



## Trabajo Fin de Grado

Red Radio de Combate y aplicaciones Android de  
ámbito militar

Helena Melero Lanzas

Director académico: Dr. D. Antonio M. Oller Marcén

Director militar: Cap. D. Jesús García Morencos

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022





## Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin ayuda, y en concreto cabe mencionar a dos personas que invirtieron tiempo y esfuerzo para que esta memoria saliese adelante: el Soldado Nacor Antonio Chamorro Guerrero, que estuvo horas enseñándome aspectos sobre la instalación y el funcionamiento del sistema BMS-Lince y, al Soldado Fernando Prada Gorgé, que además de dedicarme una ingente cantidad de tiempo, ha seguido resolviendo mis dudas sobre las funcionalidades del ATAK, así como diversos matices sobre el funcionamiento de servidores en las redes. Sin estas dos personas no hubiese sido posible el desarrollo de este trabajo, por el esfuerzo y tiempo dedicado.

También le quiero agradecer a la Cabo Paula Verónica Pardo Beltrán su disposición para ofrecerme su ayuda en todos los aspectos económicos relacionados con la adquisición de los componentes del BMS. Por último, mencionar a mi tutor el Dr. D Antonio M. Oller, por el tiempo dedicado a que este trabajo se realizase de la mejor manera posible.





## RESUMEN

Los sistemas de mando y control y la red radio de combate tienen un papel fundamental en el ejército. La necesidad de poder dar órdenes claras y precisas con la certeza de poder saber la situación exacta de las unidades subordinadas, hacen que los sistemas que se poseen actualmente estén continuamente evolucionando. Actualmente los sistemas que se encuentran más en uso en ejército español son los siguientes: el BMS-Lince, de la compañía Indra; la aplicación ATAK americana; y las diferentes radios que se encuentran en dotación.

La presente memoria pretende explicar el funcionamiento de los sistemas mencionados anteriormente. Además, identifica las necesidades de los mandos de infantería orientándolas con las prestaciones que se pueden obtener mediante estos sistemas, de manera que se puedan identificar lo que se necesita a la hora de realizar una operación o un ejercicio táctico.

Los resultados que se han obtenido son las carencias que se encuentran los mandos del ejército de tierra con la utilización de los materiales que se tienen actualmente en dotación en relación con tareas que tienen que desempeñar durante la realización de su trabajo. Para ello se han analizado inicialmente los sistemas, para poder tener una idea generalizada sobre su forma de funcionamiento, para posteriormente realizar preguntas y pedir valoraciones al personal del Ejército de Tierra.

Los entrevistados han sido personal perteneciente a pequeñas unidades, es decir, en su mayoría Tenientes. La intención era analizar hasta qué punto los sistemas de mando y control cubren las necesidades de unidades tipo sección y si es necesario aplicar cambios a los mismos para que se pueda ejercer el mando y control de estas pequeñas unidades de manera más eficiente.

En función de los resultados que se han obtenido se puede decir que, aunque los sistemas están bien planteados y las prestaciones que ofrecen son buenas, hay fallos que son externos (como la manera en la que interactúan los diferentes dispositivos que la conforman) y que hacen que pierda la calidad que debería de tener a la hora de funcionar.



## Palabras clave

-Comunicaciones

-Control

-Enlace

-Mando

-Radio

-Red

-Seguridad

-Servidor

-Sistema



## ABSTRACT

Command and control systems and the combat radio network play a fundamental role in the army. The need to be able to give clear and precise orders with the certainty of being able to know the exact situation of the subordinate units means that the systems that are currently in place are continually evolving. Currently the systems that are most in use in the Spanish army are the following: the BMS-Lince, from the Indra company; the American ATAK app; and the different radios that are supplied.

The present report intends to explain the operation of the systems mentioned above. In addition, it identifies the needs of the infantry commanders, guiding them with the benefits that can be obtained through these systems, so that they can identify what is needed when carrying out an operation or a tactical exercise.

The results that have been obtained are the shortcomings found by the commanders of the land army with the use of the materials that are currently endowed in relation to tasks that they have to perform during the performance of their work. For this, the systems have been initially analyzed, in order to have a general idea of how they work, to subsequently ask questions and ask for evaluations from the Army personnel.

The interviewees have been personnel belonging to small units, that is, mostly Lieutenants. The intention was to analyze to what extent the command and control systems cover the needs of section-type units and if it is necessary to apply changes to them so that the command and control of these PUs can be exercised more efficiently.

Based on the results that have been obtained, it can be said that although the systems are well planned and the features they offer are good, there are faults that are external (such as the way in which the different devices that make it up interact) and that that it loses the quality that it should have when it works.



## KEYWORDS

-Communications

-Control

-Link

-Command

-Radio

-Red

-Security

-Server

-System



# ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN.....	III
PALABRAS CLAVE .....	IV
ABSTRACT .....	V
KEYWORDS.....	VI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	X
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 SISTEMA DE MANDO Y CONTROL .....	1
1.1.1 <i>Evolución de los sistemas de mando y control y la red radio de combate.</i> .....	1
1.1.2 <i>Impacto de la tecnología en los conflictos actuales</i> .....	3
<b>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>6</b>
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE .....	6
2.2 METODOLOGÍA .....	7
<b>3 ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ESTUDIADOS .....</b>	<b>9</b>
3.1 SISTEMA BMS-LINCE .....	9
3.1.1 <i>Descripción y funcionalidades</i> .....	9
3.1.2 <i>BMS-LINCE sobre vehículo</i> .....	11
3.1.3 <i>BMS-Lince portátil</i> .....	13
3.1.4 <i>Papel de la PR4G en la instalación del BMS</i> .....	14
3.2 APLICACIÓN ATAK.....	15
3.2.1 <i>ATAK de uso militar</i> .....	15
3.2.2 <i>ATAK de uso civil</i> .....	16
3.2.3 <i>Diferencias entre ATAK militar y ATAK civil</i> .....	17
3.2.4 <i>VPN, el servidor necesario para trabajar con ATAK</i> .....	17
3.2.5 <i>Harris</i> .....	18
<b>4 NECESIDADES DE LOS MANDOS DE INFANTERÍA DEL ET .....</b>	<b>19</b>
4.1 MEJORA DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN.....	19
4.2 POSIBILIDAD DE LOCALIZACIÓN DEL PERSONAL DURANTE LA CONDUCCIÓN DE UN EJERCICIO.....	20
4.3 MEJORA DE LOS CONOCIMIENTOS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIONES.....	21
4.4 EFICACIA DE LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL.....	21
4.5 MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS .....	22
4.6 SISTEMAS QUE FUNCIONEN INDEPENDIENTEMENTE DEL TERRENO .....	23
4.7 CONOCIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL .....	24
<b>5 VALORACIÓN DE LAS FUNCIONALIDADES EN UN SISTEMA DE MANDO Y CONTROL.....</b>	<b>25</b>
5.1.1 <i>Sistema de mando y control</i> .....	25
5.1.2 <i>Ejercicio del mando y control durante el combate en población</i> .....	27



<b>6 COMPARATIVA DE PRESUPUESTOS BMS-ATAK .....</b>	<b>28</b>
<b>7 ANÁLISIS DAFO .....</b>	<b>29</b>
7.1.1 <i>Sistema BMS-Lince .....</i>	29
7.1.2       ATAK.....	30
<b>8 POSIBLES IMPLEMENTACIONES A LA RED RADIO DE COMBATE Y A LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL .....</b>	<b>31</b>
8.1       MEJORA DE LA SEGURIDAD EN LAS BASES DE DATOS Y FLUJOS DE INFORMACIÓN.....	31
8.2       POSSIBILIDAD DE OBTENER LA LOCALIZACIÓN DE TODOS LOS COMPONENTES DE LA UNIDAD DURANTE UNA OPERACIÓN	32
<b>9 CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>35</b>
<b>11 ANEXOS .....</b>	<b>36</b>
11.1       ANEXO I: PREGUNTAS ABIERTAS REALIZADAS A LOS MANDOS DE INFANTERÍA.....	36
11.2       ANEXO II: PREGUNTAS CON RESPUESTA SÍ O NO .....	40
11.3       ANEXO III: VALORACIÓN DE NECESIDADES Y FUNCIONALIDADES .....	41

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.....	13
Ilustración 2.....	14
Ilustración 3.....	14
Ilustración 4.....	20
Ilustración 5.....	21
Ilustración 6.....	23
Ilustración 7.....	24
Ilustración 8.....	25
Ilustración 9.....	27
Ilustración 10.....	29
Ilustración 11.....	36
Ilustración 12.....	38



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	39
--------------	----



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACINF: Academia de Infantería

AM: Amplitud modulada

AN/PRC: Army Navy/Portable Radio Comunication

ATAK: Android Tactical Awareness Kit

BIPOT: Batallón de Infantería Protegida

BMS: Battlefield Management System

Cap: Capitán

CIA: Compañía

COMSEC: Communications security

DAC: Dama Alférez Cadete

DAFO: Debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades

DIRACA: Director académico

EE. UU: Estados Unidos

ET: Ejército de Tierra

EW: Guerra electrónica

FAS: Fuerzas Armadas

FFG: Frecuencia fija general

GHz: Gigahercio

GPS: Sistema de posicionamiento global

HF: High frequency

iOS: iPhone operating system

Km: Kilómetros

MHz: Megahercios

MOE: Mando de Operaciones Especiales

PCBON: Puesto de mando de Batallón

TRX: Transceptor

UAS: Unmanned Aircraft Systems

VHF: Very high frequency

VPN: Virtual private network



# 1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las tecnologías ha supuesto un importante avance en la vida de las personas en absolutamente todos los ámbitos, es por ello por lo que se han producido importantes avances en todo el mundo. Estos avances son muy fáciles de observar en el ámbito de la Defensa, donde sistemas como la red radio de combate y mando y control se han visto totalmente transformados con la aparición de sistemas informáticos y aplicaciones con multitud de prestaciones. En concreto en el transcurso de este escrito se encontrará el estudio y análisis del sistema BMS-Lince y la aplicación ATAK, actualmente en uso por el ejército español.

Durante la lectura de la memoria se podrá entender de una manera sencilla el funcionamiento de los sistemas de mando y control estudiados, donde se explica como se instala de una forma sencilla, además de las funcionalidades que adquieren cada uno de estos programas. El estudio que se ha realizado es una manera de entender el funcionamiento para posteriormente poder estudiarlo con más detalle y observar qué es de lo que carece.

En la introducción de esta memoria se pretende explicar los antecedentes del sistema de Mando y Control en el ámbito de Defensa y cómo ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Además, se nombrarán los tipos que están más en uso actualmente y los diferentes sistemas y aplicaciones que existen para facilitar el complejo proceso de mando y control dentro del ejército.

## 1.1 Sistema de mando y control

### 1.1.1 Evolución de los sistemas de mando y control y la red radio de combate.

Si una cosa ha resultado común a lo largo del tiempo son los conflictos, guerras y los ejércitos. Es por ello, que al igual que la vida y las personas han ido evolucionando a lo largo de los años, también han evolucionado todos los parámetros mencionados anteriormente. Uno de los factores que ha sido notoriamente más decisivo para esta evolución, ha sido el papel que ha jugado el desarrollo de la tecnología estas últimas décadas. Además, también se ha tenido que hacer frente a los nuevos conflictos que han ido surgiendo, tales como la guerra híbrida.

Desde que existen los seres humanos, también existen los conflictos, la única diferencia que hay desde los inicios hasta actualmente, es el desarrollo de la tecnología. Lo más común en las comunicaciones eran mensajeros, fuego o señales de humo, palomas mensajeras, cornetas y demás variantes que comunicaban las órdenes del militar que estuviese al mando durante el conflicto<sup>1</sup>. Además, la manera de ubicar a las fuerzas propias y al enemigo durante el transcurso

---

<sup>1</sup> Disponible en <https://www.historiarum.es/news/los-sistemas-de-comunicacion-en-el-ejercito-romano-por-luis-zarzoso-arribas-/>



de un enfrentamiento era la búsqueda de una posición elevada con plena visibilidad sobre el campo de batalla.

Si se quería hacer un reconocimiento previo a un ataque, la manera de comunicarlo consistía en mandar a una persona, de manera que pudiese relatar lo que había visto o llevase el dibujo de un croquis, para que así el militar que fuese a mandar el ataque tuviese la información necesaria para poder ejecutarlo. El flujo de la información tanto del mando al subordinado y viceversa tenía que hacerse a través de otro tercer participante que trasladase la información, si no podían ser los dos primeros. A menudo los mensajes se enviaban mediante códigos, de manera que si era interceptado por el enemigo no pudiese ser legible.

En 1885 Nikola Tesla<sup>2</sup> realizó la primera transmisión de un mensaje sin usar hilo, aunque fue Guglielmo Marconi<sup>3</sup> quien utilizó esta transmisión para realizar la primera comunicación sin hilos a 48 km de distancia<sup>4</sup>. Sin embargo, no fue hasta 1910 cuando se inventó la primera radio, que trabajaba en AM<sup>5</sup>.

Con el comienzo de la Primera Guerra Mundial (1914-1918) se suspendieron las líneas telegráficas y se empezó a invertir en el desarrollo de la radio, interesaba la importancia de poder tanto transmitir como recibir mensajes de manera inalámbrica entre puntos alejados. Otro de los intereses que existían, era la posibilidad de poder interceptar los mensajes que se enviaban los enemigos, para así poder anticiparse a sus operaciones<sup>6</sup>.

No fue hasta la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) que se comenzó a utilizar la radio SCR-300 (Ilustración 1). En 1940, se le ofreció a la empresa Motorola un contrato militar para el desarrollo de una radio portátil, que funcionase mediante baterías desechables, fue así como surgió la SCR-300, la cual operaba en el rango de bajas frecuencias, que va desde 40 a 48 MHz. Este avance tecnológico tan importante permitía la comunicación y la interoperabilidad de las tropas a pie, por alejadas que estuviesen, es por ello, que se consideró el preludio de lo que ahora se conoce como red radio de combate<sup>7</sup>.

<sup>2</sup> Nikola Tesla fue un ingeniero y científico muy conocido por sus aportaciones a la corriente alterna y la bobina Tesla.

<sup>3</sup> Guillermo Marconi fue un físico italiano que inventó la radio o comunicaciones sin hilos.

<sup>4</sup> Disponible en <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20190214/46405726853/inventor-radio.html>

<sup>5</sup> AM o amplitud modulada es el cambio de amplitud de una señal eléctrica de alta frecuencia a una señal eléctrica de baja frecuencia.

<sup>6</sup> Disponible en <https://www.microsiervos.com/archivo/tecnologia/comunicaciones-primer-guerra-mundial-enviar-mensaje-1917.html>

<sup>7</sup> Disponible en <https://hmong.es/wiki/SCR-300>

*Ilustración 1<sup>8</sup>. Radio SCR-300*

Los aparatos radio fueron mejorando, como la AN/PRC (Ilustración 2) que se utilizó en la guerra de Vietnam<sup>9</sup>. Esta radio únicamente funciona<sup>10</sup> (sigue en uso) en FFG<sup>11</sup>, aunque posteriormente con la PR4G (Ilustración 3), estos aparatos podrían funcionar en diferentes modos, como el de salto de frecuencia<sup>12</sup>. Con este tipo de funcionamiento la radio está cambiando de frecuencia constantemente, de manera que nadie que no sea aceptado en la malla pueda escuchar lo que se emite o recibe dentro de las comunicaciones de las unidades.

*Ilustración 2<sup>13</sup>. Radio AN/PRC 77**Ilustración 3<sup>14</sup>. Radio PR4G*

La evolución de este tipo de tecnología ha sido muy grande, ya que se ha pasado de transmitir y recibir mensajes mediante hilos, a poder mandar mensajes de manera encriptada. Además, actualmente existen teléfonos vía satélite y sistemas y aplicaciones, que dan la posición en la que se encuentran las fuerzas propias y aliadas durante las diferentes operaciones.

### **1.1.2 Impacto de la tecnología en los conflictos actuales**

<sup>8</sup> Fuente: <https://www.turbosquid.com/es/>

<sup>9</sup> Disponible en <https://alfaradio.webcindario.com/militar11.htm>

<sup>10</sup> Disponible en

[https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Las\\_Palmas/raaa94/Organizacion/transmisiones/index.html\\_1910061516.html](https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Las_Palmas/raaa94/Organizacion/transmisiones/index.html_1910061516.html)

<sup>11</sup> La FFG o también frecuencia fija general es un modo de trabajo de las radios en que los aparatos intercambian ondas de radio. El emisor transforma el sonido en ondas de radio que se transmiten hasta el receptor que las vuelve a transformar en sonido.

<sup>12</sup> Disponible en <https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/Radiotelefono.html>

<sup>13</sup> Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/679551031259480282/?d=t&mt=login>

<sup>14</sup> Fuente: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3124177/thales-pondra-punto-radios-pr4g-ejercito-espanol-68-millones>



Uno de los principales problemas que se pueden encontrar actualmente, es que la mayor parte de los sistemas electrónicos funcionan mediante la red. Uno de los ejemplos más claros, es el del móvil. El móvil es un aparto que puede mandar mensajes mediante una conversación, y, además, también tiene ciertas aplicaciones que dan la posición en la que se encuentra el dispositivo. Sin embargo, en el momento en el que el teléfono móvil pierde la señal red y la cobertura deja de poder realizar llamadas, y, además, las aplicaciones que dan el posicionamiento dejan de funcionar.

Actualmente, hay maneras de mantener la comunicación sin necesidad de la red o cobertura mencionadas anteriormente. Con radios como la PR4G, que funciona en VHF<sup>15</sup>, y la Harris<sup>16</sup>, que funciona en HF<sup>17</sup>, se pueden recibir y emitir mensajes a grandes distancias a través de las frecuencias en las que funcionan. De esta manera las radios que se encuentran en la malla, y aunque estén en cualquier parte en la que se carezca de señal móvil, podrán recibir y emitir los mensajes que necesiten, asegurándose el flujo de información por la red radio de combate y manteniendo el mando y control.

Una de las formas más actuales de asegurarse el mando y control, es a través de sistemas que permiten enviar una posición, emitir y recibir mensajes, mensajería a través de un chat, solicitar apoyos de fuego, además de poder enviar posiciones que puedan ser de interés para el resto de las fuerzas propias o aliadas.

Cabe mencionar el uso de aplicaciones que actúan mediante un servidor propio, en el cual se conectan los dispositivos que el creador de la red acepta, haciendo imposible que vean los datos que se reciben y emiten por este medio personal externo al mismo. De esta forma puede verse en tiempo real las ubicaciones de las unidades propias, así como poder marcar como en el sistema anterior las posiciones de interés.

En el presente puede mantenerse el mando y control de diversas formas, cada una puede ser mejor dependiendo de para qué se use. Las diferencias entre estas formas son variadas, ya que pueden ser desde el tamaño, el montaje o la comodidad, hasta la manera en la que funciona, transmite y recibe la información.

Con la guerra híbrida<sup>18</sup> se ha abierto un escenario completamente nuevo y complicado, en el cual el funcionamiento de la red radio de combate y el mando y control de las unidades es más importante que nunca, así como la encriptación que lo protege. El primero que propuso una definición para este concepto tan enrevesado y que abarca tantos conceptos fue el General James Mattis<sup>19</sup>, que lo explicó de la siguiente manera:

---

<sup>15</sup> Trabaja en frecuencias de 30 a 300Mhz.

<sup>16</sup> Disponible en [https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/Harris\\_5800.html](https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/Harris_5800.html)

<sup>17</sup> Trabaja en frecuencias de 3 a 30Mhz.

<sup>18</sup> Disponible en <http://forodeanalisis.org/la-guerra-hibrida-un-nuevo-concepto/>

<sup>19</sup> James Mattis fue General en el Cuerpo de los Marines americanos que estuvo destinado en el Comando Central (2010-2013) y una vez retirado ejerció de Secretario de Defensa (2017-2018) durante la legislatura del expresidente de los EE. UU Donald Trump.



Híbrida emplea armas convencionales combinado con acciones insurgentes, guerrilleras o terroristas, acompañadas de ataques a redes de comunicaciones e informáticas y guerra comercial. Dicha combinación estaría coordinada estratégica y tácticamente para poder darse incluso en un mismo escenario bélico (a diferencia de la guerra compuesta).



## 2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

En el presente trabajo se pretende exponer y analizar los diferentes sistemas y métodos que se usan actualmente en el Ejército español, así como la comparación con otros que están actualmente en uso en los ejércitos de otros países. Se pretende hacer un estudio de manera que se pueda encontrar la forma óptima en la que las unidades a pie puedan seguir manteniendo el mando y control una vez han desembarcado de los vehículos.

Se analizarán con más detalle tanto el sistema BMS como la aplicación ATAK, ya que son los más usados en el BIPROT “Fuerteventura” I/9, unidad en la que autora de la memoria estará realizando las prácticas de mando. Se darán una serie de características analizadas minuciosamente para poder valorar su eficacia y eficiencia, de manera que pueda darse una conclusión sobre los sistemas estudiados. Todo esto se hará para poder llegar al objetivo general, en el cual se intentará encontrar una manera óptima de mantener el mando y control sobre las tropas a pie.

Principalmente se explicará su funcionamiento, así se podrá entender con mayor exactitud como funcionan estos sistemas y para qué sirven. Todo esto se hará, para que antes de identificar las necesidades que expresan los militares, pueda tenerse una mínima idea de como están relacionadas esas necesidades con los sistemas mencionados anteriormente.

Finalmente, para comprobar la eficacia de la aplicación ATAK se realizará una comprobación del sistema en uso durante un ejercicio continuado de Batallón, en la que la 2<sup>a</sup> CIA del BRIPOT “Fuerteventura” I/9 lo pondrá en uso durante un tema táctico de CIA. A parte de este ejercicio, se verá el sistema BMS en uso durante su proceso de instalación en los BMR del Batallón, en la que se comprobará como es el proceso de traspaso de información y mensajería a través de la PR4G.

Esta memoria se encuentra estructurada en nueve capítulos. En los primeros se relata lo que se ha pretendido durante la realización de esta memoria, además de los métodos que se han utilizado para poder conseguir la información y realizar el análisis. Se puede observar también una pequeña introducción histórica a lo que hoy en día se conoce como red radio de combate y sistemas de mando y control, donde se relata de manera resumida sus inicios y la evolución que han ido experimentando a lo largo de los años.

Una de las partes de este trabajo que más ha conllevado tiempo es la recopilación de información, de manera que se pudiesen entender bien los sistemas para poder analizar sus modos de funcionamiento. Toda esta parte de la explicación se puede encontrar en el punto cuarto, con la adición de una pequeña tabla que compara los presupuestos de los dos sistemas que se desarrollan en esta memoria.

En los puntos cuarto y quinto se analizan los sistemas explicados en función de las necesidades que los mandos del Ejército de Tierra expresan, es decir, en base a unas



preguntas de desarrollo largo, preguntas de opciones y otras a las que debían dar puntuaciones, se observa que es lo que necesitan o que es lo que expresan que no funciona de manera correcta. Con las respuestas de los participantes se dan opciones de mejora o simplemente se dice a qué se deben los fallos. Se le añade un noveno punto en el que se mencionan cuáles son los puntos débiles y fuertes de cada uno de estos dos sistemas.

El punto sexto trata de una tabla presupuestaria en la cual se realiza una comparativa sobre la adquisición de los sistemas estudiados y saber cuál saldría más rentable en términos económicos.

La penúltima parte del trabajo (séptimo punto), se realiza un análisis DAFO de los sistemas que se han estudiado, además de una proposición de posibles implementos a realizar que supondrían una mejora para el funcionamiento y las prestaciones tanto de la aplicación ATAK, como del sistema BMS-Lince. Finalmente se proponen unas implementaciones que se pueden realizar en la red radio de combate, para ofrecer más funcionalidades así como más seguridad a la hora de recibir y emitir mensajes.

Para finalizar se extraen unas conclusiones a las que se han podido llegar después de la finalización de la memoria, en las que se expresa posibles ámbitos de mejora, así como fallos que deberían de solucionarse para un funcionamiento y uso óptimo de los sistemas de los que se dispone en el ejército. En este punto se habla tanto de adquisiciones, como de cambios que se ha observado que debería de haber tras el estudio exhaustivo que se ha realizado.

## 2.2 METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se ha empleado una metodología estructurada en fases. La primera fase se ha centrado en el entendimiento tanto de la aplicación como del sistema que se estudia en esta memoria:

- Estudio del sistema BMS mediante presentaciones y manuales para facilitar la comprensión de mismo.
- Experimentación con el sistema BMS en el cuarto de transmisiones del regimiento para ponerlo en uso y ver las prestaciones que ofrece, así como el montaje y desmontaje de este, de manera que se pudiese observar la diferencia del BMS montado en vehículo y su instalación de manera que pueda usarse de manera portátil.
- Lectura del manual de la aplicación ATAK (versión civil), para poder facilitar la comprensión del funcionamiento del mismo, así como sus utilidades y prestaciones.
- Experimentación con ATAK militar, de manera que utilizándolo y probando la aplicación se pueda entender su funcionamiento y entender sus funcionalidades.
- Se solicitará información mediante una entrevista a un Teniente de Operaciones Especiales, ya que actualmente, esta unidad está utilizando la aplicación ATAK para todas sus operaciones.



- Se han solicitado los presupuestos de los componentes del BMS-Lince y de la aplicación ATAK, para poder hacer una comparativa sobre qué obtención es más rentable económicamente.

En una segunda fase se ha obtenido información para saber de una manera más certera cuáles son las necesidades actuales y poder encontrar posibles soluciones a estas necesidades:

- Recopilación de información con el personal de la 2<sup>a</sup> CIA, que tiene recién implantada la aplicación ATAK (versión civil), y actualmente la pone en uso para los diferentes ejercicios y temas tácticos que realizan.
- Se han realizado visitas al personal del cuarto de transmisiones, que está implantando actualmente el sistema BMS en el BIPROT “Fuerteventura” I/9, además de usar sus lecciones aprendidas para poder mejorar la red radio de combate y los sistemas de mando y control actuales en el ejército.
- Se ha realizado una encuesta con preguntas abiertas de manera que los Tenientes de infantería pudiesen identificar las necesidades que ahora mismo están vigentes en el ejército para un correcto ejercicio de su mando y control.
- Se han realizado preguntas en las que se les pedía al personal entrevistado que valorasen del 1-5 (1 siendo con menos importancia y 5 máxima importancia) diferentes funcionalidades que consideran importantes en un sistema de mando y control.
- Varias preguntas que están disponibles en la entrevista eran para conocer si los Tenientes tenían conocimiento de la existencia de diferentes programas y aplicaciones a los que pueden obtener acceso.
- Análisis de todas las respuestas obtenidas, tanto las preguntas abiertas, como las valoraciones, como las de conocimiento de sistemas para así poder identificar las necesidades y estudiar cómo podrían suplirse las mismas.

En una tercera fase, se aportará el análisis que se ha realizado en detalle después de haber hecho un estudio de los sistemas mencionados anteriormente.

- Análisis DAFO del sistema BMS (tanto en su montaje portátil como vehicular) y de la aplicación ATAK (tanto su versión civil como la militar).
- Despues de haber adquirido los conocimientos sobre el sistema BMS y la aplicación ATAK, se han propuesto ideas que podrían contemplarse para una posible mejora de los sistemas que están actualmente vigentes, así como innovaciones que podrían suponer ventajas sobre el adversario, como es la seguridad en las comunicaciones.



### 3 Análisis y funcionamiento de los sistemas estudiados

En este apartado se expondrá el análisis de los sistemas estudiados y de la aplicación ATAK, tanto su uso en ámbito militar, como civil. Además, se explicarán los resultados obtenidos mediante la experimentación con los mismos, así como implementaciones que se podrían estudiar para la mejora de los sistemas que ya se poseen.

#### 3.1 Sistema BMS-Lince

##### 3.1.1 Descripción y funcionalidades

El BMS-Lince es un sistema que permite tanto el intercambio de información, como la comunicación durante las operaciones del Ejército, asegurando así el mando y control de las unidades. Este sistema lleva incorporados unos mapas que se le introducen a partir de la zona en la que se quiere realizar el tema táctico o la operación.

Es un sistema pensado para carros de combate, pero es posible hacerlo portátil, de manera que las unidades a pie puedan usarlo para también para sus operaciones. El sistema BMS de manera portátil, al igual que la manera vehicular, es llevado a cabo mediante un proceso complejo, para el cual se necesita a alguien que haya realizado el curso de BMS-Lince para que pueda ser instalado.

A pesar de su compleja puesta en marcha, las funcionalidades<sup>20</sup> que tiene este sistema son diversas, ya que ofrece apoyo tanto durante la planificación, como durante el desarrollo de una operación, las páginas de la información extraída se encuentran el manual del BMS-Lince de los apuntes de la ACINF. En la Ilustración 4 se puede observar como se pueden llevar a cabo las funcionalidades descritas a continuación. Proporciona ayuda en los siguientes ámbitos:

- Planeamiento: apoya al desarrollo de la planificación de un tema o una operación. Los mapas que tiene cargados el sistema permiten dibujar sobre el mismo diferentes líneas de acción, así como marcar posiciones de interés. Por último, permite compartir esta información con los sistemas que se encuentran en la misma malla, de manera que todos los jefes de las unidades subordinadas puedan disponer de esta información.
- Permite que el jefe del tema u operación pueda ser el que apruebe o no el acceso a las carpetas de datos a los demás usuarios.

<sup>20</sup> Disponible en teoría ACINF BMS-Lince.



- Da acceso a la información geográfica del terreno en el que se está desarrollando la misión, dando así la posición georreferenciada de los diferentes dispositivos sobre los planos, además de las modificaciones en esas posiciones que vayan surgiendo.
- Posibilidad de ir marcando durante el desarrollo de la misión las diferentes posiciones de interés que puedan ir surgiendo, de manera que, si únicamente una de las unidades tiene contacto visual con este, el resto pueda saber también su localización.
- Apoyos de fuego: permite ubicar donde se necesitan los apoyos de fuego durante el planeamiento del tema táctico u operación, además de posibles objetivos que puedan ir surgiendo durante el desarrollo de los mismos. De esta manera se puede marcar la posición en el plano y que sea visible para todos los usuarios que están conectados en la misma malla.
- Permite la navegación GPS, diseñando rutas y haciendo seguirlas mediante la georreferenciación.
- Da la posibilidad de mantener una coordinación temporal durante la operación, para ello está compuesto por diferentes relojes, dentro de los cuales hay uno que es común durante toda la operación.
- Mediante este sistema es posible volver a reproducir la operación para poder obtener lecciones aprendidas.
- Permite el envío de información de manera filtrada, tal que les llegue solo a los usuarios que el emisor elija.
- Este sistema incluye un borrado de emergencia por si fuese necesario.

Ilustración 4<sup>21</sup>. Funcionalidades del Sistema BMS-Lince<sup>21</sup> Fuente: teoría ACINF BMS-Lince.



El jefe de la unidad sería en este caso el jefe de la plataforma, que podrá modificar aspectos de planeamiento y de información que considere necesario. Esta información habría sido cargada previamente por el administrador, el cual controla la gestión de usuarios y los filtros que han de crearse (quién recibe la información y si la recibe toda) y aspectos relacionados con la seguridad.

La manera más común en la que se utiliza el BMS es conectado a una PR4G, dado que, aunque genere los datos, para su eficacia plena necesita tanto transmitirlos como recibirllos. Una de las capacidades más eficaces del sistema, es que no necesita una conexión internet para su funcionamiento, pues, con el ancho de banda de la PR4G es suficiente para poder realizar el intercambio de información entre las unidades que se encuentran integradas en la operación.

El resultado final sería la consecución de una red radio de combate en la que se encontraría integrada el BMS, por medio de la cual se aseguraría el intercambio de información, así como la posibilidad de visualización de las localizaciones de todas las unidades participantes en la operación como se puede observar en la ilustración 5. Además, con la modalidad de funcionamiento de la PR4G en salto de frecuencia, se mantendría un enlace seguro, sin posibilidad de que nadie que no se encuentre en la red pueda obtener la información que por allí se comparte.



Ilustración 5<sup>22</sup>. Visualización de planos y unidades en la Tablet

### 3.1.2 BMS-LINCE sobre vehículo

El BMS inicialmente estaba pensado únicamente para utilizarlo sobre carros de combate, su instalación compleja hace que el personal que tiene que configurarlo necesite unos conocimientos que se adquieren mediante un curso.

La manera de montar un sistema BMS tiene diferentes configuraciones que se explicarán

<sup>22</sup> Fuente: DAC Helena Melero Lanzas



posteriormente, pero resumiendo trata de conectar la Tablet en la que se puede divisar la información a una PR4G o Harris, de manera que envíe la información a través de estas de manera encriptada. En el caso de la PR4G, que no posee GPS, tiene un cable integrado que lleva hasta la base de la antena, que es la que lleva incorporado un localizador, que envía la posición en la que se encuentra el vehículo al resto de PR4G. Como las radios están en la misma malla, la que recibe la información le quita la encriptación, de manera que la Tablet permita visualizar tanto la posición de los otros vehículos de la unidad como la información que se tenga que compartir.

La manera de conectar la Tablet que contiene el programa del BMS a la radio es mediante un cable ethernet, que va hasta al puerto de conexión C de la PR4G. Desde la parte superior en la izquierda como puede observarse en la ilustración 6 sale un cable anaranjado que es el que realiza de conexión entre la PR4G y la base de antena del vehículo, que es la que contiene el GPS que se puede visualizar en la ilustración 7. La información de la localización sale directamente de vuelta para la PR4G, que está conectada con la antena del vehículo mediante una base que también se puede ver en la fotografía. La PR4G se une a la base por medio de otro cable de color naranja que se puede ver en la parte inferior izquierda. De esta manera tanto la información obtenida desde la Tablet, como la información obtenida desde el GPS pueden ser transferidas por la antena del vehículo a los otros que se encuentren en la misma malla.



Ilustración 6<sup>23</sup>. Instalación vehicular de la PR4G con el BMS-Lince

<sup>23</sup> Fuente: DAC Helena Melero Lanzas



Ilustración 7<sup>24</sup>. Base de antena con GPS y cable que conecta con la PR4G

El PCBON, además suele tener instalado un doble bastidor, en la que hay dos PR4G, que se explicará seguidamente para que se utilicen. En la malla del Teniente, se necesita enlace con su sección, y, además, con el subgrupo táctico al que pertenece. En el caso del Capitán sucede lo mismo, necesita enlace con sus Tenientes, y también con el grupo táctico del que forma parte. De esta manera el Teniente Coronel, jefe de grupo táctico necesita otras dos radios para poder estar también en dos mallas. Estas dos radios estarían instaladas en el doble bastidor, que haría las funciones de un conmutador de datos. Cuando la información esté compartida, se traslada mediante el cable ethernet que sale del puerto Charlie de la PR4G. Con esto se consigue que la información y localización de las secciones de los Tenientes pase a los Capitanes, y la de estos al Teniente Coronel, de manera que todas las radios se encuentren intercomunicadas mediante el sistema BMS. El resultado final es la visualización por todos los componentes que integran la operación, de tanto la localización como la información que comparten todos ellos. De esta manera se consigue que la red radio de combate esté operativa y el Teniente Coronel pueda ejercer el mando y control de sus unidades subordinadas, siempre y cuando se encuentren sobre los vehículos.

### 3.1.3 BMS-Lince portátil

Hasta hace poco la única manera de utilizar el sistema BMS era en su montaje vehicular, pero en el BIPROT I/9 de “Fuerteventura” se adquirieron unos cables que dan la posibilidad de convertirlo en un sistema portátil. El cable que se nombra en el apartado anterior, como cable ethernet, es el que servirá para poder realizar la instalación de este sistema tanto de manera vehicular como de manera que pueda ser usado por las tropas que van a pie. Este cable consigue la conexión directa entre la Tablet y la PR4G (mediante el puerto Charlie), de esa forma se consigue la transmisión de datos por la antena de la propia PR4G con el resto de las unidades, ya se encuentren a pie o sobre vehículos.

Una de las grandes diferencias entre el sistema utilizado en vehículo o de manera portátil, es el GPS. Como se explicó en el apartado anterior, la PR4G no tiene GPS, y lo que se hace es conectar la radio a la base de la antena, que es la que lo contiene, para poder transmitir estos datos. Esto supondría un problema para el BMS instalado de manera portátil, pero no será el caso, ya que se puede acoplar un GPS portátil justo en la misma conexión en la que se conectaba

<sup>24</sup> Fuente: DAC Helena Melero Lanzas



el cable anaranjado en su manera vehicular del apartado anterior (Ilustración 8).



Ilustración 8<sup>25</sup>. BMS-Lince en instalación portátil

Realizando esta modificación del GPS, se puede conseguir que las tropas a pie puedan establecer enlace con su jefe y además pueda ser observada su localización por todos los dispositivos BMS que se encuentren integrados en la misión.

Las dos modalidades explicadas (BMS sobre vehículo y BMS portátil) pueden integrarse en la misma malla, y por tanto un elemento de combate a pie podrá ser visualizado como se nombró anteriormente por el Teniente Coronel jefe del grupo táctico. De esta forma se conseguirá que tanto los combatientes que están sobre vehículos, como las tropas de infantería ligera puedan mantener el enlace, así se asegurará la red radio de combate y el jefe podrá realizar el mando y control de sus unidades subordinadas.

### 3.1.4 Papel de la PR4G en la instalación del BMS

La PR4G es una radio que ha vivido una evolución, ahora mismo se encuentra en uso el modelo V3. Esta radio funciona en dos modos de trabajo: modo analógico, el cual no lleva protección COMSEC; y, modo digital, que si que cuenta con la protección COMSEC. Dentro del modo digital, el más común en su uso es mediante salto de frecuencia, la radio está cambiando continuamente de frecuencia, de manera que nadie que no tenga la radio con las claves instaladas pueda interceptar las comunicaciones.

Al conectar la Tablet que tiene el sistema BMS instalado a la PR4G mediante el cable ethernet mencionado anteriormente, toda la información pasa a través de la radio. Como hemos mencionado anteriormente, la modalidad en la que suele funcionar la PR4G es la de salto de frecuencia, por lo que toda la información se codificará. La información codificada será enviada al resto de radios, de manera que cuando reciban la información, estas se dedicarán a descodificarla y así poder transportar de nuevo la información descodificada. Esta información será transportada por el mismo cable ethernet mencionado anteriormente,

<sup>25</sup> Fuente: DAC Helena Melero Lanzas



de forma que la información que se reciba puede visualizarse en la pantalla de la Tablet.

Una característica importante de esta conexión BMS-PR4G trata de que todas las radios están integradas en una malla realizada con anterioridad, así se consigue que el traspaso de información pueda producirse sin que haya la necesidad de tener ningún tipo de señal o conexión a internet cerca. La información y localización será siempre enviada o recibida, a no ser que los dispositivos se encuentren a más distancia de lo que la PR4G puede alcanzar

### 3.2 Aplicación ATAK

El Ejército de los Estados Unidos está trabajando actualmente con una aplicación denominada ATAK, esta incluye numerosas aportaciones, tales como la posición de las unidades, un servicio de mensajería instantánea y la posibilidad de marcar sobre los planos posiciones de interés. Esta aplicación tiene dos vertientes:

- ATAK de uso militar: es la que está actualmente vigente en el Ejército de Estados Unidos, así como en otros países a los que les dejan utilizar el sistema. En el presente está siendo empleado por grupos de Operaciones Especiales españoles.
- ATAK de uso civil: esta aplicación está disponible de forma gratuita para dispositivos Android, aunque se está desarrollando actualmente la versión iOS para los dispositivos Apple. Este ámbito del sistema está pensado para cuerpos policiales, así como cuerpos de bomberos o personal civil que necesite requerir de este tipo de prestaciones para el desarrollo de su trabajo.

Las diferencias entre ambas pasan por diferentes campos, van desde la posibilidad de integrar el sistema con una radio Harris, a la capacidad de poder solicitar apoyos de fuegos desde la propia aplicación, así como integrar morteros en la maniobra, estas diferencias se explicarán con más detalle en los siguientes apartados.

#### 3.2.1 ATAK de uso militar

Como ya se ha mencionado anteriormente esta aplicación está vigente en el Ejército de los EE. UU., además de las unidades de Operaciones Especiales españolas. Esta aplicación se adquiere a través del gobierno de los Estados Unidos, o en el caso de los españoles, fue adquirido durante el desarrollo de una misión en Irak, en la cual el ejército americano les proporcionó el sistema.

En el MOE usan como servidor una red de creación propia, esto se ha hecho para así poder generar una VPN, la cual va a servir para poder trabajar de manera confidencial, sin que nadie pueda acceder a la red previa petición del solicitante y aceptación del creador/administrador de la misma. Con esto se consigue una manera de desempeñar sus operaciones de forma privada, y se podrá usar durante el transcurso de las operaciones.

La versión del ATAK militar que tienen los españoles tiene partes que están restringidas. Además, la aplicación ya va por su versión 4.4, y los miembros del ejército de España tienen la



aplicación de varias versiones anteriores, en concreto la 3.8.1. Esto significa que es muy probable que la aplicación tenga varias opciones nuevas, las cuales se desconocen.

### 3.2.2 ATAK de uso civil

La versión civil de esta aplicación surgió como idea para servirle de ayuda a cuerpos policiales o de bomberos. No tiene todas las funcionalidades que tiene la versión militar, ya que tampoco las necesidades que tienen los miembros pertenecientes a estos cuerpos son las mismas que en un campo de batalla. Esta versión también ofrece la posibilidad de poder tener localizado a todos los miembros de un equipo, así como establecer la comunicación entre los participantes.

Entre las funcionalidades<sup>26</sup> que podemos encontrar en el ATAK versión civil, se encuentran las siguientes: un marcador que indica la posición en la que se encuentra el usuario; diferentes símbolos para marcar objetos o posiciones con entidad desconocida, amiga o enemiga; consta de una herramienta para poder medir distancias y alturas, de manera que puedan saberse a qué distancia se encuentra un posible objetivo o se puedan obtener perfiles de desnivel; contiene una opción para diseñar rutas de aproximación y posteriormente poder enviarlas a los diferentes dispositivos que se encuentren en el mismo servidor, además, durante el desarrollo de la ruta se podrá indicar mediante símbolos posiciones en las que haya que prestar más atención; la ventana de navegación hacia la bandera permite realizar de manera rápida el desplazamiento hacia cualquier punto del mapa; la x roja es muy útil para marcar sobre los mapas posiciones en las que se haya divisado al enemigo, con ella se puede enviar esta localización de manera rápida a todos los dispositivos que se encuentren en el mismo servidor; otra de las capacidades del programa es la de bloohound, la cual permite encontrar un objeto en un rango determinado que el usuario elige, en el caso de que sea algo del mapa, directamente lo señalaría sobre este. Las funcionalidades de la versión civil de esta aplicación pueden visualizarse en la ilustración 9.



Manteniendo pulsado el Norte

Ilustración 9<sup>27</sup>. Visualización de la pantalla de ATAK de uso civil

<sup>26</sup> Disponible en ATAK user guide.

<sup>27</sup> Fuente: ATAK user guide.



### 3.2.3 Diferencias entre ATAK militar y ATAK civil

En cuanto a las diferencias que podemos encontrar entre las dos versiones, podemos ver que en el ATAK militar se pueden realizar cálculos para los morteros, realizar una observación mediante el relieve de zonas vistas y ocultas, además de solicitar apoyos aéreos.

También se pueden encontrar diferencias en los propios plugin de la aplicación, ya que hay algunos de ellos que solo los contiene la versión militar. Un ejemplo es el groundguidance, que permite enviar órdenes concretas a las tropas de tierra, algunas de ellas pueden ser formaciones o documentos que indican como realizar ejercicios de tácticos de una manera concreta, de manera que se pueda asegurar que todo el mundo lo realiza de la misma forma. Otro plugin bastante en uso actualmente, que solo lo contiene la versión militar, es el de UAS, para los drones militares, ya que da la posibilidad de controlar el dron desde la propia pantalla del dispositivo.

### 3.2.4 VPN, el servidor necesario para trabajar con ATAK

Una VPN es como un túnel de seguridad entre un servidor y un cliente. Como se dijo en apartados anteriores se genera un servidor con una red propia y cada uno de los dispositivos que formen parte de la red, entrarán en la estructura de cliente, VPN y servidor y viceversa. Así, el dispositivo que esté aceptado en la red manda la información que considere necesaria a través de la VPN, y esta es recibida de manera segura por el servidor, por último, el servidor se encargará de mandar la información a través, otra vez de ese túnel de seguridad al resto de dispositivos que formen parte de la red. De esta manera se consigue una interacción entre los móviles o Tablet que formen parte de dicha red de manera segura y sin que nadie externo pueda acceder a la información o hackearlo.

Hay diversas VPN conocidas, una de ellas es la de ZeroTier<sup>28</sup>, la cual deja generar una red con estos túneles de seguridad a la que le puedes aplicar condiciones con lenguajes de programación. En este caso concreto, deja introducir párrafos de códigos con condiciones para que se pueda repartir de manera eficiente los recursos que puede contener el servidor que se genera con la red. Se puede poner como ejemplo el caso de la aceptación de usuarios en la red, esta manera de acceder a ella puede variar, ya que las posibilidades van desde que el usuario tenga que ser aceptado por el generador de la red, a que el propio creador de la red haya introducido de manera predeterminada los dispositivos a los cuales quiere dejar acceder.

Otra manera de generar una VPN muy conocida es a través de OpenVPN, a diferencia del ZeroTier, de manera que es posible acceder al código fuente y, en vez de únicamente introducir condiciones mediante párrafos, se puede cambiar el funcionamiento entero del túnel que se genera. La posibilidad de poder modificarlo es beneficiosa para el administrador, ya que en

<sup>28</sup> ZeroTier es una compañía que contiene un software que permite conectar diferentes ordenadores mediante una VPN que tiene un código abierto.



función de la finalidad con que haya sido creada la red puede conseguir un desempeño con mayor efectividad.

Las utilidades que puede tener una VPN son diversas, ya que pasan de poder generar una red con varios usuarios, de manera que se pueda establecer una emisión y recepción de datos de forma segura, a simplemente poder ser usada por un dispositivo móvil para conectarse a una red wifi pública y así, poder proteger la información que contiene en el móvil.

### 3.2.5 Harris

El ATAK no funciona sin cobertura, ya que es una aplicación móvil que necesita de red para su funcionamiento. Una de las posibles soluciones que hay para solventar esto, es la conexión de la aplicación a una radio Harris (Ilustración 10). Esta radio consigue enlace mundialmente, ya que tiene un ancho de banda muy amplio (30 MHz a 2 GHz). Si se consigue conectar la aplicación a esta radio, se trabajará de manera privada, ya que la aplicación estará trabajando mediante el servidor de creación propia, y, además, la radio puede generar una red wifi que conseguirá alcanzar la señal de 3G, 4G o 5G más cercana, asegurando el enlace entre los dispositivos, aunque se encuentren en una zona muy remota.



Ilustración 10. Radio Harris

Es una radio de creación americana, y a la que el ejército de los Estados Unidos actualmente está dando mucho uso, ya que como se mencionó anteriormente, se trata de un dispositivo que en teoría alcanzaría tanto red como enlace a nivel mundial. En España, los ejemplares de esta radio que se contienen son escasos, y en numerosas ocasiones están guardadas y en desuso, ya que se trata de un material caro, y al ser escaso el número que se contiene no pueden utilizarla todas las unidades de ejército.



## 4 Necesidades de los mandos de Infantería del ET

Para identificar las necesidades que ahora mismo están vigentes, se ha realizado un cuestionario con varias preguntas a 16 mandos del Ejército de Tierra (de las cuales se pueden encontrar preguntas abiertas (Anexo I) y otras que contienen valoraciones (Anexo III) en cuanto a la importancia del 1-5), estas cuestiones son diferentes, aunque todas ellas están relacionadas entre sí en el contexto de sistemas de mando y control y de red radio de combate. La primera de las preguntas está orientada a las carencias que los jefes de las unidades pueden encontrar durante el desarrollo de los ejercicios tácticos. Otra de las preguntas está orientada a la comparativa de ejercer el mando y control sobre unidades de infantería ligera y unidades de infantería mecanizada, pidiendo también los motivos de la opinión que expresan. Por último, se pregunta a este personal sobre los problemas que ellos creen que hay a la hora de mantener una red radio de combate durante el desarrollo de los ejercicios.

Toda la temática mencionada anteriormente ha sido expresada en forma de preguntas a los encuestados, que contenían mandos tanto de unidades infantería ligera, como de unidades de infantería mecanizada. En concreto hay seis tenientes de Infantería Ligera, otros cuatro tenientes de Infantería Mecanizada y cuatro Sargentos de Infantería Ligera, todos ejercen el mando de pequeñas unidades, que es en lo que se ha orientado esta memoria.

### 4.1 Mejora de los sistemas de transmisión

Gran parte de las respuestas relacionadas con qué se echa en falta para ejercer el mando y control de sus respectivas unidades, tenían una respuesta en común: fallos en el enlace y en las transmisiones.

Las PR4G, tienen un alcance máximo en tropas a pie de 8 a 10 km, aunque hay que tener en cuenta que esta distancia únicamente vale para un terreno llano, ya que si se añadimos un desnivel pronunciado es muy probable que el enlace no se pueda mantener en una distancia menor a 2 km. Un ejemplo de esto se daría en la montaña, una PR4G no mantendría el enlace de un valle al de al lado.

Otro de los detalles que hay que tener en cuenta respecto de esta radio es que se le puede incorporar dos tipos de antenas: una de fleje, que es más resistente a si se queda enganchada, pero tiene un alcance menor; y la de varilla, más frágil si se engancha, pero con un alcance mayor. Este anterior detalle es mencionado por el tema del alcance del que se habla en el anterior párrafo, puesto que la antena de varilla, aunque tenga más alcance es metálica y aporta al dispositivo una altura considerable y, si nos encontramos con un temporal es un peligro llevarla incorporada. Si se da el caso mencionado, tendríamos que cambiar a la antena de fleje, ya que está recubierta de un plástico que la hace aislante, lo que lleva a volver a perder alcance.

En cuanto a la PR4G instalada de manera vehicular, puede llegar a alcanzar 40 km, siempre y cuando esté instalada la antena vehicular. Aunque se volvería a tener el mismo problema, ya que en cuanto se aplique al terreno cierto desnivel, el alcance disminuirá considerablemente, a



pesar de que el alcance no sufrirá una disminución tan sustancial como cuando la PR4G es portada por personal a pie.

El resultado final es la necesidad por parte de los mandos de Infantería de una mejora sustancial de las transmisiones y el alcance de estas, ya que para que puedan tener controlados a sus subordinados necesitan de un enlace que sea muy difícil de interrumpir.

Posibles soluciones a este problema de mantener la comunicación sería utilizar una radio Harris, ya que este dispositivo es capaz de generar una red wifi, que como se mencionó en apartados anteriores, puede alcanzar la red de 3G, 4G o 5G más cercana. Además, puede establecer un enlace, aunque los dos dispositivos se encuentren en partes separadas del océano.

## 4.2 Posibilidad de localización del personal durante la conducción de un ejercicio

Varios mandos del ET coinciden en que el desconocimiento de la posición exacta de sus unidades es un inconveniente a la hora de ejercer el mando y control durante el desarrollo de un ejercicio táctico, ya que en el caso de que las comunicaciones fallen, la falta de control visual de los subordinados puede ser un problema.

Para la posibilidad de poder tener localizados a todos los componentes de la unidad, tanto el BMS en sus dos versiones, como el ATAK, pueden ser una solución para este inconveniente, ya que los dos sistemas permiten tanto la emisión como la recepción de información y la localización de los dispositivos que contienen ambos. Si bien es cierto que en las dos podemos encontrar algunos inconvenientes:

- BMS: la instalación portátil de este sistema contiene algunas debilidades, entre ellas podemos encontrar su gran tamaño, que hacen que el portador pierda agilidad en sus movimientos. Otro problema que tiene es el número de cables que son necesarios para poder hacer que el sistema sea operativo, esto hace que se convierta en una instalación delicada, que se debe portar con cuidado para que no se pierda el enlace ni el intercambio de datos. Podemos encontrar otro inconveniente en el mantenimiento del enlace, ya que puede perderse si las unidades que se encuentran a pie acceden a una edificación con muros y tabiques de gran anchura, ya que la señal no sería capaz de pasar por ellos. Por último, añadir que la información que se comparte por el BMS es recibida por el resto de los dispositivos con un tiempo de desfase, ya que al funcionar mediante PR4G, el ancho de banda por el que se manda la información es pequeño, y por tanto, los datos tardan más en ser enviados y recibidos.
- ATAK: unos de los grandes problemas que tiene esta aplicación es su utilización en lugares que carecen de cobertura, ya que sin red esta aplicación no puede conectarse con el resto de los dispositivos. Como se mencionó anteriormente, este problema puede solucionarse con la conexión de la aplicación a una radio Harris, lo que sigue siendo un problema dado el pequeño número de radios que se poseen de este tipo en el ejército español.



Hay un problema que ambas tienen en común, y es que no todos los integrantes de las PU,s portan estos sistemas, por lo que, aunque se visualizarían un mayor número de personas gracias a ellos, seguiría habiendo un gran número de participantes en los ejercicios tácticos que aún no serían capaces de poder verse en las pantallas, lo que quiere decir que la necesidad que muchos encuentran en común seguiría sin poder suplirse con el BMS y el ATAK.

#### **4.3 Mejora de los conocimientos de los medios de transmisiones**

Otra de las necesidades que han manifestado los mandos del Ejército de Tierra en cuanto al deterioro del mando y control es que hay un problema debido a la falta de conocimiento por parte del personal de las FAS de los medios TRX. Uno de los motivos por los que el enlace entre radios falla tanto es porque el personal no sabe solventar los problemas que pueden ir surgiendo. Además, el personal de Infantería que es relativamente nuevo en el ejército tiene varias carencias sobre el montaje y desmontaje de los medios TRX.

La solución a este problema es relativamente sencilla, ya que en bastantes ocasiones un problema de enlace entre radios puede solucionarse con una persona que sepa qué está impidiendo esa comunicación. Por otro lado, si el dispositivo no está bien configurado, debido a un fallo durante el montaje, se tendrá una radio inutilizada durante el desarrollo de todo el ejercicio. La instrucción de la gente en los medios TRX es una buena manera de asegurarse el menor número de fallos durante las diferentes misiones.

#### **4.4 Eficacia de los sistemas de mando y control**

En cuanto a la pregunta de si es más difícil ejercer el mando en Unidades de Infantería Ligera, la mitad de los mandos opinan que sí, y la otra mitad que no, si bien hay que añadir que las razones que dan cada uno de ellos no son equivocadas.

En cuanto a los oficiales a los que se preguntó que confirmaban que era más difícil sobre vehículos, la mayor parte de sus respuestas van orientadas a que es más difícil ejercer el mando y control en este tipo de unidades ya que el tamaño de los despliegues es mayor. Hay que añadir que en la mayor parte de las unidades mecanizadas del ET se tiene actualmente en uso el sistema BMS, por lo que la parte de las distancias en los despliegues y la no visualización de las unidades subordinadas estaría solventada. Esto se debe a que como se explicó en el apartado del BMS, a través de las pantallas de las Tablet se pueden visualizar las localizaciones del resto de la gente. Es cierto que, uno de los problemas que habría, es que los dispositivos que contienen el BMS contactan entre ellos a través de las PR4G, por lo que en el momento en el que las radios no estuviesen en el radio de alcance, se perdería el sistema de mando y control, pero aun con esta posibilidad, la radio instalada con la antena vehicular tiene un alcance de 40 km, por lo que llegar a esa situación es complicado.

La pregunta también ha sido contestada por la otra mitad de mandos diciendo que el ejercicio del mando y control sobre unidades de infantería ligera es más complicado. Muchos afirman que, al realizar un ejercicio, en numerosas ocasiones se pierde el contacto visual con el resto del personal, además de que puede ocurrir la pérdida de enlace, llegados a esa situación, sin



unas buenas medidas de coordinación previas es difícil ejercer el mando.

Una de las posibles soluciones sería aplicar las funcionalidades que tiene el ATAK, de manera que los mandos puedan saber en todo momento dónde se encuentran sus unidades. Se habló en el apartado del ATAK que es una aplicación que permite la conexión entre varios dispositivos que la contengan y se encuentren en la misma red privada. Si los componentes de la unidad contienen la aplicación, se podrán observar durante el desarrollo de la maniobra las posiciones de todos ellos, así el jefe no perderá el enlace ni la visión sobre ellos. Otro de los beneficios que puede aportar este sistema, es la posibilidad de poder usar el plugin groundguidance, de esta forma se podrá indicar al jefe de la unidad subordinada diferentes maneras de como se desea proceder, mandando diferentes despliegues o formaciones. Además, encontramos que la aplicación tiene un sistema de mensajería chat, con lo cual se podría mandar un mensaje instantáneo a los dispositivos que se encuentran integrados en la red generada, aportando al mando facilidad a la hora de ejercer el mando y control sobre su unidad.

En cuanto al enlace mediante radioteléfono, es un sistema que está desarrollado para integrarse con la Harris y, debido al escaso número de estas radios que se contienen en el Ejército Español, no podría realizarse la conexión de los dispositivos con las PR4G que se tienen en España, y aunque fuese posible poder conectarlo, no serviría de nada, ya que la PR4G es capaz de establecer una malla y enviar datos, pero en el caso de esta aplicación se necesita una conexión a internet en cualquier lugar del mundo, actividad que, puede desempeñar la radio Harris. Por último, hay que añadir que el ATAK es un sistema que podría ser utilizado tanto en unidades ligeras, como unidades mecanizadas y acorazadas, dando las posiciones y compartiendo los datos de todas las unidades en tiempo real de manera inmediata.

## 4.5 Modernización de los sistemas

Varios de los encuestados cuando son preguntados por lo que ellos consideran que es el mayor problema en los sistemas que se utilizan durante los ejercicios tácticos, responden lo siguiente: sistemas antiguos.

Confirman que los medios que utilizamos actualmente requieren de una modernización, ya que en ocasiones surgen fallos en las comunicaciones durante la conducción de ejercicios, es por ello que, en numerosas ocasiones los jefes deben doblar las medidas de coordinación, dado que no pueden depender exclusivamente de las transmisiones. La PR4G es un radio que puede trabajar de manera cifrada, evitando que nadie externo pueda acceder a la malla generada, pero tiene un problema, que son los alcances. En una unidad dispersa, no es difícil que parte de ella quede sin comunicación con el resto dado que no consiguen mantener un enlace.

Las pérdidas de enlace pueden darse por medio de varios factores, que como se vio en el apartado de mejoras de los medios de transmisión, pueden ir desde un alcance excesivamente amplio, a un terreno que resulta muy abrupto. De hecho, la modernización de los sistemas de mando y control está estrechamente relacionado con los fallos en los medios de transmisiones, ya que una radio también es una manera de asegurar la



conducción de la maniobra.

No se puede olvidar que tener una red radio de combate cifrada es de vital importancia ya que, en los conflictos de guerra híbrida, una de las maneras de ataque es mediante Guerra Electrónica, por lo que se intentará acceder a la malla de manera externa para romper las comunicaciones u obtener inteligencia. Es por ello que, aunque la PR4G pueda perder en el enlace en ocasiones, no se puede sustituir por una malla de walkie talkies, dado que estos trabajan en FFG, y la información que se transmita por este medio puede ser fácilmente detectada.

La modernización de los sistemas que se ha expresado como una necesidad tiene varias vertientes. Muchos de los participantes en la encuesta afirman que en numerosas ocasiones se usan medios de transmisiones que únicamente funcionan en FFG. Esto puede deberse a la falta de instrucción del personal al tener que usar medios PR4G y por ello se recurre a medios de instalación más fácil, como las AN/PRC o walkie talkies, aunque también puede deberse a la falta de medios, por lo que en ocasiones se pueden ver obligados a usar medios de transmisiones que solo funcionen en FFG. Es importante no usar este tipo de modo de trabajo, ya que la información y las llamadas que se produzcan no se harán de manera privada, porque además de que cualquiera que funcione con una radio en este mismo modo de trabajo o contenga instrumentos de EW, podrá acceder a la malla.

Una respuesta ha mostrado la opinión de que, aunque los sistemas de comunicaciones son antiguos, tampoco se puede utilizar aplicaciones móviles dado que, al no estar cifradas pueden ser fácilmente detectadas por el enemigo. Es real que una aplicación directamente abierta sin ningún tipo de cifrado externo es peligrosa, pero si se genera una VPN entre el dispositivo y el servidor, puede lograrse trabajar de manera privada y cifrada, evitando así que nadie externo a la unidad pueda acceder a la información que se está compartiendo mediante la aplicación.

La posible solución a este sistema es el uso de un sistema ATAK mediante la Harris, además de usar siempre la aplicación mediante una VPN para asegurar que la información se traslada de manera codificada. Un sistema BMS también puede ser útil, siempre y cuando las distancias no sean excesivamente prolongadas y el relieve no sea abrupto.

#### 4.6 Sistemas que funcionen independientemente del terreno

Varios encuestados identifican que el problema por el que los sistemas de mando y control no consiguen enlace en numerosas ocasiones es el terreno. Afirman que tanto la distancia de los despliegues, como los relieves muy pronunciados, suponen en numerosas ocasiones impedimentos para el correcto funcionamiento de la red radio de combate.

Como se ha comentado ya en varias ocasiones la PR4G, a pesar de poder mandar la información y las llamadas de manera encriptada, en numerosos casos no funciona de manera correcta con distancias muy largas o con una geografía más agresiva. Esto es un problema para el sistema BMS, dado que el funcionamiento que se tiene instaurado en el ejército español es que se envíe la información mediante la PR4G, lo que puede generar que en numerosas ocasiones el sistema deje de poder enviar o receptionar datos, ya que las radios a las que están conectados no están manteniendo el enlace en ese momento.



La solución que se propone es la misma que en el apartado anterior, la adquisición de radios Harris para la red radio de combate, ya que además de mandar la información y poder realizar las llamadas de manera encriptada, tiene alcance mundial, con lo que las distancias y tipo de terreno al que se enfrenten las unidades dejaría de ser un problema. No se propone en este caso la instauración del sistema ATAK, dado que como se mencionó con anterioridad, esta aplicación únicamente puede conectarse a una radio Harris, y el número que se tiene en el Ejército de Tierra de estas radios es bastante limitado. En el caso de que se produjese la adquisición de un mayor número de este tipo de radios comenzaría a ser rentable la adquisición e instalación de este sistema.

## 4.7 Conocimiento de los sistemas de mando y control

A parte de las necesidades que les surgen a los oficiales de ejército, se les hizo otro tipo de preguntas, entre ellas su conocimiento del sistema BMS y si alguna vez habían escuchado algo sobre la aplicación ATAK (Anexo II). Otra de las preguntas que se les realizó fue la de cómo mantendrían el enlace en el caso de que se encontrasen en un lugar sin cobertura, pregunta que está relacionada tanto con los fallos que se pueden encontrar intentando mantener el enlace de las PR4G, como con los sistemas que se están analizando en esta memoria.

El sistema BMS-Lince, actualmente está en dotación en el Ejército de Tierra, además como se mencionó durante su explicación, es posible instalarlo tanto de manera vehicular como portátil. Esto anterior es mencionado, ya que resulta llamativo que únicamente 8 de los 16 oficiales de infantería a los que se les ha preguntado han respondido que sí que lo han utilizado en algún momento. El BMS-Lince es un sistema de mando y control que además facilita el desarrollo de los ejercicios que puedan realizarse, por lo que sería de gran interés para los mandos de infantería el poder tener un acceso a este para poder mejorar la calidad en el desempeño de los ejercicios, mejorando así la labor de los mandos y de su personal.

En cuanto al conocimiento sobre la aplicación ATAK, tres personas desconocían sobre su existencia. Es un dato importante que un número tan bajo fuese desconocedor de este sistema, ya que no está en dotación en España, y aún así es conocido. Es una aplicación que es sencilla de portar, ya que con un móvil o una Tablet se puede acceder a todas las funcionalidades del sistema. Además, su instalación es relativamente sencilla, ya que a través de un ordenador se puede obtener la versión militar, y a través de la propia tienda de aplicaciones de los dispositivos Android, se puede instalar la versión civil de manera gratuita. Para poder tener operativo el sistema bastaría con alguien que tuviese conocimientos sobre cómo generar una VPN con las condiciones necesarias para garantizar la seguridad durante el traspaso de la información.

La pregunta abierta que se realizó a los oficiales sobre como ejercen el mando y control en lugares que carecen de cobertura tiene respuestas variadas, pero en gran parte de ellas podemos encontrar las mismas palabras: medidas de coordinación. En el caso de los que no contestaron exactamente con esas palabras, pueden verse respuestas como a la voz, mediante imitación, de forma física, transmisiones, etc., pero en resumen todas estas acciones son medidas de coordinación también. Esta manera de mantener el mando y control de las unidades se lleva manteniendo durante toda la historia militar, ya que como se mencionó en el marco teórico, las órdenes o información se transmitían mediante



mensajeros, tambores, etc. Una manera de reforzar estas medidas de coordinación es mediante el BMS y el ATAK, ya que ninguno de los dos depende de la cobertura móvil y, además, son capaces de hacer llegar la información de arriba abajo y viceversa. De esta forma el jefe que está conduciendo el ejercicio es capaz de asegurarse de que todo el personal está enterado de los siguientes saltos en la operación, reforzando así las medidas de coordinación.

## 5 Valoración de las funcionalidades en un sistema de mando y control

Para obtener una mayor claridad sobre que es lo qué más valoran los mandos del Ejército de Tierra, se presentó una serie de funcionalidades, en las cuales podían puntuar del 1 al 5 (siendo el 1 menos importancia y el 5 más importancia) en función de la importancia que cada uno de ellos le daba. Otra pregunta que se hizo del mismo formato iba destinada a valorar lo que se echaba en falta para el mando y control durante el combate en población, ya que este tipo de operaciones es donde más se dificulta el trabajo del jefe de la unidad.

Las funcionalidades que se han querido valorar están estrechamente relacionadas con las capacidades que tienen los sistemas estudiados durante el desarrollo de esta memoria. La intención de esto es que los propios jefes de diferentes unidades puedan identificar que es lo que más necesitan, además de lo que más valoran en un sistema de mando y control. Estas funcionalidades se han considerado las más importantes ya que después de entrevistas con diferentes oficiales del RI de Fuerteventura, se llegó a la conclusión de que eran las más mencionadas por todos ellos.

### 5.1.1 Sistema de mando y control

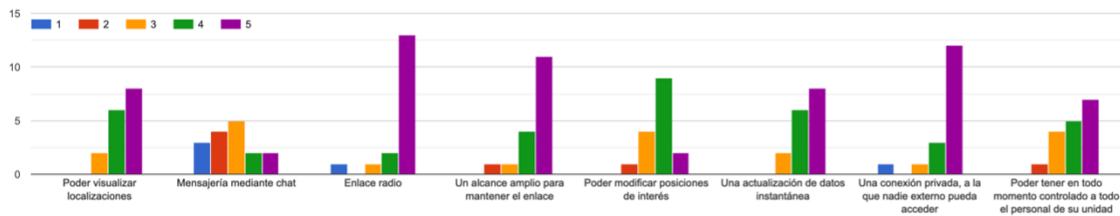


Ilustración 11. Valoración de las funcionalidades de un sistema de mando y control

- Poder visualizar localizaciones: como se puede observar en el diagrama, 8 personas de las 16 que realizaron la encuesta le dieron una máxima importancia a esta funcionalidad. Además, otras 6 personas le dieron una importancia de 4, la cual sigue siendo bastante alta, y únicamente 2 personas le han dado una importancia de 3. Se pudo ver de manera reiterada que es una funcionalidad a la que los mandos del ET le dan una importancia alta, dado que poder saber en todo momento donde se encuentran tus unidades puede suponer una gran ayuda durante la conducción de los ejercicios u operaciones.



- Mensajería mediante chat: únicamente una persona le ha dado la máxima importancia a esta funcionalidad, y como se puede visualizar en el propio diagrama, las opiniones son bastante diversas, por lo que no se puede decir de manera clara que sea una funcionalidad a la que se le de gran importancia o poca.
- Enlace radio: 13 participantes le han dado una puntuación de 5 a esta manera de trabajo, por lo que se puede deducir que para todos es bastante importante la capacidad de poder contactar mediante radio para ejercer el mando y control. El mantenimiento del enlace entre el mando y sus unidades es de gran importancia dado que permite obtener información en tiempo real cuando se carece de contacto visual.
- Un alcance amplio para mantener el enlace: 11 mandos han dado una calificación de 5 a esta funcionalidad, por lo que es de gran importancia en rasgos generales. Parte de los participantes de la encuesta son pertenecientes a infantería mecanizada, donde las distancias son mayores y, por tanto, se necesitan unos alcances también mayores para poder así mantener el enlace entre unidades.
- Poder modificar posiciones de interés: 9 personas le han dado a esta funcionalidad una puntuación de 4, por lo que se puede deducir que, aunque la importancia no es máxima, tiene cierto grado de valor para los mandos del ET. Esta posibilidad hace que durante la conducción de operaciones puedan ir surgiendo posiciones de interés nuevas o que se pueda haber modificado la original, de manera que el primero que lo viese pudiese indicarlo y toda la unidad involucrada en la operación tuviese acceso a esa información.
- Una actualización de datos instantánea: 8 participantes le han dado una puntuación máxima y 6 una puntuación de 4, únicamente 2 le han dado una baja importancia, de manera que se puede observar una tendencia a poseer de esta funcionalidad. Esta manera de funcionamiento está estrechamente relacionada con funcionalidades anteriores, como la de poder modificar posiciones de interés y poder visualizar localizaciones. Se dice que esta muy relacionado dado que todas estas características, para que sean eficaces deben de poder ser actualizables o modificables en tiempo real.
- Una conexión privada a la que nadie externo pueda acceder: 12 mandos de los 16 a los que se le realizó la encuesta consideran que trabajar de manera privada es fundamental. Tanto con el BMS por medio de la PR4G, como con el ATAK a través de una VPN se puede llevar la conducción de los ejercicios de manera confidencial. Esta funcionalidad pierde importancia si se usa para un ejercicio táctico durante unas maniobras, pero en el teatro de operaciones es una característica fundamental de un sistema, ya que actualmente el problema de EW está vigente en todas las zonas de operaciones.
- Poder tener controlado al personal de la unidad perteneciente en todo momento: 7 encuestados le han dado una puntuación de 5 y otros 5 una valoración de 4, por lo que un total de 12 mandos consideran que es importante esta función. Esta funcionalidad está estrechamente relacionada con la de poder visualizar las posiciones de los integrantes de la unidad, ya que es una manera de poder ejercer el mando y control de la unidad, sabiendo en todo momento donde se encuentran los subordinados.

Como se puede observar, las funcionalidades que más se valoran, como poder visualizar localizaciones, actualización de datos instantánea, trabajar de manera privada, etc., así como



el enlace radio y el amplio alcance, son funcionalidades que podemos conseguir tanto con el ATAK como con el BMS. La principal diferencia que podemos observar sería la del enlace radio, como la del alcance del mismo, ya que la Harris tiene mayor alcance que la PR4G, por lo que para estas dos funcionalidades sería el ATAK (este sistema puede acoplarse a la radio Harris) más adecuado para suplir dichas necesidades.

### 5.1.2 Ejercicio del mando y control durante el combate en población

En el combate actual, ya no solo se pueden encontrar posiciones defensivas, si no que los conflictos armados han llegado hasta las poblaciones, donde el enemigo puede refugiarse e incluso usarlo como defensa para atacar desde las edificaciones que componen los núcleos urbanizados. Por este motivo se ha realizado una valoración de las necesidades que tienen los mandos de infantería a la hora de entrar en edificaciones o encontrarse en una población durante el trámite de una operación.

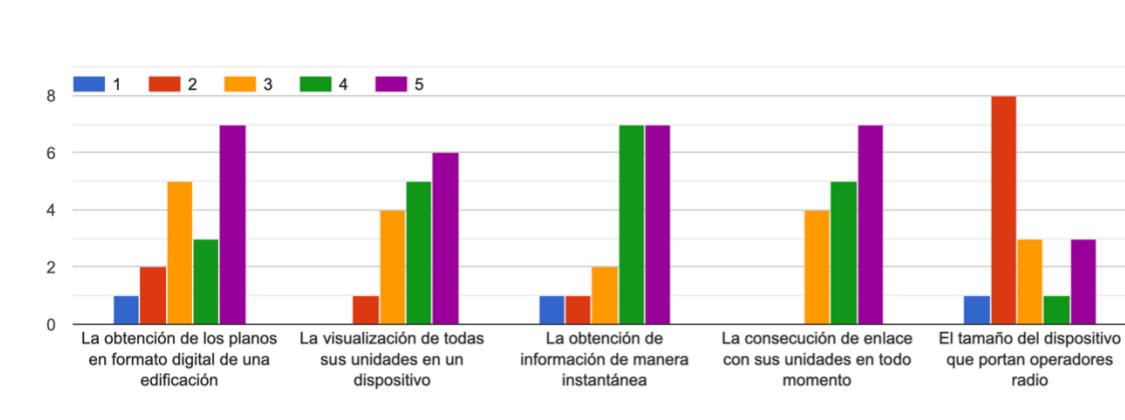


Ilustración 12. Necesidades durante el combate en población

- La obtención de los planos en formato digital de una edificación: conocer una edificación por dentro antes de haber entrado puede suponer una ventaja sobre el enemigo, ya que puede planearse la entrada a la instalación sin necesidad de poner la vida de la unidad en riesgo. Sobre esta pregunta, 7 personas han considerado de vital importancia la posibilidad de obtención de los planos en formato digital y otras 5 le han dado una importancia de 3, con lo cual su opinión le da una importancia media.
- La visualización de todas sus unidades en un dispositivo: esta funcionalidad es igual que la que se preguntó en el apartado anterior, pero en el combate en población puede ser más útil aún. A nivel sección en combate convencional, los despliegues no suelen ser excesivamente amplios, por lo que en prácticamente todo momento el jefe podrá tener una visual sobre su unidad, en cambio, durante el combate en población, el jefe de sección perdería la visual de casi su unidad al completo, debido a los muros, puertas, etc. Si el jefe tiene en un dispositivo los planos de la edificación, así como las localizaciones de cada uno de los componentes de su unidad se podría complementar la red radio de combate, no solo con mensajes por radio a tiempo real, sino además sabiendo el punto exacto en el que se encuentran, facilitando así el mando y control. Esta funcionalidad ha recibido la máxima importancia por parte de 6 participantes.



- La obtención de información de manera instantánea: esta pregunta, al igual que la anterior es prácticamente igual que la de obtención de datos de manera instantánea que se encontraba en el apartado anterior. Si durante este tipo de operaciones se consigue que todo lo que se vaya encontrando pueda marcarse sobre un mapa, enviar una foto o video al jefe que está dirigiendo la operación en tiempo real, el flujo de información sería mucho más fluido y podrían tomarse decisiones de manera mucho más acertada con bastante más información. Esta funcionalidad ha recibido la máxima importancia por parte de 7 mandos, y una gran importancia (con puntuación de 4) por parte de otros 7.
- La consecución de enlace con sus unidades en todo momento: uno de los problemas que se puede tener en este tipo de operaciones está estrechamente relacionado con mantener el enlace. El motivo de que aumenten las posibilidades de perder la red radio de combate es proporcional en numerosas ocasiones al grosor de los muros en las edificaciones. Una edificación con muros de hormigón con un grosor prominente en numerosas ocasiones supone que las ondas de radio no consigan atravesarlo. La posible solución a este problema sería la instauración de la radio Harris, ya que tiene un ancho de banda más grande que la PR4G, por lo que es mucho más complicado que pierda el enlace. Esta capacidad ha sido valorada con importancia por los mandos del Ejército de Tierra.
- El tamaño del dispositivo que portan los operadores de radio: es llamativo que la mayor parte de los mandos de infantería a los que se les ha preguntado le hayan dado una valoración de poca importancia. El tamaño del dispositivo que puede portar un combatiente está estrechamente ligado con la movilidad del mismo, ya que, a mayor tamaño y peso, mayor será también su dificultad a la hora de entrar en habitaciones o saltar ventanas. Una posible solución a este problema es el ATAK, dado que con este sistema puede enviarse todo tipo de datos de manera instantánea, así como poder ver la localización de todos los dispositivos que se encuentren en el mismo servidor. El tamaño de esta solución se reduciría al de una Tablet o dispositivo móvil.

## 6 Comparativa de presupuestos BMS-ATAK

Los datos sobre los componentes necesarios para la instalación del BMS-Lince se han obtenido a través de Intranet, mediante SIGLE, en el apartado de datos básicos-artículos. Por otra parte, las cifras del ATAK pueden extraerse de Google Play Store (en el caso de la versión civil) y de la información obtenida por parte del Teniente perteneciente al MOE.

<b>BMS</b>	Cable datos BMR	488, 27 EUROS
	Tablet	1894, 36 EUROS
	GPS portátil	105, 67 EUROS



	Cable coaxial para GPS SMA	149, 91 EUROS
<b>ATAK</b>	ATAK CIVIL	0, 00 EUROS
	ATAK MILITAR	0, 00 EUROS

Tabla 1. Presupuestos BMS-Lince y ATAK

El total del dinero al que asciende la adquisición de un solo sistema BMS es de 2638,21 euros, en cambio, la adquisición del ATAK es gratuita. Como se dijo con anterioridad, el ATAK civil puede conseguirse manera gratuita desde cualquier dispositivo ANDROID, en cuanto al ATAK militar se adquirió de manera gratuita por parte del ejército americano durante una misión en Irak, con lo cual ambos tienen un coste de cero euros. Si bien hay que tener en cuenta que realmente el precio del ATAK sería exactamente el precio al que cada usuario le hubiese costado el dispositivo móvil o Tablet que porte.

## 7 Análisis DAFO

En este apartado se mencionarán lo que se considera las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades más importantes de cada uno de los sistemas que se han estudiado y analizado durante la memoria. De esta manera se pretende que se pueda tener una más sencilla percepción de los aspectos que han sido más relevantes durante el desarrollo.

### 7.1.1 Sistema BMS-Lince

En cuanto a las debilidades que se pueden encontrar en el sistema BMS, podemos destacar la posible pérdida de enlace entre las radios PR4G, ya sea por exceder el alcance máximo entre ellas o porque en su manera portátil no pueda traspasar el grosor de algún muro. Otra característica que no lo hace idóneo es tanto el gran tamaño que adquiere el sistema al completo, como la complejidad de su montaje, que tiene que realizarlo personal preparado. Por último, añadir, que como se ha mostrado en la tabla de costes, la adquisición de este sistema es bastante más cara en comparación con la adquisición del sistema ATAK.

Una de las principales amenazas de este sistema está estrechamente relacionada con la pérdida de enlace mencionada en el párrafo anterior, ya que si el enlace entre las radios falla se pierde el mando y control que se tiene sobre esa unidad, complicando la posibilidad de comunicación con la misma. Otro problema que conlleva este sistema es que no todos los vehículos llevan instalado el BMS, por lo que el jefe de sección es muy posible que no pueda tener ubicadas a sus unidades en la pantalla de la Tablet, dificultando igual que en la amenaza anterior, el mando y control. Por último, hay que añadir que el ancho de banda que tiene la PR4G también puede suponer un problema, ya que los datos que se reciben en los diferentes dispositivos que se encuentran en la misma malla no se reciben en tiempo real, por lo que una simple solicitud de ayuda o avistamiento de enemigo puede recibirse tarde en el resto de los



sistemas.

La privacidad en la transmisión de datos, mensajes o información de este sistema es una de sus fortalezas, ya que la codificación que tiene la PR4G cuando trabaja en salto de frecuencia, hace que sea prácticamente imposible que nadie externo a la malla pueda acceder a lo que se está intercambiando en la misma. Otro de los puntos fuertes del BMS es que da la posibilidad de poder solicitar u ofrecer los apoyos de fuego que se requieran durante la operación, facilitando así la conducción de la maniobra.

Este sistema ofrece oportunidades al jefe como poder saber qué le está ocurriendo a sus unidades durante la conducción de la maniobra, así como el conocimiento de la posición exacta de las mismas. Otra importante posibilidad que ofrece es que permite el jefe puede acceder a toda la información que vayan recaudando las unidades durante el desarrollo de la operación.

### 7.1.2 ATAK

Una de las mayores debilidades que se pueden encontrar en el ATAK es el no encontrar acceso a internet, ya que esta aplicación necesita acceso a la red para poder trabajar. Como se dijo con anterioridad el ejército español no dispone de numerosas radios Harris, que son las que darían la posibilidad de acceso a la red en cualquier parte del mundo. Otro de los problemas que tiene este sistema es que no se tiene acceso a la totalidad de componentes del programa, ya que están reservados para el uso del ejército americano.

La principal amenaza que presenta este sistema es la actual EW, ya que uno de los principales ataques que se puede sufrir es el hackeo e intento de robo de información. Trabajar sin una VPN o una radio Harris que codifiquen los datos e información que se genera y traspasa supone un alto riesgo para la operación, ya que el enemigo podría estar accediendo a los mismos. Esta aplicación por si sola, sin aplicarle ningún tipo de seguridad no puede usarse sin poner en riesgo la información que se está manejando durante la conducción de la maniobra.

La comodidad en cuanto al tamaño que supone el sistema supone una fortaleza, ya que las dimensiones se reducen a un dispositivo móvil o Tablet, además su sencilla instalación también se trata de una ventaja. La transmisión de los datos y la información en tiempo real hace que todas las decisiones que se tengan que tomar durante el transcurso de la maniobra puedan ser más acertadas y coherentes a medida que vayan sucediendo los diferentes hechos.

Esta aplicación supone un avance importante para los sistemas de mando y control, ya que ofrece la oportunidad al mando de poder tener toda la información de manera inmediata para así poder tomar las decisiones más acertadas. Además, al funcionar mediante la red, y con la posesión de una radio Harris ofrece la posibilidad de que sea prácticamente imposible perder el enlace entre las unidades.



## 8 Posibles implementaciones a la red radio de combate y a los sistemas de mando y control

A medida que pasa el tiempo la tecnología se va desarrollando, abriendo un abanico de posibilidades en el cual se ofrecen numerosas capacidades para el mundo militar. La Guerra Electrónica con todo lo que conlleva está muy vigente en los conflictos y operaciones actuales, dando lugar a ataques de sistemas informáticos, destruyendo redes de gobiernos e incluso haciendo captación para los bandos que componen un conflicto. La seguridad en la red de comunicaciones y en los sistemas es de gran importancia, ya que actualmente prácticamente todas las bases de datos de empresas y gobiernos están informatizadas, dando lugar a que se pueda hacer más daño robando esa información o destruyéndola que lanzando un propio misil.

Es importante saber que la tecnología y los avances no solo sirven para atacar, sino también para defenderse y mejorar las capacidades que puede tener el ejército actualmente. Hay ideas que pueden mejorar el flujo de información y asegurar la red radio de combate con todos los datos que se transfieren a través de ella, así como aparatos que pueden utilizarse para mejorar los sistemas de mando y control a la vez que simplificarlos.

Las propuestas que se contemplan aquí son sugerencias que podrían llevarse a la práctica después de un minucioso estudio sobre su viabilidad y compatibilidad. Personal que tiene más conocimientos en sistemas informáticos y transmisiones, expresa que de una manera teórica (no se ha llevado a la práctica) podrían realizarse estas implementaciones.

### 8.1 Mejora de la seguridad en las bases de datos y flujos de información

Tanto las radios PR4G como las Harris tienen un nivel de codificación muy alto, haciendo que prácticamente sea imposible acceder a las mallas que forman. Es cierto que como se mencionó anteriormente, la tecnología avanza, con lo que no sería de extrañar que en un no muy largo periodo de tiempo esta codificación llegase a ser inservible. Lo mismo pasa con los sistemas de mando y control como el ATAK, la VPN, permite que se trabaje de manera privada y haciendo herméticas las comunicaciones, pero aún así se necesitan unos niveles mucho más altos de seguridad y de hermeticidad en esas comunicaciones y en ese flujo de datos e información.

Es por ello por lo que se podría aplicar a la Defensa una red de seguridad que actualmente se está aplicando con las cripto monedas. Para el traspaso de este tipo de monedas se utiliza un sistema desarrollado por Google denominado Blockchain, el nivel de seguridad del que consta este sistema es de lo más avanzado que hay actualmente en el mundo, haciendo que sea prácticamente imposible modificarlo, acceder a él y hackearlo.

Esta red está formada por unos bloques o nodos, donde cada uno contiene la información (en el caso de las cripto monedas) de todas las transacciones que se han realizado por dicha red. Cuando uno de estos bloques se llena de información se crea otro encadenado con el último registro del bloque anterior. Esto hace que la red sea de las más seguras del momento, ya que



los bloques se verifican a la vez por todos los usuarios que se encuentren en este sistema, con lo que no hay únicamente un registro, si no que varios bloques pueden ser llenados a la vez y encadenados una vez llenos con otro que se genere nuevo. Lo que también hace segura este tipo de red, es que en cuanto detecta que alguien está intentando acceder a él o modificar este registro sin tener acceso al mismo, genera una cadena nueva desde el último bloque, nodo o registro que estuviese lleno.

Esta red en el ámbito de defensa podría realizarse tanto al sistema ATAK, como al BMS, de manera que cuando se llenasen los bloques con información o datos y se generase uno nuevo, en el momento en el que alguien externo quisiese acceder al mismo, se generaría una nueva cadena de comunicación entre nodos, haciendo que fuese imposible acceder de manera externa y protegiendo todos los datos que estuviesen circulando por la VPN.

## 8.2 Posibilidad de obtener la localización de todos los componentes de la unidad durante una operación

Durante el desarrollo de operaciones o ejercicios se ha preguntado y con ello afirmado que la posibilidad de tener el control de los participantes durante la conducción del mismo puede ser de gran ayuda y mejorar el mando y control de la unidad. Hay que añadir a esta funcionalidad que el hecho de que todo el mundo tuviese un dispositivo con el sistema BMS o el ATAK no sería beneficioso para la conducción de la operación dado que, la posibilidad de que todo el mundo pueda mandar datos, información o comunicarse a través del servidor o malla, podría generar una saturación de esta.

Recientemente la empresa de Apple ha lanzado al mercado unos dispositivos que funcionan mediante ondas de radio. Se trata de un aparato del tamaño de una moneda, el cual va destinado a la posibilidad de tener localizados elementos del día a día, tales como las llaves de casa o del coche, la cartera, etc. Este dispositivo envía ondas de radio que son detectadas por el teléfono móvil y dan la posición exacta de donde se encuentran esos elementos que lo contienen.

Puede tener una aplicación muy útil en el ejército, dado que si estos dispositivos y estas ondas de radio pudiesen configurarse de manera que pudiesen entrar en la malla de las radios PR4G o las Harris y tener la misma codificación que estas. Además, la posibilidad que tienen estos aparatos de poder ser geolocalizados haría que, si todo el mundo en la unidad llevase uno, el jefe podría visualizar sus localizaciones facilitando así el mando y control. Todo esto también haría que no todo el mundo pudiese acceder al servidor o malla, evitando que esta pudiese ser saturada.



## 9 Conclusiones

**PRIMERA.** El sistema BMS tiene unas utilidades bien planteadas, pero el fallo del enlace de las radios PR4G puede hacer que no se le pueda dar uso a estas. Además, el ancho de banda de estas radios no permite que la información y las comunicaciones intercambiadas sean recibidas en tiempo real, lo que supone un problema en la red radio de combate, ya que el mando y control ejercido no llega a ser del todo óptimo. El desfase en el tiempo de la recepción de esta información puede suponer un peligro para la misión y las unidades involucradas, por lo que una posible mejora sería implementar el BMS mediante la transmisión de los datos y comunicaciones a través de la radio Harris.

**SEGUNDA.** Puede suponer una mejora del mando y control la instalación del BMS en todos los vehículos de las unidades y no solo hasta nivel jefe de sección. Si uno de los pelotones encontrase algún punto de interés durante la conducción de la maniobra es más lento el proceso de enlazar con el jefe de sección y que este a su vez se comunique con su escalón superior, que si directamente pudiese marcarlo sobre la Tablet del BMS y el jefe de la operación pudiese verlo de manera directa.

**TERCERA.** La aplicación ATAK se encuentra instalada en un dispositivo móvil o Tablet, lo que puede suponer un problema en la privacidad de la red radio de combate, ya que si no se usa una red o un servidor seguro se puede poner en peligro la operación, dado que el enemigo puede conseguir acceder a la información. Los aparatos móviles que tengan acceso a la red y que se porten durante las misiones, deben tener en todo momento cierto grado de seguridad y de privacidad para que no se ponga en riesgo ni la conducción, ni la finalidad de la operación, así como la vida de las personas que participan en ella.

**CUARTA.** Quedan muchos frentes y avances que se deben realizar, dado que los sistemas de mando y control que se encuentran vigentes actualmente no cubren todas las necesidades. Un jefe debe saber en todo momento donde está la gente sobre la que ejerce el mando y que es lo que le está sucediendo en todo momento. Además, se deben mejorar los fallos que suceden con los enlaces de las radios, así como aumentar el alcance de estas. Por último, hay que mencionar que, si la radio PR4G pudiese tener incorporado un GPS, la instalación del sistema BMS sería bastante más sencilla.

**QUINTA.** Es importante mencionar que al igual que la tecnología avanza, y con ello los medios para realizar la EW, también hay que mejorar los sistemas de seguridad vigentes tanto en las bases de datos relacionadas con Defensa, como en las comunicaciones que se realizan cuando tienen lugar las operaciones. Es posibles que haya más métodos a parte del que se ha mencionado en esta memoria, pero es cierto que el Blockchain es uno de los sistemas de seguridad en la red más modernos, herméticos y vanguardistas que hay actualmente, por lo que sería un gran salto de calidad a nivel ejército poder implementarlo en sus sistemas.

**SEXTA.** Merece la pena señalar que cuando se realizaron las encuestas, numerosos participantes respondieron que no había usado el BMS, además se mencionó también que uno de los principales fallos en el enlace y las comunicaciones era debido al desconocimiento de uso de los medios. Es importante saber sobre el funcionamiento y el método de uso de los medios de los que se puede disponer, de esta manera se consigue rentabilizar al máximo las



capacidades de los mismos y disponer de una ayuda complementaria que pueda ser usada durante el desarrollo de los acontecimientos durante las operaciones.



## 10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Espada, Juan M. (2018). *La guerra híbrida, ¿un nuevo concepto?* Disponible en: <http://forodeanalisis.org/la-guerra-hibrida-un-nuevo-concepto/> [Consultado 10-12-2021].

Alvy. (2020). "Las comunicaciones en tiempos de la Primera Guerra Mundial". *Microsiervos*. [Blog]- 6 de febrero. Disponible en: <https://www.microsiervos.com/archivo/tecnologia/comunicaciones-primera-guerra-mundial-enviar-mensaje-1917.html> [Consultado 11-12-2021]

Atak User Guide.

Desconocido (2020). *Thales pondrá a punto las radios PR4G del Ejército Español por 6,8 millones*. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3124177/thales-pondra-punto-radios-pr4g-ejercito-espanol-68-millones> [Consultado 22-12-2021].

Manual ACINF BMS-Lince.

Ministerio de Defensa. Materiales Harris 5800. Disponible en: [https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/Harris\\_5800.html](https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/Harris_5800.html) [Consultado 22-11-2021].

Ministerio de Defensa. Materiales PR4G. Disponible en: <https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/Radiotelefono.html> [Consultado 22-11-2021].

Ministerio de Defensa. Regimiento de Artillería Antiaérea 94. Disponible en: [https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Las\\_Palmas/raaa94/Organizacion/transmisiones/index.html\\_1910061516.html](https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Las_Palmas/raaa94/Organizacion/transmisiones/index.html_1910061516.html) [Consultado 22-11-2021].

Report, J. (2019). "¿Quién fue el inventor de la radio?". *La Vanguardia*, 14 de febrero. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20190214/46405726853/inventor-radio.html> [Consultado 10-12-2021].

SCR-300. Disponible en: <https://hmong.es/wiki/SCR-300>. [Consultado 11-12-2021]

Suárez, J. (2007). *Receptor&Transmisor AN/PRC-77/25*. Disponible en: <https://alfaradio.webcindario.com/militar11.htm> [Consultado 20-11-2021].

Zarzoso Arribas, L. (2014). *Los sistemas de comunicación en el ejército romano*. Disponible en: <https://www.historiarum.es/news/los-sistemas-de-comunicacion-en-el-ejercito-romano-por-luis-zarzoso-arribas-/> [Consultado 10-12-2021].



## 11 ANEXOS

### 11.1 ANEXO I: Preguntas abiertas realizadas a los mandos de infantería

- Pregunta nº1:

¿Qué es lo que más en falta echa para controlar a su gente durante un ejercicio táctico?

13 respuestas

Un sistema que me permita saber la posición de mis unidades en todo momento.

Conocer posición exacta del personal y falta de enlace en algunas ocasiones

Un sistema de mando y control bueno

Enlace vía radio

Una malla de transmisiones fiable

Cascos dualcom con doble PTT

El uso generalizado de transmisiones de la casa Harris o similar

La falta de conocimientos que el personal de las FAS tiene sobre medios de la RRC

Un buen sistema de control para pequeñas unidades

Nada

Un buen sistema de Mando y Control. Tener un correcto enlace.

Trx para todo el personal

Enlace permanente con el escalón inferior y superior



- Pregunta nº2:

¿Cree usted que en las tropas de infantería ligera es más difícil ejercer el mando y control? ¿Por qué?

15 respuestas

Si, es mas complicado que si te mueves usando un BMS. Porque si en algún momento pierdes el enlace Visual o el enlace Radio, es muy complicado controlar la maniobra. A no ser que establezcas unas buenas medidas de coordinación antes de empezar el tema con el objetivo de tener que coordinar lo menos posible y que los Pn trabajen libremente.

Si y sobre todo una vez que se empiezan a escuchar tiros

Si, porque no siempre se tiene visión sobre el personal

Si, por la cantidad de gente que hay que controlar (incluso aunque se haga a través de los mandos intermedios)

No, dado que es relativamente fácil, al menos a nivel sección, controlar a simple vista y por la voz

No. Es mas complicado una ud. Mecanizada

Porque para tener el control no solo depende del mando y el adiestramiento, también del terreno y ambiente.

Si, principalmente por la cantidad de personas que integran cada unidad táctica

No. Aunque el mando está descentralizado, la distancia a las que operan no es excesivamente grande

No. Considero que en unidades mecanizadas/ acorazadas y protegidas es más complicado, ya que el ritmo de batalla es mayor, así como la amplitud del despliegue

Según el tipo de misión. No creo que sea más difícil, pero es muy diferente al trabajo de otros unidades y tal vez se necesita mucha más coordinación.

Sí. Porque a cierto nivel, el único enlace existente es el contacto visual, perdido este, ejercer el Mando y Control es complicado.

Si, porque no hay sistema de control

No. Los despliegues son mas pequeños lo que facilita el control de la unidad

No, ya que los despliegues son menos extensos que en otra unidad como las uds. mz. Y el mando de uds. ligeras se puede realizar a la voz, mediante imitación, uso de ATR, ...



- Pregunta nº3:

Cuando está en un lugar sin cobertura, ¿cómo ejerce el mando sobre sus unidades?

16 respuestas

Mediante uso de medidas de coordinación visual (Paineles, LED's) ; mediante ATR.

Llevo el plano descargado en el gps y aparte en papel

Enlace radio

A la voz y con enlaces

Por la amplitud del despliegue que toman

Mediante una malla de walkies

A la voz y con medidas de coordinación planeadas previamente

En lo posible con medidas de coordinación antes de realizar la operación.

Mediante la aplicación atak (mediante la utilización de goTenna y mediante radio).

Medidas de coordinación adoptadas previamente en un planeamiento

Señales, medidas de coordinación marcadas en el planeamiento o un flecha

A la vista y a la voz. Medidas coordinación temporales.

Enlace radio, ATR, a la voz o gestos

Imitación

Con trx

A la voz, mediante ATR, por imitación, mediante gestos



- Pregunta nº4

¿Cuál cree usted que es el mayor problema que tenemos en los sistemas (ya sean radios o aplicaciones) que utilizamos para enlazar durante los ejercicios tácticos?

16 respuestas

La mayoría de las veces, se acaba perdiendo el enlace. Lo cual dificulta introducir modificaciones en el desarrollo de la operación

La geografía del terreno

Muchos fallos que hacen emplear mucho tiempo, perdiéndolo de instrucción

Si

Que la falta de instrucción nos lleva a no sacarle todo el partido al equipo.

La fiabilidad y el alcance en orografías abruptas

Los "oficiales" estan obsoletos y son poco intuitivos y los buenos tomados de otros ejercitos no estan integrados en nuestro ejercito. Requieren dispositivos cifrados y modernos de los que el ET no difspone.

Mayor alcance de las radios

Baja capacidad de ancho de banda

La falta de enlace por problemas de red entre los diferentes nodos o estaciones

En caso de las radios que en el et no se han modernizado los sistemas. En caso de las aplicaciones que no podemos depender de una app sin cifrado, ya que los medios de ew enemigos podrían interceptar esas señales y descifrarlas

Falta de seguridad y del cifrado de las comunicaciones, utilizando medios en FFG los cuáles són capaces de encriptar la información en otros modos.

Problemas de sobrecarga de mallas/Red. Mal funcionamiento en general del sistema.

Cobertura

Precariedad de los sistemas militares (unicos que deberian ser utilizados ya que van cifrados)

Batería de los medios, alcance y antigüedad (radios )

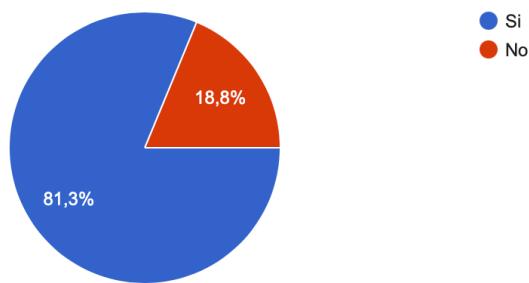


## 11.2 ANEXO II: Preguntas con respuesta sí o no.

- Pregunta nº1:

¿Ha oido usted algo sobre la aplicación ATAK?

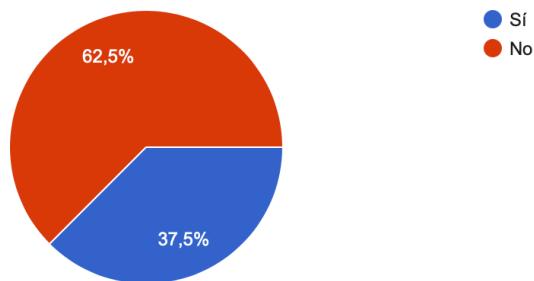
16 respuestas



- Pregunta nº2:

¿Ha utilizado alguna vez la aplicación ATAK?

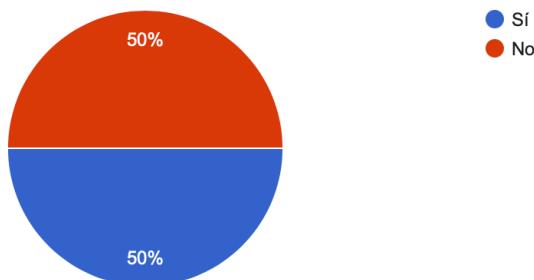
16 respuestas



- Pregunta nº3:

¿Ha utilizado alguna vez el sistema BMS-Lince?

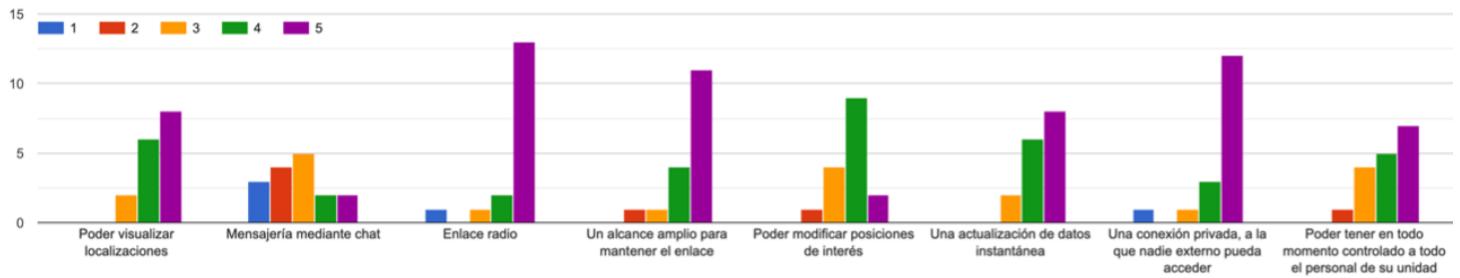
16 respuestas





### 11.3 ANEXO III: Valoración de necesidades y funcionalidades

- Valoración de necesidades:



- Valoración de funcionalidades:

