



Trabajo Fin de Grado

Planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones
de una Compañía de Infantería mediante la aplicación
ATAK.

Arturo Millán López

Director académico: D. Alberto García Martín

Director militar: D. Daniel Barroso Capilla

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021



Agradecimientos

En primer lugar me gustaría expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a las personas que han hecho posible que pueda llevar a cabo este proyecto. A mis dos directores, el profesor D. Alberto García Martín y el capitán D. Daniel Barroso Capilla por su plena disponibilidad para ayudarme a sacar el proyecto adelante.

En segundo lugar, dar las gracias al capitán D. José Alejandro Sevilla Triviño, jefe de la primera compañía del Grupo de Regulares de "Melilla" nº52, el cual ha ejercido como mi tutor militar, al teniente D. Julio Salom Coveñas jefe de la segunda sección de la primera compañía, por su guía a lo largo de todas las prácticas. Quisiera continuar dando las gracias al teniente D. Álvaro García Gómez, jefe de la primera sección de la primera compañía, al sargento primero D. Ahmed Ahmed Said jefe de la sección de apoyo de la primera compañía, por todas las ayudas y enseñanzas que sin los cuales tampoco hubiera podido realizar este trabajo. Por último, al cabo primero D. Jonatan Higuera Orjuela, que gracias a su incondicional ayuda por enseñarme la utilidad de todas las funciones y posibilidades que ofrece la aplicación ATAK.

Finalmente, pero no por ello menos importante, dar las gracias a mis padres y mi hermana, D. José Millán Cabaña, Dña. Taciana López Yagüe y Dña. Ariadna Millán López, por su incondicional apoyo a lo largo de todos mis años de formación. A mi pareja Dña. Paula Almería González, por su gran apoyo y amor durante mi paso en ambas academias.



RESUMEN

El mando es una de las funciones fundamentales de combate. El Ejército de Tierra ha desarrollado en los últimos años herramientas de mando y control a nivel de grandes unidades, pero no existe una herramienta en la doctrina a nivel de Compañía. El Grupo de "Regulares de Melilla" nº 52 lleva años intentando mejorar esta función usando para ello los medios de transmisiones disponibles en dotación hasta el nivel de compañía y aplicaciones instaladas en Smartphone o Tablet que permiten la geolocalización de los diferentes elementos de combate y su visualización sobre diversas capas de información geográfica. Sin embargo, ninguno de estos recursos satisface las necesidades de los mandos de este Grupo.

En este contexto, el objetivo general de este trabajo es evaluar la utilidad de la aplicación ATAK para planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería. Para su cumplimiento se ha diseñado una metodología que se articula en tres fases: (i) conocimiento de las capacidades potenciales de la aplicación ATAK para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería; (ii) creación de una versión Beta de un protocolo de utilización de la aplicación ATAK para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones y testeo en un ejercicio práctico real; y (iii) identificación de las limitaciones de la aplicación ATAK y de la versión Beta del protocolo creada y proposición de mejoras para que el uso de esta aplicación sea más efectivo por parte de las unidades seleccionadas en el trabajo. La primera fase se resuelve mediante la consulta de bibliografía e informes especializados y la obtención de información complementaria, así como con el estudio y experimentación con la citada aplicación. La segunda combina el conocimiento adquirido de la aplicación con su utilización en las maniobras realizadas durante las Prácticas Externas con la Primera Compañía del Tabor de 'Alhucemas' I/52 del GREG-52 en las Minas del Marquesado (Granada) del 29 de septiembre al 4 de octubre de 2021. La tercera y última fase se basa en lo observado en las citadas maniobras.

Los resultados del trabajo reflejan que la aplicación ATAK posee unas capacidades potenciales que la convierten en una herramienta adecuada de mando y control para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería en zonas urbanizadas, siendo posible estandarizar su uso para estos fines mediante la adaptación de un sencillo protocolo que marca las tres fases fundamentales que permiten optimizar su rendimiento. Sin embargo, tanto la aplicación como el protocolo propuesto tienen margen de mejora, siendo dos ejemplos de ello la necesidad de incorporar la simbología OTAN APP-6(C) y la necesidad de contar servidores securizados propios que permita interconectar a los dispositivos, respectivamente.

En conclusión, se puede afirmar que la aplicación ATAK es útil para planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería, al menos, para el combate urbano, dado que es el ámbito que se ha testado en este trabajo.



Palabras clave

Mando y control, instrucción y adiestramiento, aplicaciones de geolocalización, combate urbano.



ABSTRACT

Command is one the fundamental functions in combat. In the last few years, the Army has developed command and control tools for large units, but there isn't a tool at the company standard. The Group de "Regulares de Melilla" nº52 has been trying to improve this function for years using the available transmission means up to the company standard and apps installed on smartphones or tablets that allow for geolocation of the different combat elements and their visualization over diverse geographical information layers. However, none of these resources satisfies the needs of the commanders of this group.

In this context, the general goal of this assignment is to evaluate the use of the ATAK application for planning and execution of exercises and operations of an infantry company. For its compliance a methodology has been designed, which is articulated in three phases: (i) knowledge of the potential capacities of the ATAK app for planning and execution of exercises and operations of an infantry company; (ii) creation of a beta version of a protocol usage of the ATAK app for planning and execution of exercises and operations and testing in a real practical exercise; and (iii) identification of the limitations of the ATAK app and the beta version of the created protocol and proposition of improvements so the usage of the app by the selected units in the assignment is more effective. The first phase can be resolved through search for bibliography and specialized reports and the obtaining of complementary information, just like with the studying and experimentation with the mentioned app. The second phase combines the knowledge obtained by the app with its usage in the maneuvers carried out during the external practices with the first company of the Tabor of 'Alhucemas' I/52 of GREG-52 in *Minas del Marquesado* (Granada) from September the 29th until October the 4th of 2021. The third and last phase is based on the observation of the mentioned maneuvers.

The results of this assignment reflect that the ATAK application possesses potential capabilities that make it an adequate tool for command and control of the planning and execution of exercises and operations of an infantry company in urbanized areas, making it possible to standardize its use for these ends by means of the adaptation of a simple protocol which mark the three fundamental phases which allow to optimize its performance. However, both the app and the proposed protocol have a large improvement margin, being two examples of this the necessity to incorporate the symbology OTAN APP-6(C) and the necessity to count on suitable secured servers which allow to interconnect to the devices, respectively.

In conclusion, it can be affirmed that the ATAK application is useful for planning and execution of exercises and operations of an infantry company, at least for urban combat, due to the fact that this is the field where it was tested for this assignment.

KEYWORDS

Command and control, instruction and training, geoapps, urban combat.



INDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	I
<i>RESUMEN</i>	II
<i>Palabras clave</i>	III
<i>ABSTRACT</i>	IV
KEYWORDS	IV
<i>INDICE DE FIGURAS</i>	VII
<i>INDICE DE TABLAS</i>	VIII
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	IX
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	3
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE	3
2.2 METODOLOGÍA	3
3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	6
3.1 Situación actual del mando y control en Compañías de infantería	6
3.2 Análisis de las posibilidades de aplicaciones de geolocalización sobre dispositivos móviles para el mando y control en unidades de infantería.....	12
4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	17
4.1 Capacidades potenciales de la aplicación ATAK para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería.....	17
4.2 Creación de una versión Beta de un protocolo de utilización de la aplicación ATAK.	21
4.3 Identificación de las limitaciones de la aplicación ATAK y de la versión Beta del protocolo creada y propuesta de mejoras.....	26



4.3.1. Limitaciones de la aplicación ATAK y propuestas de mejora.	26
4.3.2. Limitaciones del protocolo Beta y propuestas de mejora.	27
5 CONCLUSIONES.....	29
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Radio PR4G V3. Fuente: (MINISDEF, s.f.b).....	7
Figura 2: Radioteléfono SPEARNET. Fuente: (MINISDEF, s.f.c).....	8
Figura 3: PNR500 con sus componentes. Fuente: (MINISDEF, s.f.d).....	9
Figura 4: Ejemplo de planeamiento en Carta Digital. Fuente: Elaboración propia.	14
Figura 5: Ejemplo de planeamiento mediante la aplicación ATAK. Fuente: Elaboración propia.	15
Figura 6: Radar Chart de los sistemas OruxMaps, Carta Digital y ATAK. Fuente: Elaboración propia.....	16
Figura 7: Dispositivo DollaTek LoRa32 V2.1. Fuente: Elaboración propia.....	20
Figura 8: Ejemplo de red en ZeroTier. Fuente: Elaboración propia.....	23
Figura 9: Prueba de la versión Beta. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 10: Simbología APP6 para representar una sección de infantería ligera. Fuente: Elaboración propia.	26
Figura 11: Carpeta compartida en Google Drive. Fuente: Elaboración propia.	28
Figura 12: Registrarse en la página de ZeroTier. Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 13: Crear una red. Fuente: Elaboración propia.	36
Figura 14: Editar la red creada a criterio del usuario. Fuente: Elaboración propia.	36
Figura 15: Descargar la aplicación ZeroTier en Play Store. Fuente. Elaboración propia.	37
Figura 16: Añadir la red creada anteriormente a la aplicación. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 17: Hacer la red online. Fuente: Elaboración propia.	38
Figura 18: Habilitar en opciones de red el uso de datos móviles desactivar IPv6. Fuente: Elaboración propia.	38
Figura 19: Activar todas las opciones de “Manage Inputs”. Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 20: Activar todas las opciones de “Manage Outputs”. Fuente: Elaboración propia.	39



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de la PR4G V3. Fuente: Leal (2017).....	7
Tabla 2: Características de SPEARNET. Fuente: Leal (2017).	8
Tabla 3: Características de la PNR500. Fuente: Leal (2017).	9
Tabla 4: Resultados de los jefes de sección de la encuesta sobre las preguntas en el ámbito de combate urbano. Fuente: Elaboración propia.	11
Tabla 5: Resultados de los jefes de compañía sobre las preguntas de la encuesta en el ámbito de combate urbano y la media total de ambas tablas. Fuente: Elaboración propia.	11



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

A-GPS	Assisted Global Positioning System
APP6	Allied Procedural Publication 6
Apps	Aplicaciones
BMS	Battle Management System
BRIEX	Brigada Experimental
C2	Sistema de mando y control
CEGET	Centro Geográfico del Ejército
CMT's	Campos de maniobras y Tiro
CUMA	Cuadros de mando
EEUU	Estados Unidos
ET	Ejército de Tierra
GB	Gigabyte
GNSS	Sistema Global De Navegación Por Satélite
GREG-52	Grupo de "Regulares de Melilla" nº 52
JEMAD	Jefe de Estado Mayor de la Defensa
MADOC	Mando Adiestramiento y Doctrina
MINISDEF	Ministerio de Defensa
MOE	Mando de Operaciones Especiales
NOP	Norma operativa
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PEXT	Prácticas Externas
SIG	Sistema de Información Geográfica
TFG	Trabajo Fin de Grado
UCO's	Unidades Centrales Operativas
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency



1 INTRODUCCIÓN

“Fuerza 35” es el proyecto de transformación del Ejército de Tierra (ET) que pretende que las fuerzas terrestres de nuestro país estén preparadas y sean eficaces para el combate actual y para el que se desarrollará en el horizonte del año 2035. Este proyecto está liderado por el Jefe de Estado Mayor de la Defensa (JEMAD) y su fin último es mantener unas fuerzas terrestres eficaces y proporcionadas al nivel de ambición establecido. Para ello son necesarios nuevos procedimientos y tecnologías que faciliten la labor del personal, una nueva organización que cuente con todos los apoyos necesarios para el cumplimiento de la misión y un personal adecuadamente instruido y capacitado para ello (Ejército de Tierra, s.f.a).

Tal y como se recoge en el Resumen ejecutivo de “Fuerza 35”, el mando es una de las funciones de combate básicas que debe estar bien cubiertas en las futuras unidades de referencia, las “Brigadas 35”. Para ello se requerirá de un “sistema de mando y control que integre en tiempo útil todas las funciones de combate proporcionando una *Common Operational Picture* única y actualizada”. En este sistema de mando y control (C2), “resultará crítica la gestión de la información para proporcionar la adecuada a cada escalón con oportunidad” (Ejército de Tierra, s.f.a).

La función de combate mando, según Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC) (2013), “comprende el conjunto de actividades mediante las cuales se planea, dirige, coordina y controla el empleo de las fuerzas y de los medios en las operaciones. Esta función armoniza todas las demás funciones de combate, para darles coherencia en el cumplimiento de la misión encomendada”. Para realizarse, el C2 se apoya en una serie de herramientas o instrumentos de transmisión conectados entre sí que permiten comunicarse a los diferentes escalones o unidades que intervienen en la operación. No debe confundirse la función de mando con los C2 o medios de transmisiones que la apoyan, siendo los C2 herramientas utilizadas por el mando para el correcto desempeño de la función, adaptándose éstas al proceso y no a la inversa (Ministerio de Defensa –MINISDEF-, 2015). El ET ha desarrollado en los últimos años herramientas C2 a nivel de grandes unidades, Regimiento y Batallón, pero no existe una herramienta corporativa definida en la doctrina a nivel de pequeñas unidades como Compañías y Secciones. Este trabajo se enfoca en la búsqueda de una herramienta adecuada para el planeamiento y la ejecución de operaciones a nivel de Compañía, en concreto, de Compañías de Infantería.

En la actualidad, el C2 en Compañías de Infantería se identifica con los medios de transmisiones disponibles en dotación hasta este nivel e inferior. Estos medios de transmisión son las radios PR4G V3, SPEARNET y PNR500. Junto a esto, en los últimos años, han proliferado por las distintas unidades repartidas por el territorio nacional el uso de aplicaciones instaladas en Smartphone o Tablet que permiten la geolocalización de los diferentes elementos de combate y su visualización sobre diversas capas de información geográfica (mapas topográficos, ortoimágenes, modelos digitales de elevaciones, etc.), lo que posibilita complementar, o incluso superar, las capacidades de mando proporcionadas por las radios anteriormente citadas. Ejemplos de estas aplicaciones son Oruxmaps, TwoNav y la desarrollada por el Centro Geográfico del Ejército de Tierra, Carta Digital versión Android.

Sin embargo, tal y como se verá en el apartado de esta memoria dedicado a los “Antecedentes y Marco Teórico”, ninguna de las radios en dotación y ni de las aplicaciones de geolocalización mencionadas satisface las necesidades de C2 de la Unidad donde se realizaron las Prácticas Externas (PEXT), el Grupo de “Regulares de Melilla” nº 52 (GREG-52). Esto es así porque, en palabras del Director Militar de este trabajo, el Capitán Barroso Capilla,



ninguna de estas herramientas “permiten el seguimiento en vivo sobre el terreno de las distintas unidades en que se disgrega la Compañía en una operación permitiendo una comunicación instantánea con o desde el mando y entre ellas”.

En este contexto, era conocido en el seno del GREG-52 la utilización que el Mando de Operaciones Especiales (MOE) del ET está haciendo en la actualidad de la aplicación ATAK como herramienta de C2. Esta aplicación, que funciona en dispositivos móviles con sistema operativo Android y que fue desarrollada por el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea estadounidense, permite la utilización de capas de información geográfica que describen el entorno en el cual se realiza la operación, una geolocalización y navegación de precisión y el intercambio de datos entre los distintos usuarios de forma inmediata. Además, posibilita el conocimiento de la situación en tiempo real de todos los elementos que están haciendo uso de ella. Por último, reseñar que permite el uso de la simbología estándar militar MIL-STD-2525B y de símbolos personalizados (ATAK, 2021).

El hecho de que la unidad más a vanguardia del ET hiciera uso de ATAK como herramienta de C2 junto con las propiedades expuestas de ésta, determinaron el deseo del GREG-52 de conocer de forma directa y de manera práctica si esta aplicación era útil para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una compañía de infantería, motivo por el cual se solicitó la realización del presente Trabajo Fin de Grado (TFG).

Así, en este marco, este TFG pretende evaluar la utilidad de la aplicación ATAK para planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería. Para ello, la presente memoria se divide en las siguientes partes, que se desarrollan tras este apartado de introducción:

- **Objetivos y metodología.** En este apartado se establece el objetivo general del trabajo y de los objetivos específicos que permiten alcanzarlo, así como alcance del estudio. Tras esto, se explicita la metodología diseñada para cumplir con el objetivo principal, las fases en que se articula y las herramientas que se utilizan.
- **Antecedentes y marco teórico.** En este apartado se incluyen los antecedentes y fundamentos del problema a resolver.
- **Desarrollo: análisis y resultados.** En esta parte se incluyen los resultados obtenidos con la metodología adoptada en el trabajo. Se divide en diferentes sub-apartados, uno por cada uno de los objetivos específicos planteados.
- **Conclusiones.** En este apartado se recoge la conclusión de cada uno de los objetivos específicos planteados y se señala la aportación del trabajo en relación con el objetivo general. Finalmente, se plantean unas líneas futuras de trabajo.
- **Anexos.** Por último, se recogen una serie de anexos que permiten profundizar en aspectos trabajados en el TFG que por su extensión o por su carácter no central, no es posible incluirlos en el cuerpo de la memoria.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo de este trabajo es evaluar la utilidad de la aplicación ATAK para planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería. Para el cumplimiento de este objetivo general es necesaria la consecución de una serie de objetivos específicos que se exponen a continuación:

- Conocer las capacidades potenciales de la aplicación ATAK para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería.
- Crear una versión Beta de un protocolo de utilización de la aplicación ATAK para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones y testarla en un ejercicio práctico real.
- Identificar las limitaciones de la aplicación ATAK y de la versión Beta del protocolo creada y proponer mejoras de mejoras para que el uso de esta aplicación sea más efectivo por parte de las unidades seleccionadas en el trabajo.

Es relevante delimitar el carácter que tiene este trabajo, a quién va dirigido y hasta dónde va a llegar. El presente trabajo se puede catalogar como de tipo práctico, ya que la utilidad de la aplicación ATAK para planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería se testó en unas maniobras realizadas durante las semanas del 29 de septiembre y 4 de octubre en las Minas del Marquesado (Granada) con la Primera Compañía del Tabor de 'Alhucemas' I/52 del GREG-52. En concreto, la aplicación se empleó como herramienta C2 para combate urbano, por lo que los resultados y conclusiones de este trabajo se circunscriben únicamente a este tipo de combate. A este respecto, hay que señalar que las zonas urbanizadas serán, previsiblemente, el entorno donde más se combatirá en el futuro (Salas, 2019).

Así pues, va dirigido en primera instancia a resolver las necesidades de mando de esta histórica Unidad en zonas urbanizadas, si bien es de destacar que, el hecho de que el GREG-52 participe siempre en la planificación anual de la Comandancia General de Melilla realizando jornadas de instrucción y adiestramiento enfocadas de forma específica a los conflictos que en la actualidad se puede enfrentar cualquier Compañía de Infantería del ET, hace que los resultados obtenidos sean extrapolables al resto de las que componen el ET en estos ambientes.

2.2 METODOLOGÍA

La metodología planteada para la consecución del objetivo principal se articula en tres fases, que están íntimamente ligadas con los objetivos específicos planteados:

- **Fase 1. Conocimiento de las capacidades potenciales de la aplicación ATAK para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería.** Este conocimiento se basa en la utilización de dos fuentes de información: (i) el manual y otras fuentes escritas y gráficas existentes de la aplicación ATAK; y (ii) la experiencia previa de efectivos destinados en otras UCO's que han trabajo con esta aplicación. Además hay que añadir a esto el tiempo propio invertido en conocer de



forma práctica cada una de sus utilidades y herramientas.

- **Fase 2. Creación de una versión Beta de un protocolo de utilización de la aplicación ATAK para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones y testeo en un ejercicio práctico real.** En función de los conocimientos adquiridos en el punto anterior, se elabora una primera versión del protocolo de utilización de la aplicación ATAK. Esta versión es puesta a prueba en las maniobras realizadas con la Primera Compañía del Tabor de 'Alhucemas' I/52 del GREG-52 del 29 de septiembre al 4 de octubre de 2021.
- **Fase 3. Identificación de las limitaciones de la aplicación ATAK y de la versión Beta del protocolo creada y proposición de mejoras para que el uso de esta aplicación sea más efectivo por parte de las unidades seleccionadas en el trabajo.** En base a los resultados obtenidos en las maniobras realizadas citadas anteriormente, se elabora un listado sobre las carencias de este software para el planeamiento y la ejecución de las operaciones y se proponen mejoras en el protocolo usado.

A continuación, se citan y describen las herramientas utilizadas a lo largo de la metodología que se acaba de describir:

- **Consulta de bibliografía e informes especializados.** La bibliografía (incluyendo dentro de este término manuales, trabajos fin de grado y distintos recurso web) e informes especializados, se han utilizado para conocer las características de las radios que actualmente tiene en dotación el ET hasta el nivel de compañía y las distintas aplicaciones de geolocalización en dispositivos móviles Android que hasta el momento de la realización de este TFG se habían probado en el GREG-52. Así mismo, también se ha empleado para conocer en profundidad la aplicación ATAK. Así, esta herramienta está presente en el apartado de "Antecedentes y Marco Teórico" y en la primera fase metodológica.
- **Obtención de información complementaria.** Para complementar y profundizar en la información obtenida en la bibliografía e informes se mantuvieron contactos con efectivos destinados en la Unidad de destino y en otras. En este sentido, destacan las aportaciones realizadas por el Cabo Primero Jonatan Higuera Orjuela, destinado en el Regimiento de Infantería 'Garellano' 45 en Mungia, para el conocimiento de la aplicación ATAK. De esta manera, este recurso está presente en el apartado de "Antecedentes y Marco Teórico" y en la primera fase metodológica.
- **Encuestas.** Una encuesta es definida como "un método científico que puede ser utilizado para identificar variables y relaciones, sugerir hipótesis y dirigir otras fases de la investigación" (Hernández, Fernández y Baptista, 1997). Esta herramienta ha sido empleada en el apartado de "Antecedentes y Marco Teórico" para conocer los conocimientos adquiridos y experiencias previas del personal del Tabor de 'Alhucemas' I/52, pudiendo así concretar de una forma sintética las necesidades de una herramienta útil para mando en las Compañías de Infantería. Esta herramienta se empleó sobre una muestra estratificada, es decir, no sobre toda la "población" que compone el GREG-52, sino a un grupo de expertos en el mando y control. En concreto, el personal encuestado debía cumplir el siguiente requisito: tener bajo su mando una entidad tipo Sección o una Compañía. Con esta restricción, la encuesta se realizó a 4 jefes de compañía y 12 jefes de sección. Aunque la cantidad numérica de personal no



es la suficiente como para poder ser considerada evidencia estadística, este personal cuenta con una formación amplia tanto en combate convencional como en combate urbano, provocando que la información que se adquiere en este proceso cuente con un gran valor y se pueda considerar los resultados obtenidos. La encuesta fue creada mediante la aplicación *Google Forms* (<https://www.google.es/intl/es/forms/about/>), siendo distribuido el enlace que daba acceso a ella por la aplicación de mensajería WhatsApp (<https://www.whatsapp.com/?lang=es>). Esta forma de proceder facilitaba a priori que la muestra objetivo respondiera a la encuesta, mientras que a su vez era más fácil analizar los resultados obtenidos.

La encuesta constaba de dos bloques:

- **Bloque 1.** Cuya función es recoger la información de carácter identificativo. Enmarca al usuario encuestado según el puesto táctico, consiguiendo así tratar la información obtenida de una manera eficaz para el análisis de los resultados. Además, se pregunta si posee algún tipo de formación en la utilización de herramientas de mando y control en dotación en ambientes urbanos, la realización de algún curso que sea de utilidad para la instrucción en estos entornos y si ha participado en alguna misión internacional.
- **Bloque 2.** Tiene como objetivo conocer cuál de todas las opciones preestablecidas considera el encuestado las más influyentes a la hora de la perdida de mando y control en zonas urbanizadas y, así, poder evaluar cuál es la mejor opción para subsanar el problema. En este bloque se proporciona al encuestado una serie de problemas a los que tiene que otorgar una puntuación del 1 al 5, siendo 1 poco influyente y 5 muy influyente.
- **Radar Chart.** Radar chart es una herramienta gráfica de análisis que facilita la elección entre diferentes alternativas mediante la visualización de los parámetros de comparación comunes establecidos en cada una de ellas. Está formado por un gráfico en el cual cada variable de comparación está provista de un eje que comienza en el centro. Todos sus ejes están dispuestos radialmente y con una distancia igual entre sí, siendo la misma escala para todos. Cada valor de la variable se traza a lo largo de su eje individual y todas las variables son conectadas entre sí para formar un polígono (Ribecca, 2019). Esta herramienta de análisis se ha empleado en el apartado de “Antecedentes y Marco Teórico” para comparar, desde un punto de vista teórico, las aplicaciones instaladas en Smartphone o Tablet que ya han sido usadas en el seno del GREG-52 (OruxMaps y Carta Digital Android) con la aplicación que se quiere testar de forma práctica en este trabajo, la aplicación ATAK.



3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

3.1 Situación actual del mando y control en Compañías de infantería

Como se ha señalado en la introducción, el mando necesita del concurso de una serie de herramientas que permitan la comunicación y transmisión de datos entre las distintas unidades que intervienen en una determinada operación. La cantidad y calidad de la información y la immediatez con que ésta sea transmitida/recibida por los distintos agentes que intervienen puede determinar el éxito o el fracaso de la misión. Desde 2015 el Ministerio de Defensa se plantea la modernización, adquisición e implementación de nuevas herramientas C2 y sistemas de comunicación que puedan ofrecer facilidades a la hora de dirigir, transmitir información, enfocándose principalmente en la unificación para poder interactuar entre ellos (MINISDEF, 2015).

El mando y control en las Compañías de Infantería se vehicula mediante una serie de radios en dotación a ese nivel o inferiores (sección, pelotón) conectadas entre sí que posibilitan a los mandos, en tiempo real, conocer el desarrollo de la operación, transmitir órdenes y controlar la ejecución de la maniobra. En concreto, estas radios son la PR4G V3, la SPEARNET y la PNR500. A continuación, se recogen las características principales de estas radios:

- **PR4G V3.** El radioteléfono PR4G V3 (ver Figura 1), es el medio principal de enlace para el mando y control y está disponible para todos los escalones de mando de cualquier tipo de unidad. Las capacidades que ofrece esta radio en su última versión, la V3, ha ocasionado una mejora increíble a la hora de ejercer el mando y control entre las unidades. Sin embargo, cuenta con características que provocan un uso ineficiente en unidades de pequeña entidad. Además, el gran inconveniente a la hora de ser empleada por los elementos a pie es su gran tamaño (40cm x 30cm x 10cm) y su peso de 10,5 kg. Por ello, este medio se emplea únicamente desde nivel sección a superiores (MADOC, 2016).

Este radioteléfono permite realizar transmisión tanto de voz como de datos. No obstante, la transmisión de datos posee un bajo ancho de banda (57,6 kb/s) por lo que la operatividad de esta función es muy limitada. Destacar que, se dispone tanto de un atalaje para transportarla a pie como un acople vehicular. Éste, permite en los vehículos ligeros protegidos transmitir radiofónicamente a través de interfonía. En cuanto a la capacidad de enlace (ver Tabla 1), disminuye notablemente al estar en modo portátil. Además, las condiciones meteorológicas y los obstáculos físicos del terreno pueden afectar a la calidad de la transmisión.



Figura 1: Radio PR4G V3. Fuente: (MINISDEF, s.f.b).

PR4G-V3	
Banda de frecuencias	VHF, desde 30 hasta 87,975 MHz
Tipo de antena	Varilla, Fleje, mástil y vehicular
Propagación	Onda reflejada
Potencia de salida	Portátil: 0,5 W, 5 W y 10 W Vehicular: 0,28 W, 5 W y 50 W
Alcance	Portátil: Con antena de varilla o de fleje, 6-8 Km Con antena sobre mástil, 12-25 Km Vehicular: Con antena vehicular, 20-25 Km Con antena sobre mástil, 45-50 Km
Encriptación	Sí, mediante módulos COMSEC y TRANSEC
Transmisión de datos	Sí, 57,6 Kb/s

Tabla 1: Características de la PR4G V3. Fuente: Leal (2017).

- **SPEARNET.** El radioteléfono SPEARNET (ver Figura 2) tiene como uso principal enlazar los pelotones con una sección. A pesar de tener un alcance teórico de 1 kilómetro en soporte portátil y tener la capacidad de una base vehicular aumentando su alcance hasta a 8 kilómetros (ver Tabla 2), su funcionamiento se basa principalmente en la propagación por onda directa.

La capacidad de enlace por proximidad *ad-hoc* disminuye con obstáculos físicos entre los dispositivos. Para solventar esto, este dispositivo permite buscar de manera automática dispositivos cercanos que pertenecen a su propia malla y, así, poder conseguir enlazar con dispositivos a mayor distancia enlazando con los otros dispositivos, que serán usados como repetidores, para finalmente llegar al destinatario. Sin embargo, por la propia orgánica de cada sección se posee únicamente con 4 terminales, 3 para los jefes de pelotón y 1 para el jefe de sección (MADOC, 2017).



Figura 2: Radioteléfono SPEARNET. Fuente: (MINISDEF, s.f.c).

	Spearnet
Banda de frecuencias	UHF, desde 1200 hasta 1400 MHz
Tipo de antena	Flexible
Propagación	Onda directa
Potencia de salida	Portátil: 0,6 W
Alcance	Portátil: Enlace de 1 Km en zonas despejadas y de 250 m en zonas urbanas o densa vegetación. Vehicular: hasta 6 Km con antena vehicular y 8 Km con uso de amplificador
Encriptación	Sí
Transmisión de datos	Sí, con transmisión simultánea de voz y datos

Tabla 2: Características de SPEARNET. Fuente: Leal (2017).

- **PNR500.** Se trata de un radioteléfono ligero (ver Figura 3) cuya función principal es garantizar el enlace entre escuadras y pelotones. Las dimensiones que posee el dispositivo son idóneas para ser portada por el propio combatiente. Además, cuenta con una serie de periféricos que posibilitan seguir usando el dispositivo en el combate. La banda del espectro electromagnético en el que trabaja este radioteléfono es UHF. En lo que a distancia máxima de enlace, su propio manual de operación lo define en 800 metros en espacios abiertos y 300 metros en espacios cerrados (ver Tabla 3) (MADOC, 2010).



Figura 3: PNR500 con sus componentes. Fuente: (MINISDEF, s.f.d).

PNR-500	
Banda de frecuencias	UHF, desde 380 hasta 429,9 MHz
Tipo de antena	Flexible
Propagación	Onda directa
Potencia de salida	Portátil: 0,25 W
Alcance	Hasta 800 m en espacios abiertos y hasta 300 m en ciudades y zonas con vegetación
Encriptación	Sí
Transmisión de datos	Sí, con trasnmisión simultánea de voz y datos

Tabla 3: Características de la PNR500. Fuente: Leal (2017).

En el TFG del ahora Teniente Boloix (Boloix, 2020) se extrajeron las siguientes conclusiones a cerca de la utilidad de los medios de transmisión descritos para el mando y control en Compañías de Infantería ligero protegidas en zonas urbanizadas:

- Tanto la radio SPEARNET como la PNR500, al trabajar sólo en la banda de frecuencia UHF, presenta problemas de comunicación, dado que no son capaces de superar de forma eficiente los obstáculos que hay en estos entornos (paredes, edificios, etc.), pudiendo incluso perderse por completo la señal en pequeñas distancias. Esta conclusión fue contrastada durante las PEXT realizadas en el Grupo de Regulares de Melilla nº52, dado que se emplearon ambos medios durante el periodo de instrucción y se verificó que en un entorno urbano la eficacia del enlace de los dos radioteléfonos es prácticamente nula.
- Ninguna de las radios en dotación permite la geolocalización directa y exacta sobre un mapa que los jefes de sección y compañía de las unidades de infantería ligera requieren para facilitar su labor de mando. Esto es muy importante dado que en combate urbano la dislocación de las unidades es una característica principal, por lo que es necesario y de gran ayuda conocer la posición de unidades, por lo menos, hasta la escala pelotón.

Tal y como recoge el informe “La situación actual de los medios de comunicación a nivel pelotón y otros medios no reglamentarios”, citado en los trabajos de Enrique (2019) y Boloix (2020), dado que las radios en dotación no son capaces de suplir las necesidades tácticas una vez que el personal abandona un vehículo y se desplaza a pie, la gran mayoría de las unidades



ligero protegidas están utilizando herramientas tipo Walkie-Talkies para enlazar tanto a nivel Compañía como inferiores. En dicho informe, se contrastan las distancias de enlace de los medios de transmisiones en dotación, llegando a la conclusión de que en la práctica, los citados medios provocan excesivos problemas para el enlace, siendo los Walkie-Talkies más útiles. Sin embargo, también se reseña que aunque esta solución podría ser de gran utilidad a la hora de la instrucción y el adiestramiento, no es válida para zona de operaciones, dado que la seguridad de las comunicaciones no estaría asegurada. Así, debe de ser ET el que proporcione un medio que pueda garantizar seguridad mediante un cifrado y supla las necesidades de comunicación utilizadas en el seno de un Compañía.

Tal y como se ha referido en el apartado de Metodología, se realizó una encuesta a los jefes de sección y compañía de la Primera Compañía del Tabor de 'Alhucemas' I/52 del GREG-52 con el objetivo de identificar los factores que provocan perdida de mando y control en unidades de tipo sección y compañía de infantería ligera con las radios que en la actualidad se tienen en dotación hasta el nivel de Compañía y contrastar así la información recogida en la bibliografía (Anexo I).

Los resultados obtenidos en el primer bloque (ver apartado de Metodología) indicaron que el 100% de los encuestados han recibido formación en el uso de medios de mando y control en dotación en zonas urbanizadas, ya sea por la formación que adquieren en la Academia General Militar o en la Academia de Infantería, como en la realización de jornadas ajenas a la Unidad que ayudan a su instrucción. En el cuadro de la realización de cursos, solo seis encuestados han participado en cursos para mejorar su formación. Por último, señalar que tres de los encuestados han participado en operaciones internacionales y el único ámbito al que han tenido que hacer frente es el de combate urbano.

Los ítems incluidos en el segundo bloque para identificar posibles sucesos que producen la pérdida de enlace en zonas urbanizadas fueron: (i) fallo en las transmisiones; (ii) fallo en el medio de transmisiones (componentes del medio que fallan); (iii) error asociado a unidades subordinadas (no cumplen con el propósito del mando); (iv) error asociado a unidades superiores (órdenes contradictorias); (v) falta de instrucción con los medios de transmisiones; (vi) disgregación excesiva de las unidades; (vii) condiciones meteorológicas; y (viii) condiciones del entorno (obstáculos artificiales, naturales, etc.). Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 4 (Jefes de Sección) y en la Tabla 5 (Jefes de Compañía). La evaluación de ambas tablas permite inferir a las siguientes conclusiones:

- El mayor problema para el mando y control en zonas urbanizadas es la disgregación excesiva de las unidades (3,88). Nada se puede hacer desde la táctica para solucionar este problema, dado que en zona urbanizada es necesaria la disgregación en pequeñas unidades de combatientes conforme se va avanzando. El aumento de las distancias entre estas pequeñas unidades y la aparición demás fronteras físicas para las ondas utilizadas por las radios en dotación (paredes, muros) hace que se pierda fácilmente la comunicación.
- Las puntuaciones obtenidas en los ítems "fallos en las transmisiones" y en el "medio de transmisiones" (3,75 y 3,83, respectivamente), refuerzan esta consideración, por lo que se puede deducir que el ET tiene que proveer de medios de comunicación eficaces a las unidades que los que actualmente tiene en dotación.
- El siguiente ítem en importancia es el de "condiciones del entorno", con una puntuación de 3,33. Así, se vuelve a destacar, ahora de forma individual, el papel que las paredes



y obstáculos artificiales que aparecen en el entorno urbano a la hora de la transmisión de datos.

- La “falta de instrucción individual” alcanza una puntuación de 3,13, mostrando que es necesario implantar jornadas de formación e instrucción sobre los medios de dotación de transmisión de datos.
- Los aspectos de los “errores asociados a unidades subordinadas” y los “errores asociados a unidades superiores” obtienen una puntuación inferior a 2 (1,42 y 1,17, respectivamente), por lo que no es considerado un problema interno de la propia unidad y no es necesario la búsqueda inmediata de una solución en este aspecto.
- Finalmente, las “condiciones meteorológicas” con una puntuación de 1,58 muestra que la influencia de condiciones adversas del terreno no perjudican gravemente al mando de los jefes, por lo que los efectos naturales que provoca el entorno (lluvia, aire, etc.) son insignificantes para el combate.

	Jefe de Sección												Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Fallo en las transmisiones	5	4	3	4	3	3	4	4	3	4	3	5	3,75
Fallo en el medio de transmisiones	4	4	5	4	3	4	4	3	4	3	3	3	3,67
Error asociado a unidades subordinadas	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	3	1	1,58
Error asociado a unidades superiores	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1,33
Falta de instrucción con los medios TRX	4	3	3	4	4	5	3	4	3	3	3	3	3,50
Disgregación excesiva de las unidades	4	5	5	3	4	4	3	4	5	4	4	3	4,00
Condiciones meteorológicas	2	2	1	1	2	3	1	3	3	1	1	3	1,92
Condiciones del entorno	3	3	3	4	3	3	4	4	3	4	3	4	3,42

Tabla 4: Resultados de los jefes de sección de la encuesta sobre las preguntas en el ámbito de combate urbano. Fuente: Elaboración propia.

	Jefes de Compañía				Media	total
	1	2	3	4		
Fallo en las transmisiones	3	5	4	3	3,75	3,75
Fallo en el medio de transmisiones	4	5	4	3	4,00	3,83
Error asociado a unidades subordinadas	1	2	1	1	1,25	1,42
Error asociado a unidades superiores	1	1	1	1	1,00	1,17
Falta de instrucción con los medios TRX	3	2	3	3	2,75	3,13
Disgregación excesiva de las unidades	4	4	3	4	3,75	3,88
Condiciones meteorológicas	1	1	1	2	1,25	1,58
Condiciones del entorno	3	4	3	3	3,25	3,33

Tabla 5: Resultados de los jefes de compañía sobre las preguntas de la encuesta en el ámbito de combate urbano y la media total de ambas tablas. Fuente: Elaboración propia.

Así, los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los jefes de sección y compañía del GREG-52 confirman lo apuntado en la revisión bibliográfica hecha: los medios de comunicación en dotación en las compañías de infantería (ligera) no son óptimos para garantizar el mando y control en zonas de combate urbanas. Por ello, es necesario de la obtención de un medio o producto que pueda satisfacer las necesidades de una Compañía de Infantería y disminuya en un gran porcentaje los problemas existentes.



3.2 Análisis de las posibilidades de aplicaciones de geolocalización sobre dispositivos móviles para el mando y control en unidades de infantería.

Tal y como se ha señalado en la introducción, el uso de aplicaciones de geolocalización que funcionan sobre dispositivos móviles (Smartphone o Tablet) se ha hecho muy común en las Compañías de Infantería repartidas por el territorio nacional para mejorar las capacidades de mando y control con las radios en dotación que, como se ha visto en el apartado anterior, tienen una serie de limitaciones. La principal ventaja de estas aplicaciones es que permiten integrar Sistemas de Información Geográfica¹ (SIG) y Sistemas Globales de Navegación por Satélite² (GNSS, por sus siglas en inglés), haciendo posible: (i) que el análisis y planeamiento de una operación realizado sobre un software SIG por los mandos sea visualizado y consultado directamente por las unidades subordinadas en el transcurso de la operación en el teatro de operaciones; y (ii) que la información recogida en el teatro de operaciones por esas unidades se trasvase directamente al software SIG utilizado por los mandos, facilitando así la toma de decisiones (García, Lamelas y Montealegre, 2021). Ambas tecnologías, por separado y en conjunto, aumentan la concienciación situacional y el conocimiento del terreno, tanto de los mandos como de los combatientes. Esto se debe a que muestran la posición sobre diferentes capas que dan cierta información topográfica y temática del terreno en el que se está trabajando.

En el caso del GREG-52, dos son las aplicaciones que se habían utilizado de forma previa a la realización de las PEXT: OruxMaps y Carta Digital Android. A continuación, se presentan las características básicas de estas dos Apps y de las de ATAK, la señalada dentro de esta familia de aplicaciones de geolocalización por el GREG-52 para ser testada durante las PEXT como herramienta de mando y control.

- **OruxMaps:** La aplicación OruxMaps es un software disponible para dispositivos móviles Android. La última versión de esta aplicación se puede descargar, previo pago, en Google Play (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.orux.oruxmapsDonate&gl=ES>), existiendo la posibilidad de descargar versiones anteriores de forma gratuita en su página web (<https://www.oruxmaps.com/cs/es/>). Esta aplicación permite la visualización, importación y exportación de mapas en diversos formatos o distintas capas de información geográfica (como relieves 3D u ortoimágenes), de tracks (trazas) y waypoints (Puntos de Interés) (, y, por supuesto, la geolocalización del dispositivo. Todas las capas de información geográfica

¹ Un Sistema de Información Geográfica puede definirse como un “Sistema compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación” (Goodchild y Kemp, 1990).

² El concepto “Sistema Global de Navegación por Satélite” refiere a “un conjunto o constelación de satélites caracterizados por transmitir señales en una frecuencia determinada que es recibida por un receptor y que se utiliza para la localización y posicionamiento de un elemento en la superficie terrestre” (García, Lamelas y Montealegre, 2021).



pueden ser utilizadas *online* (consumiendo datos de Internet) u *offline* (estando almacenadas en la memoria del teléfono). Oruxmaps permite compartir los datos mencionados anteriormente, incluyendo la posición entre dispositivos. Su objetivo principal fue para la creación de rutas de senderismo o rutas para ciclistas y que los usuarios compartieran sus experiencias. Asimismo, la propia aplicación cuenta con estadísticas de las rutas que se van creando con diversos datos, como el ritmo, fecha y tiempo en la que se realizó, etc. Sin embargo, pequeñas unidades han utilizado esta aplicación con el objetivo de ayudar a la ejecución de la maniobra. Esto se debe a que la herramienta permite grabar las rutas, establecer puntos de interés mediante waypoints y visualizar la posición de los dispositivos en tiempo real (OruxMaps, 2017). Todas estas herramientas ayudan a los cuadros de mando a manejar la maniobra con mayor facilidad y suele ser utilizada por entidades de tipo sección o compañía. Además, este software está dotado con la posibilidad de compartir la localización entre distintos dispositivos mediante un correo electrónico. La seguridad del software en lo que refiere a la conexión de los dispositivos puede catalogarse, desde el punto de vista militar, como insegura, dado depende de la conexión a internet del dispositivo que se esté usando.

- **Carta Digital Android.** Esta aplicación es la apuesta del Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET) para dotar a las unidades del ET con capacidad de geolocalización para la instrucción y el adiestramiento. Esta aplicación está solamente disponible en la Intranet del ET, estando restringido su uso a personal del MINISDEF. Al igual que OruxMaps, esta aplicación, que también funciona sobre Android, permite, además de la geolocalización del dispositivo, la visualización, importación y exportación de diferentes capas de información geográfica (que son consumidas en formato *online* u *offline*), de waypoints y de rutas. En comparación con OruxMaps, este software cuenta con la gran ventaja de que se puede conectar directamente con Carta Digital versión escritorio, que es el software SIG para mando y control diseñado por el ET hasta nivel de Compañía. Es decir, existe una transferencia directa entre la versión escritorio con la versión Android. Con ello, se puede disponer en el dispositivo móvil durante la realización de la maniobra del planeamiento previo que se haya realizado en la versión escritorio por parte de los mandos (Figura 4). Su principal desventaja con respecto a OruxMaps es que no es posible compartir la localización entre distintos dispositivos, con lo que no es posible actualizar la posición de los participantes en una determinada maniobra u operación durante su transcurso. Es decir, en otras palabras, mandos y combatientes tienen una buena foto fija en el momento de iniciarse la operación, pero ésta no se refresca durante el transcurso de la misma. Por último, reseñar que, tal y como se recoge en Canales (2018), su uso no está normalizado dentro del ET por lo que falta instrucción en el uso de este software.

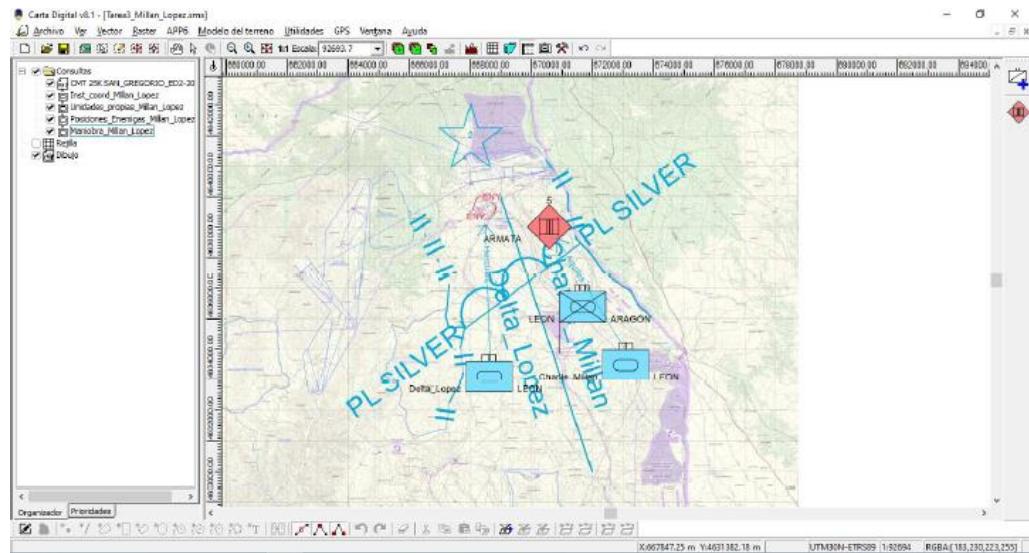


Figura 4: Ejemplo de planeamiento en Carta Digital. Fuente: Elaboración propia.

- **ATAK.** La aplicación ATAK fue creada inicialmente para el cuerpo de Operaciones Especiales de Estados Unidos, pero en la actualidad existen diferentes versiones dependiendo del ámbito de aplicación. En este proyecto se trabaja con la versión civil (CivTAK). Este software se obtiene en Google Play (<https://play.google.com/store/search?q=ATAK&gl=ES>), aunque también es posible obtenerla en su web (<https://www.civtak.org/download-atak/>). En cuanto a sus funciones, señalar que son más similares a las de OruxMaps que a las de Carta Digital ya que además de las genéricas que tiene cualquier aplicación de geolocalización referentes a la creación, importación y exportación de capas de información geográfica, tracks y Waypoints, permite conocer la posición en tiempo real de todos los combatientes conectados entre sí mediante sus dispositivos. Además, este software permite enviar coordenadas o diferentes datos como posiciones enemigas o de diferente índole, envío de imágenes, mensajes y videos y dibujar rutas o diferentes figuras que ayudan al planeamiento (ATAK, 2020). Su uso es sencillo e intuitivo. Además, en comparación con OruxMaps, cuenta con un cifrado de mensajería y transmisión de datos que ofrece una gran seguridad. Todas las funciones mencionadas anteriormente proporcionan una gran flexibilidad durante la ejecución de la maniobra y la posibilidad de añadir diferentes dibujos y puntos favorecen el planeamiento (Figura 5). Sin embargo, como pequeño inconveniente cabe señalar que la conexión entre distintos dispositivos móviles viene determinado por el dispositivo que se use, como en el software mencionado anteriormente (OruxMaps).

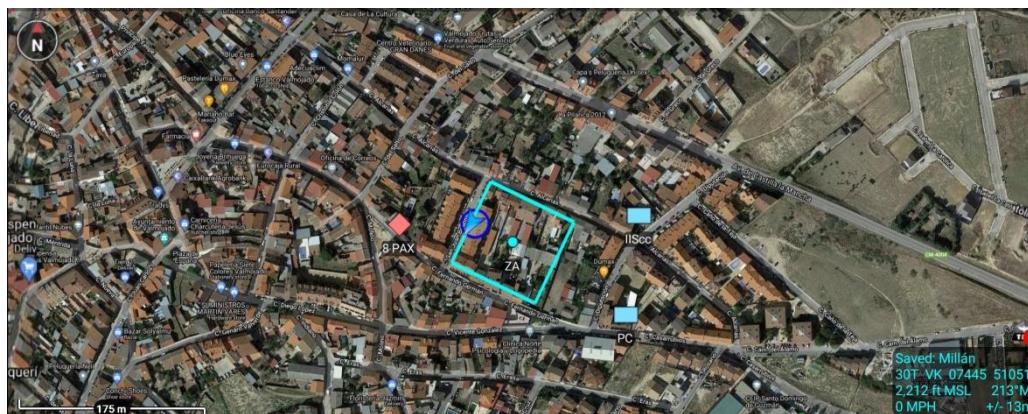


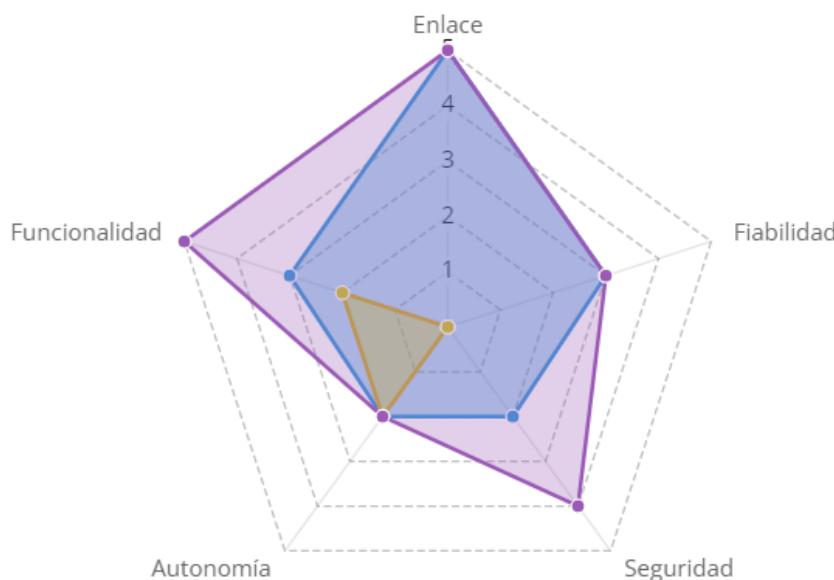
Figura 5: Ejemplo de planeamiento mediante la aplicación ATAK. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se ha indicado en el apartado de metodología, se ha hecho uso de la herramienta Radar chart para comparar diversos aspectos de estas tres aplicaciones que determinan que puedan ser unas herramientas útiles para mejorar el mando y control en pequeñas unidades de infantería en entornos urbanizados. La explicación de estos aspectos, así como la puntuación otorgada a cada aplicación en cada uno de ellos (de 0 a 5) se recoge a continuación. Las valoraciones fueron hechas por los mismos expertos que respondieron a la encuesta presentada en el apartado anterior: los jefes de sección y compañía del Tabor de 'Alhucemas' I/52 del GREG-52. Para ello se realizó un taller en el que se les explicaba los aspectos evaluados y las características de cada una de estas aplicaciones respecto a ellos. La figura 6 muestra el gráfico Radar Chart obtenido.

- **Enlace:** se valora la posibilidad que la aplicación ofrece para mantener la localización de los dispositivos móviles entre sí. Esto garantiza que todos los usuarios de la aplicación conocen la posición exacta y actualizada tanto del puesto de mando como de resto de unidades disgregadas en el teatro de operaciones. ATAK y OruxMaps obtienen una puntuación de 5 debido a que cuentan con la capacidad de transmisión de su posición en tiempo real entre todos los demás terminales conectados sin apenas retardo, así como, obviamente, la capacidad de recepción de la posición del resto de usuarios. En cambio, Carta Digital no cuenta con esta función, por lo que recibe una puntuación de 0.
- **Fiabilidad:** se evalúa la probabilidad mantener el enlace entre dispositivos teniendo en cuenta las características de las zonas urbanas. OruxMaps y ATAK cuentan con una puntuación de 3, esto se debe a que una parte de la exactitud de la geolocalización de la red, se ve afectada cuando se está dentro de una edificación, ya que no hay señal GNSS y la localización se produce por red de telefonía móvil o internet. Carta Digital recibe una puntuación de 0 ya que no permite el enlace entre los distintos dispositivos.
- **Seguridad:** en este aspecto se valora la posibilidad de que la señal sea interrumpida o capturada por el enemigo durante el combate. OruxMaps no cuenta con la encriptación necesaria, provocando que su nota sea de 2. Carta Digital recibe un 0 debido a que no cuenta con la transmisión de datos, por ello su señal no puede ser interrumpida. ATAK cuenta con la posibilidad de encriptar la señal y mensajería, por ello su puntuación es 4.



- **Autonomía:** este aspecto refiere al tiempo en el que el dispositivo puede estar en funcionamiento sin ser recargado. Las tres aplicaciones cuentan con un 2 ya que depende del dispositivo móvil que se use, no obteniéndose la puntuación de cinco por ser todos ellos de batería recargable que no puede ser sustituida por otra. Sin embargo, si estas fuesen extraíbles como ocurre en las radios recibirían la puntuación de cinco. A este respecto, señalar que lo ideal sería utilizar un dispositivo móvil rugerizado que cuente con una batería de 5.000 miliamperios (mAh) (ver, por ejemplo, la gama de teléfonos Hammer, <https://es.hammerphones.com/>).
- **Funcionalidad:** se tiene en cuenta el número de posibilidades que ofrecen las aplicaciones en el mando y control en el combate urbano. OruxMaps cuenta con un 3 ya que cumple las funciones básicas que necesitan las pequeñas unidades en sus operaciones. Carta Digital obtiene un 2 debido a que permite observar el planeamiento diseñado con Carta Digital versión escritorio, pero durante el desarrollo de la operación no refresca la información del mando ni del resto de unidades en que se ha disgregado la Compañía. ATAK adquiere la puntuación más alta (5) ya que el número de posibilidades que ofrece son inmensamente mayores que cualquiera de los otros dos softwares, como, por ejemplo, enviar posiciones de enemigos en tiempo real, emitir mensajes encriptados y medir distancias y rumbos.



■ OruxMaps ■ Carta Digital ■ ATAK

Figura 6: Radar Chart de los sistemas OruxMaps, Carta Digital y ATAK. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa en la figura 6, el resultado de la herramienta gráfica de análisis Radar Chart señala que ATAK tiene mejores prestaciones para el mando y control en zonas urbanizadas de Compañías de Infantería en zonas urbanizadas que las dos testadas previamente, de manera no satisfactoria, en el seno del GREG-52. Por lo tanto, se concluye que es adecuado testar esta aplicación mediante trabajo práctico.



4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Capacidades potenciales de la aplicación ATAK para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería.

Como ya se ha indicado en la introducción, la aplicación ATAK está siendo utilizada en la actualidad para el mando y control por el MOE, unidad que cuenta con el más alto nivel de preparación debido a la exigencia que tiene de poder desplegar y actuar en cualquier momento y situación, lo que la convierte en referente de la fuerza del ET. Esa realidad indica de forma clara que, en efecto, ATAK es una herramienta potencialmente útil para su uso en el mando y control en compañías de infantería. Junto a esto, en el trabajo de investigación previo realizado en este trabajo, se constató que también estaba siendo utilizado por el Regimiento de Infantería Garellano nº45 (Munguía) en sus actividades de instrucción y adiestramiento.

A continuación, se relacionan y desarrollan las capacidades potenciales más importantes de ATAK para el mando y control en una Compañía de Infantería. Cabe señalar que algunas de ellas ya han sido citadas con anterioridad en el apartado 3.2., dado que era necesaria su mención y breve caracterización para comparar esta aplicación con otras similares que, al igual que ella, hacen uso de la geolocalización mediante GNSS para lograr una navegación exacta y precisa con Smartphone y Tablet (OruxMaps y Carta Digital Android):

1. **Realización de planeamientos.** El planeamiento de las operaciones militares busca resolver un problema para el que, en muchas ocasiones, se carece de respuestas para todos los interrogantes planteados y que, generalmente, consiste en hacer frente a un adversario dotado de voluntad propia y un comportamiento cambiante no siempre previsible, capaz de adaptarse a la actuación de las fuerzas propias en un entorno operativo complejo en el que interactúan numerosos actores con mayor o menor influencia en la resolución del problema (MADOC, 2020). Por ello, las capacidades y herramientas de ATAK que posibilitan la realización de planeamientos son:

- **Mapas base.** ATAK tiene la capacidad de emplear todo tipo de capas de información geográfica en formato ráster que representa distintos aspectos del territorio a tener en cuenta a la hora de diseñar un planeamiento efectivo y completo por parte del mando. De entre éstas, por su relevancia a la hora de tomar decisiones en cuanto a la disgregación de unidades, tácticas a emplear y fuerza a movilizar destacan las siguientes:
 - i. **Cartografía topográfica:** esta cartografía ráster recoge, a distintas escalas en función del territorio abarcado (desde pequeñas, como por ejemplo 1:400.000 a grandes, 1:10.000), la información topográfica (altura sobre el nivel del mar, pendientes, orientaciones...) y referencias a aspectos básicos (hidrografía, infraestructuras de transporte, asentamientos...).



- ii. **Ortoimágenes:** dentro de este grupo se incluyen todo tipo de imágenes georreferencias obtenidas mediante sensores situados a bordo de plataformas satelitales, aviones y UAV's. Destacan dentro de este tipo las adquiridas por las dos últimas plataformas, dado que con ellas se obtienen tamaños de píxel por debajo del metro que ayudan a tener una visión detallada y actual de las zonas urbanas (entrámado urbano, disposición de infraestructuras básicas, zonas de aparcamiento, edificios y viviendas unifamiliares...).
- iii. **Modelos Digitales del Terreno (MDT's):** se incluye dentro de este concepto tanto los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE), los cuales proporcionan la información sobre elevación, como capas derivadas de éste (pendientes, orientaciones, visibilidad) y Modelos Digitales de Superficie normalizados (altura sobre el terreno de las formaciones naturales y antrópicas). La precisión de estas capas depende del tamaño de píxel, existiendo en la actualidad en todo territorio nacional capas con una precisión de 2 m.

Es de reseñar que los mapas base pueden ser visualizados y trabajados online y offline, siendo la diferencia entre estos modos, tal y como se ha señalado anteriormente, la necesidad de conexión a Internet o no para consumirlos, respectivamente. La capacidad de poder trabajar offline es esencial dado que, no en todos los lugares del planeta, y menos en zonas de conflicto, está garantizado el acceso a redes de datos móviles.

- **Puntos de control (Waypoints).** Esta herramienta permite la localización de forma exacta y precisa sobre los mapas base de las posiciones propias y enemigas, siendo posible caracterizar todas estas de forma adecuada gracias a la simbología estándar militar MIL-STD-2525B y la amplia posibilidad de edición de simbología de estos puntos de control.
- **Puntero digital (Digital Pointer).** Al ingresar las coordenadas de dicho punto se refleja en la pantalla la posición exacta. Otra forma sería marcando en el propio terreno el punto de interés marcado.
- **Trazas (tracks).** Esta herramienta permite diseñar los distintos itinerarios a seguir para cumplir con la misión encomendada. Al igual que en el caso de los puntos de control, existen opciones de edición de simbología que permiten graduar la importancia y orden de estos movimientos.
- **Dibujado de líneas:** permite implementar en la maniobra todas las líneas relativas a instrucciones de coordinación entre las unidades. Además, se pueden dibujar diferentes figuras geométricas para poder determinar zonas de acción o distintas áreas de interés.
- **Medidor de distancia y orientaciones:** permite la medición exacta y precisa de distintos puntos a elección en el mapa y su orientación con respecto al. Destacar que si se tiene un modelo digital de elevaciones del área donde se esté trabajando puede determinar la diferencia de altura entre ambos puntos (inicial y final).



2. **Conciencia situacional y navegación.** Refiere a la localización inmediata en un sistema de referencia y sobre la pantalla del terminal que ofrece la aplicación en el momento que se activa la opción de geolocalización. Para ello, la aplicación hace uso de la conectividad que el terminal³ (Smartphone o Tablet) tiene a las cuatro redes de satélites GNSS que existen en la actualidad (NAVSTAR-GPS, GLONASS, Galileo y BeiDou) y/o a la tecnología A-GPS⁴. Cuanto mejor sea la conectividad a los satélites GNSS (en términos de cantidad de satélites conectados y calidad de la conexión) y menor la presencia de fuentes de error (no intencionadas y/o intencionadas) mejor será la localización sobre los mapas base preparados en el planeamiento y la posibilidad de seguir las rutas marcadas en éste y, por tanto, mejor será la concienciación situacional y la navegación.
3. **Enlace entre distintos dispositivos.** La aplicación permite conocer en todo momento la posición en tiempo real de los demás miembros conectados al servidor. Así, se consigue subsanar el problema de la disgragación de las unidades y se permite conocer cómo evoluciona la maniobra de acuerdo a lo planeado previamente.
4. **Intercambio de mensajería, datos y vídeos.** Este software permite el envío de mensajería mediante el propio chat de la aplicación. Además cuenta con pequeñas frases cortas que se pueden enviar para reducir el tiempo de escritura. El envío y transmisión de fotos y videos dota al mando de la posibilidad de ver en directo lo que se capture en ese dispositivo. Destacar en este aspecto que se pueden conectar drones y estos grabar y transmitir en directo. Por último, se pueden intercambiar diferentes tipos de datos, tales como posiciones enemigas, mapas y el esquema de la maniobra que se vaya a ejecutar. Sin embargo, hay un tamaño muy reducido en el envío de éstas, una capacidad inferior a 50 Mb
5. **Capacidad de encriptación.** Cabe destacar la capacidad de encriptación de la mensajería dentro de la aplicación, pudiendo sustituir las radios PR4G o los distintos radioteléfonos de dotación que proporciona el ET. Por otro lado, existe la posibilidad de ampliar la seguridad, utilizando o creando servidores para conectar los dispositivos y que cuenten con su propia seguridad.
6. **Asistencia a la red de telefonía móvil.** En tareas de instrucción y adiestramiento en territorio nacional, las capacidades descritas de enlace, intercambio de mensajería datos y vídeos y la localización y navegación con la asistencia de la tecnología A-GPS estarían garantizadas, salvo en zonas de nula cobertura, por las redes de telefonía presentes en nuestro país. Sin embargo, en teatros de operaciones en el extranjero es más difícil el acceso a una malla de telefonía.

³ No todos los terminales tienen acceso a todos los GNSS. Sin embargo, los más modernos, normalmente, sí.

⁴ A-GPS: Tecnología de asistencia para la geolocalización que tienen la mayoría de los Smartphone y Tablet que permite una ubicación más rápida y precisa del terminal gracias a la combinación de la señal GNSS y de la red de telefonía móvil y puntos de distribución de datos de Internet (García, Lamelas y Montealegre, 2021).



La solución de este problema es la utilización de un dispositivo ajeno que consiga mantener el enlace en la mayor parte de las zonas de trabajo. Dentro de las distintas posibilidades existentes, en la actualidad, el Regimiento de Infantería Garellano nº45 está utilizando dispositivo LoRa (Figura 7).

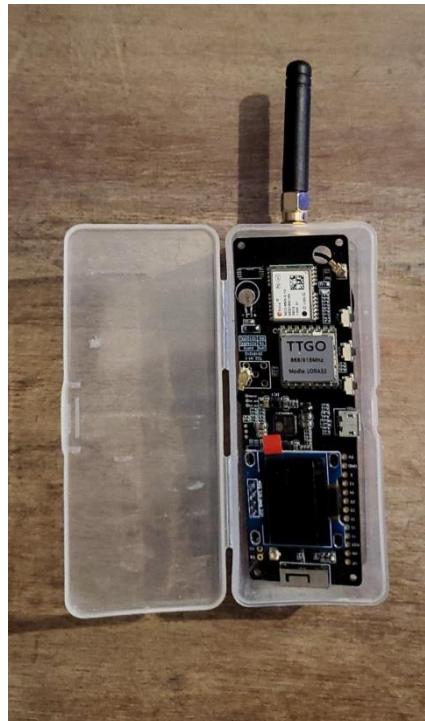


Figura 7: Dispositivo DollaTek LoRa32 V2.1. Fuente: Elaboración propia.

La tecnología inalámbrica LoRa es empleada en comunicaciones militares y espaciales desde hace años. LoRa es ideal para las conexiones en distancias largas, siendo de gran utilidad en lugares con poca cobertura, como es el caso de los campos de maniobras en el que la cobertura y la señal móvil suele fluctuar. Con esta tecnología se puede mantener el enlace en toda la zona de acción para no perder el mando y control ni la conexión de los dispositivos en uso.

Asimismo, el dispositivo cuenta con conexiones bidireccionales seguras mediante la encriptación de extremo a extremo. Su autonomía es elevada ya que tiene muy bajo consumo de energía y tiene un largo de alcance de entre 10 y 20 kilómetros, según informa CATSENSORS (2021).



4.2 Creación de una versión Beta de un protocolo de utilización de la aplicación ATAK.

En este apartado se procede a presentar el protocolo de utilización de la aplicación ATAK para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones que fue planteado para asistir a las tareas de mando y control en las maniobras realizadas durante las PEXT en las Minas del Marquesado durante los días 29 de septiembre y 4 de octubre. Dado que este protocolo fue diseñado antes de la realización de las citadas maniobras y no se pudo verificar su utilidad e identificar sus limitaciones hasta terminadas las mismas, recibe el nombre de Beta (etiqueta generalmente dada a las versiones de procedimientos, productos y software en prueba o no definitivas). La identificación de las limitaciones y las sugerencias de mejoras constituirá el último epígrafe del presente apartado de desarrollo.

El protocolo diseñado consta de tres fases: (i) Fase de planeamiento; (ii) Fase de traspaso de la información y conexión de dispositivos; y (iii) Fase de ejecución. A continuación se describen cada una de estas tres fases y las distintas etapas en las que se dividen cada una de ellas:

1- **Fase de planeamiento.** Refiere a la fase en el que el Capitán de la Compañía de infantería delimita el teatro de operaciones, localiza las posiciones del enemigo, sitúa los elementos propios de partida y traza el plan más adecuado para neutralizar o eliminar al adversario. Consta de las siguientes etapas:

- **Preparación de los mapas base.** Esta etapa consiste en la obtención y preparación de todas las capas de información geográfica necesarias para garantizar el éxito de la operación. A este respecto conviene resaltar que este paso es uno de los más importantes, pues tener una información detallada del terreno ofrece una ventaja bastante considerable respecto al enemigo.

La preparación de la cartografía base puede hacerse de dos modos: (i) mediante los mapas ya cargados en la propia aplicación; o (ii) mediante la incorporación de capas de información geográfica disponibles en otras fuentes. Ambas opciones permiten la creación de un conjunto de capas offline que son utilizables por el dispositivo y por aquellos con los que se comparte la información sin necesidad de tener conexión a Internet. En segundo modo hace falta un proceso de transformación previa que convierte las capas proporcionadas por estas fuentes en formatos propios de ATAK, siendo a posteriori posible su distribución. Las dos fuentes de información más relevantes a la hora hacer un correcto planeamiento serían, en territorio español, el Instituto Geográfico Nacional (IGN, <https://www.ign.es/web/qsm-cnig>). Y, tanto en éste como en el ámbito internacional, el Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CGET, <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Madrid/ceget/>), que es el centro productor y distribuidor de información geoespacial del ET.

- **Diseño de la operación.** Esta etapa comprende la ubicación de las posiciones enemigas, las propias y la edición de las instrucciones de coordinación y la plasmación de la maniobra. Para ello, son adecuadas las siguientes herramientas:



- i. **Insertar Waypoint:** para geoposicionar al enemigo y a las unidades propias, marcar distintos puntos clave, de interés o históricos de la zona. Cabe destacar que gracias a la edición de la simbología, es posible utilizar colores, símbolos o diferentes figuras para marcar o representar el tipo de amenaza o unidad (aliada, enemiga, neutra o desconocida) que se encuentre en esa ubicación.
 - ii. **Insertar líneas:** para ubicar las líneas de coordinación (FLOT, líneas laterales de mando y control, líneas de coordinación, etc.). Para ello se crean mediante la herramienta de dibujo. Ésta permite la creación de diferentes figuras geométricas, a sea mediante la creación de polígonos estableciendo diferentes vértices o a mano alzada arrastrando el dedo por la pantalla, pudiendo crear así cualquier forma o línea que se desee. Existen también figuras predeterminadas: el círculo, la elipse y el rectángulo.
 - iii. **Insertar track:** para las direcciones de ataque, rutas de infiltración o exfiltración, etc.
- **Almacenamiento.** Una vez creada toda la información necesaria del planeamiento, ésta se puede almacenar toda en un paquete de datos. Se debe elegir la opción de exportar en la herramienta de Administrador de Superposición. Seguidamente elegir la opción de paquete de datos y después se debe ir eligiendo una a una toda la información necesaria (Waypoints, líneas de coordinación, rutas, etc.). Por último, seleccionar si un paquete de datos nuevo o existente. Siguiendo estos pasos se crea un paquete de datos de la maniobra que se va a realizar.
- 2- **Fase de conexión de dispositivos y traspaso de la información.** En esta fase, tal y como su nombre indica, se distinguen dos etapas:
- **Conexión de dispositivos.** Para realizar la conexión de los dispositivos de las unidades que participan en la maniobra se utiliza una red creada mediante la aplicación externa ZeroTier. Esta red cuenta con un cifrado de extremo a extremo de 256 bits. Con esta medida de seguridad más la de la encriptación de ATAK se cubre una gran necesidad, la de combatir contra posibles medidas de guerra electrónica.
- Para la creación de una red en ZeroTier se deben seguir los siguientes pasos:
1. Registrarse en la página de ZeroTier.
 2. Crear una red.
 3. Editar la red creada a criterio del usuario.
 4. Descargar la aplicación ZeroTier en Play Store.
 5. Añadir la red creada anteriormente a la aplicación.
 6. Hacer la red online.
 7. Habilitar en opciones de red el uso de datos móviles desactivar IPv6.
 8. Abrir ATAK, buscar en ajustes: "Manage Inputs" y "Manage Outputs" y activar todas las opciones.



Este procedimiento se puede observar con imágenes en el anexo II.

Una vez creada la red, los demás usuarios tendrán que seguir los pasos desde el punto 4 para unirse a ella. Así, todos los usuarios que entren en esa red estarán conectados entre sí. El operador de la red será el creador de la misma. Éste podrá editarla y permitir o denegar la entrada de los diferentes componentes, además de activarla o desactivarla (Figura 9). En consecuencia, la situación ideal es que el jefe de compañía sea el operador de la red para conseguir un mando y control perfecto sobre su unidad.

Tortuga

Maniobras 1 Cia Tortugas

The screenshot shows the 'Settings' page for a network named 'Tortuga'. The 'Basics' tab is selected. The 'Network ID' is '83048a0632963618'. The 'Name' is 'Tortuga' and the 'Description' is 'Maniobras 1 Cia Tortugas'. Under 'Access Control', the 'PRIVATE' option is selected, indicated by a green border and a checked checkbox. The 'PUBLIC' option is also shown with a description: 'Any node can become a member. Members cannot be de-authorized or deleted. Members that haven't been online in 30 days will be removed, but can rejoin.'

Figura 8: Ejemplo de red en ZeroTier. Fuente: Elaboración propia.

Terminada la creación de la red, los diferentes usuarios pueden transmitirse los distintos datos necesarios, ver la posición actual de los dispositivos, batería de los dispositivos, mensajería dentro de ATAK, envío de imágenes o videos, etc.

- **Traspaso de la información.** Cabe destacar que, las diferentes misiones que se dibujaron fueron hechas en un solo dispositivo y, este dispositivo, envió las distintas maniobras a los demás usuarios. Este proceso se realiza mediante la transmisión de datos. Todos los datos del planeamiento se almacenan en un paquete de datos y éste es enviado a los demás usuarios de interés. El método óptimo sería enviar el paquete a los distintos usuarios mediante la propia aplicación. Sin embargo, otra alternativa sería por medios externos. Es decir, se crea el paquete de datos y por medio de un pen drive o cualquier aplicación de mensajería se manda el archivo y se introduce en la carpeta correspondiente carpeta de la aplicación: "datapackage".
- 3- Fase de ejecución. En esta fase la flexibilidad y versatilidad juegan papeles fundamentales durante todo el desarrollo de la misión.



Durante la ejecución es importante que el jefe de la compañía o subgrupo táctico tenga un control de las unidades para facilitar su mando. Por ello, mediante ATAK puede ver el movimiento de sus unidades durante toda la maniobra, facilitando así esta función. En combate en población, donde las unidades están fuertemente dispersas, la posibilidad de ver la situación de cada sección es primordial para poder llevar a cabo la misión. Por ello es necesario distinguir los dos siguientes aspectos:

- **Establecer un responsable del dispositivo con la aplicación.** El responsable al fin y al cabo debe ser el jefe de Sección y el jefe de Compañía, aunque se puede delegar a los operadores radios. Estos pueden combinar las funciones que tenían anteriormente con la de informar a su jefe correspondiente de cualquier incidencia que ocurra sobre el dispositivo o, si es necesario, enviar cualquier tipo de información.
- **Comunicación entre los distintos jefes.** Al igual que con los radioteléfonos de dotación, la comunicación en la malla tiene que estar compuesta por el jefe de compañía y los jefes de sección. A su vez, la malla tiene que ser dirigida, con lo que los jefes de sección solo se dirigirán al jefe de compañía y éste a los jefes de sección. Bajo ningún concepto se debe entablar comunicación entre secciones. En cuanto a la comunicación de jefes de sección y jefes de pelotón, ésta se hará mediante Walkie-talkie o mediante los distintos radioteléfonos.

Antes de poner en práctica todo el protocolo Beta se realizaron unas sesiones de formación a los mandos que iban a estar implicados (jefes de pelotón, jefes de sección y jefe de compañía), haciéndoles partícipes del protocolo Beta diseñado. Cabe destacar que los jefes de pelotón, aunque no participaron, debían conocer su funcionamiento para poder llevar a cabo un correcto uso del protocolo y ayudar así al mando y control del jefe de Compañía.

Todo este procedimiento se siguió durante las maniobras de combate urbanizado en las Minas del Marquesado (Granada) donde participaron los dos jefes de Sección de fusiles y el jefe de Compañía. Estos usaron sus propios terminales móviles durante el desarrollo de la misión. Allí se pudo poner a prueba la versión Beta (Figura 9).

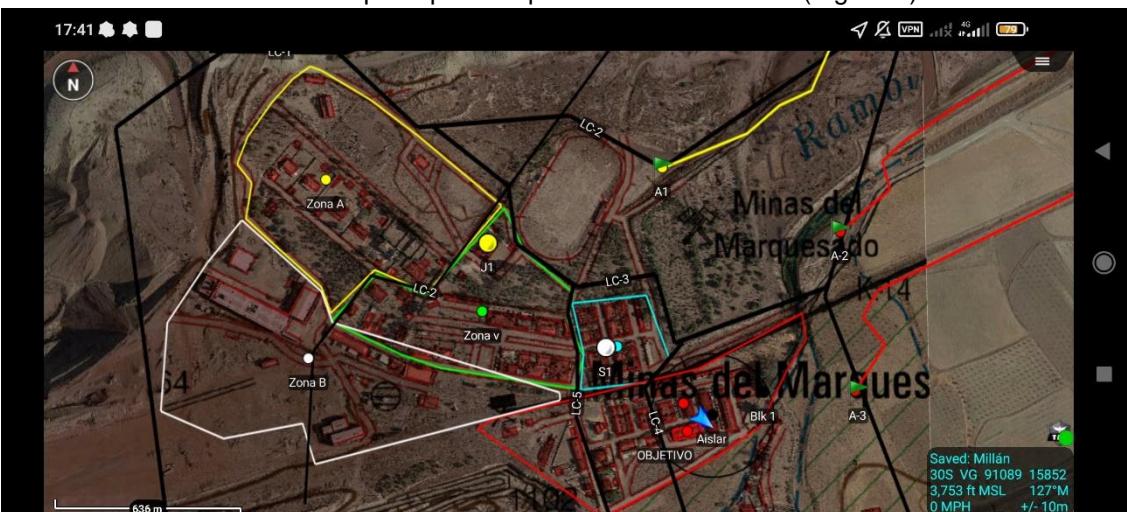


Figura 9: Prueba de la versión Beta. Fuente: Elaboración propia.



Una vez finalizado el ejercicio, el nivel de satisfacción de los implicados en el testeo de la aplicación fue gratamente satisfactorio. El jefe de compañía recalcó que es de gran ayuda la visualización de las secciones en cada edificación para conseguir hacerse un esquema visual y ayudar al mando de la maniobra. En cuanto a los jefes de Sección, indicaron que al llevarlo en sus dispositivos se les hizo intuitivo y fácil marcar las posiciones enemigas según éstas iban replegando. Además, se podía ver la posición de la otra sección, lo cual con los medios que se tenían anteriormente, no era posible. Asimismo, identificaron que sería idóneo si se pudiera transmitir por voz desde el dispositivo móvil utilizado para poder sustituir completamente los radioteléfonos en dotación. Finalmente, notaron claramente la diferencia entre las aplicaciones que se usaban en la unidad anteriormente (OruxMaps y Carta Digital Android). La principal diferencia con ambas fue la posibilidad de tener el planeamiento, visualización de las posiciones amigas y enemigas en directo y la gran versatilidad y flexibilidad que ofrece ATAK en cuanto a los posibles cambios que sufre la maniobra.

En cuanto a los elementos utilizados en la fase del planeamiento, como se puede observar en la Figura 9, se utilizó la herramienta de dibujo, por ejemplo, las diferentes zonas de colores y las líneas de coordinación, que sirven para marcar los saltos de la maniobra (líneas de color negro de la imagen), se crearon rutas (las líneas de color rojas de la derecha de la imagen) y puntos de interés como los símbolos de las banderas A-1, A-2 y A-3. Por último, el círculo amarillo (J1) era el jefe de compañía de la 1^a Compañía, el blanco (S1) el jefe de la primera sección y la flecha azul era el jefe de la segunda sección.

Durante el desarrollo de la misión, la cual consistía en eliminar a cualquier enemigo que se encontrará dentro del poblado limpiando todas las edificaciones, se pudo mandar la ubicación de las edificaciones donde el enemigo estaba presente indicando también la entidad aproximada e imágenes de posibles líderes enemigos y sus posiciones, ya que se producían movimientos del enemigo y que las nuevas posiciones eran actualizadas en la aplicación y compartidas del Jefe de Sección al Jefe de Compañía.

Estas fueron las herramientas más usadas durante el ejercicio, no se aprovechó la función de mensajería debido a que se utilizó el radioteléfono PR4G V3 y Walkie-Talkies, dispositivos que suelen utilizar las unidades de infantería ligera.

Finalmente, se llegó a la conclusión de que es un procedimiento sencillo y manejable para cualquier combatiente que no haya interactuado nunca con la aplicación. Por lo que esta versión Beta facilita el planeamiento previo, la distribución de la información a los jefes de sección y la función de mando y control de los mandos resolviendo todas las vicisitudes que para esta tarea se plantearon en el apartado de Antecedentes y Marco teórico.



4.3 Identificación de las limitaciones de la aplicación ATAK y de la versión Beta del protocolo creada y propuesta de mejoras.

Como resultado de la experiencia adquirida durante el estudio de la aplicación ATAK para el diseño del protocolo expuesto en el anterior apartado y de la aplicación de éste en las maniobras realizadas en las Minas del Marquesado (Granada) durante las PEXT, se relaciona a continuación una serie de mejoras que podrían implementarse tanto en la aplicación como en el citado protocolo.

4.3.1. Limitaciones de la aplicación ATAK y propuestas de mejora.

- **Necesidad de contar con dispositivos (Smartphone y Tablet) actualizados y con suficiente memoria disponible.** La aplicación ATAK es constantemente actualizada por los desarrolladores para subsanar errores de programación o para mejorar ciertas funciones. Esto provoca que algunos dispositivos que no tienen un software actualizado no puedan usar las nuevas versiones creadas.
- **Ausencia de simbología APP-6(C).** ATAK, a pesar de ser una herramienta de origen militar creada en Estados Unidos, no tiene implementada la simbología APP6 para realizar despliegues militares de acuerdo con la STANAG APP-6(C) (*Nato Military Joint Symbology*). Esta simbología dota de un lenguaje común a todos los ejércitos de la OTAN, con lo que los planeamientos que lo utilizan son directamente entendibles por todos los países miembros que actúan en una operación conjunta (Figura 10).

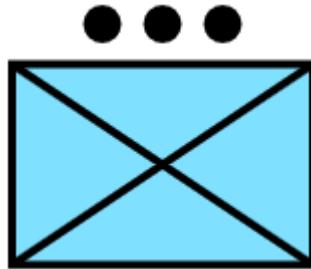


Figura 10: Simbología APP6 para representar una sección de infantería ligera. Fuente: Elaboración propia.

- **Limitaciones de la herramienta de creación de trazas.** La herramienta de creación de trazas suele crear una traza formada por una línea recta que une el punto inicial con el final sin tener en cuenta el terreno. La situación final deseada en la creación de trazas sería que la propia herramienta analizara los caminos o carreteras a disposición y que interrogué el tipo de unidad que se desplaza, ya que las compañías de infantería motorizadas, mecanizadas o acorazadas tienen una movilidad reducida debido a que no pueden desplazarse con los vehículos por todos los tipos de terreno diferentes. En otras palabras, sería óptimo el añadido de una herramienta de creación de rutas, entendidas éstas como una línea que interpreta la red de caminos y carreteras existente en la zona y guía al usuario por ellas.



- **Limitaciones en la mensajería instantánea.** El chat de mensajería dispone de ciertas desventajas a la hora de poder dar órdenes mediante el chat de ATAK. Aunque el enlace es seguro y encriptado, los mensajes se envían con cierto retardo y la rapidez se ve afecta ya que hay que escribir la orden. La rapidez y fluidez en la transmisión de órdenes son piezas fundamentales para garantizar el mando y control sobre las unidades. Por ello, el propio software debería implementar un chat de voz u otra solución disponible sería el medio de radioteléfonos o aplicaciones externas.
- **Dependencia de aplicaciones externas.** Como se ha señalado, ATAK tiene a dependencia de aplicaciones externas para asegurar la interconexión entre los diferentes dispositivos. Esta función se considera fundamental para el desarrollo de la maniobra y facilita el mando y control, ya que permite la visualización de las posiciones de los combatientes. Por ello, aunque en la versión Beta se menciona que ZeroTier mejora la seguridad de enlace y transmisión de datos, ATAK debería ser capaz de enlazar a los usuarios sin necesidad de aplicaciones externas.

4.3.2. Limitaciones del protocolo Beta y propuestas de mejora.

- **Uso de aplicaciones externas.** El principal inconveniente es el mencionado anteriormente relativo el uso de una aplicación externa para la interconexión de dispositivos. Sin embargo, se podría cambiar ZeroTier por la creación de un servidor externo en el que se incluyan a todos los jefes y estos queden conectados permanentemente. Asimismo, hay que señalar que el envío de datos entre usuarios tiene un tamaño determinado. Para ello superar esta barrera, se podrían subir esos datos creados a un almacenamiento externo como puede ser Google Drive. Con Google Drive se obtiene una capacidad de almacenamiento de 15 GB completamente gratuita, con lo que en ella se podrían almacenar mapas del terreno, elevaciones y los distintos planeamientos (Figura 11). La función que se busca es poder almacenar un tamaño de datos mayor en la nube y que todos los usuarios tengan enlace a esa carpeta para facilitar la transmisión. Además, con esta ventaja podrían tener disponibilidad de esos paquetes en cualquier lugar. Esta opción sería ideal a la hora de la realización de diversos ejercicios en los CMT's, donde la seguridad nacional no se ve afectada. La opción más segura sería la creación de un servidor securizado del ET, de manera que garantiza la confidencialidad de los datos.

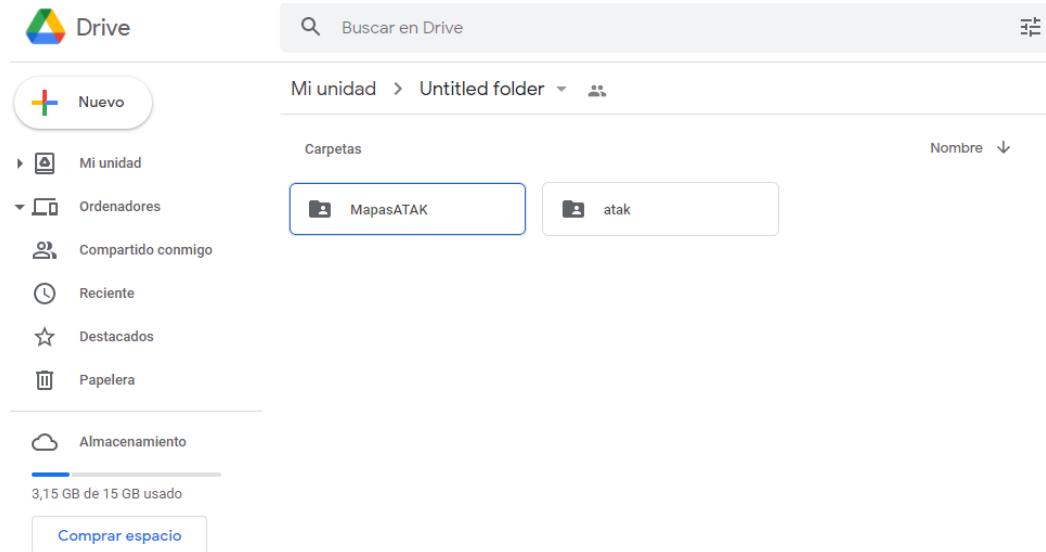


Figura 11: Carpeta compartida en Google Drive. Fuente: Elaboración propia.

- **Establecer una guía de uso a nivel Compañía.** Se debería de crear una NOP o guía para cada compañía o batallón que establezca el color y nombre de cada entidad dentro de la unidad de manera que esta cuestión estuviera estandarizada y fuera siempre igual, evitando errores y mejorando la interpretación. Con ello se reduciría al máximo los posibles problemas a la hora de establecer el nombre y color y que los demás usuarios conozcan a la perfección a los demás combatientes durante la maniobra y facilite el mando y control del jefe de compañía. Asimismo, destacar que, la aplicación ATAK debería de ser utilizada únicamente por los CUMA's de la compañía, incluso, en ocasiones, suprimiendo a los jefes de pelotón. Esto se debe porque se podría saturar la malla como pasa con los elementos de comunicación (PR4G).



5 CONCLUSIONES

Tras el desarrollo del presente TFG se extraen las siguientes conclusiones en relación a los objetivos parciales mencionados a su inicio:

- La aplicación ATAK posee unas capacidades potenciales que la convierten en una herramienta útil de mando y control para el planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería en zonas urbanizadas. Esta aplicación supera las prestaciones que para esta tarea tienen las radios en dotación, ya que posibilita conocer la geolocalización exacta de las diferentes unidades teniendo como referencia cartografía apropiada y de detalle para la operación. Esto es útil para tanto para los mandos, que conocen la posición exacta de sus subordinados, como para estos, posibilitándoles una navegación y guiado de calidad hasta el objetivo marcado. Respecto a otras aplicaciones previamente testadas por el GREG-52 que también posibilitan la geolocalización, ATAK destaca claramente sobre Carta Digital Android, el producto creado por el CEGET, por su posibilidad de permitir la localización de varios dispositivos conectados entre sí. Con respecto a Oruxmaps, que sí que cuenta con esta posibilidad, ATAK presenta mejores prestaciones en cuanto a seguridad, dado que cuanta con la posibilidad de encriptar la señal y la mensajería, evitando su captura por parte del enemigo. Además, ATAK presenta herramientas más adaptadas y funcionales a combate que Oruxmaps, dado que es una aplicación nacida en el seno de las fuerzas armadas norteamericanas.
- Es posible estandarizar el uso de la aplicación ATAK como herramienta de mando y control en la realización de tareas de instrucción y adiestramiento de una Compañía de Infantería en zonas urbanizadas mediante la adaptación de un sencillo protocolo que marca las tres fases fundamentales para sacar todo su rendimiento: Fase de planeamiento, Fase de traspaso de información y conexión de dispositivos y Fase de ejecución. En cada una de las fases se establecen una serie de etapas que tienen que ir siendo satisfechas en aras de un correcto desarrollo de la instrucción y adiestramiento. Los resultados obtenidos en su puesta en práctica durante las PEXT en las Minas del Marquesado (Granada) avalan esta apreciación, ya que tanto los mandos implicados como los combatientes expresaron las ventajas que esta forma de trabajar presentaba con respecto a la doctrinal basada en el uso de radios y otras experiencias previas llevadas a cabo con Oruxmaps y Carta Digital Android .
- La realización del citado ejercicio práctico sirvió para identificar una serie de limitaciones de la aplicación y del protocolo experimental establecido para el mismo. En cuanto a las limitaciones de la aplicación, destaca la necesidad de contar con dispositivos de última generación y altas prestaciones, la ausencia, a pesar de ser una App americana de origen militar, de la simbología OTAN APP-6(C), su incapacidad para calcular automáticamente rutas de desplazamiento entre dos puntos, y la no existencia de un servicio de mensajería de voz que haría las comunicaciones más fluidas entre las unidades en las que se disgrega la compañía en una operación. Las limitaciones principales del protocolo son que la transmisión de datos se ve menguada por la mensajería escrita, reduciendo el tiempo de reacción ya que la información tarda en ser transmitida y reemitida de vuelta. Además, la dependencia de aplicaciones externas para la conexión de los



distintos usuarios produce una descentralización a la hora del mantenimiento y aumenta la posibilidad de errores de conexión.

Teniendo en cuenta estas conclusiones en relación a los objetivos parciales, se puede afirmar que se ha cumplido con el objetivo general del trabajo de evaluar la utilidad de la aplicación ATAK para planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería, al menos, en el ámbito al que se ha tenido acceso práctico: el combate urbano. La conclusión de esta evaluación es que ATAK sí que es una aplicación útil para estas tareas de una Compañía de Infantería si bien, existe margen para mejorar su rendimiento.

A continuación se exponen algunas líneas futuras de trabajo que permitirían mejorar el rendimiento:

- La creación de dos servidores solapados entre sí, como se hace actualmente con las mallas. La situación ideal sería poder establecer diferentes servidores para dividir estas mallas. En el caso de la versión Beta creada para una compañía de infantería sería: un servidor para la compañía en el que pueda ver y comunicarse con sus jefes de sección y, en ocasiones, jefes de pelotón, y otro servidor en el que pueda comunicarse y mandar su geolocalización al jefe de batallón.
- La creación de un chat de voz para conseguir suprimir los radioteléfonos que se tienen en dotación en el ET. Con ello se conseguiría mayor fluidez a la hora de transmisión de información y mejoraría el mando y control de la maniobra que se esté ejecutando.
- Establecer una NOP, guía o manual para establecer un orden y unos pasos a seguir para globalizar su uso en las distintas compañías.
- Por último, la implementación de un curso para todos los escalones afectados, mínimo jefes de pelotón, sección y compañía, ya que, un buen conocimiento de la herramienta permitiría obtener un mayor rendimiento por todas las partes, mandos y combatientes.



6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boloix Díaz, I. (2020). *Estudio de mejora en los sistemas de comunicación de mando y control en unidades de infantería ligero protegida en zona urbanizada*. Trabajo Fin de Grado. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.

Enrique, O. (2019). *Sistemas de geolocalización para el Mando y control en el combate en el subsuelo en el horizonte 2035*. Trabajo Fin de Grado. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.

García, A., Lamelas, T. y Montealegre, A. (2021). *Bloque II: Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) como fuente de información en los Sistemas de Información Geográfica*. Material docente de la asignatura Información Geográfica y Teledetección del Grado en Ingeniería de Organización Industrial. Centro Universitario de la Defensa de la Academia General Militar.

Goodchild y Kemp, (1990): "NCGIA Core Curriculum in GIS". En García, A., Lamelas, T. y Montealegre, A. (2021). *Bloque I: Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. Material docente de la asignatura Información Geográfica y Teledetección del Grado en Ingeniería de Organización Industrial. Centro Universitario de la Defensa de la Academia General Militar.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la investigación*. México D.F: MC GRAW-HILL.

Leal Touriño, C. N. (2017). *Integración de sistemas de mando y control entre el elemento mecanizado/acorazado*. Trabajo Fin de Grado. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.

Ribecca, S. (2019). *The Data Visualisation Catalogue*. Disponible en: https://datavizcatalogue.com/ES/metodos/grafico_radial.html [Consultado 24-10-2021].

Rodríguez Canales, J. J. (2018). *Carta Digital para el planeamiento y ejecución de misiones a cargo de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizada*. Trabajo Fin de Grado. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.

Salas Varela, F. J. (2019). *Visión FUERZA 35 del JEME*. Disponible en: https://ejercito.defensa.gob.es/personal/jeme/varela/mensajes_discursos/vision_fuerza_2035.html [Consultado 10-10-2021].

ATAK (2020). ATAK. Disponible en: <https://www.civtak.org/2020/04/01/civtak-4-0-user-manual/> [Consultado 26-10-2021].

ATAK (2021). ATAK. Disponible en: <https://www.civtak.org/atak-about/> [Consultado 23-10-2021].

CATSENSORS (2021). CATSENSORS. Disponible en: <https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan> [Consultado 30-10-2021].

Ejército de Tierra (s.f.a). *Resumen ejecutivo 'FUERZA 35'*. Disponible en: https://ejercito.defensa.gob.es/estructura/briex_2035/resumen_ejecutivo_fuerza_35.html [Consultado 24-10-2021].



Ejército de Tierra (s.f.b). Ejército de Tierra. Disponible en:
<https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/Radiotelefono.html> [Consultado 25-10-2021].

Ejército de Tierra (s.f.c). Ejército de Tierra. Disponible en:
<https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/Spear.net.html> [Consultado 25-10-2021].

Ejército de Tierra (s.f.d). Ejército de Tierra. Disponible en:
https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/pnr_500.html [Consultado 25-10-2021].

Mando de Adiestramiento y Doctrina (2010). *MI4-901 Radioteléfono Ligero PNR500*. Granada: MADOC.

Mando de Adiestramiento y Doctrina (2013). *Funciones de Combate: Mando*. Granada: MADOC.

Mando de Adiestramiento y Doctrina (2016). *MI-500 Radioteléfono PR4G V3*. Granada: MADOC.

Mando de Adiestramiento y Doctrina (2017). *MI-502 Radioteléfono SPEARNET*. Granada: MADOC.

Mando de Adiestramiento y Doctrina (2020). *Proceso de planeamiento de las operaciones a nivel táctico (PPO-T)*. Granada: MADOC.

Ministerio de Defensa (2015). *Plan de Modernización de los Sistemas de Mando, Control y Comunicaciones del ET*. Madrid: MINISDEF.

OruxMaps (2017). OruxMaps. Disponible en: <https://www.oruxmaps.com/cs/es/manual> [Consultado 26-10-2021].



ANEXOS

Anexo I

Encuesta a los jefes de sección y jefes de compañía del Grupo de "Regulares de Melilla" nº52 mediante Google Forms:

Combate zonas urbanizadas

El CAC Arturo Millán López se encuentra realizando su TFG "Planeamiento y ejecución de ejercicios y operaciones de una Compañía de Infantería mediante la aplicación ATAK". Para el estudio de las necesidades de dicho trabajo, considera necesario realizar esta encuesta a los jefes de sección y compañía del Grupo de Regulares de Melilla nº52, unidad donde se encuentra realizando sus prácticas externas de quinto curso.

La realización de la encuesta será voluntaria y la información proporcionada será tratada de forma anónima.

Gracias por su colaboración.

*Obligatorio

Usted es: *

- Jefe de sección
- Jefe de compañía

¿Ha realizado algún curso/formación específica de combate en zonas urbanizadas? *

- Sí
- No

Si ha contestado "Sí" en la pregunta anterior, diga si es posible cuál es.

Tu respuesta



¿Ha participado en alguna operación internacional en la que haya adquirido experiencia en zona urbanizada? *

- Sí
 No

Si ha contestado "Sí" en la pregunta anterior, indique si es posible el país, el año y la duración de la misma.

Tu respuesta

Dé un valor del 1 (muy poco influyente) al 5 (muy influyente) a los siguientes factores según el grado de relevancia que crea que tengan en la pérdida del mando y control de una sección/compañía de infantería en zona urbanizada. *

	1	2	3	4	5	Desconozco
Fallo en las transmisiones	<input type="radio"/>					
Fallo en el medio de transmisiones (componentes del medio que fallan)	<input type="radio"/>					
Error asociado a unidades subordinadas (no cumplen con el propósito del mando)	<input type="radio"/>					
Error asociado a unidades superiores (órdenes contradictorias)	<input type="radio"/>					



Falta de instrucción con los medios de transmisiones	<input type="radio"/>					
Disgregación excesiva de las unidades	<input type="radio"/>					
Condiciones meteorológicas	<input type="radio"/>					
Condiciones del entorno (obstáculos artificiales, naturales, etc.)	<input type="radio"/>					

Anexo II

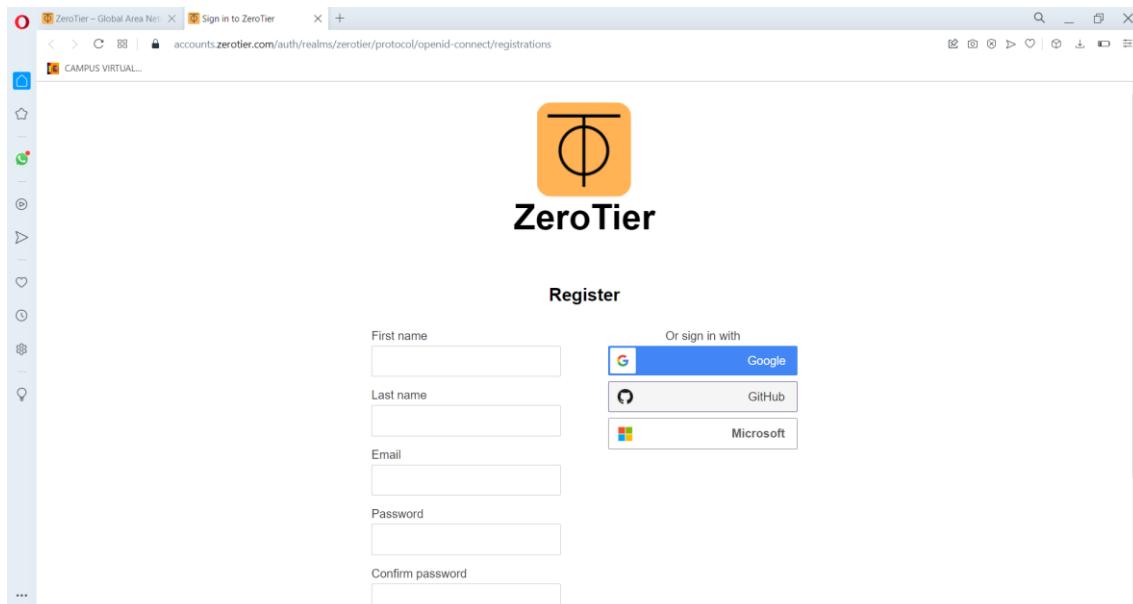


Figura 12: Registrarse en la página de ZeroTier. Fuente: Elaboración propia.



ZeroTier – Global Area Network

ZeroTier Central

my.zerotier.com

CAMPUS VIRTUAL...

ZEROTIER

Download Knowledge Base Account Networks System API Community Logout

Create A Network

Your Networks

Networks: 3

Authorized Members: 0 / 50

Online Members: 0

SEARCH

3 networks...

NETWORK ID	NAME↑	DESCRIPTION	SUBNET	NODES	CREATED
8056c2e21c1f0677	sharp_cerf		10.243.0.0/16	0 0	2022-01-05
3efa5cb78abac6c2	thirsty_rosenbaum		192.168.192.0/24	0 0	2021-09-16
83048a0632963618	Tortuga	Maniobras 1 Cia Tortugas	10.147.17.0/24	0 0	2021-09-16

Feedback

Figura 13: Crear una red. Fuente: Elaboración propia.

ZeroTier – Global Area Network

ZeroTier Central

my.zerotier.com/network/83048a0632963618

CAMPUS VIRTUAL...

ZEROTIER

Download Knowledge Base Account Networks System API Community Logout

83048a0632963618

Tortuga

Maniobras 1 Cia Tortugas

Settings

Basics

Network ID: 83048a0632963618

Name: Tortuga

Description: Maniobras 1 Cia Tortugas

Access Control: PRIVATE

Figura 14: Editar la red creada a criterio del usuario. Fuente: Elaboración propia.



Figura 15: Descargar la aplicación ZeroTier en Play Store. Fuente. Elaboración propia.

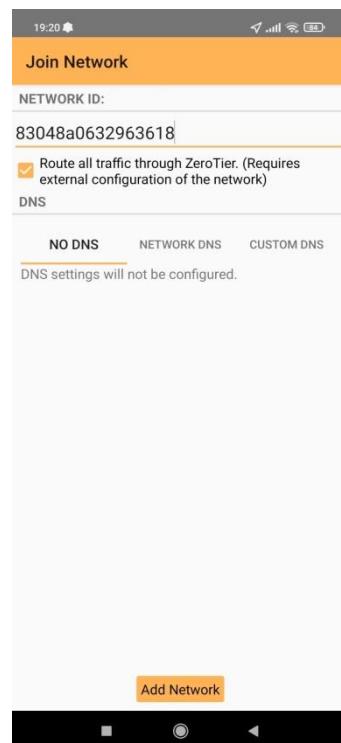


Figura 16: Añadir la red creada anteriormente a la aplicación. Fuente: Elaboración propia.

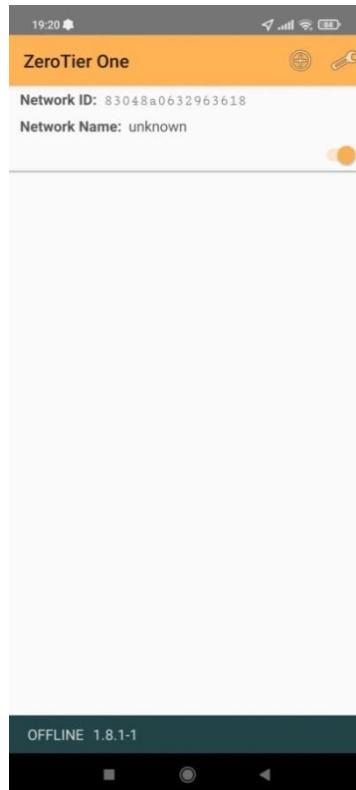


Figura 17: Hacer la red online. Fuente: Elaboración propia.

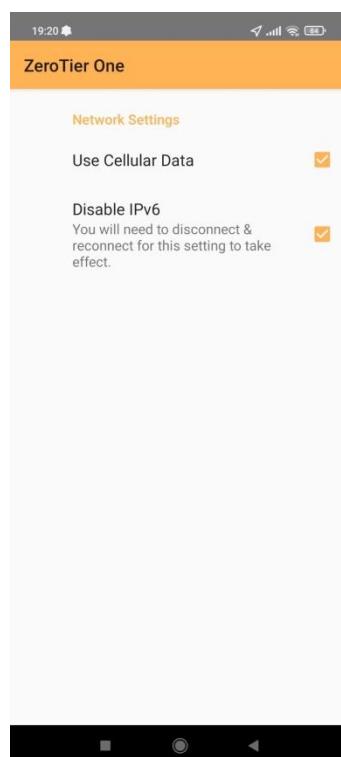


Figura 18: Habilitar en opciones de red el uso de datos móviles desactivar IPv6. Fuente: Elaboración propia.

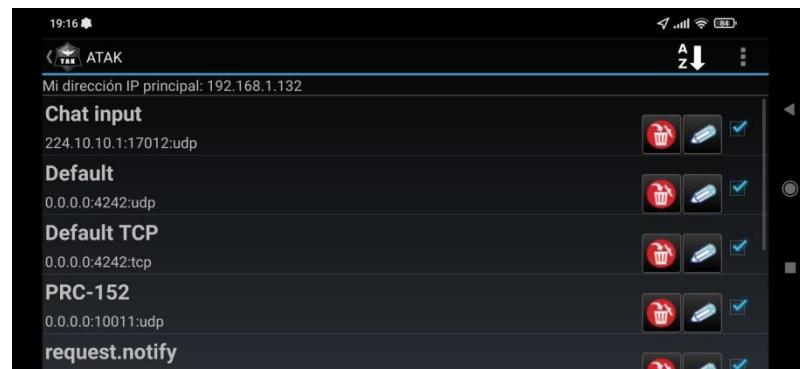


Figura 19: Activar todas las opciones de “Manage Inputs”. Fuente: Elaboración propia.

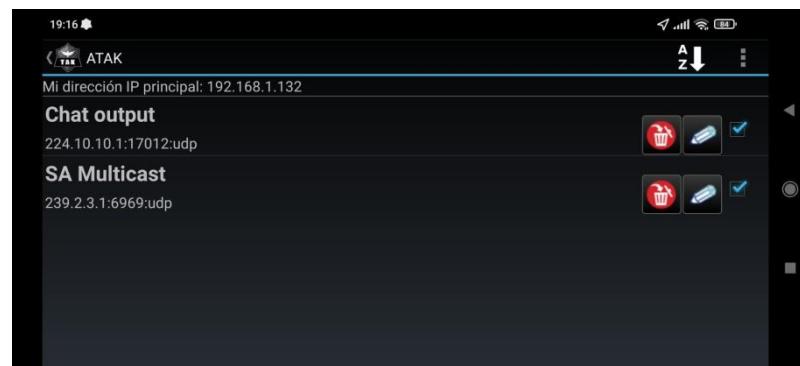


Figura 20: Activar todas las opciones de “Manage Outputs”. Fuente: Elaboración propia.