



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL BMS Y ATAK EN UNA PEQUEÑA UNIDAD

Pilar López Ardila

Director académico: Dr. D. Francisco Aznar Tabuenca

Director militar: Cap. D. Sergio García Mena

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2024



Agradecimientos

Quisiera agradecer, en primer lugar, al director académico de mi trabajo, el doctor D. Francisco Aznar Tabuena y a mi tutor militar el Teniente D. Rafael Pelegrina López De Hierro. Además de mi tutor militar, también me gustaría agradecerle su disponibilidad al Teniente Álvaro Sanz Febrer. Este trabajo no podría haberse realizado sin la ayuda de este personal.

En segundo lugar, a los integrantes de la Compañía de Transmisiones 18 del Batallón del Cuartel General de Melilla por su apoyo y aporte de conocimientos, así como el buen trato recibido durante la realización de las prácticas de mando.

Gracias a mi familia y compañeros, por su constante apoyo durante todos estos años, sin los cuales me hubiese sido imposible superar todos los retos que me ha presentado la academia. Por último, quisiera hacer especial mención a mis padres y a mi hermana por apoyarme durante todos estos años con paciencia y comprensión.



RESUMEN

Este trabajo presenta un análisis comparativo entre los sistemas de mando y control BMS (*Battle Management System*) y ATAK (*Android Team Awareness Kit*), dos herramientas avanzadas utilizadas en el ámbito militar para mejorar la operatividad y la toma de decisiones. El objetivo principal de este trabajo es evaluar cuál se adapta mejor a una pequeña unidad, como puede ser una compañía de transmisiones. Ambos están diseñados para proporcionar una visión general en tiempo real de la ubicación y situación de las fuerzas, optimizando así el control y coordinación de las operaciones.

El BMS se destaca por apoyar a operaciones de gran escala, ofreciendo funciones avanzadas de planificación, visualización táctica y comunicación multinivel. todo esto permite coordinar fuerzas desde el nivel batallón hasta pelotón. Sus funcionalidades incluyen la transmisión de órdenes y mensajes de forma segura. Por otra parte, el ATAK es un sistema móvil que permite una rápida adaptación en tiempo real a situaciones cambiantes en el terreno. Su enfoque en la interoperabilidad geoespacial y flexibilidad lo hacen ideal para equipos tácticos que requieren agilidad y autonomía.

Para el desarrollo del estudio, se emplearon fuentes teóricas y prácticas, como manuales militares y entrevistas, que permitieron realizar una comparación basadas en sus capacidades y funcionalidades. Se analizaron aspectos como las capacidades de interoperabilidad y la facilidad de uso en diferentes escenarios operativos. Aparte de estos factores, también se han tenido en cuenta otros aspectos más técnicos de implementación.

Finalmente, este trabajo busca proporcionar una visión integral que sirva como guía para una adecuada elección de sistema de mando y control en el Ejército de Tierra, considerando las necesidades específicas de una pequeña unidad y los desafíos potenciales en su implementación.

PALABRAS CLAVE

Interoperabilidad, Comando y control, Análisis situacional, Comunicación en tiempo real.



ABSTRACT

This final project presents a comparative analysis of the BMS (Battle Management System) and ATAK (Android Team Awareness Kit) command and control systems, two advanced tools used in the military to enhance operational effectiveness and decision-making. The main objective of this study is to assess which system best suits a small unit, such as a transmission company. Both are designed to provide a real-time overview of the location and status of forces, thereby optimizing operational control and coordination.

BMS stands out in supporting large-scale operations, offering advanced planning, tactical visualization, and multi-level communication functions. These features enable the coordination of forces from the battalion level down to platoon level. Its functionalities include secure transmission of orders and messages. On the other hand, ATAK is a mobile system that allows for rapid, real-time adaptation to changing field conditions. Its focus on geospatial interoperability and flexibility makes it ideal for tactical teams requiring agility and autonomy.

For the development of this study, theoretical and practical sources were used, such as military manuals and interviews, which allowed for a comparison based on their capabilities and functionalities. Aspects such as interoperability capabilities and ease of use in different operational scenarios were analyzed. In addition to these factors, other technical aspects of implementation were also considered.

Finally, this final project aims to provide a comprehensive view that serves as a guide for choosing an appropriate command and control system in the Army, considering the specific needs of a small unit and potential challenges in implementation.

KEYWORDS

Interoperability, Command and control, Situational awareness, Real-time communication.



ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto y justificación del trabajo.....	1
1.2 Marco del trabajo.....	1
1.3 Organización y capacidades de una compañía de transmisiones.....	1
1.4 Estructura de la memoria	2
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	3
2.1 Objetivos y alcance	3
2.2 Metodología.....	4
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1 Mando y Control.....	6
3.2 Sistemas de mando y control de gran unidad.....	6
3.3 Sistemas de mando y control de pequeña Unidad.	8
3.1.1. Battle Management System (BMS)	9
3.1.2. Android Team Awareness Kit (ATAK)	9
3.1.3. Sistemas de seguimiento de fuerzas propias.....	10
3.1.4. Sistemas de seguimiento del desembarcado.....	11
4. DESARROLLO.....	13
4.1 Capacidades de ambos sistemas	13
4.1.1. Capacidades del Sistema BMS-ET	13
4.1.2. Capacidades del Sistema ATAK	14
4.1.3. Comparativa de capacidades de ambos sistemas.....	15
4.2 Funcionalidades de ambos sistemas.....	17
4.2.1. Funcionalidades del sistema BMS-ET.....	17
4.2.2. Funcionalidades del sistema ATAK.....	19
4.2.3. Comparativa de funcionalidades	20
4.3 Puesta en funcionamiento de ambos sistemas	21
4.3.1. Necesidades para la puesta en funcionamiento del BMS-ET	21
4.3.2. Necesidades para la puesta en funcionamiento del ATAK	28



4.3.3.	Comparativa respecto al material y coste	34
4.4	Resultado de las entrevistas	35
5.	CONCLUSIONES	38
	REFERENCIAS	40
	ANEXO I: INSTALACIÓN DE GSTREAMER	42



ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Línea del tiempo del TFG (Fuente: Elaboración propia).	4
Ilustración 2: Aplicación Cancerbero (SIMACET, 2024a).	6
Ilustración 3: Aplicación Castor (SIMACET, 2024b).	7
Ilustración 4: Aplicación Altair (SIMACET, 2024c).	7
Ilustración 5: Visualización de la aplicación Antares (SIMACET, 2024d).	7
Ilustración 6: Nodo de Pequeña Unidad (Fuente: Elaboración propia).	8
Ilustración 7: Diagrama de Venn de capacidades sistema BMS y sistema ATAK (Fuente: Elaboración propia).	16
Ilustración 8: Diagrama de Venn de funcionalidades entre sistema BMS y sistema ATAK (Fuente: Elaboración propia).	21
Ilustración 9: Versión 2.1.15 de instalación BMS (Ejército de Tierra, 2023b).	22
Ilustración 10: Grupos de usuarios creados por el sistema BMS (Ejército de Tierra, 2023a). ...	25
Ilustración 11: Radio PR4G Supermux (Fuente: Elaboración propia).	26
Ilustración 12: Usuario del BMS-ET (Fuente: Elaboración propia).	27
Ilustración 13: Vehículo Mercurio (Fuente: Elaboración propia).	27
Ilustración 14: Primera pantalla de la máquina virtual (Pelegrina, 2024).	29
Ilustración 15: Pantalla de confirmación de Instalación del CentOS 7 (Pelegrina, 2024).	29
Ilustración 16: Resumen de la instalación del CentOS 7 (Pelegrina, 2024).	30
Ilustración 17: Página oficial del TAK (Pelegrina, 2024).	31
Ilustración 18: Esquema del servidor TAK (Fuente: Elaboración del Teniente D.Rafael Pelegrina López de Hierro).	31
Ilustración 19: Servidor TAK CIATRANS 18 (Fuente: Elaboración propia).	32
Ilustración 20: Prácticas dentro de la base con el sistema TAK (Fuente: Elaboración propia). .	33
Ilustración 21: Zonas de mala cobertura en Melilla (Fuente: Elaboración propia).	34
Ilustración 22: Resultados de las encuestas sobre a) facilidad de uso, b) capacidades tácticas y operativas y c) adaptabilidad correspondientemente (Fuente: Elaboración propia).	36
Ilustración 23: Resultados de la encuesta sobre a) tiempo de respuesta y precisión y b) rendimiento en el campo (Fuente: Elaboración propia).	37
Ilustración 24: Aceptación de términos de GStreamer (Ejército de Tierra, 2023b).	42
Ilustración 25: Selección tipo de instalación GStreamer (Ejército de Tierra, 2023b).	42



Ilustración 26: Proceso de instalación GStreamer (Ejército de Tierra, 2023b)..... 43



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Usuarios y su asignación a los grupos de usuarios (Fuente: Elaboración propia)..... 25

Tabla 2: Comparativa de material entre sistema BMS y sistema TAK (Fuente: Elaboración propia) 35



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AGM	Academia General Militar
AT	<i>Allied Technology</i> / Tecnología Aliada
ATAK	<i>Android Team Awareness Kit</i>
BML	<i>Battlefield Management Language</i>
BMS	<i>Battle Management System</i>
C2	Mando y Control
CIA	Compañía
CIATRANS	Compañía de Transmisiones
CIS	Sistemas de Información y Comunicaciones
COE	<i>Common Operating Environment</i> / Entorno Operativo Común
COMFUT	Combatiente del Futuro
CPA	<i>Communications Personalised Access</i> / Acceso Personalizado a las Comunicaciones
CTPCALT	Centro de Transmisiones de Puesto de Mando Alternativo
CTPCPAV	Centro de Transmisiones de Puesto de Mando Avanzado
CTPCR	Centro de Transmisiones de Puesto de Mando de Retaguardia
CUD	Centro Universitario de la Defensa
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
DDI	<i>Direct Digital Input</i> / Entrada Digital Directa
DHS	<i>Department of Homeland Security</i> / Departamento de Seguridad Nacional
DIRMIL	Director Militar
DSS	<i>Decision Support Systems</i> / Sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones
EDT	Estructura de Desglose de Trabajo
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> / Planificación de Recursos Empresariales
ET	Ejército de Tierra
FBCB2	<i>Force XXI Battle Command Brigade and Below</i> / Comando de Batalla de la Brigada XXI y por Debajo
FFT	<i>Friendly Force Tracking</i> / Seguimiento de Fuerzas Amigas
FFW	<i>Future Force Warrior</i> / Guerrero de la Fuerza del Futuro
FIS	<i>Future Integrated Soldier</i> / Soldado Integrado del Futuro
GBML	<i>Geospatial Battlefield Management Language</i> / Lenguaje de Gestión del Campo de Batalla Geoespacial
GU	Gran Unidad
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
IA	Inteligencia Artificial
IFF	Identificación de Amigos o Enemigos
INTE	Integración Terreno Enemigo



JCIS	<i>Joint Command and Information Systems</i> / Sistemas de información y Mando Conjunto
MEDEVAC	<i>Medical Evacuation</i> / Evacuación Médica
NBQ	Nuclear Biológico Químico
OFW	<i>Objective Force Warrior</i> / Objetivo del Guerrero de la Fuerza
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PCMSHS	<i>Personal Computer Management System for Handling Secure Keys</i> / Sistema de Gestión de Computadoras Personales para el Manejo de Claves Seguras
PEXT	Prácticas Externas
PLM	Plana Mayor
PU	Pequeña Unidad
RRD	Radio en Retaguardia Desplegada
SIMACET	Sistema de Información de Mando y Control del Ejército de Tierra
SITREP	<i>Situation Report</i> / Informe de Situación
SPI	<i>Sensor Point of Interest</i> / Punto de Interés de Sensor
SPOTREP	<i>Spot Report</i> / Informe de Observación
TAK	<i>Team Awareness Kit</i>
TFG	Trabajo Fin de Grado
UAVs	<i>Unnamed Aerial Vehicle</i> / Vehículos Aéreos No Tripulados
VMF	<i>Variable Message Format</i> / Formato de Mensaje Variable



1. INTRODUCCIÓN

La siguiente memoria presenta los resultados del Trabajo Fin de Grado (TFG) titulado “Análisis Comparativo entre los Sistemas de Mando y Control BMS y ATAK en una pequeña unidad” presentado para finalizar el Grado en Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa de la Academia General Militar (CUD AGM).

1.1 Contexto y justificación del trabajo

El siguiente estudio se encuentra dentro de los sistemas de Mando y Control del Ejército de Tierra, resulta esencial integrar herramientas tecnológicas avanzadas que permitan gestionar de manera eficiente las operaciones en el campo de batalla. La constante evolución de las tecnologías de la información y la necesidad de mejorar la capacidad de respuesta en tiempo real han impulsado la incorporación de sistemas como el *Battle Management System* (BMS) y el *Android Team Awareness Kit* (ATAK), ambos diseñados para optimizar el control de las unidades y la gestión de información crítica durante las operaciones militares.

En este marco, se destaca la comparación entre estos dos sistemas fundamentales para el control y seguimiento en tiempo real de las operaciones. Ambos buscan proporcionar una solución integral para la gestión de las unidades de combate y el intercambio de información crítica, pero con diferencias clave en cuanto a su enfoque, funcionalidades y niveles de implementación.

La finalidad de este estudio es analizar en profundidad las características de ambos sistemas, comparando su eficiencia, capacidades de interoperabilidad y facilidad de uso dentro del contexto operativo del Ejército de Tierra. A través de esta comparación, se pretende identificar qué sistema responde mejor a las necesidades actuales de mando y control, así como los desafíos que pueden surgir durante su implementación y uso en las diferentes unidades del ejército.

1.2 Marco del trabajo

Este trabajo se ha llevado a cabo durante el período de las prácticas externas (PEXT) y TFG en la compañía (CIA) de transmisiones N°18 de la Base Alfonso XIII, Melilla. Durante este tiempo, he tenido la oportunidad de establecer contacto directo con la unidad y participar en su actividad diaria. Asimismo, se ha aprovechado este período para la elaboración del Trabajo Fin de Grado, el cual ha sido supervisado tanto por el director militar como por el director académico del CUD.

La planificación del trabajo se encuentra detallada en el apartado de metodología que se desarrollará más adelante. En esta planificación se resumen los principales aspectos y el marco temporal en el que se ha desarrollado.

1.3 Organización y capacidades de una compañía de transmisiones

Una compañía de transmisiones (CIATRANS) está dotada de personal y medios suficientes para satisfacer las necesidades en el entorno de los Sistemas de Información y Comunicaciones (CIS) básicas de una Gran Unidad (GU), siendo su cometido principal establecer, mantener y recuperar el enlace. De forma genérica se organiza en los siguientes órganos:

- Plana mayor (PLM): Conjunto de medios y personal que asesoran al jefe de la CIATRANS en su acción de mando, también proporciona apoyo logístico. Normalmente se incluyen en la plana mayor algún equipo técnico de mantenimiento específico de transmisiones y un equipo técnico de mantenimiento informático.



- Tres secciones de centros de transmisiones de puestos de mando, denominadas como: Centro de Transmisiones de Puesto de Mando Avanzado (CTPCPAV), Centro de Transmisiones de Puesto de Mando Alternativo (CTPCALT) y Centro de Transmisiones de Puesto de Mando de Retaguardia (CTPCR): responsables del establecimiento, operación y mantenimiento de los CIS que dan servicio al Puesto de Mando (PC).
- Sección de apoyo: Formada por todos aquellos medios CIS que no se incluyen en la composición orgánica del Centro de Transmisiones de Puesto de Mando (CTPC), pero que resulta necesario para el establecimiento y funcionamiento de los CIS (Ejército de Tierra, 2023c).

Estas secciones pueden ser diferentes en casos de existencia de ciertas plataformas de transporte de los equipos de transmisiones características de la brigada a la que pertenezcan. A fin de facilitar su funcionamiento diario y su instrucción y adiestramiento, las CIATRANS pueden adoptar otras organizaciones internas.

1.4 Estructura de la memoria

A efectos de cumplir con el objetivo del estudio, se ha elaborado una memoria estructurada de la siguiente manera:

1. Introducción: Se presenta un breve comienzo en el que se explican los principales objetivos y el marco en el que se desarrolla este trabajo, enfocado en la comparación entre el *Battle Management System* (BMS) y el *Android Team Awareness Kit* (ATAK).
2. Objetivos y Metodología: Aquí se describen las distintas fases del trabajo a lo largo del tiempo. Además, se describen los factores utilizados para la comparación de ambos sistemas y las fuentes usadas para la recopilación de datos.
3. Marco Teórico: En este apartado se ha introducido una pequeña evolución del mando y control a lo largo de décadas. Además, se exponen diferentes tipos de sistemas de mando y control tanto de pequeña unidad como de gran unidad.
4. Desarrollo: Se desarrollan las capacidades y funcionalidades de los sistemas ATAK y BMS y se comparan respecto a estos dos factores. Además, se trata la puesta en funcionamiento de cada uno de ellos, abordando su instalación y requisitos necesarios. En este se incluye unas prácticas realizadas durante las prácticas de mando.
5. Conclusiones: En este apartado se enfrentan los resultados del estudio realizado de estos dos sistemas de mando y control (BMS y ATAK) a lo largo de este trabajo, ambos esenciales para la operatividad y toma de decisiones en pequeñas unidades.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 Objetivos y alcance

Dada la creciente complejidad de los escenarios operativos en el ámbito militar en los últimos años, se ha impulsado la evolución y adopción de herramientas tecnológicas avanzadas que faciliten el mando y control. En este contexto, se vuelve imperativo contar con sistemas que no solo proporcionen datos precisos, sino que también mejoren la capacidad de respuesta y la eficacia en la toma de decisiones durante las operaciones. Por ello, el objetivo principal de este trabajo es realizar un análisis comparativo entre los sistemas de BMS y ATAK. A través de esta comparación, se busca determinar cuál de estos sistemas es más adecuado para su implementación en una pequeña unidad, como podría ser una compañía de transmisiones.

Ambos sistemas tienen como función principal ofrecer al jefe una visión general en tiempo real de la ubicación y situación de las diferentes unidades que participan en las operaciones. Esto es fundamental, ya que la información oportuna y precisa puede marcar la diferencia en el éxito de una misión.

En base a este objetivo general, se establecen los siguientes objetivos secundarios, que servirán como hoja de ruta para el desarrollo del proyecto:

- Evaluar las capacidades técnicas de ambos sistemas. Esta evaluación permitirá comprender las características específicas de cada uno, así como sus ventajas y desventajas en situaciones operativas concretas.
- Analizar la adaptabilidad de BMS y ATAK en diversas situaciones operativas. Esto incluye evaluar cómo cada sistema puede ajustarse a diferentes entornos y requisitos de misión, lo que es esencial para garantizar su efectividad en condiciones cambiantes.
- Identificar las limitaciones operativas de ambos sistemas. Comprender las limitaciones ayudará a anticipar posibles desafíos en su implementación y uso, lo que es crucial para mejorar su eficacia en el campo.
- Realizar prácticas de campo para verificar el desempeño de ambos sistemas en condiciones controladas y reales. Estas prácticas permitirán observar cómo se comportan los sistemas en un entorno práctico y proporcionar datos concretos sobre su funcionalidad.

Las pruebas iniciales de ambos sistemas se llevarán a cabo en la Base Alfonso XIII, donde se realizarán las primeras evaluaciones de sus capacidades. Este entorno controlado permitirá obtener información detallada sobre el rendimiento de cada sistema antes de trasladar las pruebas a un contexto más complejo. Posteriormente, se utilizarán estos sistemas en el campo de maniobras Rostrogordo en Melilla, con la finalidad de comprobar su rendimiento en un entorno operativo fuera de la base. La combinación de estas dos fases de prueba es crucial para obtener una evaluación integral que considere tanto el funcionamiento en un entorno controlado como en situaciones reales de combate.



2.2 Metodología

Al inicio de las Prácticas Externas, se llevó a cabo una reunión preliminar con el Director Militar (DIRMIL) con el propósito de discutir y establecer los distintos objetivos del trabajo. Durante esta reunión, se redactó una serie de hitos que servirán como guía para el desarrollo del proyecto. Estos hitos son fundamentales para asegurar un enfoque estructurado y efectivo en la evaluación de los sistemas BMS y ATAK. Algunos de los hitos destacados incluyen:

- Lectura de la documentación disponible en la biblioteca virtual del portal personal sobre el BMS. Esta revisión permitirá comprender los fundamentos teóricos y operativos del sistema, así como su aplicación práctica en el entorno militar.
- Recopilación de información proporcionada por un teniente de la Compañía de Transmisiones 18 sobre el ATAK. La experiencia y conocimientos de este personal forman parte de pilares fundamentales para poder obtener una perspectiva práctica sobre el uso del sistema en operaciones reales.
- Realización de una lluvia de ideas en relación a los criterios que se utilizarán para la comparación de ambos sistemas. Este ejercicio colaborativo fomentará la identificación de factores clave que influirán en la evaluación comparativa, asegurando que se aborden aspectos relevantes y significativos.
- Investigación y realización de prácticas orientadas a obtener una comparación óptima entre los sistemas. Se realizarán simulaciones y pruebas en un entorno controlado para observar el rendimiento de ambos sistemas bajo condiciones específicas.

Para la adquisición y análisis de información, se han implementado diversas fuentes y herramientas que permiten la ejecución efectiva del proyecto centrado en los sistemas ATAK y BMS. En una fase inicial, se llevó a cabo un diagnóstico exhaustivo para identificar las deficiencias en la gestión actual de estos sistemas, lo que facilitó el establecimiento de mejoras en el flujo de trabajo. Este diagnóstico fue complementado por un cuestionario basado en diversos aspectos, mediante el cual se recopiló información relevante sobre las necesidades operativas de los sistemas.

A partir de esta información, se realizó un análisis de capacidades y funcionalidades de cada uno de los sistemas y se compararon utilizando una herramienta visual. Esta herramienta es el Diagrama de Venn que permite ilustrar de manera clara y concisa las similitudes y diferencias entre BMS-ET y ATAK. Este análisis comparativo es fundamental para identificar qué sistema es más conveniente para las unidades en función de los objetivos deseados de cada una de ellas.

Posteriormente, se definió el alcance del proyecto mediante una línea del tiempo (mostrada en la Ilustración 1), que proporciona una idea general de las distintas fases del trabajo de forma visual con sus fechas de comienzo y final estimadas. Esta herramienta de gestión de proyectos nos ayuda a garantizar el cumplimiento de los plazos establecidos y el seguimiento efectivo de las actividades.



Ilustración 1: Línea del tiempo del TFG (Fuente: Elaboración propia).



En cuanto a las fuentes de información seleccionadas, una de las más relevantes es la biblioteca virtual del portal personal, que alberga documentos oficiales de las Fuerzas Armadas. Esta fuente es especialmente valiosa, ya que proporciona información actualizada, indicando la vigencia y la fecha de publicación de los documentos, lo que asegura la fiabilidad de la información utilizada. También se consultaron diversos manuales del Ejército de Tierra, así como páginas verificadas por el Ejército de EE. UU., que aportaron información adicional sobre el sistema ATAK.

Las entrevistas, realizadas con el propósito de obtener la opinión de diferentes unidades respecto a ambos sistemas. Para mantener una visión objetiva en los resultados, la encuesta ha sido realizada por personal de la CIA de Transmisiones, ya que estos han utilizado ambos sistemas, a diferencia de otras unidades que pueden no haber usado los dos sistemas. Estas entrevistas se llevaron a cabo de manera individual, lo que permitió obtener una gama de perspectivas variadas y enriquecedoras.

Como anteriormente se ha mencionado, se va a representar una cronología general de cómo ha estado distribuido el trabajo mediante una línea del tiempo (Lucid, 2024).



3. MARCO TEÓRICO

3.1 Mando y Control

El mando y control siempre ha estado presente en el arte militar como elemento fundamental, ambas se han visto condicionadas por los medios tecnológicos de cada momento. En antiguas batallas, este mando y control se llevaba a cabo a través de personal ubicado en la misma localización y tenían como mecanismos cuernos, tambores, banderas y correos a caballo, mientras que el control se llevaba mediante inspección visual. Este tipo de mando y control obligaba a todos los integrantes de los diferentes escalones de mando a tener una confianza plena los unos en los otros.

A partir de la irrupción de tecnologías de comunicación y computación cambia la perspectiva, experimentando un progresivo avance, se comienzan a basar en aplicaciones y programas que facilitan la operatividad y seguridad de las unidades militares, esto conlleva una clara apuesta por una Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) necesaria ante los nuevos retos de las Fuerzas Armadas (FAS). Estos sistemas cubren principalmente dos necesidades: la ubicación y estado de sus subordinados y sus superiores, y el intercambio de órdenes e informes entre los distintos niveles de mando.

Estos sistemas de mando y control podrían asimilarse a sistemas de planificación de recursos empresariales conocidos como ERP (*Enterprise Resource Planning*). La principal diferencia entre estos dos son la ubicación o geo-referenciación de los activos y la capacidad de almacenar e intercambiar la información de forma segura.

La taxonomía que se puede llevar a cabo de manera más general en los sistemas de mando y control es dividirlos entre sistemas de mando y control de Gran Unidad (GU) y sistemas de mando y control de Pequeña Unidad (PU). En ambos casos se fija una línea divisoria en el nivel jerárquico de batallón, ubicándose en los primeros por encima del mismo y el de los segundos por debajo (Thales, 2020) (Llopis, 2024).

3.2 Sistemas de mando y control de gran unidad.

La evolución de los sistemas de mando y control ha sido enorme en estos últimos años, el ejército español desarrolló en colaboración con la industria nacional algunos sistemas especializados, como el SIMACET (Sistema de Información de Mando y Control del Ejército de Tierra), para puestos de mando de gran unidad. Algunos de estos sistemas (mencionados posteriormente en el punto 3.3) disponen de capacidades de intercambio de datos entre ellos, pero tienen el inconveniente de manejarse de forma aislada e independiente.

SIMACET se basa en un conjunto de aplicaciones que permiten al usuario tener una serie de capacidades. Algunas de las capacidades se pueden obtener a través de las siguientes aplicaciones:

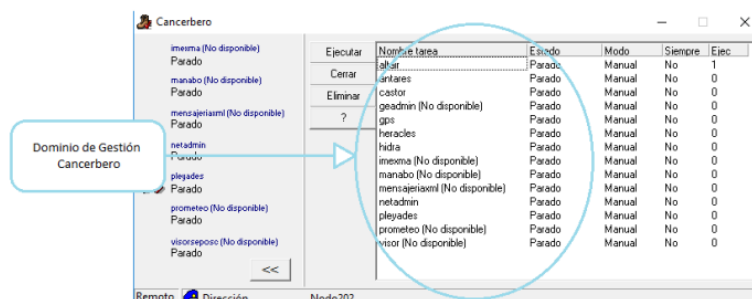


Ilustración 2: Aplicación Cancerbero (SIMACET, 2024a).



Ilustración 3: Aplicación Castor (SIMACET, 2024b).

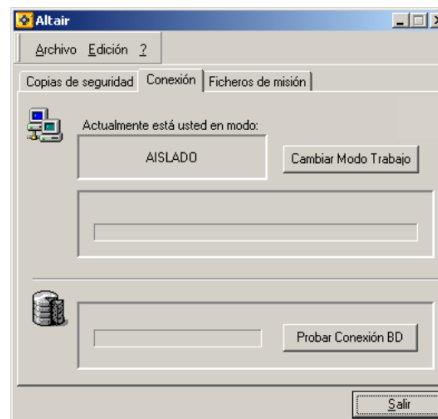


Ilustración 4: Aplicación Altair (SIMACET, 2024c).

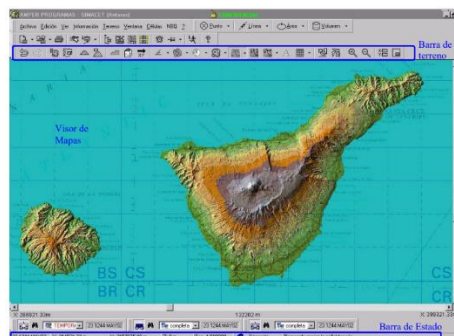


Ilustración 5: Visualización de la aplicación Antares (SIMACET, 2024d).

- Cancerbero: Aplicación que se usa para la gestión de procesos a un nivel básico, permitiendo al usuario lanzar, cerrar y eliminar procesos del sistema (mostrada en la Ilustración 2). Además, se ocupa de otras tareas, como son, la configuración automática del acceso a bases de datos y la configuración IP del ordenador. Comprueba periódicamente si se ha producido o no alguna incidencia (SIMACET, 2024a).
- Castor: Herramienta de administración que permite modificar la configuración de las demás aplicaciones del sistema SIMACET y realizar la administración de usuarios (mostrada en la Ilustración 3). Además, permite definir el nodo que representa la estación de trabajo, inicializar la base de datos asignada al nodo y regenerar todas las tablas de la base de datos del sistema para ese nodo. Esta es la primera pestaña que sale al iniciar el programa (SIMACET, 2024b).
- Altair: Herramienta de administración con tres funciones principales, la gestión de ficheros de misión, la gestión de copias de seguridad de la base de datos y la gestión de la conexión con dicha base de datos (mostrada en la Ilustración 4). Desde este programa es posible crear y recuperar ficheros de misión para el inicio de una misión y recuperar los datos de las copias de seguridad (SIMACET, 2024c).
- Antares: Aplicación de mando y control, donde se puede obtener una visión más clara y actualizada de la situación operativa. Ofrece el seguimiento de fuerzas en el campo,



intercambio de datos en tiempo real, planificación de misiones y comunicación integrada entre diferentes niveles de mando (mostrada en la Ilustración 5). Se centra en un mando y control estratégico a diferencia del BMS y ATAK que están orientados al mando táctico (SIMACET, 2024d).

Dentro de estos sistemas hay diferentes enfoques aplicables desde el punto de vista de la arquitectura, en función de sus necesidades funcionales y operativas pueden dividirse por:

- Sistemas auto-contenidos o “*stand-alone*”: la totalidad de la funcionalidad, así como datos, se instala en un único equipo. Este tipo de sistemas es óptimo para aplicaciones vehiculares.
- Sistemas tipo cliente-servidor: la funcionalidad principal se aloja en servidores, mientras que el cliente se conecta al servidor de una red local.
- Sistemas distribuidos: Dentro de cada nodo se encuentra desplegado el sistema, que cuenta con las aplicaciones e información necesarias para intercambiarlas de forma automática. Este tipo de arquitectura es la más demandada por dotar a múltiples unidades e instalaciones con capacidades de mando y control.

Cada nodo (mostrado en la Ilustración 6) es totalmente autónomo para realizar su trabajo, esto es una gran ventaja, ya que si un nodo de un puesto de mando cae no necesariamente tienen que caer el resto de nodos. Independientemente de la arquitectura del sistema, se integran programas de terceros con funcionalidades específicas (Llopis, 2024).



Ilustración 6: Nodo de Pequeña Unidad (Fuente: Elaboración propia).

3.3 Sistemas de mando y control de pequeña Unidad.

Dentro de los sistemas de mando y control de pequeña unidad no existe una clasificación clara con la que se pueda diferenciar las características, competencias y atribuciones. Existe una gran variedad de sistemas de mando y control para pequeñas unidades, tales como: sistemas de seguimiento de fuerzas propias o *Friendly Force Tracking* (FFT) o sistemas de seguimiento del desembarco o soldado individual.

En concreto, este trabajo se centrará en los sistemas BMS y ATAK, pero es necesaria una introducción de los diferentes sistemas para comprender sus diferencias. Estos sistemas han sido probados y validados mediante pruebas oficiales realizadas por organismos de certificación, tanto a nivel internacional (OTAN, Organización del Tratado del Atlántico Norte) como a nivel nacional (JCIS, *Joint Command and Information Systems* y AT, *Allied Technology*).



3.1.1. Battle Management System (BMS)

Los sistemas BMS se ubican en el mismo nivel jerárquico que los sistemas FFT, pero suelen incorporar características adicionales. Recientemente, ha habido una tendencia a integrar funciones típicas de los BMS en los sistemas FFT, lo que difumina la línea entre ambos. Los BMS tienen ciertas funcionalidades que los diferencian:

- Preparación de misiones, planificación de rutas y maniobras.
- Envío y recepción automatizada de órdenes e informes, usando estándares militares como *Spot Report* (SPOTREP) y *Situation Report* (SITREP).
- Comunicación tanto vocal como digital, con mecanismos de asignación de tareas.
- Herramientas colaborativas y de mensajería.
- Funciones para el seguimiento de fuerzas propias, detección de enemigos y uso de sistemas de IFF (Identificación de Amigos o Enemigos).
- Alertas ante eventos relacionados con las rutas predefinidas y correlación con datos en tiempo real.
- Inclusión de información adicional del entorno operativo, como datos de *Medical Evacuation* (MEDEVAC), datos biométricos, información climatológica, y predicciones sobre las rutas e intenciones del enemigo.
- Algunos sistemas incluyen Sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones (DSS).
- Integración con sistemas de armas diversas, como artillería y logística.

El BMS ha sido desarrollado por Indra y Thales desde 2021. Indra es una compañía multinacional española y una de las principales compañías globales en tecnología y consultoría, líder en tecnología para mercados de Defensa, Aeroespacial, Seguridad y Transporte. Impulsa soluciones innovadoras, siendo la sostenibilidad parte de su estrategia y cultura. Esta compañía ha tenido presencia en 46 países y operaciones comerciales en más de 140 países. Thales con sede en Francia, también es una de las principales compañías tecnológicas del mundo, siendo un actor relevante en diversas materias como es defensa. También es socio en la producción de las radiocomunicaciones para el Ejército de Tierra (ET) (Indra, 2024) (Thales, 2020).

El sistema *Battle Management System* (BMS) es utilizado por varios ejércitos en todo el mundo para mejorar la conciencia situacional y la coordinación en operaciones militares, algunos de estos son: Estados Unidos, Reino Unido y Australia.

La interfaz de los BMS permite la conexión con distintos sensores y sistemas de monitorización, radios tácticas y satélite, drones (UAVs), y telémetros láser. Para gestionar la enorme cantidad de información, se utiliza un lenguaje específico denominado *Battlefield Management Language* (BML), una variante de XML que estandariza el intercambio de órdenes y reportes entre nodos en la red de mando y control.

Una versión extendida del BML es el *Geospatial Battlefield Management Language* (GBML), que añade una componente geoespacial, aunque su mayor uso práctico ha sido en simulaciones y entrenamiento (Llopis, 2024) (Ejército de Tierra, 2023a)

3.1.2. Android Team Awareness Kit (ATAK)

El ATAK (*Android Team Awareness Kit*) es una plataforma de software innovadora que busca mejorar la conciencia situacional y la coordinación entre las fuerzas militares y diversas agencias gubernamentales. Este sistema fue desarrollado por el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea de Estados Unidos y está diseñado para operar en dispositivos móviles que utilizan el sistema Android, como teléfonos inteligentes y tabletas. Gracias a su diseño, el ATAK



permite a los usuarios acceder a herramientas avanzadas para la comunicación en tiempo real y recursos geoespaciales.

Entre las características más destacadas del ATAK se encuentra la capacidad de compartir posiciones geolocalizadas, lo que facilita la visualización de información táctica en mapas interactivos que se actualizan continuamente. Además, los usuarios pueden marcar objetivos y planificar rutas, lo que contribuye a una toma de decisiones más eficiente en situaciones operativas. La integración de una amplia variedad de sensores y fuentes de datos aumenta la versatilidad de ATAK, permitiendo su aplicación en contextos tanto militares como civiles, como en la respuesta a desastres y emergencias (TAK, 2024).

Una de las principales ventajas del ATAK es su modularidad y configurabilidad. Los usuarios tienen la opción de añadir *plug-ins* y funcionalidades específicas según las necesidades de cada operación, lo que permite adaptarse a diferentes tipos de misiones y escenarios. Esta flexibilidad ha facilitado el uso de ATAK por organismos no militares, como el Departamento de Seguridad Nacional (DHS, *Department of Homeland Security*) y diversas agencias de respuesta a emergencias.

En el ámbito militar, el ATAK ha sido implementado en varias ramas de las fuerzas armadas de Estados Unidos y su uso se ha expandido a países aliados que buscan mejorar su capacidad de seguimiento y coordinación en el terreno. Además, ATAK forma parte de una familia de aplicaciones que incluye versiones civiles como CivTAK y para socorristas como ResTAK, lo que refleja su aplicabilidad en distintos escenarios, tanto tácticos como humanitarios (Tirador de precisión GC. Silens et accurate., 2023).

La plataforma también es conocida por su alta escalabilidad, siendo adecuada para su uso por equipos tácticos pequeños, así como por grandes contingentes en operaciones a gran escala. Debido a la sensibilidad de la información manejada, ATAK incorpora protocolos de seguridad avanzados, incluyendo el cifrado de comunicaciones, garantizando que los datos transmitidos entre unidades permanezcan protegidos de posibles interceptaciones adversarias.

Desde sus primeras versiones, ATAK ha evolucionado significativamente. Su arquitectura modular y el hecho de ser de código abierto han permitido que una comunidad activa de desarrolladores contribuya con nuevas funcionalidades y mejoras, manteniendo la plataforma en constante innovación. Esta evolución ha sido respaldada por diversos organismos gubernamentales y agencias de defensa de países aliados, lo que ha expandido su uso a múltiples fuerzas armadas en diferentes naciones (ATAK, 2024).

3.1.3. Sistemas de seguimiento de fuerzas propias

En un nivel superior dentro de la jerarquía de mando, se encuentran los sistemas de seguimiento de fuerzas propias (*Friendly Force Tracking* o FFT), que abarcan desde el nivel individual o de vehículo de pelotón hasta el nivel de batallón. Estos sistemas se componen de varios medios de transmisión tácticos, un sistema de posicionamiento y un dispositivo computacional que ejecuta aplicaciones específicas para el seguimiento en tiempo casi real. Su principal función es proporcionar a los comandantes una visión precisa y rápida sobre la ubicación y el estado de sus fuerzas desplegadas en el campo de operaciones.

Estos sistemas permiten la toma de decisiones informadas y ágiles, especialmente en entornos tácticos donde las circunstancias cambian rápidamente. La información actualizada, aunque depende de las capacidades de propagación de las comunicaciones de radio, resulta fundamental para asegurar la coordinación efectiva y reducir el riesgo de incidentes como el fuego fratricida. Su uso se ha incrementado significativamente en los últimos años debido a la evolución de los escenarios bélicos, los enemigos y las características de las operaciones modernas, que exigen un alto grado de precisión y rapidez en la gestión de las fuerzas desplegadas.



Dichos sistemas deben integrarse de forma fluida en las infraestructuras de comunicación ya existentes, asegurando que su implementación sea lo más transparente posible. Es fundamental que mantengan altos niveles de disponibilidad y sean capaces de adaptarse a interferencias o perturbaciones. Además, deben cumplir con los estándares de interoperabilidad de la OTAN, como el NFFI (*NATO Friendly Force Information*), para asegurar el intercambio de información táctica entre diferentes naciones y agencias. Este estándar, regulado por la OTAN bajo el STANAG 5527, se centra en compartir información crítica, como las posiciones de las fuerzas amigas, lo cual es esencial para la coordinación en operaciones multinacionales. La integración con los sistemas de mando y control existentes es igualmente crucial para garantizar la compatibilidad con las infraestructuras ya establecidas.

El sistema de seguimiento de fuerzas propias (FFT) utilizado como referencia es el *Force XXI Battle Command Brigade and Below* (FBCB2), empleado actualmente por el ejército estadounidense. Este sistema es altamente avanzado y cuenta con comunicaciones integradas de HF, VHF y satélite. Uno de sus aspectos más destacados es su plena integración con otros sistemas ya existentes en las fuerzas armadas, lo que permite una interoperabilidad eficiente (FBCB2, 2024).

Además, el FBCB2 incluye capacidades de Identificación Amigo o Enemigo (IFF), así como mecanismos para la señalización de objetivos y enemigos. También ofrece soporte para el control logístico y emplea el estándar VMF (*Variable Message Format*) para el intercambio de datos relacionados con el seguimiento de fuerzas (Llopis, 2024).

3.1.4. Sistemas de seguimiento del desembarcado

Los sistemas de seguimiento de tropas desembarcadas se conciben como herramientas intra-pelotón, enfocadas en gestionar individualmente a cada soldado dentro de una unidad. Estos sistemas recopilan y transmiten información, tanto hacia niveles jerárquicos superiores dentro de la red como hacia los propios soldados, permitiendo la recepción de órdenes y otros datos clave. Están formados por equipos adicionales que incluyen computadoras portátiles, sensores y sistemas de comunicación por radio. Estos dispositivos permiten al líder del pelotón mantener el mando y control de sus fuerzas en el terreno. Además, el soldado individual también puede acceder a cierta información sobre el teatro de operaciones, aunque se controla el flujo de datos para evitar la sobrecarga informativa y no interferir con sus responsabilidades. En general, estos sistemas están integrados en plataformas de mayor nivel, como los sistemas de FFT (*Friendly Force Tracking*) y BMS (*Battle Management Systems*), garantizando la interoperabilidad con las redes de mando y control más amplias.

El Ejército de los Estados Unidos está desarrollando el proyecto *Objective Force Warrior* (OFW), que es la evolución del proyecto *Land Warrior*. En este proyecto, se utilizan canales de comunicación de bajo ancho de banda, lo que limita la transmisión de video en tiempo real. Sin embargo, el seguimiento de las fuerzas se realiza mediante sistemas GPS que permiten la localización precisa de los operativos. A largo plazo, este proyecto se ampliará con el desarrollo del *Future Force Warrior* (FFW). De manera similar, el ejército del Reino Unido trabaja en su propio sistema, denominado *Future Integrated Soldier* (FIS), liderado por Thales UK. Aunque este sistema es parecido al estadounidense, también carece de capacidad para transmitir video de alta calidad y se enfoca más en la adquisición y seguimiento de blancos, integrando la arquitectura de comunicaciones Bowman, que soporta un amplio rango de frecuencias (HF, VHF, UHF).

Por su parte, el ejército francés ha desarrollado el proyecto FELIN, que incorpora sistemas de geolocalización mediante GPS y herramientas para la adquisición de objetivos. Otros países, como Alemania, han implementado el sistema IDZ, desarrollado por EADS Alemania y Rheinmetall-Detec, el cual incluye UAVs (vehículos aéreos no tripulados) que proporcionan transmisiones de video a los dispositivos portátiles de los soldados. En Australia, el *Project Lan 125* es una iniciativa similar pero más limitada en cuanto a capacidades tecnológicas.



En España, el proyecto Combatiente del Futuro (COMFUT) busca dotar a los soldados con tecnologías avanzadas, como visión nocturna, módulos NBQ (nuclear, biológico, químico), geolocalización y visualización de información en sus cascos. Mientras tanto, el ejército sueco ha desarrollado el ambicioso proyecto MARKUS, que integra tecnologías multimedia de alta definición y redes de sensores, aunque todavía se encuentra en fases tempranas de desarrollo.

Por otro lado, varios proyectos en el ámbito civil han surgido para el seguimiento de personal en diversas actividades, como eventos deportivos o servicios de emergencia. Hay sistemas de seguimiento personal a través de GPS que permite una mejor organización y distribución del personal e incluso da la capacidad de encontrar a personas tras un desastre natural, es tan sencillo como usar un rastreador de posición personal que transmita la información a tiempo real del personal que lo viste (Outside and Active, 2024). En ámbito de deporte, se han desarrollado sensores que permiten ver el rendimiento, cansancio y progreso de los jugadores entre otros valores permitiendo así el buen desarrollo y avance de estos en el campo de juego (DRIVE, 2024) (Llopis, 2024).



4. DESARROLLO

Para el desarrollo y uso de sistemas actuales es fundamental entender la diferencia entre capacidades y funcionalidades. Hablar sobre estas dos dimensiones de un sistema resulta clave a la hora de definir el rendimiento y el alcance de cualquier herramienta o plataforma.

Las capacidades de un sistema nos permiten comprender qué es capaz de lograr o permitir en un escenario determinado. En este sentido, las capacidades representan el “qué” puede hacer un sistema. Por ejemplo, adaptado a este trabajo podría ser: el intercambio de información de forma segura, manejar grandes volúmenes de datos o facilitar la toma de decisiones en tiempo real.

Por otro lado, cuando hablamos de las funcionalidades de un sistema, nos referimos a las herramientas y características específicas que permiten al usuario ejecutar tareas concretas. Las funcionalidades responden al “cómo” se logran las diferentes tareas, en este caso en particular podrían incluirse acciones como la creación de alertas, la generación de reportes o la integración con otros dispositivos.

Es importante entender la distinción entre capacidades y funcionalidades para optimizar la selección de sistemas en cada situación. Esta comprensión permite a los usuarios y responsables de la toma de decisiones elegir de manera más eficiente las herramientas que mejor se ajusten a las necesidades en cada momento. Además, la diferenciación entre estos conceptos facilita una evaluación más precisa del rendimiento de los sistemas: mientras que las capacidades proporcionan una visión general de lo que el sistema puede alcanzar, las funcionalidades permiten medir su eficacia en la práctica.

En última instancia, es fundamental que las capacidades y funcionalidades se alineen con las necesidades operativas de los usuarios. La clave del éxito radica en encontrar un equilibrio adecuado entre el potencial del sistema y las herramientas prácticas que ofrece para cumplir los objetivos establecidos.

4.1 Capacidades de ambos sistemas

Estos sistemas ofrecen una gama de herramientas que ayudan a la efectividad operativa en el campo, aunque sus enfoques y aplicaciones pueden variar el uno del otro. Por ello resulta imprescindible tratar las principales capacidades que nos pueden ofrecer cada uno de estos sistemas. Gracias a sus diferencias se pueden adaptar a distintas situaciones, contemplando así la mayor cantidad de escenarios posibles.

En los siguientes apartados, se detallan las capacidades particulares de cada uno, destacando sus fortalezas en aspectos clave como puede ser el apoyo a la planificación, la visualización táctica o las opciones de comunicación y transmisión de datos.

Primeramente, se verán las capacidades del sistema BMS, posteriormente las del sistema ATAK y para finalizar una pequeña comparativa entre ambos.

4.1.1. Capacidades del Sistema BMS-ET

El sistema BMS-ET es una evolución del Sistema BMS-LINCE, diseñado para apoyar las funciones de Mando y Control de los Jefes de las diferentes Unidades que utilicen este producto (Ejército de Tierra, 2023a). Entre las capacidades más destacadas, se encuentran:

- *Apoyo a la Planificación y Conducción de Operaciones:* El BMS-ET ofrece capacidades que permiten a los mandos de las unidades realizar una planificación detallada de las



operaciones, así como supervisar y coordinar la ejecución de las mismas. Esto incluye la dirección, coordinación y control de todas las fases del cumplimiento de la misión.

- *Reconocimiento de la Situación Táctica y Logística:* Permite a los usuarios obtener una visión clara y precisa tanto de la situación táctica como de la logística de las fuerzas propias y de otras fuerzas involucradas en la operación. Esto es clave para tomar decisiones informadas durante el desarrollo de la misión.
- *Transmisión y Recepción de Órdenes y Mensajes:* El sistema está equipado para facilitar la transmisión y recepción rápida y segura de órdenes y mensajes durante las operaciones, lo cual asegura una comunicación constante y fluida entre las unidades desplegadas.
- *Soporte Multinivel Táctico:* Una de las capacidades clave del sistema es su versatilidad para apoyar en diferentes niveles tácticos, desde Batallón, Compañía, Sección hasta el Pelotón/Carro de Combate. Esto permite una integración eficiente y una cadena de mando clara en todos los niveles operativos.
- *Gestión de Estados del Sistema:* El sistema tiene tres estados operativos principales:

Inicialización: Permite llevar a cabo los procesos necesarios para arrancar y autenticar el sistema, asegurando que esté listo para su uso operativo.

Operativo: En este estado, el sistema está completamente funcional, ofreciendo todas sus capacidades y funcionalidades a los usuarios.

Apagado: Proporciona una manera segura de cerrar el sistema, evitando la pérdida de datos o configuraciones importantes.

- *Modos de Visualización Adaptables:* Dentro del estado operativo, el sistema ofrece diferentes modos de visualización para adaptarse a las condiciones de uso:

Modo Día/Noche: En el modo día se utilizan los colores estándar del sistema, mientras que en el modo noche es posible ajustar la intensidad de la luz y la combinación de colores para adaptarse a situaciones de baja visibilidad.

- *Modos de Funcionamiento Flexibles:* El sistema también cuenta con varios modos de funcionamiento que permiten adaptarse a diferentes contextos operativos:

Modo Normal: Proporciona al usuario acceso a toda la funcionalidad disponible, ajustada según el tipo de instalación y configuración local.

Modo Combate: Ofrece una interfaz simplificada con un número reducido de botones, priorizando la visualización y la interacción rápida con el mapa y objetos tácticos.

Modo Desatendido: Proporciona una interfaz limitada para situaciones en las que se requiere que el sistema esté operativo, pero el usuario sólo necesita usar ciertas funcionalidades de manera ocasional.

4.1.2. Capacidades del Sistema ATAK

El ATAK es una plataforma de software geoespacial desarrollada para mejorar la conciencia situacional, comunicación y colaboración en entornos tácticos (ATAK, 2024) (Seoane, 2024). Sus capacidades son diversas y abarcan múltiples aspectos del control operativo y la navegación táctica:

- *Conciencia Situacional en Tiempo Real:* ATAK permite a los usuarios visualizar la posición de las unidades amigas y hostiles, junto con otros elementos clave como obstáculos y áreas de interés, sobre un mapa interactivo. Esto proporciona una visión integral de lo que está ocurriendo en el terreno.



- *Interoperabilidad y Colaboración:* ATAK facilita la interoperabilidad entre diferentes sistemas TAK y permite la colaboración entre unidades mediante el intercambio de información geoespacial y táctica en tiempo real. Todas las variantes de Android TAK son interoperables entre sí.
- *Mapeo y Navegación Avanzada:* El sistema tiene capacidad para gestionar mapas en línea y fuera de línea, incluyendo mapas en formatos estándar y de alta resolución. Además, ofrece navegación terrestre y aérea, proporcionando rutas optimizadas basadas en datos de elevación y perfil del terreno.
- *Comunicación Segura:* El sistema permite la transmisión de datos, mensajes y órdenes de manera segura mediante canales encriptados. Esto asegura que la información crítica llegue a las unidades sin riesgo de interceptación.
- *Compatibilidad con Sensores y UAVs:* ATAK tiene la capacidad de integrarse con sensores externos como drones, cámaras, y otros sistemas, permitiendo la transmisión de imágenes y videos en tiempo real, lo que aumenta la conciencia táctica en el campo.
- *Gestión de Fuegos y Apoyo Táctico:* La capacidad de ATAK incluye la gestión de objetivos de apoyo de fuego, con funciones avanzadas para la designación de objetivos y la corrección de fuegos vía *streaming*, lo que mejora la efectividad en combate.
- *Personalización del Entorno Operativo:* El sistema permite a los usuarios configurar herramientas como geocercas, que permite crear perímetros virtuales con alarmas automáticas y alertas de entrada/salida en áreas críticas, lo que proporciona una mayor seguridad y control sobre los movimientos de las unidades en el campo.
- *Modos de Visualización y Operación:* ATAK ofrece diferentes modos de visualización (modo día/noche) y operación (modo combate, normal, y desatendido) que optimizan la interfaz para adaptarse a las condiciones y necesidades del terreno.

4.1.3. Comparativa de capacidades de ambos sistemas

Las capacidades de ambos sistemas se pueden ver diferenciadas por distintos factores:

✓ **Enfoque Operativo y Alcance:**

BMS-ET (Sistema de Gestión de Batalla) está diseñado para la gestión centralizada y estructurada de operaciones militares a nivel estratégico y táctico, abarcando desde el nivel de batallón hasta el de pelotón/carro de combate. Su capacidad está enfocada en la supervisión y coordinación de grandes fuerzas, facilitando la planificación, control y ejecución de operaciones a gran escala.

ATAK, por otro lado, se centra en proporcionar conciencia situacional y apoyo táctico a nivel individual y de pequeños equipos. Su alcance es más descentralizado, permitiendo que unidades más pequeñas y móviles operen con mayor independencia y colaboren en tiempo real, gracias a su capacidad de interoperabilidad geoespacial.

✓ **Escalabilidad y Uso Estratégico:**

BMS-ET está orientado hacia un control jerárquico y estructurado. Su capacidad se extiende a la planificación y gestión de recursos, con un enfoque en la coordinación de grandes operaciones militares, incluyendo apoyo logístico y de fuego.

ATAK está diseñado para unidades móviles y tácticas, con una capacidad más centrada en la navegación y comunicación en tiempo real, donde la flexibilidad y la agilidad son clave. Su enfoque está más alineado con operaciones descentralizadas y de rápida respuesta.



✓ **Comunicación y Transmisión de Información:**

BMS-ET ofrece una capacidad avanzada para la transmisión de órdenes y mensajes en una estructura organizativa definida, lo que lo hace ideal para gestionar la información en todos los niveles de mando de una operación.

ATAK se centra en una comunicación en tiempo real y segura entre unidades, con una mayor flexibilidad en la transmisión de datos geoespaciales, imágenes, y videos en vivo, lo que lo hace más adecuado para situaciones que requieren coordinación inmediata y directa entre pequeños equipos.

✓ **Interoperabilidad:**

BMS-ET está orientado a integrar grandes sistemas de mando y control y sus capacidades están diseñadas para interoperar dentro de un teatro de operaciones con múltiples sistemas y subsistemas de plataformas grandes.

ATAK, por su parte, tiene una mayor interoperabilidad geoespacial con otras plataformas de TAK (*Team Awareness Kit*), lo que lo hace ideal para operaciones conjuntas que requieren una sincronización rápida de datos entre diferentes unidades en terreno.

Para resumir estas diferencias y mostrarlas de forma más visual se ha utilizado el diagrama de Venn como herramienta. El diagrama de Venn se centra en un conjunto de círculos superpuestos para mostrar las relaciones lógicas entre diferentes componentes (Sketchlie, 2024) (Typeform, Utilizado en el 09/2024).

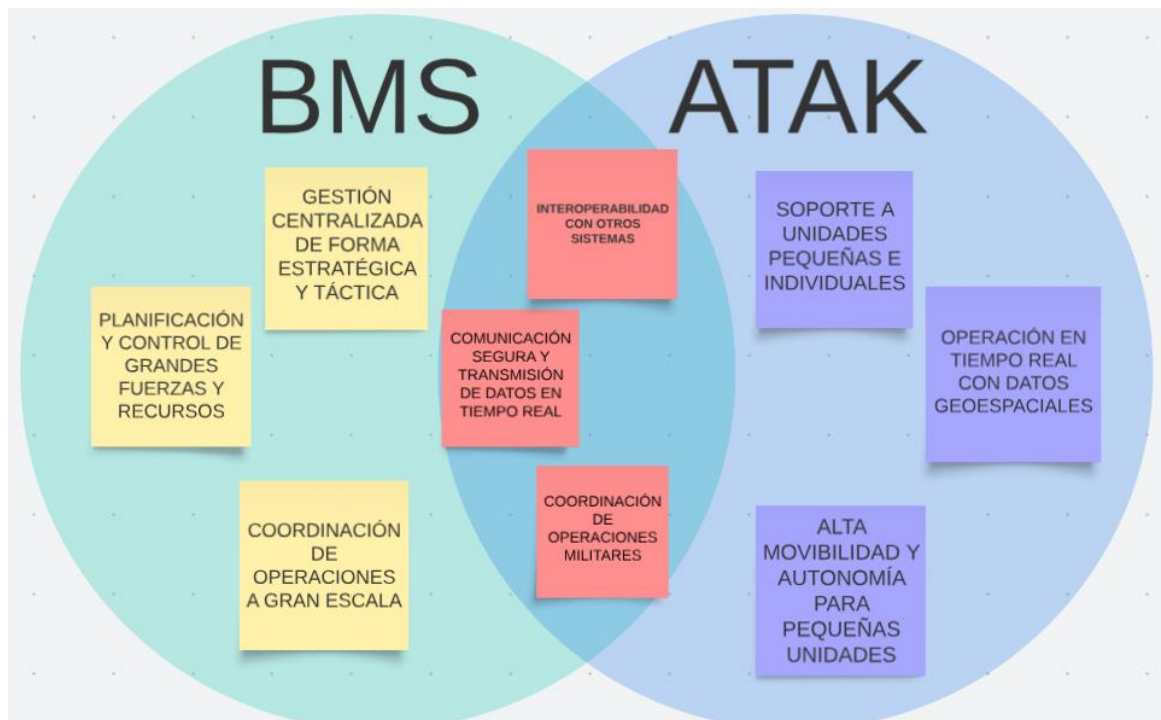


Ilustración 7: Diagrama de Venn de capacidades sistema BMS y sistema ATAK (Fuente: Elaboración propia).

Como muestra el diagrama de Venn en la Ilustración 7, se pueden observar grandes diferencias entre ambos sistemas:



Por su parte, el sistema BMS tiene capacidades que lo hacen más adecuado para operaciones de gran escala y estructuradas, permitiendo así la gestión efectiva de grandes fuerzas y recursos.

ATAK se destaca por un enfoque más descentralizado y flexible, proporcionando mayor libertad al usuario, permitiéndole así realizar operaciones de mayor agilidad y adaptabilidad para pequeños equipos.

4.2 Funcionalidades de ambos sistemas

4.2.1. Funcionalidades del sistema BMS-ET

Las capacidades descritas anteriormente se materializan a través de un conjunto de funcionalidades que permiten a los usuarios realizar tareas específicas durante las operaciones (Ejército de Tierra, 2023a). Estas funcionalidades son las siguientes:

- *Planeamiento*: Esta funcionalidad apoya en el proceso de planificación de una operación permitiendo crear, modificar y borrar diferentes líneas de acción. Como ayuda en la aprobación de la línea de acción que se considere más adecuada para la operación, la funcionalidad permitirá presentar simultáneamente diferentes líneas de acción superponiéndolas en un visor. Para el apoyo a la conducción de la operación, permitirá el planeamiento de diferentes organizaciones operativas, tanto de fuerzas propias como de otras fuerzas, que posteriormente podrán ser utilizadas para el seguimiento de fuerzas.
- *Sistema de Información Geográfica*: A través de esta funcionalidad se permite la visualización georreferenciada en un mapa de la información disponible en el sistema. Mediante la gestión de capas de tipo cartográfico y de simbología táctica, el usuario puede obtener la visión más adecuada para el planeamiento y la conducción de la operación. Además, pone a disposición del usuario herramientas de apoyo para las tareas de integración terreno enemigo (INTE) y del planeamiento de rutas mediante las funciones de análisis del terreno que ofrece. Como ayuda a la conducción también ofrece la posibilidad de gestionar elementos de coordinación a través de líneas tácticas e instalaciones, así como la gestión de obstáculos.
- *Situación Táctica*: Esta funcionalidad permite dotar al sistema de la capacidad de conducción de una operación a través del seguimiento de fuerzas tanto del tipo fuerzas propias como de tipo otras fuerzas, así como el establecimiento de la organización operativa de nuestras fuerzas y la posibilidad de visualizar la organización operativa del resto de fuerzas.
- *Mensajería*: El objetivo de esta funcionalidad es permitir el envío de mensajes entre nodos (internos o externos) que formen parte del despliegue operativo. Para las comunicaciones entre nodos internos se dispone de un sistema de mensajería interna con posibilidad de anexas ficheros.
- *Gestión de Documentos*: Funcionalidad de apoyo al usuario en la preparación de la documentación: mensajes preformateados ADatP-3 e informes necesarios durante una misión. Se facilita la interacción con el sistema para obtener aquellos datos (alfanuméricos, gráficos e incluso capturas de pantalla) necesarios para completar estos documentos. Se utiliza un paquete ofimático para soportar esta funcionalidad. Esta funcionalidad permite además la creación de una biblioteca mediante el almacenamiento organizado de los diferentes tipos de documentos necesarios durante la operación, facilitando además la capacidad de realizar búsquedas.
- *Apoyo de Fuegos*: Esta funcionalidad permite al usuario la gestión de la lista de objetivos de apoyo de fuegos. Los objetivos podrán ser dados de alta, modificados y/o eliminados de la lista de objetivos. En un despliegue, tanto los objetivos como la lista de objetivos serán únicos. Una vez cargado un fichero de misión, sólo un único nodo autorizado del despliegue podrá crear, modificar y/o eliminar objetivos en función de la información disponible durante



la operación. Estos cambios serán distribuidos automáticamente al resto del despliegue. El resto de nodos no autorizados únicamente podrán visualizar dicha información.

- *Apoyo logístico:* Mediante esta funcionalidad es posible llevar el control del inventario de las diferentes unidades. También permite gestionar las diferentes solicitudes de abastecimiento, mantenimiento, asistencia sanitaria y transporte que se generen durante la operación.
- *Alarmas:* Durante el desarrollo de una operación pueden aparecer una serie de problemas de naturaleza táctico-militar que afectan a la conducción de la operación. Las alarmas se referirán siempre a hechos tácticos acaecidos u observados en el campo de batalla. Están predefinidas antes de la operación y cuando se generan deben ser enviadas de manera inmediata al resto de unidades que intervienen en la operación, con prioridad máxima.
- *Avisos:* Durante el desarrollo de una operación pueden aparecer problemas técnicos e información táctica relevante que pueden tener efectos, solamente locales o afectar a la conducción de la operación. Esta funcionalidad permite a los usuarios locales detectar los problemas técnicos aparecidos en sus plataformas y poder informar de los mismos, mediante mensajería u otro medio. De esta manera se obtiene la capacidad de supervisar el estado de la plataforma y de vigilar el estado de las unidades subordinadas.
- *Navegación:* Esta funcionalidad ofrece ayudas a la navegación para la configuración del sistema de posicionamiento de la plataforma, seleccionar como ruta de navegación una entre las planeadas, establecer esta ruta si el sistema de navegación lo permite, y realizar el seguimiento de la ruta establecida determinando si se realiza adecuadamente.
- *Control de Tiempos:* Para que los usuarios tengan la capacidad de tener un control exhaustivo del tiempo dentro de la operación, esta funcionalidad ofrece cinco tipos de relojes: Uno para la hora local, otro para la hora común a la operación, otro que marca el tiempo transcurrido desde que empezó la operación, otro que es configurable según las necesidades del usuario, y por último uno que tiene función de cronómetro.
- *Análisis de la Operación:* Mediante esta funcionalidad el sistema ofrece la capacidad de utilizar la información almacenada en un nodo de los objetos tácticos, alarmas y mensajes creados durante la operación y volver a representarla para poder realizar un juicio crítico.
- *Integración con las distintas plataformas:* A través de esta funcionalidad se ofrece la capacidad de interactuar con determinados subsistemas de algunas plataformas.
- *Gestión de Datos y Distribución de la Información:* A través de esta funcionalidad el sistema permite enlace por enlace definir la forma en la que la información se disemina por todo el despliegue, determinando los destinatarios, el tipo de información y los filtros que se quieran establecer. Todo lo anterior se realizará para cada una de las interfaces externas de interoperabilidad, así como para la interfaz interna de diseminación de información.
- *Gestión de Comunicaciones:* Mediante esta funcionalidad el sistema ofrece la capacidad de controlar y supervisar las radios de las plataformas y la optimización tanto de la gestión como de la transmisión de las comunicaciones entre las diferentes plataformas del sistema. También permite la conexión entre equipos integrados mediante la Interfaz IP/Ethernet disponible en el sistema, permitiendo el envío de información esencial.
- *Ayuda:* Esta funcionalidad ofrece al usuario el acceso a la documentación electrónica generada para el sistema.
- *Seguridad:* Con esta funcionalidad se posibilita la acreditación del sistema ante el Centro Criptológico Nacional, así como la posibilidad de un borrado local y remoto de la información y la gestión de los usuarios.
- *Gestor de Claves de Activación:* Las claves son distribuidas a las diferentes unidades mediante la herramienta denominada PCMSHS (*Personal Computer Management System for Handling Secure Keys*), en estas unidades se despliegan nodos BMS-ET, normalmente a nivel de batallón. Esta herramienta también permite gestionar las claves de activación de



BMS-ET. Una clave de activación es un código generado específicamente para un equipo concreto y para un periodo de validez determinado donde se ha instalado el software BMS-ET, y sin el cual dicho software no se puede utilizar.

4.2.2. Funcionalidades del sistema ATAK

A partir de las capacidades definidas en el apartado 4.1.2 se desarrollan una serie de funcionalidades específicas del sistema que permite a los usuarios realizar diversas tareas durante las operaciones tácticas (Gear, 2024) (ATAK, 2024) (Seoane, 2024). Algunas de las funcionalidades más relevantes son:

- *Herramientas de Mapeo y Superposición:* ATAK permite a los usuarios cargar y superponer mapas e imágenes en línea o almacenadas localmente. También pueden seleccionar áreas específicas para guardar como capas de mapas descargados y crear nuevas superposiciones para elementos críticos en el terreno.
- *Marcadores y Puntos de Interés:* Los usuarios pueden colocar marcadores en el mapa, utilizando simbología táctica estándar como marcadores de fuerzas amigas, hostiles, neutrales y desconocidas. Además, pueden editar, compartir y personalizar estos marcadores.
- *Rutas y Navegación:* ATAK facilita la creación, edición y navegación de rutas optimizadas. Los usuarios pueden ver perfiles de elevación, puntos de control, y utilizar ayudas visuales como "vallas publicitarias" 3D para representar objetos y ubicaciones a lo largo de la ruta.
- *Seguimiento y Persecución:* Esta funcionalidad permite rastrear e interceptar objetos en movimiento dentro del mapa, mostrando información de rango y rumbo. Los usuarios pueden configurar alarmas y alertas basadas en el tiempo estimado de llegada a los objetivos.
- *Mensajería y Compartición de Datos:* El sistema incluye una funcionalidad de mensajería interna que permite a las unidades enviar mensajes encriptados y anexar archivos, fotos o videos para una mejor coordinación. Además, los usuarios pueden compartir paquetes de datos con marcadores, formas y archivos relacionados con la operación.
- *Apoyo Logístico y de Emergencia:* ATAK permite gestionar alertas de emergencia, como la activación de balizas en caso de situaciones críticas, con tipos de alertas que incluyen "troops in contact", "geo-fence breach" y más. Además, las herramientas de apoyo logístico ayudan a gestionar suministros, asistencia y solicitudes de mantenimiento.
- *Visualización 3D y Análisis del Terreno:* Los usuarios pueden visualizar modelos geoespaciales en 3D y utilizar herramientas avanzadas como mapas de calor, líneas de contorno y cuencas visuales para analizar la visibilidad y el terreno.
- *Herramientas de Fuegos y Designación de Objetivos:* ATAK proporciona una funcionalidad avanzada para gestionar objetivos de fuego, permitiendo a los usuarios designar, corregir y gestionar el estado de los objetivos mediante herramientas digitales como es el *Sensor Point of Interest* (SPI), permite al usuario designar y compartir las coordenadas de un objetivo o punto de especial interés en el plano.
- *Gestión de Comunicaciones y Redes:* A través de ATAK Server, el sistema ofrece funcionalidades para gestionar la conectividad y comunicaciones entre nodos, configurar redes privadas virtuales y definir rutas de comunicación seguras utilizando herramientas como ZeroTier. Esta herramienta es capaz de crear redes privadas para una serie de dispositivos, los cuáles no tienen por qué estar necesariamente fijos.
- *Ayuda y Documentación Electrónica:* ATAK también incluye herramientas de ayuda integrada que permiten a los usuarios acceder a documentación del sistema, guías de uso y asistencia para resolver problemas operativos.



4.2.3. Comparativa de funcionalidades

Según las diversas funcionalidades que pueden ofrecer estos sistemas a sus distintos usuarios se pueden ver diferencias en estos aspectos:

✓ **Funcionalidades de Planeamiento y Supervisión:**

BMS-ET se destaca en la planificación detallada de misiones, permitiendo crear, modificar y seguir múltiples líneas de acción y organizaciones operativas. Además, proporciona una interfaz para la gestión de operaciones complejas, lo que incluye la supervisión logística, la gestión de inventarios y la asignación de recursos para el apoyo de fuegos.

ATAK, por otro lado, tiene un enfoque más táctico, con funcionalidades centradas en la navegación en tiempo real, la colocación de marcadores y la visualización de rutas optimizadas para unidades pequeñas. Aunque también permite un cierto nivel de planeamiento, está más orientado a la operación directa en el terreno.

✓ **Interfaz de Usuario y Modos de Operación:**

BMS-ET está diseñado con una interfaz más jerárquica, adecuada para gestionar la información de múltiples niveles tácticos (batallón, compañía, pelotón) y para ser usada principalmente desde centros de mando. La información y las órdenes se gestionan desde arriba hacia abajo, esto facilita la coordinación en operaciones de gran escala.

ATAK ofrece una interfaz más flexible y adaptable para operadores de campo, con modos de operación ajustables sin depender de órdenes directas del centro de mando. Esto lo hace más adecuado para los cambios sobre la marcha en entornos dinámicos.

✓ **Visualización de Información y Mapas:**

BMS-ET tiene una fuerte capacidad en la gestión de mapas georreferenciados y simbología táctica, apoyando a los comandantes en la toma de decisiones con base en información cartográfica compleja y en el análisis de terreno.

ATAK, por su parte, ofrece herramientas avanzadas de visualización 3D y análisis de terreno (líneas de contorno, mapas de calor, cuencas visuales) que permiten a los operadores analizar en tiempo real las características del terreno para la navegación y el combate.

✓ **Gestión de Emergencias y Apoyo en Situaciones Críticas:**

BMS-ET está orientado hacia la gestión de situaciones tácticas a gran escala, priorizando el control del nivel superior.

ATAK tiene funcionalidades especializadas para unidades pequeñas e incluso para nivel individual, para conseguir una respuesta inmediata y flexible.

Para mostrar estas diferencias entre ambos sistemas, se ha representarlo por un diagrama de Venn (Ilustración 8) al igual que se ha realizado antes con la comparativa de las capacidades. Este diagrama muestra diferencias respecto a sus funcionalidades (Typeform, Utilizado en el 09/2024):

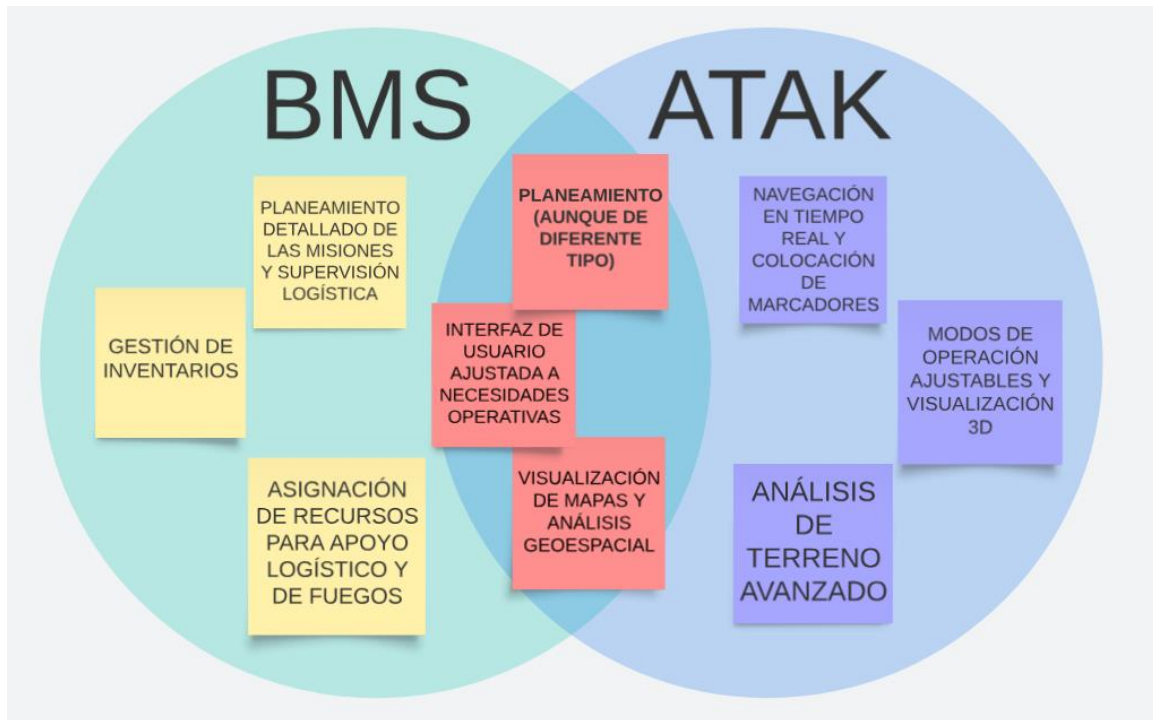


Ilustración 8: Diagrama de Venn de funcionalidades entre sistema BMS y sistema ATAK (Fuente: Elaboración propia).

BMS se puede definir como una herramienta que sirve para una planificación más detallada a gran escala, su capacidad de múltiples líneas de acción y coordinación de recursos lo hace fundamental para el éxito en escenarios complejos. Es una opción ideal para los puestos de mando por su enfoque estructurado.

ATAK se especializa en la ejecución táctica, ofreciendo un interfaz más flexible para las necesidades del operador. Su enfoque permite una respuesta rápida y eficaz para unidades que operan en situaciones dinámicas. Las herramientas de navegación en tiempo real y las capacidades de visualización 3D permiten analizar al usuario el entorno de manera instantánea.

4.3 Puesta en funcionamiento de ambos sistemas

En este punto se va a evaluar de manera precisa la viabilidad de adquisición de cualquiera de los dos sistemas para una pequeña unidad. A través de la puesta en funcionamiento podemos observar no sólo la configuración técnica inicial de cada sistema, sino los factores que afectan al rendimiento en operaciones reales.

La puesta en funcionamiento requiere tener una preparación técnica adecuada, incluyendo en esta los materiales esenciales y procedimientos específicos. Se va a explicar la instalación de ambos sistemas, desde los materiales necesarios hasta los procedimientos de configuración. La implementación de cada componente resulta esencial para poder garantizar un funcionamiento eficiente en el entorno operativo.

4.3.1. Necesidades para la puesta en funcionamiento del BMS-ET

En este apartado se va a tratar distintos puntos que son necesarios para la obtención del sistema BMS-ET. Se va a estructurar de la siguiente manera: Requisitos, instalación, tipos de usuarios, clon BMS y las prácticas realizadas con dicho sistema.

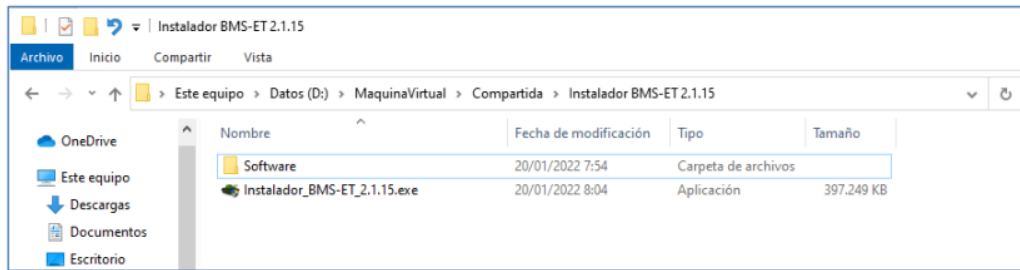


Ilustración 9: Versión 2.1.15 de instalación BMS (Ejército de Tierra, 2023b).

Necesidades:

Para la puesta en funcionamiento del BMS-ET es necesario un software y un hardware. El hardware tiene que tener unos requisitos mínimos para que se pueda instalar el software BMS-ET (Ejército de Tierra, 2023b). Estos requisitos son:

- CPU Intel Core Duo@ L.6 GHz o compatible: microprocesador de sexta generación lanzado en enero del 2006. Dispone de dos núcleos, haciéndolo un procesador especial para las aplicaciones de subprocesos múltiples y multitarea.
- 4 GB de memoria RAM.
- Disco duro de 30 GB con al menos 1 GB de espacio libre para la aplicación.

Estos son los requisitos mínimos, pero aconsejables son los siguientes:

- CPU Intel Core i7 o compatible.
- 8 GB de memoria RAM.
- Un disco duro con 50 GB.

El ordenador que disponga de este sistema necesita un sistema operativo Windows 10 LTSC (*Long Term Servicing Branch*). Windows siempre ha tenido un amplio número de versiones. En el caso que nos concierne, Windows 10 cuenta con más de una docena de variantes, la mayoría suelen utilizar Windows 10 Home o Pro. Windows 10 LTSC es una versión especializada.

El usuario debe ser administrador y debe disponer de la última versión del instalador BMS-ET. En la Ilustración 9, se muestra un ejemplo con la versión 2.1.15.

Para que funcione el Sistema BMS-ET necesita una serie de softwares o componentes, estos son llamados COTS (*Commercial Off-The-Shelf*) y GOTS (*Government Off-The-Shelf*).

- COTS: software o hardware comercial que se encuentra disponible en el mercado, se puede comprar y usar sin necesidad de desarrollo adicional.
- GOTS: software o hardware desarrollado por el gobierno o para el gobierno, ya que es propiedad de este, suele estar diseñado para cumplir requisitos de defensa o seguridad.

Estos son de gran importancia para el funcionamiento del BMS-ET, ya que combinan tecnología comercial con soluciones especializadas del gobierno. Dependiendo de lo que necesitemos instalar son necesarios unos COTS y GOTS u otros.

Instalación:

- Para el software BMS-ET:
 - Windows 10 Enterprise 2016 LTSC
 - Java Runtime Environment 1.8u162 64bits
 - Oracle Database 18x Express Edition/19c Standard Edition 2



- Carta Digital 8.1
- Microsoft Office Enterprise Edition 2016
- RTI DDS + plugins Lowbandwidth 4.5f
- WinPCAP 4.1.3
- Microsoft KM-TEST Loopback Adapter 10.0.14393.0
- SQLite 3.34.1
- SIGMIL 8.1 (2020-02-07)
- Microsoft Visual C++ 2005 Redistributable 32 bits 8.0.61001
- Adobe Acrobat Reader DC 20.12.20074
- AnywhereUSB Configuration Utility 3.95 64-bit
- Software APIMUX 1.0.0
- Canbus (vci_3_4_1_3080)
- Gstreamer 1.18.0 x32 y x64
- Gimp 2.10.22
- Avidemux 2.7.6
- Cifrador de datos IP (TZ-2001R-MC)
- Microsoft Visual C++ 2015-2019 Redistributable 64 bits 14.23.27820.0
- Microsoft Visual C++ 2005 Redistributable 64 bits 8.0.56336
- Solution ASN.1 v3.7.6
- Para la instalación “Soporte Harris5800”:
 - BMS Servicio Radio RF 5800 E.T. Español 1.5.

Entre todos estos la mayoría se instalan automáticamente con el instalador de BMS-ET si no están previamente instalados, excepto los siguientes que deberán instalarse manualmente por el administrador:

- Windows 10 Enterprise 2016 LTSC.
- Microsoft Office Enterprise Edition 2016.
- Network Radio Driver Installer 1.8 (NRDI) RF5800.
- Gimp 2.10.22.
- Avidemux 2.7.6.
- Cifrador de datos IP (TZ-2001R-MC).

Para comenzar a instalar el fichero, únicamente hay que ejecutar el instalador. Este puede variar siendo “Instalador_BMS-ET_2.1.X.exe”. Tras haber ejecutado el fichero se abrirá una ventana, donde se le aconseja cerrar el resto de aplicaciones para poder actualizar los archivos relacionados con el sistema, sin tener que reiniciar el ordenador donde se esté realizando la instalación.



Lo siguiente será seleccionar el tipo de instalación:

- BMS Genérico: Instala el software base (COTS) y del BMS-ET sin integrarlo con alguna plataforma específica. Se puede instalar en cualquier equipo que tenga Windows 10 LTSC. Este tipo de instalación es para equipos genéricos que no requieren integración específica.
- Cliente: Instala el software base y del BMS-ET en modo cliente, preparado para conectarse a otra máquina de manera remota. Este tipo es usado para equipos que actúan como terminales de usuario dentro de una red más grande.
- Leopardo/Leopardo 2ER: Instala el software base y del BMS-ET integrándolo en la plataforma Leopardo/Leopardo 2ER. Este es específico para vehículos y control de control del sistema Leopardo/Leopardo 2ER.
- COE (*Common Operating Environment*) Remoto: se implementa y opera a distancia, fuera de la ubicación física donde se encuentre el BMS. Para ello, se realiza la instalación de unos “*scripts*” específicos (término de programación que se usa para dar forma a herramientas), se trata de una parte fundamental para el software (incluye una o todas sus funciones) (Arimerics, 2024). Estos “*scripts*” se instalan sobre una base de datos COE alojada en una máquina remota, no se instala otro software de BMS.
- Soporte Harris 5800: Instala los controladores necesarios para las radios Harris 5800 o 7800.
- VERT: Instala el software base y del BMS-ET integrándolo con la plataforma VERT.
- Desatendido: Instala el software base y del BMS-ET en modo desatendido, sin intervención del usuario.
- Personalizada: Instala donde el usuario elige los componentes del software base y del BMS-ET según sus necesidades. Para este tipo de instalación es recomendable usar una de las opciones de preconfiguración, ya que, al no conocer a fondo el funcionamiento de cada uno de los elementos puede llevar a un inadecuado funcionamiento.

Después de haber elegido la forma más adecuada de instalación, se tendrán que aceptar los términos de licencia para poder continuar con la instalación. Durante la instalación se comprobarán si están instalados o no los COTS necesarios, instalándolos automáticamente o solicitando la instalación de los mismos. También se solicitará al usuario la instalación de WinPcap (herramienta estándar que permite acceder a conexiones entre capas de una red) usada para entornos Windows.

Tras la instalación del WinPcap, se lanzará la instalación de ambos GStreamer (ANEXO I: Instalación de GStreamer). Una vez instalado el GStreamer se le pregunta al usuario que versión de Oracle desea instalar, que suele durar unos cuarenta minutos su instalación. Por último, se instalará el propio BMS-ET, tras este se reiniciará el dispositivo.

Es importante recalcar que tras la instalación de cada uno de estos componentes se reiniciará el dispositivo en el que se esté instalando, esto resulta esencial para asegurar que cada componente del sistema se configura de forma correcta, aplicándose así los cambios de manera efectiva. Además, se hace individualmente para evitar posibles conflictos si todos los cambios se realizan simultáneamente.

Tipos de usuarios:

Tras tener el Sistema BMS-ET instalado se podrá comprobar los Grupos de Usuarios creados por el instalador, dichos grupos se utilizarán dependiendo del perfil de usuario (Ilustración 10). Los Grupos de Usuarios son los siguientes:

- BMS-Jefe Plataforma.
- BMS-Mantenimiento Plataforma.



BMS-Jefe Plataforma	group
BMS-Mantenimiento Plataforma	group
BMS-Usuario Avanzado	group
BMS-Usuario Basico	group

Ilustración 10: Grupos de usuarios creados por el sistema BMS (Ejército de Tierra, 2023a).

- BMS-Usuario Avanzado.
- BMS-Usuario Básico.

Se crean contraseñas por defecto para todos los usuarios, siendo el administrador el responsable de asignar una contraseña a cada usuario.

No es recomendable que los usuarios de BMS sean “Administradores” del equipo. Depende del usuario con el que se accede al Sistema y del grupo al que esté asignado, se presentan las siguientes diferencias en el comportamiento del sistema en la Tabla 1.

Tabla 1: Usuarios y su asignación a los grupos de usuarios (Fuente: Elaboración propia).

USUARIOS								
GRUPO	Admin-BMS	BMS-Avanzado	BMS-Básico	BMS-leoJefe	BMS-leoMante	BMS-Cliente Avanzado	BMS-Cliente Básico	JC Planeamiento
BMS-Usuario Avanzado		SI				SI		SI
BMS-Usuario Básico			SI				SI	
BMS-Jefe Plataforma				SI				
BMS-Mantenimiento Plataforma					SI			

Clon BMS:

Además, en el contexto del BMS-ET también podemos hablar sobre clones refiriéndonos a las réplicas de sistemas o bases de datos. Estos pueden ser usados para varios fines importantes:

- Redundancia y respaldo: Con un clon se puede obtener una copia exacta del sistema principal, proporcionando una capa adicional de seguridad para el sistema en caso de fallos.
- Pruebas y simulaciones: Si tenemos un clon podemos realizar diversas pruebas con este para ver la respuesta del sistema antes de implementarlo en el sistema principal de nuestra base de datos. Resulta muy útil para las diversas actualizaciones, cambios de configuración o nuevas funcionalidades.
- Instrucción: Con un clon podemos permitir mayor instrucción de personal, ya que, no se verán con posibles limitaciones. Estos pueden hacer diversas pruebas o simulaciones sin comprometer el sistema principal.



Ilustración 11: Radio PR4G Supermux (Fuente: Elaboración propia).

- Optimización de recursos: Dependiendo de la ocasión podemos usar un clon como sustituto de nuestro sistema principal, evitando el posible desgaste de nuestro sistema a la vez que mantenemos operaciones críticas en diversas ubicaciones.

Aprovechando el material y personal disponible en la CIA de transmisiones 18 de Melilla, pude realizar prácticas con este sistema. La práctica tuvo lugar en la Base Alfonso XIII utilizando un vehículo mercurio y una radio PR4G (Programa Radio de 4º Generación) *Supermux*.

La radio PR4G *Supermux* (Ilustración 11) es una nueva radio que amplía la capacidad de envío de datos y permite la transmisión tanto de datos como voz y *Blue Force Tracking* (BFT) de manera simultánea e independiente. Esto también aporta al usuario una mayor capacidad para la difusión de información de alta prioridad.

Hace unos años se usaba la PR4G IP, esta radio solo tenía la capacidad de datos o voz, pero no ambos simultáneamente (Infodefensa, 2020). Este problema se soluciona con la PR4G *Supermux*.

Prácticas realizadas:

Para la práctica de BMS, a la radio PR4G *Supermux* se le carga la CPA (*Communications Personalised Access*) que está incluida en el DDI (*Direct Digital Input*):

- CPA: Se trata de una herramienta que permite administrar el acceso en las redes de comunicación PR4G, así es como se puede gestionar la autenticación de los dispositivos. Restringe o da permiso a los usuarios.
- DDI: Permite la configuración de datos, facilitando la configuración de los equipos. Este es muy importante y nunca se debe hacer un borrado de emergencia de la radio con este dispositivo dentro. Además, necesita un permiso especial para acceder a él, no todo el personal tiene acceso a este.

Además de la radio, se necesita un ordenador con usuario BMS-ET. Este ordenador necesita el fichero de misión específico de la maniobra, en este fichero se configuran las unidades que van a estar implicadas en la maniobra. Este fichero tiene que ser igual para todas las unidades o órganos que vayan a participar en el ejercicio, si no es el mismo no funcionará el BMS entre estas unidades.

Una vez completada la carga del fichero de misión y el DDI (con su CPA correspondiente), se puede comenzar la práctica. Tras este paso, hay dos opciones:

- Utilizar el BMS-ET en el ordenador que esté conectado a la radio PR4G *Supermux*.



- Utilizar una Tablet de BMS-ET extendible al puesto de mando.
- Utilizar ordenadores de BMS-ET en el puesto de mando para darle el servicio a todos los usuarios que tengamos en dicho puesto.

Estas opciones dependerán del material que se tenga y de las necesidades del ejercicio. En mi caso, se montó un puesto de mando para el COMGEMEL (Comandante General de Melilla), en éste le colocamos un usuario de BMS-ET tal y como se muestra en la Ilustración 12.



Ilustración 12: Usuario del BMS-ET (Fuente: Elaboración propia).

Este usuario como bien se ha mencionado anteriormente proviene de una radio PR4G Supermux, la cual en este caso estaba colocada dentro de un vehículo Mercurio (Ilustración 13). Este tipo de vehículos son muy usados en las unidades de transmisiones, se tienen sistemas de comunicación avanzados equipados con tecnología de cifrado y protección de datos para asegurar la transmisión de datos o voz. Además, tiene independencia energética gracias a sus generadores propios que aseguran el uso continuo sin depender de infraestructura externa.



Ilustración 13: Vehículo Mercurio (Fuente: Elaboración propia).



4.3.2. Necesidades para la puesta en funcionamiento del ATAK

En este apartado se va a tratar las distintas necesidades a tener en cuenta para obtener un buen funcionamiento del sistema TAK. Se va a exponer: requisitos, instalación, un ejemplo de este sistema y una serie de prácticas realizadas.

Antes de entrar en materia es necesario saber diferenciar este sistema según el dispositivo en el que lo queramos instalar:

- **ATAK:** El ATAK está diseñado específicamente para dispositivos con sistema operativo Android. Puede funcionar en una amplia gama de dispositivos, pero se recomienda un dispositivo robusto, idealmente teléfonos o tablets militares, debido a la alta demanda de procesamiento y consumo de batería. Este sistema va a funcionar mejor en dispositivos que ejecuten una versión Android superior a la 5.0 (APKCombo, 2024).
- **iTAK:** Para dispositivos Apple.
- **WinTAK:** Para dispositivos Windows, este sería el que se instalaría en nuestros ordenadores que funcionen con Windows.
- **TAK Server:** Este sería lo esencial para una CIA de transmisiones, ya que, actúa como central de gestión de datos y comunicaciones. Este es el caso de algunas CIAs de transmisiones de las distintas Brigadas. En mi caso, he tenido la oportunidad de utilizar un servidor de TAK en la CIA de transmisiones número 18 de Melilla.

Necesidades:

Se van a exponer las necesidades que puede tener una pequeña unidad a la hora de querer desarrollar un servidor TAK en sus respectivas unidades. Para asegurar su rendimiento óptimo, el hardware debe cumplir con los siguientes requisitos:

- **Servidor Físico o Máquina Virtual:** Se puede utilizar un servidor dedicado o una máquina virtual, pero debe contar con suficiente capacidad para manejar múltiples dispositivos ATAK conectados simultáneamente.
- **Procesador:** Intel Xeon o AMD EPYC, con múltiples núcleos para manejar la carga de trabajo distribuida.
- **Memoria RAM:** Mínimo 16 GB, recomendado 32 GB para garantizar un rendimiento fluido.
- **Almacenamiento:** Una unidad de estado sólido (SSD, mejoran las velocidades y latencias) de al menos 500 GB, expandible según la cantidad de datos geoespaciales que se gestionen. Se recomienda una estructura de almacenamiento redundante (RAID), sistema que permite la configuración de varios discos duros en una misma unidad lógica para prevenir la pérdida de datos en caso de fallos.
- **Conectividad:** Múltiples interfaces de red (1 Gbps o más), preferiblemente con adaptadores Ethernet y WiFi configurados para ofrecer alta disponibilidad en entornos de redes tácticas.

Por otra parte, tiene que cumplir las siguientes necesidades de software, ya que, el servidor ATAK debe ejecutarse sobre un sistema operativo robusto y optimizado para operaciones tácticas.

- **Sistema Operativo:** Se recomienda CentOS 7 o Ubuntu 22.04, ambos sistemas operativos Linux que son confiables para entornos de servidores. CentOS es ideal para la estabilidad y el soporte a largo plazo, mientras que Ubuntu es más flexible en términos de software disponible.
- **Base de Datos:** PostgreSQL con la extensión PostGIS (sistema de base de datos geoespaciales), que se utiliza para manejar datos geoespaciales y mapas. PostGIS permite



realizar operaciones complejas de análisis espacial, esenciales para la funcionalidad del servidor ATAK.

- Java: Es necesario instalar Java JDK 17 para el funcionamiento de los servicios TAK. Se utiliza para la ejecución de las aplicaciones en el servidor.

Instalación:

Para la instalación de un servidor TAK en una CIA es necesario comenzar con la creación de una máquina virtual. En la Ilustración 14, se muestra la primera pantalla que le aparecerá al comenzar con el proceso (Pelegrina, 2024).

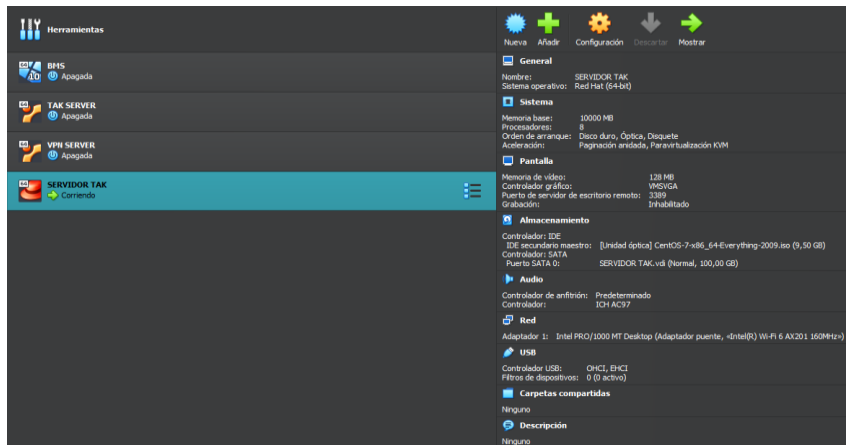


Ilustración 14: Primera pantalla de la máquina virtual (Pelegrina, 2024).

En esta pantalla tiene que mantener los valores y el orden de aceleración en la parte denominada "Sistema". También debe mantener los valores, la creación de controladores y las isos asociadas a cada uno que aparecen en el apartado "Abastecimiento". En la parte de "Red" se indica el adaptador puente con la tarjeta Wifi del ordenador real (si se va a usar por cable hay que emplear la tarjeta de red del ordenador real).

Al terminar de configurar lo anteriormente mencionado habría que darle a la flecha de la esquina derecha superior denominada "Iniciar". A continuación, hay que seleccionar la opción "Install CentOS 7" tal y como se puede observar en la Ilustración 15.



Ilustración 15: Pantalla de confirmación de Instalación del CentOS 7 (Pelegrina, 2024).

Una vez instalado CentOS 7, se selecciona el idioma deseado y se selecciona la opción de origen de instalación, dentro de este se detectará automáticamente el medio de instalación.



Una vez detectado tenemos que verificar que es el medio deseado. Una vez sea verificado podemos proseguir con la instalación.

Al igual que con el medio de instalación tenemos que seleccionar el software, dentro de esta selección escogemos servidor denominado “Servidor con GLII” y dentro de este todas las opciones que aparecen (Ilustración 16).



Ilustración 16: Resumen de la instalación del CentOS 7 (Pelegrina, 2024).

Continuamos con la parte que corresponde al Sistema:

- Dentro de destino de la instalación se selecciona el disco local dónde queremos que se almacene.
- En la parte de red y nombre del equipo, activamos el ethernet que saldrá apagado, tras esto saldrán los valores de la red a la que estás conectado. Le ponemos un nombre de host y aplicamos.

Ahora es cuando podemos darle al botón para comenzar con la instalación. Al ir a los ajustes del usuario para crear uno es necesario primero crear una contraseña *root* y será el último paso antes de que se reinicie la máquina virtual. Aunque la instalación se detendrá para pedir al usuario que acepte la licencia.

Una vez se instale la configuración del CentOS aparecerá una pantalla con el usuario y contraseña. Si por algún casual al iniciar por primera vez la máquina virtual no sale ningún aviso de instalar las actualizaciones, con la inyección de código (explicada más adelante) forzaremos a que se actualice.

A medida que el software va actualizándose aparecen nuevos regiones, si no sabe la versión, escoja siempre CentOS Linux 7. La situación final deseada es que se abra el escritorio de nuestra máquina virtual y aparezca el mensaje de que se han instalado las actualizaciones correctamente.

Por último hay que instalar la máquina virtual (*VirtualBox Guest Additions*), este es un software de virtualización que se utiliza para simular sistemas operativos dentro de nuestro ordenador existente. Este tipo de softwares se suelen usar cuando no queremos o podamos ejecutar el sistema operativo en nuestro equipo informático.

Para continuar con la configuración del servidor TAK se seguirá con la inyección de código, esto se va a basar en una serie de comandos con los que hay que ser riguroso, respetando espacios y símbolos. En mitad de la inyección de código también es necesario descargarnos una serie de documentos para poder concluir con la instalación del servidor.

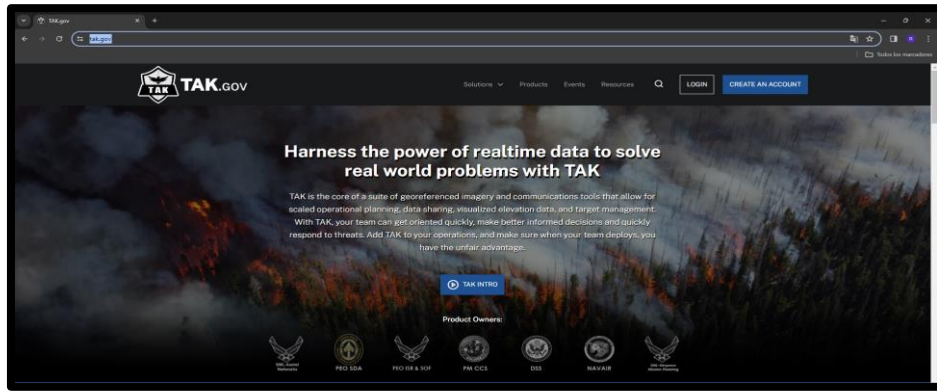


Ilustración 17: Página oficial del TAK (Pelegrina, 2024).

Estos documentos se descargan de la página oficial de TAK (Ilustración 17), indicando la versión con la que queremos trabajar se nos recargará la página web con los descargables propios de dicha versión que guardaremos en una carpeta del ordenador real.

Para que estos documentos tengan libre tráfico entre el ordenador real y la máquina virtual se puede descargar “File Zilla” o utilizar una carpeta compartida, ahorrándonos así los pasos necesarios para el “File Zilla”.

Todos los pasos anteriores son para tener un servidor TAK como único elemento (ordenador o servidor para tener en la unidad), la realidad es la que se expone en la Ilustración 18:

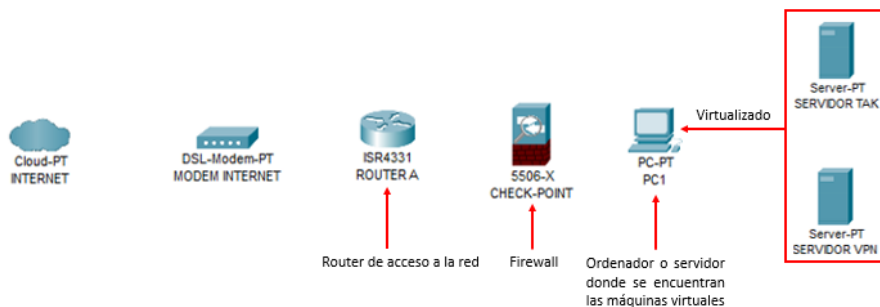


Ilustración 18: Esquema del servidor TAK (Fuente: Elaboración del Teniente D.Rafael Pelegrina López de Hierro).

Como se puede apreciar no solo sería necesario un servidor TAK para tener el servicio en una pequeña unidad. Para ofrecer este servicio también hay que tener:

- Firewall: Es el que se encarga de gestionar el acceso al servidor TAK, el tráfico de internet y previene las intrusiones.
- Router: Es uno de los elementos más importantes, ya que es el que nos va a proporcionar el acceso a Internet.
- Ordenador: Desde donde podremos gestionar las máquinas virtuales y conectarnos al servidor TAK para gestionar operaciones de manera individual.
- Servidor VPN: Este servidor gestiona el ancho de banda, permite la navegación segura a través de internet y oculta la ubicación fuera de la red.

Para conseguir securizar el acceso a Internet se usan una serie de certificados que se encargan junto con el firewall de gestionar el acceso al servidor TAK y permitir crear una autenticación única e intransferible para cada usuario.



Ejemplo de sistema TAK:

Aprovechando el servidor TAK ya desarrollado (Ilustración 19), junto a la estructura completa del esquema mostrado en la Ilustración 18, en la CIA de transmisiones número 18 de la COMGEMEL (Comandancia General de Melilla) pude realizar una serie de prácticas con dicho sistema, comprobando su funcionalidad.

En esta unidad, el sistema TAK estaba bastante desarrollado, facilitando así la complementación con el sistema BMS. Han optimizado el servidor para manejar grandes volúmenes de datos, garantizando una conectividad eficiente y segura entre los usuarios en campo. Esta implementación no solo permite una comunicación fluida y una conciencia situacional mejorada, sino que también facilita la interoperabilidad con otros sistemas y dispositivos, haciendo de esta unidad un referente en el uso de este sistema.

Además, esta unidad también crea usuarios para otras unidades que se encuentran repartidas por toda España. Ellos generan y proporcionan los usuarios, mientras que, también controlan desde el servidor todas las gestiones.



Ilustración 19: Servidor TAK CIATRANS 18 (Fuente: Elaboración propia).

El servidor está compuesto por:

- Servidor genérico: Este servidor aloja el sistema TAK y también puede alojar más sistemas siempre y cuando cumplan los requisitos mínimos.
- Servidor usuario permanente: Dicho servidor tiene un usuario permanente con privilegios de administrador del sistema.
- Servidor de respaldo: Se trata de un servidor exactamente igual que el principal, se encuentra en el conjunto con función de respaldo.

Prácticas realizadas:

Durante el tiempo que pude aprovechar el servidor, realicé una serie de pruebas que se basaban en la utilización del servicio de videconferencia, simulando una videollamada para mantener informado al jefe de una manera óptima.



Estas pruebas han constado de una serie de videollamadas entre diferentes usuarios, los cuales están acreditados por el servidor TAK. En este caso, uno de los usuarios está conectado por un dispositivo móvil y el otro mediante un ordenador particular como se puede observar en la Ilustración 20.

Esta prueba consistía en realizar videollamada del terreno donde se encontraba cada uno, simulando que es el área de conflicto, esto demuestra que puede ser una herramienta muy útil a la hora de ayudar al mando a tomar decisiones. En la parte izquierda de la Ilustración 20 se observa un plano de la Base Alfonso XIII en el sistema de mando y control TAK, mientras que en la parte derecha de la Ilustración 20 se muestra la propia videoconferencia realizada entre dos usuarios registrados en el propio sistema TAK, encontrándose ambos dentro de la propia base.

Por otra parte, también se realizaron pruebas fuera de la base (Ilustración 21) para comprobar las diferentes partes de la ciudad donde puede haber mayor problema de cobertura, ya que, se necesita cobertura para que funcione el sistema. Para esta prueba se usó un ligero, en el que iba personal de la sección SIMACET. Durante el recorrido de este vehículo se mantenía una videoconferencia, averiguando así las zonas donde se mantenía o no la conexión.

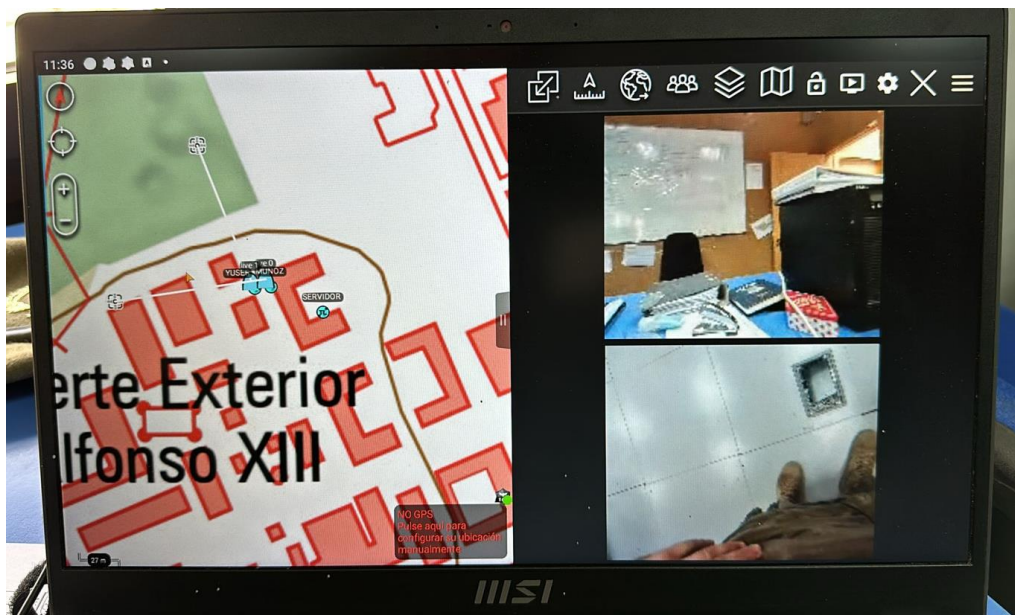


Ilustración 20: Prácticas dentro de la base con el sistema TAK (Fuente: Elaboración propia).



Ilustración 21: Zonas de mala cobertura en Melilla (Fuente: Elaboración propia).

4.3.3. Comparativa respecto al material y coste

La comparativa entre el BMS-ET y el ATAK según su coste inicial y de mantenimiento muestra que ambos sistemas tienen diferencias claras. El BMS-ET por su parte, es más fácil y rápido de instalar por utilizar un software propietario como Windows y Office, lo que implica que los costes de licencias pueden aumentar con el tiempo, pero su implementación inicial no es tan costosa y es más accesible a nivel de hardware.

Por otro lado, el ATAK necesita un hardware más potente y depende de software de código abierto, como Linux y PostgreSQL, lo que reduce significativamente los costes de licencias. Sin embargo, su instalación es más compleja y los requisitos de conectividad y rendimiento son más altos, lo que implica mayores costes iniciales en hardware.

Al final, la elección entre uno y otro dependerá de las necesidades de cada unidad y el presupuesto disponible. Mientras que el BMS-ET puede ser una opción más económica y sencilla, el ATAK ofrece más capacidades, pero con un coste de entrada más elevado.

A continuación, se muestra en la Tabla 2 una comparación detallada entre los sistemas BMS y ATAK respecto a requisitos que son claves para saber cuál es más adecuado según los recursos y capacidades disponibles en las pequeñas unidades:



Tabla 2: Comparativa de material entre sistema BMS y sistema TAK (Fuente: Elaboración propia).

FACTOR	BMS	TAK
HARDWARE RECOMENDADO	Intel Core i7, 8GB RAM, Disco duro 50GB	Intel Xeon o AMD EPYC, 32GB RAM, SSD 500 GB
HARDWARE MÍNIMO	Intel Core Duo, 4GB RAM, Disco duro 30GB	Intel Xeon o AMD EPYC, 16GB RAM, SSD 500GB
SISTEMA OPERATIVO	Windows 10 LTSC	CentOS 7 / Ubuntu 22.04
REQUISITOS DE SOFTWARE	<ul style="list-style-type: none"> ○ Microsoft Office 2016 ○ WinPcap ○ Cifrador IP 	<ul style="list-style-type: none"> ○ PostgreSQL con PostGIS ○ Java JDK 17
LICENCIAS NECESARIAS	<ul style="list-style-type: none"> ○ Licencia de Windows 10 LTSC ○ Licencia de Office 	No requiere licencias de software propietario
COSTO DE HARDWARE	Moderado (Gama media)	Alto (Servidores modernos)
COSTO DE SOFTWARE	Moderado (Licencias de software)	Bajo (Uso de software de código abierto)
IMPLEMENTACIÓN	Rápida en equipos Windows	Requiere servidores delicados o virtualización
REQUISITOS DE CONECTIVIDAD	Sin requerimientos específicos	Alta capacidad de conectividad en redes
COMPATIBILIDAD	Windows	Android, ios, Windows, Servidores

4.4 Resultado de las entrevistas

Las entrevistas han sido realizadas a personal de transmisiones de la CIA 18 de Melilla. Estas encuestas se han basado en 5 criterios. Estos 5 criterios han sido escogidos para comparar ambos sistemas, ya que, a lo largo del trabajo han demostrado tener una gran importancia:

1. **Facilidad de uso:** Se refiere a la simplicidad con la que los usuarios pueden interactuar con un sistema. Comprende varios factores como pueden ser: intuitividad, rapidez de aprendizaje o la eficiencia en la operación.
2. **Capacidades tácticas y operacionales:** Las capacidades tácticas se centran en la ejecución de tareas o misiones específicas, mientras que las capacidades operacionales



abarcan un sector más amplio de actividades, planificando o ejecutando operaciones complejas.

3. **Adaptabilidad:** Capacidad de adaptación a cambios en el entorno o en la maniobra. En lo que refiere a sistemas, sería la capacidad de modificación de su funcionamiento.
4. **Tiempo de respuesta y precisión:** Intervalo entre el cambio y el reflejo de él mismo en el sistema con la exactitud y coherencia de acciones correspondiente.
5. **Rendimiento en el campo:** Resistencia tanto materialmente hablando como de funcionalidades en un entorno más rudo, tal y como puede ser un campo de maniobras.

Conforme a estos criterios los diez encuestados han tenido que responder una pregunta por cada criterio, siendo estas las siguientes:

- ¿Qué sistema de mando y control le ha resultado más cómodo para el uso?
- ¿Cuál de los dos sistemas cree que es más útil para las maniobras?
- ¿Qué sistema cree que se adapta mejor a los cambios en la maniobra?
- ¿Cuál de los dos le resulta más rápido para la toma de decisiones?
- ¿Cuál cree que posee mayor durabilidad y estabilidad durante un uso prolongado?

Estos 10 encuestados son de la CIA de transmisiones 18 de Melilla, donde realice las prácticas de mando, los encuestados son únicamente del arma de transmisiones al haber tenido relación con ambos sistemas. Los resultados de dicha encuesta se van a representar por un gráfico de sectores para cada criterio (Ilustraciones 22 y 23):

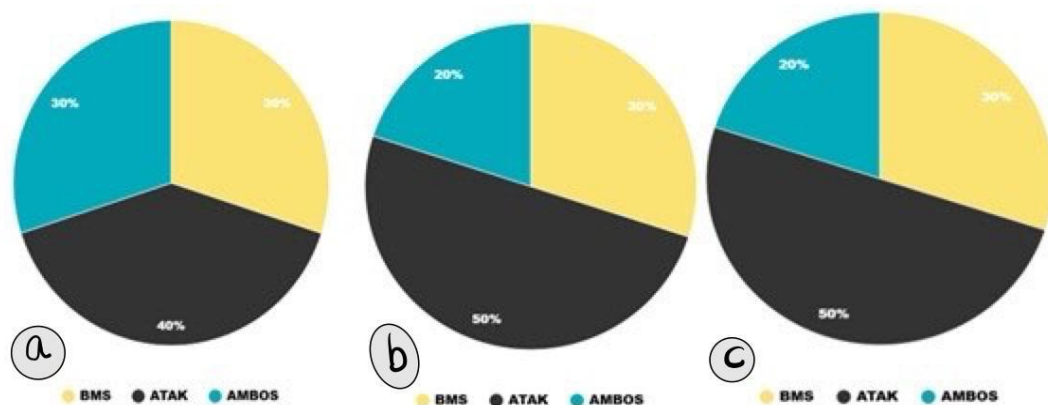


Ilustración 22: Resultados de las encuestas sobre a) facilidad de uso, b) capacidades tácticas y operativas y c) adaptabilidad correspondientemente (Fuente: Elaboración propia).

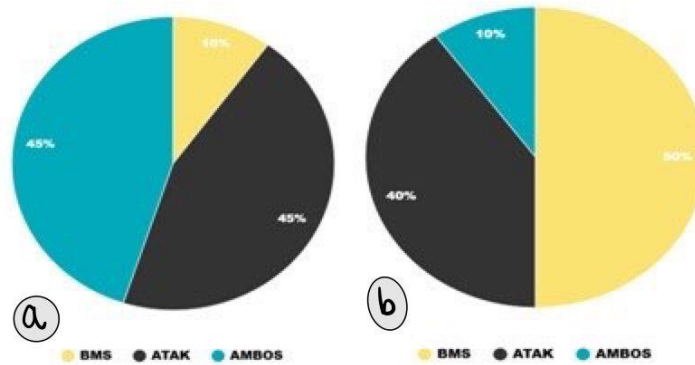


Ilustración 23: Resultados de la encuesta sobre a) tiempo de respuesta y precisión y b) rendimiento en el campo (Fuente: Elaboración propia).

Observando las ilustraciones anteriores que muestran los resultados de las encuestas realizadas al personal de transmisiones, se puede sacar varias conclusiones:

- No se puede determinar un sistema claramente superior, ya que la preferencia de los usuarios varía en función de los criterios utilizados. Algunos optan por uno u otro sistema según sus necesidades específicas, mientras que otros eligen emplear ambos de manera indistinta, dependiendo del contexto operativo.
- Asimismo, se observa que ambos sistemas alcanzan en ocasiones porcentajes de preferencia similares, lo que sugiere que su combinación no solo resulta complementaria, sino que también es ampliamente valorada por los usuarios. Esto refuerza la idea de que integrar las capacidades de ambos sistemas puede ofrecer una solución más equilibrada y efectiva para satisfacer diversas necesidades operativas.



5. CONCLUSIONES

Este trabajo ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de los sistemas de mando y control BMS y ATAK, ambos esenciales para mejorar la operatividad y la toma de decisiones en unidades militares. Los resultados de este estudio sugieren que, aunque ambos sistemas cumplen funciones similares en el ámbito de la coordinación y el control, presentan características y aplicaciones específicas que los hacen óptimos para diferentes tipos de misiones y estructuras operativas. El BMS, con sus capacidades multinivel y su estructura jerárquica, demuestra ser una herramienta valiosa para operaciones estructuradas de gran escala, en las que se requiere una planificación detallada, el control de recursos y la comunicación a través de varios niveles jerárquicos. Su diseño centralizado permite una supervisión efectiva desde niveles superiores hasta el nivel táctico, lo cual resulta ventajoso para gestionar operaciones con altos requerimientos de coordinación y apoyo logístico.

Por su parte, el ATAK destaca en entornos operativos más dinámicos y cambiantes, donde la adaptabilidad y la respuesta rápida son aspectos esenciales. Su plataforma de código abierto y su capacidad para integrarse con una variedad de dispositivos y sistemas de sensores en tiempo real lo convierten en una herramienta flexible, ideal para pequeñas unidades o equipos tácticos que requieren autonomía en el terreno. La facilidad con la que ATAK permite la comunicación en tiempo real, la navegación geoespacial y la integración de datos tácticos contribuye a que los operadores puedan reaccionar y adaptarse de manera inmediata a cambios en el entorno operativo. Esta capacidad de respuesta ágil permite a los usuarios de ATAK aprovechar al máximo su autonomía, mejorando la toma de decisiones en el terreno.

En cuanto a los aspectos técnicos de implementación, el BMS requiere una configuración más sencilla de hardware y software con un coste inicial bajo que depende del material de la unidad correspondiente. Por otra parte, el ATAK, requiere un hardware más potente y una instalación más compleja, pero tiene una gran reducción de costes por tratarse de un sistema de mando y control a las licencias de código abierto.

Además, BMS se orienta hacia un uso centralizado y estructurado, ideal para operaciones de gran escala, mientras que ATAK se adapta bien a operaciones de menor escala que requieren una interoperabilidad inmediata y geoespacial entre dispositivos móviles, lo cual refuerza su uso en entornos que demandan adaptabilidad. Esta diferencia en los enfoques resalta la importancia de evaluar cada sistema no solo en función de sus capacidades, sino también considerando la naturaleza de la operación y las necesidades tácticas de las unidades involucradas.

Con todo, la integración de ambos sistemas ofrece una ventaja estratégica en la medida en que complementan sus fortalezas. BMS proporciona un marco estructurado de gestión en operaciones de gran escala, mientras que ATAK aporta la agilidad y flexibilidad necesarias en operaciones tácticas descentralizadas. La elección de uno u otro, o incluso la combinación de ambos, dependerá del equilibrio que se quiera alcanzar entre el control centralizado y la flexibilidad de respuesta. Para el Ejército de Tierra, estos resultados representan una guía valiosa que optimiza la selección de un sistema de mando y control de acuerdo con las demandas específicas de una pequeña unidad, permitiendo así una respuesta más efectiva y una mejora en la eficiencia operativa.

En conclusión, la elección de un sistema adecuado es fundamental para fortalecer las capacidades operativas de las unidades y responder eficazmente en un entorno militar cada vez más complejo y exigente. Los sistemas BMS y ATAK, al ofrecer opciones adaptadas a distintos tipos de misiones, permiten al Ejército optimizar sus recursos y mejorar su capacidad de respuesta en una variedad de escenarios operativos.

En un futuro, se podría probar a implementar parte de inteligencia artificial (IA) o aprendizaje automático para mejorar las funcionalidades de ambos sistemas. Un ejemplo podría ser en el



sistema BMS a la hora de analizar grandes volúmenes de datos operativos en tiempo real, como la disponibilidad de tropas, vehículos y suministros. Para el sistema ATAK un ejemplo del aprendizaje automático podría ser obtener la capacidad de predecir eventos como movimientos hostiles, zonas de riesgo o fallos logísticos basados en datos históricos.



Referencias

- APKCombo. (2024). Consultado en septiembre de 2024: <https://apkcombo.com/es/atak/com.atakmap.app.civ/>
- Arimetrics. (2024). *Scripts*. Obtenido de <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/script>
- ATAK. (2024). *Software User Manual*.
- DRIVE. (2024). Obtenido de <https://drivehockey.com/>
- Ejército de Tierra. (2023a). *Manual de usuario BMS-ET (v2.1)*.
- Ejército de Tierra. (2023b). *Manual de Instalación BMS-ET (v2.1)*.
- Ejército de Tierra. (2023c). *Organización de una CIA de Transmisiones*.
- FBCB2. (2024). Consultado en septiembre de 2024: <https://man.fas.org/dod-101/sys/land/fbcb2.htm>
- Gear, O. (2024). Consultado en el 09/2024: <https://www.offgridweb.com/gear/tactical-awareness-kit-tak-ultimate-guide/>
- Indra. (2024). Consultado en el 09/2024: <https://www.indracompany.com/es/indra>
- Infodefensa. (2020). *Thales pondrá a punto las radios PR4G del Ejército español por 6,8 millones*. Consultado en septiembre de 2024: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3124177/thales-pondra-punto-radios-pr4g-ejercito-espanol-68-millones>
- Llopis, I. P. (2024). *Arquitectura de un sistema C4ISR para*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6067/tesisUPV3119.pdf?sequence=1#:~:text=2.1.1%20Introducci%C3%B3n.%20El%20Mando%20y%20control:%20antecedentes.....19%202.2%20Modelos%20te%C3%B3ricos>
- Lucid. (2024). Obtenido de https://www.lucidchart.com/pages/es/landing/diagram-tool?utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=_chart_es_tier1-10pincome_desktop_search_nb_exact_&km_CPC_CampaignId=687628954&km_CPC_AdGroupId=1241349637182559&km_CPC_Keyword=pagina%20para%20hacer%20diagrama
- Outside and Active. (2024). Obtenido de <https://outsideandactive.com/articles/from-rescue-to-recovery-gps-tracking-in-emergency-response>
- Pelegrina, R. (2024). *Guía instalación servidor TAK*.
- Seoane, S. P. (2024). *ATAK*, Consultado en el 09/2024.
- SIMACET. (2024a). *CANCERBERO*.
- SIMACET. (2024b). *CASTOR*.
- SIMACET. (2024c). *ALTAIR*.
- SIMACET. (2024d). *ANTARES*.
- Sketchlie. (2024). Obtenido de <https://www.sketchlie.com/es/diagrama-de-venn/que-es>



diagrama-de-venn/

- TAK. (2024). <https://milsim.fullmetal.es/handbook/guias-y-recursos/configuracion-de-atakitak#:~:text=ATAK%20es%20compatible%20con%20una%20variedad%20de%20plataformas,%20incluyendo%20Android>.
- Thales. (2020). *Sistemas de mando y control*. Recuperado en septiembre de 2024: <https://www.infodefensa.com/file/download/24592#:~:text=Los%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20de%20mando%20y%20control,%20o%20C2IS>
- Tirador de precisión GC. Silens et accurate. (2023). *EL ECOSISTEMA TAK: LA COORDINACIÓN MILITAR SE VUELVE DE CÓDIGO ABIERTO*. Obtenido de <https://tiradoresprecision.com/el-ecosistema-tak-la-coordinacion-militar-se-vuelve-de-codigo-abierto/#:~:text=ATAK%20es%20una%20poderosa%20herramienta%20de%20mapeo%20por%20s%C3%AD%20sola>.
- Typeform. (Utilizado en el 09/2024). Obtenido de https://www.typeform.com/try/survey-builder/?&tf_campaign=EUROPE-Generic-Survey-English-Desktop_650246606&tf_source=bing&tf_medium=paid&tf_content=1323814382609770_&tf_term=online%20survey&tf_dv=c&tf_matchtype=p&tf_adposition=&tf_location=164526&msclkid=8



ANEXO I: Instalación de GStreamer

El GStreamer se trata de un software que se usa como herramienta para ayudar a otras aplicaciones a manejar todo lo relacionado con vídeos y música de manera más fácil y sencilla. Se va a proceder con la instalación.

Se instala los GStreamer (x32 y x64), siguiendo los siguientes pasos:

- Se aceptan los términos de la licencia y se pulsa “Siguiente” (*Next*), tal y como se muestra en la Ilustración 24:

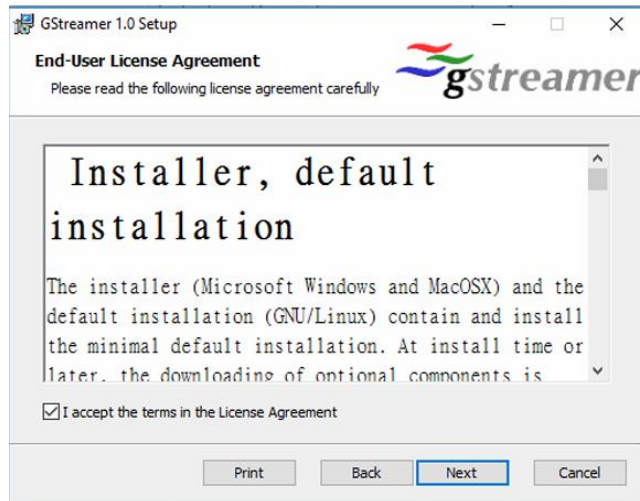


Ilustración 24: Aceptación de términos de GStreamer (Ejército de Tierra, 2023b).

- Se debe seleccionar el tipo de instalación “*Complete*” (Ilustración 25):

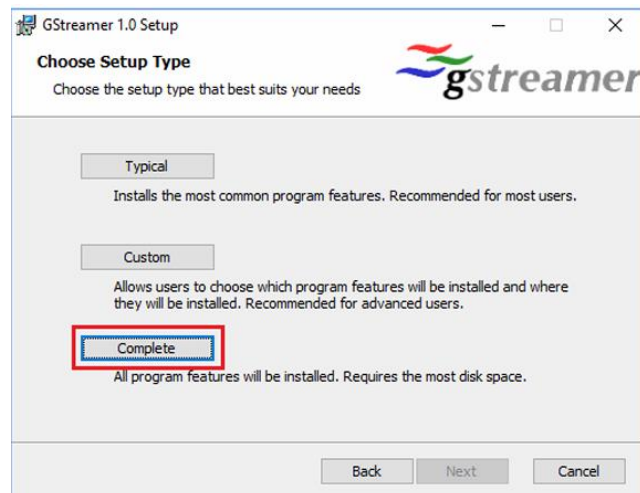


Ilustración 25: Selección tipo de instalación GStreamer (Ejército de Tierra, 2023b).

- Pulsar “Instalar” (*install*).
- Aparecerá la ventana que se refleja en la Ilustración 26, mientras se completa la instalación:

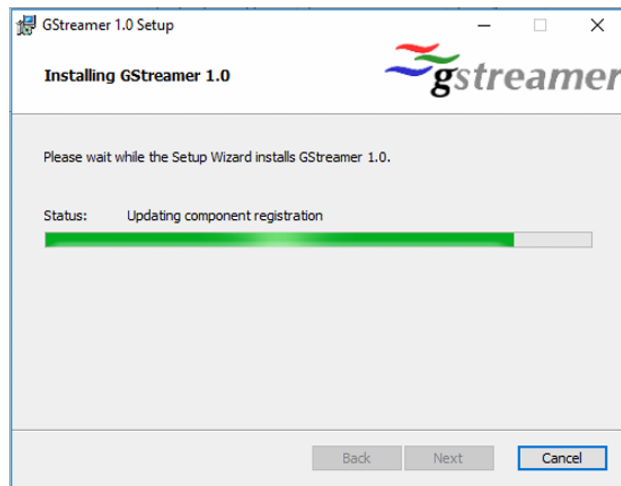


Ilustración 26: Proceso de instalación GStreamer (Ejército de Tierra, 2023b).

- Una vez finalizada, se debe pulsar el botón “Finalización” (*Finish*).