivo último de minimizar la carga de trabajo de los pilotos. Por ejemplo, en vuelo se propondría que sólo se respondan mensajes predefinidos (cosa que los pilotos hacen por iniciativa propia), de esta manera se podrían evitar distracciones en momentos críticos. Cabe destacar que, según estudios previos, la mensajería táctil en cabina puede restar atención a la instrumentación de vuelo (J. Steele, 2011); de ahí que la solución propuesta sea organizativa: crear procedimientos estandarizados (por ejemplo un manual de uso específico del ATAK en cabina) para que los pilotos se instruyan de manera normalizada, en lugar de confiar en que cada piloto improvise su modo de uso.

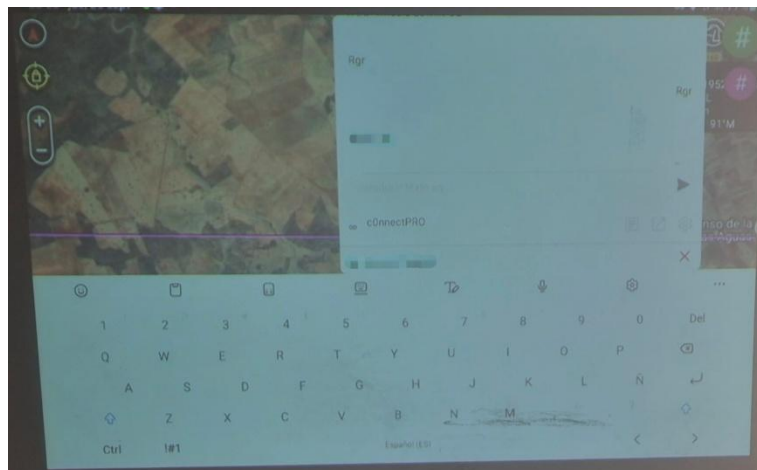


Figura 33. Chat de mensajería en vuelo. Fuente: Elaboración propia.



- Integración en cabina: En las respuestas de los encuestados se repite la petición de integrar el ATAK en el cockpit o bien en la cabina de la aeronave para reducir distracciones y mejorar la ergonomía. Cabe detallar que actualmente el equipo suele sostenerse en fundas simples, atado a la pierna o antebrazo, o incluso mantenerse en regazo, lo que ofrece poca estabilidad. Pues bien, en primer lugar, dicha integración sólo sería realmente viable en los helicópteros más modernos con cabinas digitales (o glass cockpit), ya que modelos más antiguos como el Super Puma siguen siendo eminentemente analógicos. Sobre el papel, disponer de la pantalla de ATAK y su mensajería siempre a la vista parece positivo. Sin embargo, al profundizar con varios pilotos, durante entrevistas no estructuradas de carácter informal, el punto crítico no es ver el sistema, sino cómo manipularlo: si la interacción fuese mediante mandos físicos, se perdería la intuitividad propia del interfaz de ATAK, uno de sus principales puntos fuertes; y si se mantuviese la pantalla táctil, el piloto tendría que acercarse y operar sobre una superficie especialmente sensible, algo demasiado invasivo para con el resto de instrumentos y palancas de vuelo en cabina, siendo potencialmente peligroso y pudiendo resultar fatal (más aún con turbulencias o alta carga de trabajo). Esto supondría incrementar el riesgo de inputs no deseados y de distracción, siendo precisamente lo que en un principio se pretendía evitar (The Rotorcraft Collective Team, 2024, p. 30). Como alternativa intermedia, se considera aceptable estudiar soportes homologados para las tablets (por ejemplo, con certificación y resistencia al sobrecalentamiento, frecuente por el “efecto invernadero” de la cabina en ambientes cálidos), a fin de evitar soluciones improvisadas en el brazo o muslo. Ahora bien, esto exigiría diseñar soportes específicos por modelo de helicóptero, con coste, complejidad e intrusión adicional en cabina que pueden superar los beneficios. Una opción mixta podría ser mostrar ATAK en una pantalla del helicóptero, pero manipularlo desde la tablet. Esto último también añade desafíos de integración, latencia y factores humanos, y podría introducir nuevos riesgos operativos (entre otros, que sólo se podría realizar en los modelos más modernos). En consecuencia, la recomendación inmediata es procedimental: estandarizar el empleo de ATAK con SOP (Standard Operating Procedures) claros y entrenamiento para minimizar el “heads-down time” (A. Wilkins, 2018), del mismo modo que históricamente se usaban mapas en papel sin comprometer la seguridad. Por lo tanto, la integración física (soportes homologados o soluciones mixtas) queda como posible línea de investigación futura, valorando que podría aportar menos ventajas de las esperadas y, en determinados entornos, resultar incluso más perjudicial que la situación actual (Federal Aviation Administration, 2024).
- Medio de transmisión: Aparece cierta inquietud por la dependencia de redes celulares públicas (GSM, 3G/4G/5G) para la comunicación entre equipos, lo que genera dudas de seguridad y cobertura. Algunos pilotos manifestaron temor a que un adversario o una falla en la red local dejase al grupo incomunicado. Sin embargo, los consultados expertos en el sistema ATAK aclararon que las comunicaciones viajan cifradas a través de redes VPN y servidores propios dedicados. Es importante comprender que el objetivo principal de la seguridad en las transmisiones tácticas no es tanto lograr una invulnerabilidad absoluta (algo técnicamente inviable) sino incrementar la dificultad y el tiempo requerido para una posible interceptación y descifrado hasta un punto en que, cuando el adversario lograra acceder a la información, ésta ya haya perdido su valor táctico por obsolescencia. Bajo esta premisa, la arquitectura actual de ATAK en FAMET (VPN, cifrado y certificados propios) está diseñada para ofrecer un nivel de seguridad adecuado para entornos operacionales. Aun así, para mitigar la dependencia de la cobertura GSM, los usuarios insisten en explorar vías alternativas (UHF -Ultra High Frequency- SATCOM) para casos de desconexión total, de lo cual trata el siguiente punto.
- Alternativas técnicas: Para resolver problemas de cobertura y dependencia exterior, varios participantes propusieron estudiar el uso de enlaces satelitales como el medio UHF SATCOM. Este recurso evitaría las limitaciones de propagación de las radios VHF o UHF convencionales, que pueden quedar bloqueadas por obstáculos geográficos o



interferencias. De hecho, investigaciones sobre comunicaciones aéreas han señalado que los sistemas satelitales son inmunes a muchos de los inconvenientes de las bandas terrestres tradicionales (H. Wright, 1996). En particular, se demostró que un sistema SATCOM no sufre las limitaciones de VHF o UHF y podría integrarse con voz y datos en helicópteros para ampliar el alcance operativo (H. Wright, 1996). El principal inconveniente a esta posible solución son los medios disponibles, debido a que actualmente tan sólo los últimos modelos del helicóptero Chinook son los que disponen de radios UHF SATCOM. Sobre esa base, en este estudio se plantea como línea de investigación futura la integración de un enlace SATCOM táctico (en UHF), que permitiría a ATAK operar incluso en zonas remotas sin depender de infraestructuras, ni medios, ni empresas externas.

- Formación y doctrina: Los encuestados coincidieron en que actualmente no existe formación oficial ni manual estandarizado sobre ATAK en su organización. Cada piloto ha aprendido de manera informal o autodidacta a usar la aplicación, en base eso sí, a presentaciones y sesiones formativas impartidas por parte del personal especializado de la Sección CIS (Sistemas de Información y Telecomunicaciones) de la CIAT (Compañía de Transmisiones) del BCG (Batallón de Cuartel General) FAMET. Esta falta de formación oficial, genera variabilidad en su manejo, por lo que los encuestados consideran conveniente definir procedimientos operativos estándar y ofrecer una formación oficial y unificada. Es decir, establecer cursos de entrenamiento (teórico-prácticos) y guías de uso donde se recojan buenas prácticas, funciones autorizadas y protocolos de comunicación vía ATAK. Esta necesidad es coherente con la experiencia en introducción de nuevas tecnologías militares: sin capacitación estandarizada, se corre el riesgo de uso inconsistente o incorrecto. Los encuestados sugieren, por ejemplo, incluir un módulo de ATAK en la formación integral de los pilotos y elaborar un manual interno que estandarice dichos procedimientos. De esta manera se aprovecharía plenamente la aplicación y se evitaría su uso heterogéneo.
- Soberanía tecnológica: Varios usuarios expresaron su deseo de contar con una versión de ATAK de origen nacional o de titularidad militar, reduciendo la dependencia de software extranjero. Aunque actualmente se controla el servidor propio (Servidor TAK), la aplicación en sí proviene de un proveedor internacional (EE.UU.). Visto desde un plano estratégico, los encuestados optaron por enfatizar la creación de alternativas domésticas. Esta preocupación encaja con la tendencia general en defensa de reforzar la soberanía tecnológica. Por ejemplo, noticias recientes sobre desarrollo de software propio para cazas Eurofighter destacan que el “desarrollo interno permite una adaptación más rápida a nuevas amenazas” y fortalece la soberanía tecnológica, reduciendo la dependencia de proveedores externos (Tubio Barreto, 2025). En base a esto, los informantes plantean como propuesta a largo plazo apoyar una posible reimplementación nacional o proyecto de app militar que cumpla funciones similares a ATAK, de modo que el sistema sea completamente autónomo. A pesar de ello, resulta importante destacar que el poseer físicamente el servidor en la Base Coronel Maté de las FAMET, reduce drásticamente al mínimo la dependencia del extranjero del sistema ATAK.

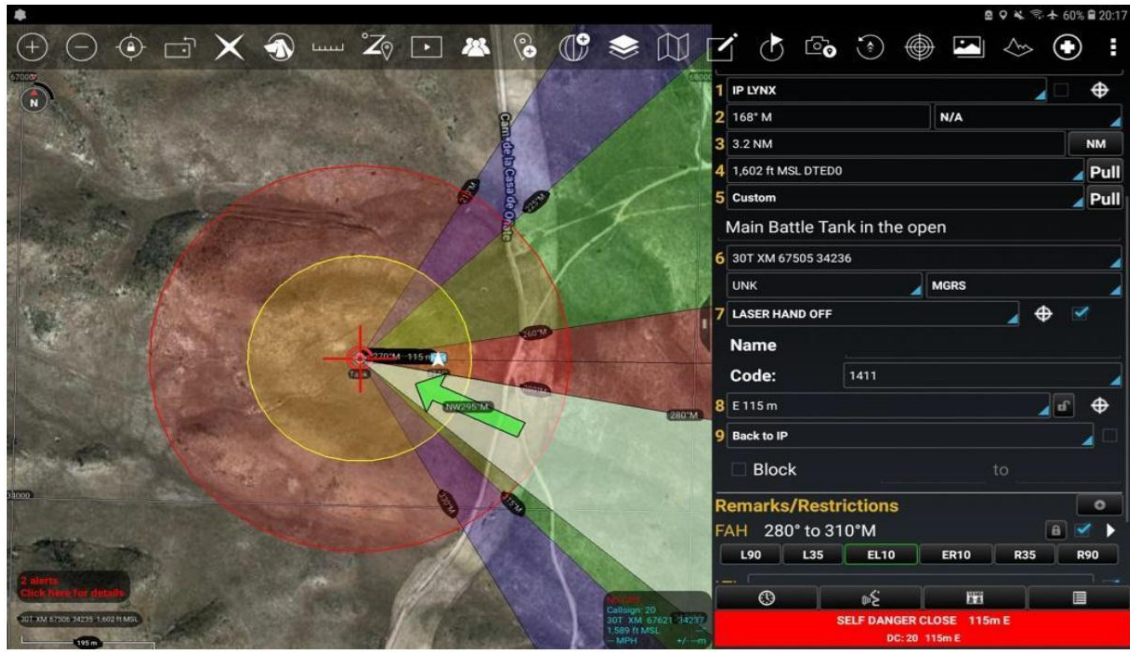


Figura 34. CAS (formato 9 líneas). Fuente: Hoyos Perales, 2022.

- Interoperabilidad y misiones: En cuanto a usos concretos, los pilotos señalaron que ATAK es especialmente valioso en misiones conjuntas en las que es clave la coordinación táctica. Mencionaron operaciones de asalto aéreo, helitransporte, CAS (Close Air Support) (ver Figura 34), MEDEVAC (Medical Evacuation), emergencias (búsqueda y rescate, catástrofes naturales), ejercicios con Operaciones Especiales, así como todo tipo de misiones en las que múltiples unidades (terrestres) necesitan compartir información en tiempo real. En estas situaciones, ATAK mejora la conciencia situacional (SA) colectiva y agiliza la transmisión de órdenes. Por ejemplo, como se avanzó en el apartado 3, ATAK permite ver en tiempo real la posición de todas las aeronaves y unidades terrestres en el mapa, marcar zonas de peligro o recursos, compartir paquetes de datos y enviar coordenadas precisas de objetivos, etc. De hecho, la herramienta puede incluir todo tipo de datos sensoriales desde rutas, kill boxes o zonas de control, hasta la retransmisión de drones en directo (tanto imágenes como video) y reportes de evacuación médica en el propio mapa (Varona Izaguirre, 2023; Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; M. Rance, 2024). Es más, durante el periodo de realización de este trabajo, se ha podido constatar la viabilidad de esta capacidad directamente desde las aeronaves de FAMET, probando con éxito la retransmisión de vídeo en directo desde helicópteros al puesto de mando a través de ATAK (ver Figura 35). Sus capacidades de mensajería cifrada y retransmisión de localización han demostrado ser útiles también para correcciones de fuego indirecto y apoyo de artillería, pues registran automáticamente la ubicación de los 'ojos de fuego' y facilitan la transmisión de solicitudes. Además de los ejemplos expuestos en el apartado 3, tal versatilidad concuerda con otros informes oficiales de países como EEUU: ATAK fue empleado exitosamente en un programa de apoyo aéreo cercano (PCAS -Persistent Close Air Support-) de DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), donde pilotos y controladores en tierra intercambiaron datos de puntería en un A-10 Thunderbolt II (DARPA, 2015). En resumen, los comentarios indican que ATAK actúa como un multiplicador de fuerza en operaciones combinadas, aunque sus funcionalidades podrían integrarse aún mejor con otras herramientas que se examinarán a continuación.



Figura 35. Vídeo en directo desde cabina. Fuente: Elaboración propia.

- Integración de capacidades:** Algunos pilotos señalan que hoy combinan tres apps: SkyDemon (información aeronáutica y avisos), ATAK (interoperabilidad, conciencia situacional y C2) y TwoNav (cartografía offline de alto detalle), y mencionan además la carga de ACO cifrados y la eventual integración con AMPS en las plataformas que lo utilizan (como NH90 o Tigre); no obstante, estas últimas líneas exigirían una integración profunda en la aviónica de las aeronaves (con certificaciones y ensayos), un esfuerzo considerable para un retorno operativo limitado a corto plazo. En cambio, en el plano práctico e inmediato, aunque muchos estén habituados a TwoNav (u otras aplicaciones como OruxMaps), ATAK puede trabajar con cartografía de calidad equivalente siempre que se prepare y distribuya de forma compatible; por lo tanto, el obstáculo observado no es técnico, sino de falta de estandarización y formación oficial, de ahí que cada piloto acabe usando la app que mejor conoce. En el cuestionario también se menciona la integración de aplicaciones o capas meteorológicas, sin embargo, en las entrevistas informales, los pilotos remarcaban que la meteorología se verifica en la planificación previa, además de que los helicópteros disponen de instrumentación de a bordo, por lo que añadir funcionalidades meteorológicas en ATAK aportaría más ruido que valor. Por ello, concentrar el uso en ATAK y normalizar la carga de cartografía ayudaría a reducir la dispersión de herramientas y a unificar procedimientos, incorporando además los avisos aeronáuticos en tiempo real (como los NOTAM -Notice to Airmen-) característicos de SkyDemon por su utilidad operativa.

Por consiguiente, la percepción global entre los operadores es mayoritariamente positiva. Se reconoce que ATAK mejora el mando y control, eleva significativamente la conciencia situacional (SA) del equipo y simplifica la planificación conjunta, validando hallazgos publicados sobre su eficacia y refrendados, entre otros, por el propio Departamento de Defensa de EE. UU. (Stewart, 2021). No obstante, los comentarios destacan tres áreas clave a reforzar: la conectividad (superando la dependencia de redes comerciales o expandiendo el alcance a través de SATCOM), la energía (proveyendo soluciones de carga segura a las tripulaciones) y la estandarización (procedimientos de uso en vuelo unificados y formación oficial). Estos requisitos coinciden con la conveniencia observada de integrar la tecnología de forma segura y fiable. En línea con la guía de seguridad de la FAA (Federal Aviation Administration), el uso no esencial de dispositivos electrónicos portátiles añade riesgo al vuelo; la prioridad del piloto es volar (luego navegar y después comunicar), y una buena preparación previa con planes de contingencia



reduce al mínimo las distracciones (The Rotorcraft Collective Team, 2024, p. 30). Esta directriz respalda la necesidad de procedimientos operativos estandarizados (SOP) y de un manual oficial de instrucción en cabina para el uso de ATAK, reduciendo el “heads-down time” y los riesgos asociados a la distracción. Así, ATAK se consolida como una herramienta transformadora en la aviación militar, siempre que su empleo se apoye en una infraestructura adecuada y en una formación operativa normalizada.

4.3. Benchmarking tecnológico (comparativa y referencia)

Tras analizar la percepción operativa del sistema ATAK, este apartado realiza una comparación contextual (benchmarking) para situar ATAK frente a otras soluciones de C2. El objetivo no es establecer una jerarquía absoluta, sino situar cada uno en su marco de aplicabilidad y valorar la adecuación y realismo de ATAK como solución específica para FAMET.

Asimismo, ATAK no pretende reemplazar los sistemas doctrinales de nivel estratégico, sino ocupar un nicho táctico donde dichos sistemas resultan estructural o económicamente inviables. La evaluación comparativa se ha centrado en cuatro sistemas o tecnologías representativas, que se describen a continuación:

- **BMS (PR4G):** El Battlefield Management System (BMS) del Ejército de Tierra, basado en la radio VHF PR4G, funciona en entornos terrestres para la visualización de unidades en el mapa y transmisión de datos. Sin embargo, su integración en helicópteros se mostró inviable: presenta una latencia excesiva, un alcance muy limitado y una tasa de datos insuficiente para la dinámica de vuelo. Los tiempos de réplica del sistema no son compatibles con el C2S ágil que requieren las aeronaves. Es por ello que el tránsito hacia ATAK responde, en gran medida, a la necesidad de superar estas limitaciones estructurales (BCG FAMET, 2025; Mühlen Ruíz, 2022).
- **Garmin inReach / Spotters (dispositivos de seguimiento):** Estos dispositivos (GPS o de localización satelitales) son útiles para la ubicación y el seguimiento, y algunos modelos se emplean en misiones de rescate (SAR -Search and Rescue-). Sin embargo, suelen depender de redes comerciales, y su funcionalidad es limitada, ya que deja sin cubrir las necesidades de un C2S completo (mensajería estructurada, cartografía, gestión de salas o seguridad de acceso). Como herramientas complementarias pueden ser útiles, pero no permiten una red táctica C2 interoperable ni operativa. (Mühlen Ruíz, 2022).
- **Link-16 (enlace de datos doctrinal OTAN):** El Data Link 16 (DL-16 o más conocido como Link-16) es la red de enlace de datos tácticos militares estándar de la OTAN, diseñada como una herramienta robusta para el mando y control de unidades aéreas. Se caracteriza por su alta capacidad, el uso de saltos de frecuencia y su resistencia a los bloqueos e interferencias (MITRE, 2023; Mühlen Ruíz, 2022, p. 9, citando a Northrop Grumman, 2014). A pesar de ser la solución doctrinal, su implementación en la mayoría de la flota de helicópteros de FAMET es inviable a corto plazo, ya que requiere una aviónica avanzada y un hardware específico compatibles. Únicamente, a excepción de los modernos helicópteros Chinook (CH-47 F).
- **Variable Message Format (VMF):** El VMF (Formato de Mensajes Variable) es un protocolo de mensajería estándar, independiente del medio de transmisión, que permite la interoperabilidad de datos tácticos (Mühlen Ruíz, 2022, p. 10, citando a Northrop Grumman, 2014). A pesar de que el Cuartel General de las FAMET lo estudió en 2012 como una solución homogénea a largo plazo y un complemento al Link-16, requeriría una integración profunda que ATAK como cliente ligero no necesita (Mühlen Ruíz, 2022).
- **ATAK como solución óptima y realista:** Frente a todo ello, ATAK se presenta como la solución óptima para el entorno actual de las FAMET. Se trata de un cliente ligero,



desplegado sobre tablets Android, con arquitectura modular y conectividad flexible. No requiere integración en la aviónica de cabina, ni certificación aeronáutica, ni cambios estructurales. Su escalabilidad permite incorporar nuevas funcionalidades mediante plugins y su sostenibilidad técnica es alta: los costes unitarios son bajos y su mantenimiento depende únicamente de los servidores propios ya existentes en la unidad (Compañía de Transmisiones BCG FAMET, 2024; FAMET. División San Marcial, 2025).

Criterio	BMS	Garmin / Spotters	Link-16 / VMF	ATAK
Función Principal	C2 Terrestre	Seguimiento Básico (Tracking)	Enlace de Datos Doctrinal	C2 Flexible
Medio de Transmisión	Radio VHF (PR4G)	Satélite (Red Iridium/Globalstar)	Radio Táctica (MIDS) / Varios	Red GSM / SATCOM (Futuro)
Integración Aviónica	Radio propia	Nula (Portátil)	Alta (Requiere hardware)	Nula (Tablet Externa)
Viabilidad	Inviabile (Latencia, Alcance)	Limitada (No es C2)	Inviabile (Coste, Complejidad)	Óptima (Bajo coste, flexible)

Tabla 1. Resumen Benchmarking tecnológico. Fuente: Elaboración propia.

Casos de uso contrastados e internacionales

La interoperabilidad que ofrece ATAK se ve reforzada por su adopción generalizada, ya que ha sido ya probada con éxito tanto en entornos nacionales como aliados. Su efectividad está refrendada por el Departamento de Defensa de EE.UU. (DoD), que no solo la tiene disponible para todos sus combatientes (Defense Threat Reduction Agency, 2020), sino que la ha adoptado (junto al DHS -Department of Homeland Security-) por haber transformado digitalmente la organización y ejecución de las operaciones especiales, suponiendo un avance clave en la conciencia situacional (SA) y la agilización de las comunicaciones (Stewart, 2021).

Un caso clave fue el programa PCAS de la agencia DARPA, donde se validó el sistema en la coordinación entre un JTAC (Joint Terminal Attack Controller) en tierra con ATAK y un avión de ataque a tierra A-10 Thunderbolt II. Los resultados demostraron que se podía dirigir un ataque aéreo con éxito en menos de seis minutos y con solo tres clics en la tablet (DARPA, 2015).

A nivel europeo, el Ejército Británico probó ATAK en 2018 durante el despliegue de la OTAN en Polonia. Un oficial de la 1st QDG (The Queen's Dragoon Guards) lo calificó como un "game changer" (cambio de paradigma), destacando la capacidad de compartir información, imágenes y localizaciones al instante (Forces News, 2018). Asimismo, el Ministerio de Defensa de Lituania adquirió en 2020 sistemas C-UAS (Counter Unmanned Aircraft System) que son capaces de integrarse y conectarse directamente con dispositivos de C2, incluido el ATAK del Departamento de Defensa de EE. UU. (MyDefence, 2020).

Perspectiva de mejora

Desde una perspectiva de futuro, la convergencia entre la agilidad de ATAK y los protocolos



doctrinales es técnicamente viable. Iniciativas en EE.UU. han explorado pasarelas técnicas. La empresa Stauder Technologies, por ejemplo, desarrolló mobileJECL™, una solución basada en un software modern (mobileIDM™) para Android. Esta innovación permite a una aplicación como ATAK conectarse directamente a radios tácticas, eliminando la necesidad de módems hardware pesados y mejorando drásticamente la relación SWaP (Size, Weight and Power) (Stauder Technologies, 2016). En especial, esta tecnología permite a ATAK comunicarse usando protocolos doctrinales, incluyendo VMF, como demostró la compañía (Stauder Technologies, 2016; CivTAK, 2017). Esto demuestra una línea de investigación futura clara: reforzar la interoperabilidad entre ATAK y las estructuras OTAN (como VMF) sin comprometer la arquitectura ligera de ATAK.

En conclusión, ATAK no compite con los sistemas OTAN, sino que complementa el nivel táctico inferior, actuando como un C2S táctico, ligero e interoperable. Su mayor virtud en este sentido es precisamente su flexibilidad: una arquitectura abierta, modular y económica que permite adaptarse a helicópteros sin aviónica específica, cumpliendo funciones de C2 en entornos donde otros sistemas no llegan. Por ello, su consolidación actual como estándar operativo en FAMET, validada por casos internacionales, lo posiciona como la base técnica más realista sobre la que construir mejoras futuras.

4.4. Análisis DAFO del sistema ATAK en helicópteros

En este apartado se aplica el análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), siguiendo la metodología estudiada en la asignatura 'Oficina de Proyectos' del Grado en Ingeniería de Organización Industrial (Centro Universitario de la Defensa, 2024-2025). Esta herramienta sintetiza el diagnóstico estratégico del sistema ATAK en el contexto específico de las unidades de helicópteros de las FAMET. A partir de la información recopilada en los apartados anteriores (normativa interna, percepciones del personal recogidas y estudios comparativos), se ha realizado el análisis DAFO del sistema ATAK en unidades de helicópteros, obteniendo los siguientes resultados (ver Figura X):

DEBILIDADES	AMENAZAS
• Dependencia actual de la red de telefonía móvil (GSM/3G/4G) • Autonomía de la batería limitada • Cierta percepción de inseguridad de una parte de los pilotos • Falta de formación oficial y SOPs	• Vulnerabilidad de la red GSM (jamming, cobertura) • Dependencia tecnológica externa de un país aliado (EE.UU.) • Posibles conflictos de interés (BMS) • Cambios doctrinales, presupuestarios o tecnológicos adversos
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
• Mejora de la conciencia situacional • Coordinación aire-tierra mejorada • Gran flexibilidad: Arquitectura modular (independiente de la aviónica) • Funcionalidades útiles y gran escalabilidad • Seguridad adecuada (Servidor, VPN, cifrado y certificados propios) • Bajo coste unitario • Alta adopción y satisfacción interna	• Uso extendido en países aliados (Reino Unido, EE. UU.) • Casos de éxito probados (Agencia DARPA, DoD) • Interoperabilidad con estándares OTAN (convergencia con VMF) • Consolidación de la normativa pendiente de aprobación • Disponibilidad de tecnología UHF SATCOM • Potencial integración de capacidades a futuro

Figura 36. Análisis DAFO. Fuente: Elaboración propia.



Dentro de los factores internos positivos, la principal fortaleza reside en la mejora sustancial de la conciencia situacional (SA) y la coordinación aire-tierra, superando holgadamente las limitaciones del BMS. Su arquitectura como cliente ligero sobre tablets Android dedicadas, independiente de la aviónica, le confiere una gran flexibilidad y modularidad, permitiendo un despliegue rápido y homogéneo en toda la flota de helicópteros sin costosas integraciones. La seguridad se considera robusta gracias a la infraestructura de servidores propios, VPN corporativa y gestión centralizada de certificados. Esto elimina dependencias externas críticas en la gestión de datos. Finalmente, su bajo coste unitario, gran escalabilidad mediante plugins y la alta adopción y satisfacción reportada por los usuarios consolidan su valor interno.

En cuanto a los factores internos negativos, la dependencia actual de la conectividad vía red comercial GSM/3G/4G es la debilidad estructural más señalada, lo que limita la disponibilidad de ATAK en vuelos por zonas sin señal. Ligado a esto, la autonomía limitada de las tablets en misiones largas y la falta de soluciones de carga homologadas en cabina supone un contratiempo operativo interno. Los pilotos reportaron falta de integración en cabina e incomodidad con la mensajería, pero atendiendo a lo analizado en el apartado 4.2.2, se trata más de un problema procedimental que técnico. Por lo tanto, otro aspecto crítico a destacar es la ausencia de formación oficial y de Procedimientos Operativos Estándar (SOPs) unificados, lo que provoca heterogeneidad en el uso y potencial infrautilización o riesgos. Por último, persiste una percepción de inseguridad en una parte de los pilotos, posiblemente ligada a la falta de formación sobre la arquitectura segura implementada y de su propósito en última instancia.

Desde el punto de vista externo, el panorama actual presenta factores favorables que podrían potenciar el sistema. En particular, desde una perspectiva tecnológica, el uso extendido y validado de ATAK en ejércitos aliados representa una oportunidad clave. Su efectividad está refrendada por el Departamento de Defensa de EE.UU. (DoD), que lo considera transformador para operaciones especiales (Stewart, 2021), así como por casos de éxito probados como el programa PCAS de DARPA (2015) con la coordinación entre un JTAC y un A-10 Thunderbolt II, su uso por el Ejército Británico en despliegues OTAN (Forces News, 2018) o su capacidad de integración en sistemas C-UAS en Lituania (MyDefence, 2020). Esta validación externa facilita la interoperabilidad doctrinal y el aprovechamiento de lecciones aprendidas. Tecnológicamente, la existencia de soluciones puente o gateways (como mobileJECL™ de Stauder Technologies) para conectar ATAK con protocolos OTAN (mediante pasarelas como VMF) representa una oportunidad clara de convergencia futura. Asimismo, la disponibilidad de tecnología UHF SATCOM ofrece una vía para superar la dependencia de las redes locales terrestres (GSM/3G/4G). Otra oportunidad a futuro es su respaldo, pues su introducción está amparada por normativas (NOP interna de las FAMET) en proceso de aprobación. Finalmente, también existe la oportunidad a futuro de integrar capacidades de otras aplicaciones como SkyDemon dentro de ATAK (con funcionalidades como avisos aeronáuticos o NOTAM) para unificar herramientas y procedimientos, aunque esto requiere un esfuerzo de estandarización y formación.

Al mismo tiempo, existen ciertos factores que podrían comprometer la consolidación o el funcionamiento del sistema. La principal amenaza es la vulnerabilidad inherente de la red de telefonía móvil GSM a interferencias (jamming), saturación o ausencia de infraestructura en zona de operaciones. Estratégicamente, a pesar de poseer el control físico del servidor, existe una dependencia tecnológica de un software de origen extranjero (EE.UU.), lo que implica un riesgo (aunque bajo, dada la relación de aliado) ante cambios geopolíticos. A nivel nacional, a pesar de que su introducción esté respaldada por normativas internas (NOP interna de las FAMET, en proceso de aprobación), podrían surgir conflictos de interés con sistemas C2 consolidados (como el ecosistema BMS), que dificulten el respaldo institucional o presupuestario a largo plazo para ATAK. Finalmente, otras amenazas potenciales incluyen cambios en la asignación de recursos o en la doctrina que reduzcan el soporte logístico del sistema, así como la aparición de tecnologías emergentes en helicópteros que requieran adaptaciones futuras.

El diagnóstico general muestra un sistema con fortalezas internas muy significativas (flexibilidad, seguridad controlada, bajo coste) que responden directamente a las carencias de sistemas previos. Sin embargo, presenta ciertas debilidades operativas (conectividad GSM,



autonomía y SOPs) y se enfrenta a amenazas externas relacionadas con la dependencia de la red y el entorno tecnológico e institucional. Las oportunidades se centran en la amplia validación externa, la integración funcional, la disponibilidad de tecnología UHF SATCOM y la posibilidad de convergencia tecnológica.

4.5. Análisis CAME: Estrategias Derivadas del DAFO

El análisis CAME (Corregir, Afrontar, Mantener, Explotar) es una herramienta que define las líneas de acción estratégicas para consolidar y mejorar el uso de ATAK en las unidades de helicópteros de las FAMET. A partir del diagnóstico DAFO previo, se ha realizado el análisis CAME del sistema ATAK en unidades de helicópteros, presentando los siguientes resultados (ver Figura X):

CORREGIR • Mitigar la dependencia de la red GSM implementando enlaces UHF SATCOM • Equipar baterías externas de dotación • Reforzar la confianza de los usuarios en la seguridad del sistema. • Desarrollar programas de formación oficial y SOPs claros.	AFRONTAR • Reforzar la resiliencia de la red y realizar planes de contingencia. • Minimizar el riesgo geopolítico • Gestionar conflictos de interés (BMS) evidenciando las ventajas de ATAK • Realizar simulacros de uso en circunstancias degradadas
MANTENER • Conservar la flexibilidad manteniendo la arquitectura ligera. • Asegurar la gestión interna de los elementos que garantizan el control del sistema (servidor, VPN y certificados). • Garantizar la continuidad con las actualizaciones necesarias para conservar las capacidades actuales.	EXPLOTAR • Consolidar la normalización oficial de ATAK y aprovecharlo. • Integrar Gateways ATAK-VMF. • Incorporar lecciones aprendidas de la experiencia aliada. • Incorporación de enlace a través de UHF SATCOM. • Integración de capacidades para unificar herramientas.

Figura 37. Análisis CAME. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se deben corregir las debilidades identificadas. Para mitigar la dependencia de la red GSM, es necesario estudiar e implementar portadores de datos redundantes o alternativos, como podrían ser enlaces UHF SATCOM orgánicos, que garantizarían la conectividad en cualquier escenario. Asimismo, para solucionar la limitación de autonomía de los dispositivos, se propone proveer baterías externas (power banks) homologadas de dotación y explorar soluciones de carga segura en cabina. Es fundamental también regular los usos y conocimientos de ATAK mediante el desarrollo e implementación de programas de formación oficial y Procedimientos Operativos Estándar (SOPs) claros, asegurando así un empleo homogéneo y seguro. Finalmente, reforzar la confianza de los pilotos, mediante módulos específicos de formación sobre la arquitectura segura implementada y de su propósito en última instancia.

En segundo lugar, es preciso afrontar las amenazas externas. Primeramente, para reforzar la resiliencia de la red, conviene mantener y actualizar periódicamente el cifrado VPN y la gestión de certificados, tal como está previsto en la NOP interna. Del mismo modo, es crucial realizar



planes de contingencia para la pérdida de GSM, estableciendo procedimientos de trabajo offline, e incluso contemplando, si fuera posible en un futuro, la asignación de canales SATCOM de emergencia. Con el fin de minimizar el riesgo geopolítico asociado a la dependencia tecnológica, aunque esta sea difícil de eliminar a corto plazo, es clave mantener el control físico vigente sobre los servidores y la infraestructura propia; aun así, es conveniente tratar de preservar unas relaciones cordiales con los países aliados y, al mismo tiempo, evaluar a largo plazo alternativas nacionales si surgieran. Seguidamente, de cara a gestionar posibles conflictos de interés, se deben evidenciar con datos operativos las ventajas de ATAK donde otros sistemas no llegan, buscando la complementariedad y el respaldo institucional basado en la eficacia demostrada. Por último, es conveniente realizar simulacros de uso de ATAK en escenarios degradados, como aquellos con pérdidas de señal, y mantener la flexibilidad necesaria para adaptarse a cambios doctrinales, presupuestarios o tecnológicos.

En tercer lugar, resulta esencial mantener las fortalezas del sistema. Por ejemplo, es de vital importancia conservar la flexibilidad que aporta la arquitectura de clientes ligeros externos a la aviónica, ya que es la clave de su rápida adopción y versatilidad entre las distintas plataformas. Es igualmente importante asegurar la gobernanza del sistema, preservando los protocolos de gestión interna (servidores propios, VPN corporativa y reglas de uso definidas en la NOP) que garantizan la seguridad y el control actual. Del mismo modo, para proteger la continuidad, es necesario sostener las inversiones en actualizaciones de software (mediante la APK oficial) y soporte técnico, manteniendo así la operatividad con todas sus capacidades y funcionalidades, y la confianza de los usuarios.

Finalmente, se deben explotar las oportunidades anteriormente citadas. Entre ellas resulta fundamental la consolidación del sistema aprovechando la futura normalización de ATAK (mediante la NOP interna de las FAMET en proceso de aprobación oficial), para integrarlo plenamente en la doctrina, asegurar los recursos necesarios y potenciar su uso en ejercicios conjuntos. Asimismo, para avanzar en la interoperabilidad doctrinal, resulta prioritario iniciar líneas de investigación y desarrollo que permitan integrar gateways ATAK-VMF (aprovechando tecnologías existentes como las de la empresa Stauder), alineando así ATAK con estándares OTAN sin perder su agilidad. También es conveniente aprender de la experiencia aliada, incorporando lecciones aprendidas y procedimientos de ejércitos aliados que ya usan ATAK extensivamente y adaptándolos al contexto de las FAMET. Igualmente, con la intención de potenciar las capacidades, se buscará considerar la incorporación de UHF SATCOM no solo como contingencia, sino como una mejora activa para expandir el alcance operativo estándar de ATAK. Por último, con el fin de unificar herramientas, es oportuno desarrollar e integrar plugins y procedimientos que incorporen funcionalidades clave (como avisos aeronáuticos o NOTAM) directamente en ATAK, reduciendo de esta manera la dispersión de aplicaciones.

En síntesis, el análisis CAME traza una hoja de ruta realista y coherente para consolidar el sistema ATAK. Se centra en corregir las debilidades operativas más críticas (conectividad, autonomía y doctrina), afrontar las amenazas mediante planes de contingencia, simulacros y gestión de conflictos externos, mantener las ventajas estructurales que lo hacen único (flexibilidad, control interno y capacidades) y explotar las oportunidades tecnológicas y de validación externa para asegurar su futuro y mejorar la interoperabilidad.

4.6. Conclusiones parciales

Las conclusiones parciales del análisis realizado en este apartado resaltan el estado actual y perspectivas del sistema ATAK en las unidades de helicópteros de las FAMET. La metodología combinada (revisión documental, observación de campo y encuesta a pilotos) ha permitido un diagnóstico integral de su uso operativo. Los resultados indican que el sistema ATAK está ampliamente adoptado: la mayoría de los pilotos lo emplea habitualmente y se siente capacitado para su manejo en misión. Asimismo, los datos cuantitativos y cualitativos confirman que el sistema incrementa notablemente la conciencia situacional (SA) y facilita la coordinación aire-tierra respecto a sistemas anteriores.



Paralelamente, se han identificado limitaciones operativas relevantes. La dependencia de la cobertura de red móvil (GSM/3G/4G) constituye la principal debilidad técnica, condicionando la disponibilidad del ATAK en zonas sin señal o afectadas por interferencias. A esto se suman la autonomía limitada de las tabletas y la percepción de inseguridad de una parte de los pilotos. Igualmente, destaca la ausencia de formación oficial estructurada y de SOPs unificados, lo que genera heterogeneidad en su uso y puede contribuir a la percepción de cierta incomodidad con la aplicación por parte de algunos pilotos. No obstante, la mayoría de encuestados considera que ATAK no supone una sobrecarga de trabajo en cabina, lo que refuerza la valoración positiva global.

El análisis comparativo confirma que el ATAK es la opción más adecuada para las FAMET frente a otras soluciones de enlace de datos. Su arquitectura de cliente ligero sobre tablets Android, independiente de la aviónica y modular, evita integraciones costosas, con bajo coste unitario y gran escalabilidad. Estas ventajas estructurales coinciden con las fortalezas internas identificadas: mejora sustancial de la conciencia situacional (SA), flexibilidad de despliegue y seguridad gestionada mediante servidores propios, superando las carencias de sistemas previos. Además, la adopción del ATAK por ejércitos aliados y casos de éxito internacionales validan su idoneidad táctica y ofrecen oportunidades de interoperabilidad futura (por ejemplo, a través de pasarelas o gateways ATAK-VMF).

El análisis DAFO y el posterior análisis CAME resultante, proporcionan una hoja de ruta estratégica. Para corregir las debilidades críticas, se propone reforzar la conectividad mediante portadores alternativos (por ejemplo, enlaces satelitales como UHF SATCOM o planes de contingencia ante la pérdida de GSM) y mejorar la autonomía energética de las tabletas con baterías externas (power banks) homologadas. Se insta además a formalizar la formación oficial y establecer SOPs claros para homogeneizar el empleo del sistema. Para afrontar las amenazas, se prevé reforzar la seguridad de la infraestructura de datos propia (manteniendo la gestión propia y actualizando el cifrado VPN y los certificados) y emplear indicadores operativos que respalden institucionalmente la eficacia demostrada por el sistema.

Adicionalmente, es esencial mantener las fortalezas intrínsecas del sistema (flexibilidad de despliegue, gobernanza centralizada de servidores y todas sus múltiples funcionalidades) y explotar las oportunidades tecnológicas e institucionales: normalizar ATAK mediante la normativa interna, impulsar la interoperabilidad con estándares OTAN (convergencia con VMF) y asimilar lecciones aprendidas de aliados que extienden su uso.

En síntesis, las conclusiones parciales muestran que el ATAK aporta beneficios operativos sustanciales al empleo de helicópteros en las FAMET, especialmente en términos de conciencia situacional (SA) y coordinación táctica. No obstante, su efectividad plena dependerá de abordar las mejoras señaladas. Estos hallazgos operativos y estratégicos servirán de base para las conclusiones generales del trabajo, que se desarrollarán en el apartado siguiente.

5. CONCLUSIONES

El presente Trabajo Fin de Grado se propuso analizar el sistema ATAK como solución de medio de enlace táctico de datos en las unidades de helicópteros de las FAMET, evaluando su implantación operativa, identificando sus ventajas y limitaciones a través de la percepción de los usuarios, y formulando propuestas de mejora. A continuación, se exponen las conclusiones principales alcanzadas en relación con los objetivos específicos planteados:

- Respecto a la revisión de los sistemas de mando y control previos (BMS) en helicópteros, se ha constatado su inviabilidad operativa en este entorno. El análisis documental y técnico ha confirmado que las limitaciones intrínsecas del BMS (detalladas en el siguiente párrafo), fundamentadas en la radio VHF PR4G, impiden su uso eficaz como C2S para aeronaves, justificando la necesidad de buscar alternativas adaptadas. Las soluciones provisionales basadas en dispositivos de seguimiento GPS/satelital (Garmin,



Spotters) demostraron ser meramente complementarias, sin capacidad C2S completa.

- En cuanto a la determinación de los problemas operativos y carencias de comunicación que impedían la eficacia de sistemas anteriores, el trabajo ha identificado la excesiva latencia, el escaso alcance efectivo, la limitada tasa de datos y la heterogeneidad de equipos radio como los principales obstáculos. Estos factores impedían mantener una conciencia situacional (SA) fiable y un mando y control ágil, especialmente en misiones dinámicas o a larga distancia del puesto de mando, evidenciando una brecha funcional significativa.
- Sobre la descripción de las características principales de ATAK y su adecuación a las necesidades detectadas, se concluye que su diseño como cliente ligero sobre Android, independiente de la aviónica, junto con una arquitectura basada en servidor propio y VPN corporativa, responde directamente a las carencias identificadas. ATAK ofrece una solución flexible, escalable (incorporación de nuevas funcionalidades mediante plugins), homogénea para toda la flota, de despliegue rápido y coste reducido, facilitando la interoperabilidad aire-tierra y superando las barreras de integración de sistemas previos.
- Al analizar la experiencia de los pilotos con ATAK, los resultados de la encuesta, las entrevistas informales y la observación directa confirman una percepción operativa mayoritariamente positiva. El sistema es valorado por mejorar significativamente la conciencia situacional, el C2 y la coordinación aire-tierra. Existe una alta adopción y los usuarios se sienten capacitados para su manejo, considerándolo una herramienta que facilita la misión sin reducir la flexibilidad operativa.
- Respecto a la identificación y caracterización de las limitaciones actuales, el estudio ha confirmado tres áreas principales: la dependencia de la conectividad GSM, que restringe su uso en zonas sin cobertura; la autonomía limitada de las tablets y la falta de soluciones de carga homologadas; y la ausencia de formación oficial y SOPs estandarizados, que genera heterogeneidad y percepciones de inseguridad de distinto tipo.
- En relación con la formulación de propuestas de mejora viables, el análisis DAFO y su posterior análisis CAME han permitido estructurar una hoja de ruta estratégica. Se propone corregir las debilidades mediante la exploración de portadores de datos alternativos (UHF SATCOM), la dotación de power banks homologadas y la institucionalización de la formación y los SOPs. Es necesario afrontar las amenazas reforzando la resiliencia de la red (planes de contingencia, actualizaciones VPN) y gestionando activamente los riesgos externos. Se debe mantener la flexibilidad de la arquitectura ligera y la gobernanza interna. Finalmente, se recomienda explotar las oportunidades impulsando la interoperabilidad doctrinal (pasarelas ATAK-VMF), incorporando lecciones aliadas y considerando la integración de capacidades para unificar herramientas.
- Finalmente, en cuanto a las recomendaciones de empleo y líneas futuras, se recomienda consolidar el uso de ATAK como C2S táctico estándar en FAMET, aprovechando la normalización en curso (NOP interna de las FAMET en proceso de ser aprobada) para asegurar recursos y homogeneizar su empleo. Como líneas futuras de investigación y desarrollo, destacan:
 - La integración de enlaces alternativos (UHF SATCOM) para superar la dependencia de la red de telefonía móvil GSM.
 - El desarrollo o adopción de gateways ATAK-VMF para mejorar la interoperabilidad con estándares OTAN.
 - La integración de funcionalidades de otras aplicaciones (como avisos aeronáuticos o NOTAM) mediante plugins para reducir la dispersión de herramientas.
 - El estudio de soluciones de carga homologadas (como power banks o baterías



portátiles) y su dotación a las tripulaciones.

- La evaluación a largo plazo de alternativas tecnológicas nacionales que mantengan la funcionalidad y soberanía.

En definitiva, este trabajo ha cumplido satisfactoriamente todos los objetivos planteados, demostrando que ATAK representa una solución C2S eficaz, viable y valorada en las unidades de helicópteros de las FAMET, marcando un avance significativo sobre sistemas previos. Las líneas de mejora identificadas en este estudio apuntan a maximizar el potencial y asegurar la consolidación y evolución futura de un sistema que ya demuestra, por sí mismo, un alto valor operativo.

- 37



- de mando y control funcionales de apoyos de fuego [Trabajo Fin de Grado, Universidad de Zaragoza]. Repositorio de la Universidad de Zaragoza - Zaguán.
- Infodefensa. (2020). Thales pondrá a punto las radios PR4G del Ejército español por 6,8 millones. Recuperado de: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3124177/thales-pondra-punto-radios-pr4g-ejercito-espanol-68-millones>
- MITRE. (2023). Link 16 Interoperability. Recuperado de: <https://www.mitre.org/sites/default/files/2024-02/PR-23-3168-Link-16-Interoperability.pdf>
- Mühlen Ruiz, E. F. (2022). Análisis y comparativa de los sistemas existentes de mando y control de unidades de helicópteros en vuelo en tiempo real [Trabajo Fin de Grado, Universidad de Zaragoza]. Repositorio de la Universidad de Zaragoza - Zaguán.
- MyDefence. (2020, 1 de mayo). Lithuania's defence ministry selects Danish counter UAS technology from MyDefence Communications. MyDefence. Recuperado de: <https://www.unmannedairspace.info/counter-uas-systems-and-policies/lithuanias-defence-ministry-selects-danish-counter-uas-technology-from-mydefence-communications/>
- Rance, C. M. (2024, 1 de febrero). Tactical Awareness Kit (TAK): Ultimate Guide. RECOIL OFFGRID. Recuperado de: <https://www.offgridweb.com/gear/tactical-awareness-kit-tak-ultimate-guide/>
- Stauder Technologies. (2016, 17 de agosto). Groundbreaking Innovation for Mobile Battlefield Applications - Next Victory in the SWaP Fight. [Comunicado de prensa]. PRWeb. Recuperado de: https://www.prweb.com/releases/groundbreaking_innovation_for_mobile_battlefield_applications_next_victory_in_the_swap_fight/prweb13622275.htm
- Steele, L. J. (2011). Exploratory Study in Pilot Communications: Verbal versus Texting Communication. Purdue University, Department of Aviation Technology.
- Stewart, L. (2021, 27 de mayo). Six ATAK + goTenna Pro X use cases for tactical off-grid operations. [Entrada en un blog]. The Last Mile. Recuperado de: <https://thelastmile.gotennapro.com/six-atak-gotenna-pro-x-use-cases-for-tactical-off-grid-operations/>
- The Rotorcraft Collective Team. (2024). How to Minimize Distractions from Portable Devices. FAA Safety Briefing, 65 (6), 30. Recuperado de: <https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/NovDec2024.pdf>
- Tubio Barreto, J. J. (2025, 7 de octubre). España da un salto inédito en defensa aérea: la clave está en este software militar. Confidencial Digital. Recuperado de: <https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/defensa/espana-da-salto-inedito-defensa-aerea-clave-software-militar/20251007123601983066.html>
- Varona Izaguirre, D. (2023). Sistema de Mando y Control de unidades de Infantería motorizada a pie [Trabajo Fin de Grado, Universidad de Zaragoza]. Repositorio de la Universidad de Zaragoza - Zaguán.
- Wilkins, S. A. (2018). Examining Head-Down Time in Transportation: Case Study in Single-Pilot General Aviation Operations. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2672(23), 137–145.
- Wright, S. H. (1996). The use of satellite communication in civil helicopter operations [Tesis de Máster, The University of Tennessee].



ANEXOS

Anexo I

Planificación del Trabajo de Fin de Grado

Para la realización de la planificación temporal del proyecto, se diseñó un cronograma basado en un enfoque por fases, alineado tanto con los objetivos generales como con la estructura metodológica definida en el trabajo.

En primer lugar, se contempló una fase inicial dedicada a la preparación del proyecto y al establecimiento de la estructura de trabajo. A continuación, se desarrolló la primera fase, de revisión documental y construcción del marco teórico, que incluyó el análisis del sistema BMS, la contextualización del sistema ATAK y el estudio de la evolución de los C2S en helicópteros.

La segunda fase se centró en el trabajo de campo y el análisis de la información obtenida durante el periodo de prácticas, mediante cuestionarios a pilotos, entrevistas a personal especializado y observación directa en el entorno operativo. Posteriormente, se organizaron los datos y se aplicaron diversas herramientas analíticas (el benchmarking como análisis comparativo y los análisis DAFO y CAME como análisis estratégicos) que permitieron estructurar los resultados con rigor metodológico.

Finalmente, la tercera fase consistió en la elaboración de conclusiones y posibles propuestas de mejora, seguida de la redacción final y la adecuación formal del documento.

Para reflejar visualmente esta planificación se elaboró un diagrama de Gantt, que recoge las fechas de inicio y fin de cada actividad, con la secuenciación lógica de las tareas y las fases que conforman el proyecto. Este cronograma, que abarca desde el 18 de agosto de 2025 hasta el 30 de octubre de 2025, se presenta a continuación como apoyo explicativo de la organización metodológica del TFG.

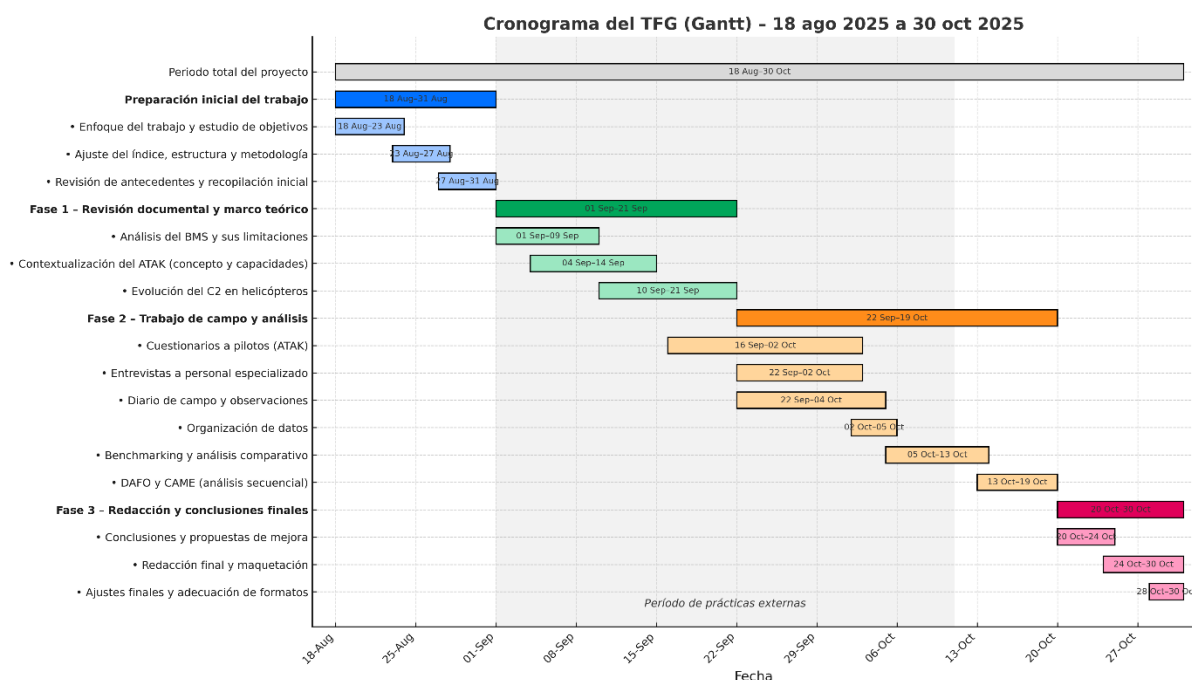


Figura 38. Cronograma del Proyecto. Fuente: Elaboración propia.



Anexo II

Dispositivos y medios físicos de transmisión

A continuación, se presentan imágenes de los principales dispositivos y medios técnicos mencionados en el Apartado 3 de este trabajo, con el fin de ilustrar el hardware de referencia que forma parte del contexto tecnológico del sistema ATAK y sus predecesores.

Medio de Transmisión VHF

Radio utilizada para el sistema BMS (Battlefield Management System), cuyas limitaciones de alcance y latencia en el entorno de helicópteros se discuten en el Apartado 3.1.



Figura 39. PR4G-V3. Fuente: Infodefensa.

Dispositivos de Seguimiento

Mencionados en el Apartado 3.1 como soluciones de seguimiento insuficientes para un C2S completo, son los siguientes:



Figura 40. Garmin inReach. Fuente: Garmin.



Figura 41. Spot Gen3. Fuente: Globalstar.

Ciente Ligero ATAK

Vistas del dispositivo (Samsung Galaxy Tab Active 3) empleado por las tripulaciones. Este hardware es clave porque, al ser externo a la aviónica, proporciona la flexibilidad y estandarización del sistema ATAK en toda la flota de helicópteros, tal como se explica en el Apartado 3.4.



Figura 42. Tablet de ATAK (vista frontal). Fuente: Elaboración propia.



Figura 43. Tablet de ATAK (vista trasera). Fuente: Elaboración propia.



Anexo III

Cuestionario sobre el uso de ATAK en helicópteros

A través de esta encuesta se busca conocer la experiencia y opiniones de los pilotos para identificar fortalezas, limitaciones y líneas de mejora. Su participación resulta fundamental, ya que permitirá optimizar el empleo de ATAK en las FAMET y garantizar que su uso se ajuste a las necesidades reales de las tripulaciones.

Todas las respuestas serán tratadas de forma confidencial y utilizadas únicamente con fines académicos.

** Indica que la pregunta es obligatoria*

Datos del encuestado

Indique su empleo

*

- Oficial
- Suboficial
- Tropa

Antigüedad en las FAMET (en años)

*

- Menos de 1
- 1–3
- 4–6
- 7–10
- Más de 10

Antigüedad en el Ejército de Tierra (en años)

*

- Menos de 1
- 1–3
- 4–6
- 7–10
- Más de 10

Nivel de uso de ATAK en su unidad

*

- Muy extendido y habitual en las misiones.



- Moderadamente extendido (se usa en algunas misiones).
- Poco extendido (apenas se emplea).
- No se emplea prácticamente.

¿Ha recibido formación específica en el uso de ATAK?

*

- Sí, formación formal (curso/instrucción oficial)
- Sí, formación informal (autoaprendizaje, instrucción en unidad)
- No

·Bloque 1 – Experiencia y frecuencia de uso

-Responda cada afirmación indicando su grado de acuerdo, donde:

1 = Totalmente en desacuerdo | 2 = En desacuerdo | 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 = De acuerdo | 5 = Totalmente de acuerdo

1. Tengo experiencia suficiente en el uso de ATAK durante misiones o entrenamientos.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

2. Utilizo ATAK con frecuencia en el desarrollo de misiones típicas de helicóptero.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

3. ATAK se emplea de forma habitual en distintos escenarios operativos (ejercicios, operaciones reales, instrucción).

*

- 1
- 2
- 3



- 4
- 5

4. *Me siento capacitado para manejar ATAK en misión sin necesidad de apoyo externo.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

· *¿Qué experiencias positivas o negativas destacaría de su uso hasta ahora?*

*

Bloque 2 – Utilidad operativa

-Responda cada afirmación indicando su grado de acuerdo, donde:

1 = Totalmente en desacuerdo | 2 = En desacuerdo | 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 = De acuerdo | 5 = Totalmente de acuerdo

5. *ATAK ha mejorado la conciencia situacional de la tripulación en comparación con sistemas previos.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

6. *ATAK facilita la coordinación con unidades terrestres más que otros medios como el BMS.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



7. *ATAK permite una comunicación más rápida y eficaz que el BMS.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

8. *ATAK mejora la interoperabilidad entre diferentes modelos de helicópteros al ofrecer un sistema común de referencia.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

9. *Considero que ATAK mejora la planificación y ejecución de misiones aéreas.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

10. *ATAK ofrece funcionalidades útiles (mapas, geolocalización, capas, chat, etc.) para el desarrollo de operaciones en helicópteros.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



¿Qué otras funcionalidades añadiría?

*

11. Consideraría útil que, en determinadas misiones, un componente en tierra tuviera también acceso a ATAK para mantener contacto en tiempo real.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Si responde 3–5: Indique en qué tipos de misiones o situaciones lo considera más necesario.

*

· ¿En qué aspectos concretos considera que ATAK ha aportado más valor a las operaciones de helicópteros?

*

Bloque 3 – Limitaciones y riesgos

-Responda cada afirmación indicando su grado de acuerdo, donde:

1 = Totalmente en desacuerdo | 2 = En desacuerdo | 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 = De acuerdo | 5 = Totalmente de acuerdo

12. ATAK presenta limitaciones técnicas significativas que afectan a su utilidad en helicópteros.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Si responde 3–5: Indique cuáles son esas limitaciones.

*

13. ATAK presenta vulnerabilidades de seguridad o riesgos de ciberseguridad que



afectan a su fiabilidad.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Si responde 3–5: Indique cuáles son esas vulnerabilidades.

*

14. ATAK presenta una dependencia de cobertura/red que limita su efectividad en vuelo.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

15. El uso de ATAK genera una sobrecarga de trabajo en la cabina para la tripulación.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

· ¿Cómo cree que podrían solucionarse las limitaciones detectadas en el uso de ATAK en helicópteros?

*



-Responda cada afirmación indicando su grado de acuerdo, donde:

1 = Totalmente en desacuerdo | 2 = En desacuerdo | 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 = De acuerdo | 5 = Totalmente de acuerdo

16. El uso de ATAK respeta la autonomía de la tripulación en la conducción de la misión.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

17. ATAK permite mantener la iniciativa del piloto sin imponer restricciones excesivas.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

18. El nivel de supervisión asociado a ATAK es adecuado y no supone una limitación para la misión.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

19. ATAK facilita la misión sin reducir la flexibilidad operativa de la tripulación.

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



20. *El nivel de registro de la actividad en ATAK es adecuado para el desarrollo de la misión.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

· *¿Qué cambios introduciría para que ATAK se adapte mejor a la forma de operar de los pilotos?*

*

Bloque 5 – Valoración global y propuestas

-Responda cada afirmación indicando su grado de acuerdo, donde:

1 = Totalmente en desacuerdo | 2 = En desacuerdo | 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 = De acuerdo | 5 = Totalmente de acuerdo

21. *ATAK debería consolidarse como sistema de mando y control en helicópteros.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

22. *ATAK debería sustituir completamente al BMS en estas unidades.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

23. *ATAK debería utilizarse como complemento al BMS, no como sustituto.*

*

- 1



- 2
- 3
- 4
- 5

24. *ATAK debería seguir siendo un sistema de respaldo, no el principal.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

25. *En términos generales, estoy satisfecho con la utilidad de ATAK en helicópteros.*

*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

· *¿Qué mejoras o adaptaciones considera prioritarias para optimizar el uso de ATAK en helicópteros?*

*

Muchas gracias por su tiempo y su dedicación al responder esta encuesta. Sus aportaciones ayudarán a mejorar el uso de ATAK en las FAMET y a avanzar hacia un sistema más ajustado a la realidad de las tripulaciones.